



COIRENAT MEMORIAS

<https://coirenat.org/Congreso-2018/COIRENAT-MEMORIAS-2018-ISSN.pdf>

septiembre 25, 26, 27 y 28

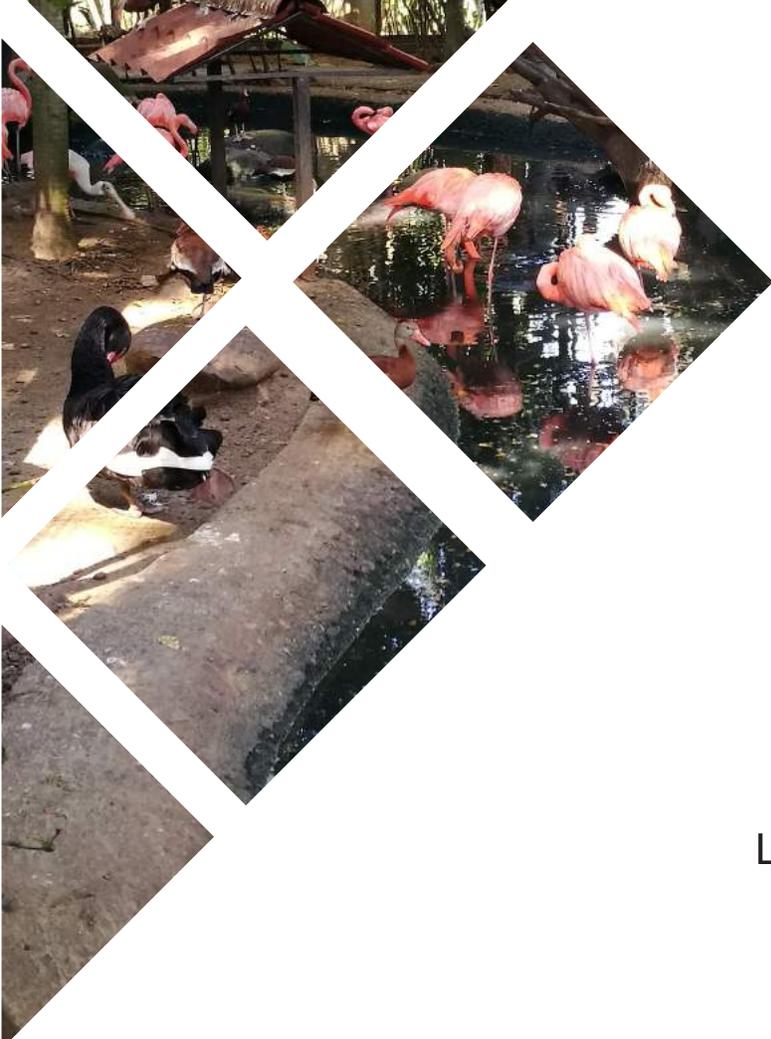
Villahermosa,
Tabasco 2018



COIRENAT
Consejo Internacional
de Recursos Naturales y Vida Silvestre A.C.



"Por el derecho
universal a
un
medioambiente sano"



Comité Editorial

COMPILACIÓN

Dr. Felipe Aguilar Castañeda
Biól. Alejandra Flores Pérez

REVISIÓN

Lic. María del Mar Tello Busquets

FOTOGRAFÍA

Lic. Ccc. Vis. Constanza Fragoso Rivera
Lic. María del Mar Tello Busquets

DISEÑO

Lic. Ccc. Vis. Constanza Fragoso Rivera

COIRENAT MEMORIAS, año 3, No. 3, Octubre de 2018 es una publicación anual, digital, editada por el Consejo Internacional de Recursos Naturales y Vida Silvestre AC, Av. División del Norte 3454-3, Col. Xotepingo, Delegación Coyoacán, C.P. 04610, Tel. 7158-6465, contacto@coirenat.org Editor responsable: Dr. Felipe Aguilar Castañeda. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo N° 04-2018-052214114700-203, ISSN N° 2594-1488, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Coordinación General del COIRENAT Lic. María del Mar Tello Busquets, Av. División del Norte 3454-3 Col. Xotepingo, Delegación Coyoacán, C.P. 04610, fecha de última modificación 09 de octubre de 2018. Vínculo de acceso: <https://coirenat.org/Congreso-2018/COIRENAT-MEMORIAS-2018-ISSN.pdf>



Consejo Internacional de Recursos Naturales y Vida Silvestre AC

M. A. Gabriel Arrechea González

Presidente

Dr. Felipe Aguilar Castañeda

Vicepresidente

Lic. Jorge Serrano Arenas

Secretario

Lic. María del Mar Tello Busquets

Coordinadora general

Lic. Ccc. Vis. Constanza Fragoso Rivera

Imagen corporativa y conceptualización

Biól. Alejandra Flores Pérez

Coordinación técnica

Biól. y Soc. Alexandra Pérez Bravo

Coordinación técnica

Representantes regionales

Dr. Aradit Castellanos Vera

Representante del COIRENAT Región Noroeste (La Paz B.C.S.)

Ing. Guillermo Ramírez Filipinni

Representante del COIRENAT Región Centro (Cuernavaca, Mor.)

M. en Dir. Proy. Martha Rosales Rodríguez de la Cruz

Representante del COIRENAT Región Costa Oeste (Magatlán, Sin.)

Biol. Eugenio de Jesús Villanueva Franck

Representante del COIRENAT Región Sur (Huatulco, Oax.)

Consejeros

Dr. Antonio Lot Helgueras

Investigador Titular Retirado del Instituto de Biología, UNAM, México.

Ganador del Premio "Enrique Beltrán" a la Conservación de Los Recursos Naturales® 2016

Dr. Arturo Izurieta Valery

Director Ejecutivo de la Fundación Charles Darwin para las Islas Galápagos, Ecuador

Lic. Adriana Rivera Cerecedo

Directora General de Gestión Legal y Ambiental, S. C.

Dra. María Teresa Martínez Echevarría

Investigadora de la Universidad del Pinar del Río, Cuba

Dr. Miguel Caballero Deloya

Profesor Investigador del Colegio de Postgraduados, México

Dr. Ricardo Rogzi Marín

Filósofo y Ecólogo. Director del Parque Etnobotánico Omora. Creador del "Ecoturismo con Lupa"

Ganador del Premio "Enrique Beltrán" a la Conservación de los Recursos Naturales® 2017

Dr. Víctor Manuel Sánchez - Cordero Dávila

Director e Investigador del Instituto de Biología, UNAM, México.

Ganador del Premio "Enrique Beltrán" a la Conservación de Los Recursos Naturales® 2018

Dr. Bernardo Villa Ramírez (1911 – 2006 q. e. p. d.)

Investigador Emérito, Instituto de Biología, UNAM, México.

Ganador del Premio "Enrique Beltrán" a la Conservación de Los Recursos Naturales® 1991

Instituciones Participantes

- Aeropuerto del Sureste, Tabasco, México.
- Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México.
- Centro de Conservación de Vida Silvestre "Konkon", Puebla, México.
- Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible, Universidad Nacional de Costa Rica, Costa Rica.
- Centro de Investigación de Biodiversidad y Conservación (CIByC), UAEM, Cuernavaca, Morelos, México.
- Centro de Investigación de Química Aplicada (CIQA), Saltillo, Coahuila, México.
- Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS), Ciudad de México, México.
- Centro del Cambio Global y la Sustentabilidad, A.C. (CCGS). Villahermosa, Tabasco, México.
- Centro Nacional para la Producción de Animales de Laboratorio. (CENPALAB). La Habana. Cuba.
- Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera-Mazatlán, México.
- Centro Universitario UAEM Valle de Chalco. Estado de México, México.
- Centro Universitario de los Valles, Jalisco, México.
- Centro Universitario de Tonalá (CUT), Jalisco, México.
- Colegio de Postgraduados, México, México.
- Colegio Madrid A.C, Bachillerato, Ciudad de México, México.
- Consejo Nacional de Población, Ciudad de México, México.
- Consortio de Investigación y Diálogo sobre Gobierno Local (CIDIGLO), Guadalajara, Jalisco, México.
- Dirección General Adjunta de Investigación Pesquera en el Pacífico, Mazatlán, México.
- División Académica de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México.
- El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Villahermosa, México.
- Escuela Doctoral en Ciencias Sociales, Université Lyon, Francia.
- Escuela Superior de Administración Pública Tunja, Colombia.
- Federación Mexicana de Caza, México.
- Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Instituto de Ciencias Físicas, Universidad Nacional Autónoma de México, Cuernavaca, Morelos, México.
- Instituto de Ecología y Biodiversidad, Universidad de Magallanes, Chile.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Ciudad de México, México.
- Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. Mazatlán, Sinaloa, México.
- Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México.
- Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Oaxaca. México.
- Instituto Universitario de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente. España.
- International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA). Laxenburg, Austria.
- Liga Mundial de Abogados Ambientales A.C. México.
- Parque Nacional Volcán Nevado de Colima, México.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente en México, México.
- Secretaría de Ecología y Medio Ambiente (SEMA), Gobierno del Estado de Quintana Roo, México.
- Secretaría del Medio Ambiente, México
- Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial, Gobierno de Jalisco, México.
- Tecnológico de Estudios Superiores de Chalco. Estado de México. México.
- Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.
- Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México.
- Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- Universidad Autónoma de Chiapas, Facultad de Ciencias Agrícolas, Campus IV, Huehuetán, Chiapas, México.
- Universidad Autónoma de Chihuahua, México.
- Universidad Autónoma de Querétaro, México.
- Universidad Autónoma de Tlaxcala, México.
- Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas, México.
- Universidad Autónoma del Estado de México, México.
- Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Morelos. México.
- Universidad Autónoma Metropolitana. México.
- Universidad de Guadalajara, Jalisco, México.
- Universidad de la Sierra Juárez. Oaxaca, México.
- Universidad del Mar Campus Puerto Escondido, Oaxaca, México.
- Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia.
- Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia.
- Universidad Hermanos Saiz Montes de Oca. Facultad de Ciencias Forestales y Agropecuarias, República de Cuba.
- Universidad Intercultural del Estado de México, México.
- Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México.
- Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Michoacán, México.
- Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Perú.
- Universidad Nacional Autónoma de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.
- Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.
- Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC), Córdoba, República Argentina.
- Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Argentina.
- Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia y Administración Pública, Colombia.
- Universidad Popular de la Chontalpa, Tabasco, México.
- Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Risaralda. Colombia.
- Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México.
- Universitat Politècnica de València, Valencia, España.

Aliados y Patrocinadores

- *Bkal Hats*
- *Comisión Nacional Forestal*
- *Federación Mexicana de Caza AC*
- *Gobierno del Estado de Tabasco*
- *Guayaberas Estrada*
- *Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México*
- *Medical Business Center*
- *Oficina de Convenciones y Visitantes de Tabasco*
- *Olmeca Books Library Services*
- *Aeroméxico*
- *Centro de Educación Ambiental Parque Mahuida*
- *Colegio de Postgraduados*
- *Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología*
- *Consejo Nacional de Población*
- *Divulgar*
- *Fundación Charles Darwin para las Islas Galápagos*
- *Gestión Legal y Ambiental SC*
- *Instituto de Investigaciones Parlamentarias de la Asamblea Legislativa del Distrito Federal*
- *Instituto de Ecología y Biodiversidad de Chile*
- *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias*
- *Interjet*
- *My Press, Noticias y Negocios*
- *Otumex*
- *Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente*
- *Política Online*
- *Protectora de la Vida Silvestre y Ecológica SC*
- *Tendiendo Puentes AC*
- *The Wildlife Society de México AC*
- *Universidad Nacional Autónoma de México*
- *Tumarca*
- *Universidad Autónoma de Chapingo*
- *Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco*
- *Universidad Intercultural del Estado de México*
- *Universidad de Magallanes de Chile*
- *Universidad del Pinar del Río de Cuba*
- *Universidad Popular de la Chontalpa*
- *Universidad del Norte de Texas, Estados Unidos.*
- *Centro de Interpretación y Convivencia con la Naturaleza Yumka´*

Presídium

Lic. Arturo Núñez Jiménez

Gobernador Constitucional del Estado de Tabasco, México

Lic. Matías Jaramillo Benítez

Director General de Planeación en Población y Desarrollo del Consejo Nacional de Población, México

Mtro. Gabriel Arrechea González

Presidente del Consejo Internacional de Recursos Naturales y Vida Silvestre AC, México

Mtro. Wilver Méndez Magaña

Secretario de Desarrollo Económico y Turismo del Estado de Tabasco, México

Dip. y Mtra. Ena Margarita Bolio Ibarra

Presidenta de la Comisión Ordinaria de Energía, Recursos Naturales y Protección Ambiental del H. Congreso del Estado de Tabasco, México

Ing. Juan Carlos García Alvarado

Secretario de Energía, Recursos Naturales y Protección Ambiental del Estado de Tabasco (SERNAPAM), México

Mtra. Dolores Barrientos Alemán

Oficial Representante para México del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, México

Dr. Ricardo Rozzi Marín

Director del Programa Biocultural Sub - Antártico de la Universidad del Norte de Texas y Profesor Investigador de la Universidad de Magallanes de Chile, Chile

Dr. Víctor Manuel Sánchez - Cordero Dávila

Director del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, México

Dr. María Teresa Martínez Echevarría

Investigadora de la Universidad Hermanos Saíz Montes de Oca, Pinar del Río, Cuba

Dr. Raúl Jesús Crespi Bosshardt

Investigador de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional del Río Cuarto Córdoba, Argentina

Mtro. Jesús Sánchez Robles

Representante del Dr. Fernando de León González, Rector de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, México

Mtro. Edgardo Muñoz Valenciano

Investigador y Docente del Centro Internacional de Políticas Económicas para el Desarrollo Sostenible (CINPE) de la Universidad Nacional de Costa Rica, Costa Rica

Dr. Juan Antonio Cruz Rodríguez

Representante del Dr. José Sergio Barrales Domínguez, Rector de la Universidad Autónoma de Chapingo, México





Palabras de bienvenida del Presidente del Consejo Internacional de Recursos Naturales y Vida Silvestre AC M.A. Gabriel Arrechea González

Muy buenos días, muchas gracias por su presencia en la edición 2018 del Congreso Internacional de Recursos Naturales.

Agradezco la presencia y su valioso apoyo a las personalidades que nos acompañan en el presidium, las reconozco y les agradezco compartan con nosotros su experiencia, sus conocimientos y su valioso tiempo.

Sr. Licenciado Arturo Núñez Jiménez

Gobernador Constitucional del Estado de Tabasco

Agradezco a Usted el apoyo de su gobierno para la organización del evento que hoy nos ocupa en su estado. El que Usted esté hoy con nosotros y nos honre con la inauguración de este Congreso, es muy significativo. Le agradezco en nombre del COIRENAT nos haya distinguido con su aceptación.

Maestra Patricia Chemor Ruíz, Secretaria General de Consejo Nacional de Población. Es muy grato para nosotros contar hoy con su presencia y que nos lleve de la mano, por los caminos de los territorios sostenibles a través de su Conferencia de apertura del Congreso. Muchas gracias.

Maestra Dolores Barrientos Alemán

Oficial Representante para México del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Qué decir del invaluable apoyo que significa para nosotros tener aquí a Naciones Unidas a través de su persona. Su presencia y participación será sin duda un aliciente para los presentes en busca de nuevas formas para lograr el bienestar de los recursos naturales.

Diputada Beatriz Milland Pérez

Presidenta de la Junta de Coordinación Política. Sexagésima Tercera Legislatura del Estado de Tabasco. Es indudable que la presencia en este Congreso de la Legislatura Local constituye un parte aguas, un camino para la incidencia en cómo deben manejarse los recursos naturales y el medioambiente. Es sumamente importante que el esfuerzo que todos los participantes en el Congreso aquí presentes han empleado para estar aquí hoy, se vea recompensado a través de la aplicación de sus recomendaciones en la Política Pública y qué mejor que sea a través de las Legislaturas Locales. Agradezco a Usted sobre manera su presencia.

- Distinguidos miembros del Presidium.
- Autoridades que nos acompañan.
- Presidentes y Directores de empresas, Organismos y Sociedades Civiles.
- Académicos, Investigadores, profesores y estudiante de Universidades Nacionales y de otros países que nos honran con su participación.
- Queridos amigos:



Bienvenidos todos a este Congreso, fruto de la iniciativa y cooperación personal e institucional, del trabajo y participación de todos Ustedes.

Este evento convocado en alianza extraordinaria por el Gobierno del Estado de Tabasco, la Universidad Nacional Autónoma de México, la Universidad Autónoma Chapingo, la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco y el Consejo Internacional de Recursos Naturales y Vida Silvestre, ha logrado congregarse a 58 instituciones nacionales e internacionales, a 71 ponentes procedentes de México, Colombia, Costa Rica, Chile, Argentina, Perú, Cuba, Francia y España.

Característica importante de nuestro Congreso es que aglutina a las Organizaciones de la Sociedad Civil, la Academia, Universidades e Institutos, Empresas e Industrias, por supuesto Instituciones Gubernamentales y felizmente a las Legislaturas. Para el caso de México es importante señalar que nos acompañan tanto la legislatura local de Tabasco como la Legislatura Federal del H. Congreso de la Unión. El viernes durante la clausura se hará entrega del Manifiesto Coirenat-Villahermosa a ambas legislaturas.

Lo anterior sin duda alguna sienta un precedente importante para el Congreso Internacional de Recursos Naturales, ya que desde su edición 2016, ha conjugado tres importantes características:

- **Primera.**- Ser un evento eminentemente científico, con abundante participación de Universidades e Institutos.
- **Segunda.**- Participación activa de diversas Asociaciones, Empresas y Organismos Nacionales e Internacionales; con 13 Conferencias Plenarias y 4 Magistrales; ejemplo de ello, las exposiciones del Consejo Nacional de Población y del Programa de Naciones Unidas para el Medioambiente y
- **Tercera.**- La confluencia de Instituciones de Gobierno y de Legislaturas. Hoy en día, no puede concebirse la administración de los recursos naturales por un gobierno ausente o la creación de leyes sin la retroalimentación de especialistas en el uso y manejo de los recursos naturales, por ello, estamos orgullosos de haber logrado sinergias con todos ellos.

Les invito a que atestigüen y sean parte durante la clausura, de la entrega del Manifiesto, documento que contempla las principales recomendaciones surgidas del Congreso, propuestas por todos Ustedes. Es ver la culminación de sus aportaciones a un objetivo concreto; incidir en la política pública. Hecho que bien puede ser replicado en otras latitudes, y que mejor que por intermedio de todos Ustedes. Lleven a sus países este documento, trabajen en él, incluso mejórenlo con un objetivo común: Lograr la sostenibilidad de los recursos naturales.

Otro aspecto característico del Congreso Internacional de Recursos Naturales en sus diferentes ediciones, ha sido, la poderosa alianza entre The Wildlife Society de México y el COIRENAT. Si bien es cierto que The Wildlife Society de México es la titular de los derechos de marca del Premio Enrique Beltrán a la Conservación de los Recursos Naturales, también es cierto que el Congreso



COIRENAT
Comité Internacional de Recursos Naturales



Por el derecho
universal
intercomunitario



Internacional de Recursos Naturales es el escenario perfecto para convocar y hacer entrega de este premio Internacional.

Dicho premio es único, ya que no es otorgado por grados académicos, ni por cantidad de publicaciones de artículos o libros, tampoco se otorga por tener un currículum impresionante. Premia contribuciones reales efectuadas en beneficio de los recursos naturales, actos o hechos tangibles que de alguna manera hagan de nuestro planeta un mundo mejor.

En dos categorías, la nacional y la internacional, en estos congresos haremos entrega de ambos premios. Les invito a que desde sus países, sus localidades, distinguan a personas, grupos o asociaciones con algún logro notable y los propongan como candidatos a recibir esta distinción para nuestro próximo Congreso. Como podrán advertir en el back a mi espalda, será en León Guanajuato, México en septiembre del próximo año.

Por último, antes de agradecerles nuevamente su entusiasmo, su participación y el que nos fortalezcan con su presencia, quiero transmitirles un deseo personal. Es, dejar en todos Ustedes la semilla de cambio. Cambio en la manera de utilizar los recursos naturales. No podemos seguir creyendo en un crecimiento económico infinito sobre la base de unos recursos naturales finitos. Cuando las grandes y pequeñas empresas e industrias, cuando los gobiernos se den cuenta de que el creciente agotamiento de los recursos naturales ha llegado a su límite, sería demasiado tarde para cambiar los modos y maneras de uso. Por ello, les pido unamos esfuerzos por lograr ese cambio desde hoy, no esperar, no llegar al límite.

Les deseo un fructífero Congreso, hagan amigos, construyan sinergias, únanse a esta causa común.

Muchas gracias.

Datos de contacto:
(55 71586465) www.coirenat.org



De izq. a der. Lic. Arturo Núñez Jiménez, Mtro. Gabriel Arrechea González, Mtra. Dolores Barrientos Alemán, Mtro. Wilver Méndez Magaña.



De izq. a der. Mtro. Gabriel Arrechea González, Lic. Arturo Núñez Jiménez, Mtra. Dolores Barrientos Alemán, Lic. Matías Jaramillo Benítez



De izq. a der. Dr. Juan Antonio Cruz Rodríguez, Mtro. Edgardo Muñoz Valenciano, Dr. Raúl Jesús Crespi Bosshardt, Dr. Víctor Manuel Sánchez-Cordero Dávila, Ing. Juan Carlos García Alvarado, Dip. y Mtra. Ena Margarita Bolio Ibarra, Mtro. Gabriel Arrechea González, Lic. Arturo Núñez Jiménez, Lic. Matías Jaramillo Benítez, Mtro. Wilver Méndez Magaña, Mtra. Dolores Barrientos Alemán, Dr. Ricardo Rozzi Marín, Dr. María Teresa Martínez Echevarría, Mtro. Jesús Sánchez Robles.



Índice

Plenaria I

Conferencia Magistral

Tendencias Hacia la Sostenibilidad de los Centros de Población 3
Mtro. Raúl Romo Viramontes

Evaluación de la Biomasa para su Transformación Energética 10
Dr. Raúl Jesús Crespi Bosshardt

La Sostenibilidad del Crecimiento desde la Economía Ambiental 22
Lic. Rosa Carmina Ramírez Contreras

La FEMECA y su Participación en la Conservación de la Fauna Silvestre de México 40
Lic. Edgar Wenzel López

Conferencia Magistral

El Medio Ambiente como Pilar Importante de la Agenda 2030 54
Mtra. Dolores Barrientos Alemán

Plenaria II

Cuba Rumbo al Desarrollo Sostenible 67
Dr. María Teresa Martínez Echevarría

Conferencia Magistral

Conservación de la Biodiversidad en México 82
Situación actual y Retos a Futuro
Dr. Víctor M. G. Sánchez-Cordero Dávila

Sesión Técnica N° I “Desarrollo Sustentable”

Mesa 1: Programas de Conservación del Agua; Desarrollo Tecnológico en Beneficio de los Recursos Naturales

1. Análisis de Costo de Oportunidad del Agua Potable en México, Un Estudio de caso 105
Ma. Magdalena Sánchez A.

2. Aproximación a la Metodología en Determinación de Zonas de Recarga Hídrica Empleando Sistemas de Información Geográfica 114
Juan Carlos Montoya Jiménez

3. Atrapaneblinas como Fuente Alternativa de Agua, Caso de Estudio: Río Blanco Oaxaca, México 122
Raúl Ornelas Figueroa

5. Lozetas Térmicas Hidrofóbicas Jorge 138
Miguel Saldaña Acosta

6. Sistema de Captación Pluvial como Estrategia de Conservación del Agua para Casa/Habitación 146
Ángel Omar Cardoso Gutiérrez

7. Modelación Conjunta Multivariada de Datos Diarios de Precipitación y Evapotranspiración 166
Joel Hernández Bedolla

9. El Derecho Humano al Agua en México: ¿Qué Diseño de Política Pública? 179
Luzma Fabiola Nava

Mesa 2: Agricultura sustentable; Energía Sostenible; Modelos de Desarrollo Sustentable

11. Caracterización de la Producción de Frutos de Aguaje (*Mauritia flexuosa* L.F.) en Plantaciones Macizas de la Provincia de Leoncio Prado, Región Huánuco 195
Clemente Ytavclerh Vargas

12. Espacios Públicos de Importancia Ambiental: El Caso del Paseo de los Lagos del Dique en Xalapa, Veracruz Jorge Guzmán Guillermo	209
13. Propuesta Teórica para el Análisis Institucional de los Efectos del Pago por Servicios Ambientales en La Reserva de la Biosfera de La Sepultura, Chiapas Juan Carlos Caballero Salinas	217
14. Sistema de Seguridad Industrial con Arduino Eliut López Toledo	235
15. Estimación Rápida y Sencilla del Carbono Almacenado en la Biomasa Total de Bosques Alto-Andinos y Herbazales del Tolima y Boyacá, Colombia Milena Andrea Segura	243
16. Agrobiodiversidad de los Huertos Familiares en Paisajes Culturales de las Tierras Bajas Tropicales de Tabasco, México Alejandro AlcudiaAguilar	254
17. Índice General de Sostenibilidad, Herramientas que Facilitan el Establecimiento de Especies Análogas en Agroecosistemas María Teresa Martínez Echevarría	267
19. Aislamiento e Identificación de Bacterias y Hongos en el Proceso de Lixiviados de Suelo Vermicompostado en tres medios de Contaminación por Hidrocarburo Felipa de Jesús Rodríguez Flores	278

Sesión Técnica N° II “Conservación y Restauración del Medio”

Mesa 1: Conservación de la vida Silvestre; Manejo y Administración de Áreas Naturales Protegidas

1. Análisis Sobre Prioridades en el Estudio y la Conservación de los Vertebrados en La Cuenca del Río Lerma, Estado De México Noé Pacheco Coronel	284
2. Áreas Naturales Protegidas Alternativa de Resiliencia para la Costa de Tabasco Lilia Gama Campillo	290
3. Bienes y Servicios Ecosistémicos de la Cuenca del Río Copalita, Oaxaca Nayeli García Juárez	297

- | | |
|---|-------------------|
| <p>4. Diseño para la Biodiversidad como Estrategia de Conservación, Caso de Estudio: Tecolote Llanero, en el Centro Universitario UAEM Valle de Chalco, Estado De México, México
Gisel Gayosso Hernández</p> | <p>304</p> |
| <p>5. Estrategia de Conservación del <i>Ambystoma mexicanum</i> a Través del Diseño de Joyería, Estado de México, México
Sara Daniela Solís Cerón</p> | <p>318</p> |
| <p>6. Investigación Científica en Centros de Conservación de Vida Silvestre, Una Necesidad para la Conservación
Andrés Eduardo Estay Stange</p> | <p>336</p> |
| <p>7. La Revaloración Cultural a Través de la Identificación de Relaciones Socioambientales en Paisajes Hídricos, Sierra Norte de Puebla, México
Mauricio Ricárdez Cabrera</p> | <p>344</p> |
| <p>8. Resiliencia del Bosque Natural de Pino Ante los Impactos de Incendios en la Zona de Protección Forestal, Municipio de Uruapan, Michoacán
Juvenal Esquivel Córdova</p> | <p>363</p> |
| <p>Mesa 2: Manejo y Desarrollo Forestal; Mitigación y Adaptación al Cambio Climático</p> | |
| <p>10. Atributos de la Vegetación en Parcelas de Restauración Ecológica de 11 Años en Los Tuxtlas, Veracruz, México
Eric Gamboa Blanco</p> | <p>378</p> |
| <p>11. Estructura y Composición de Manglar de Área Comprendida de Barra de San José y San Simón, Chiapas, México
Rausel Ramírez Camacho</p> | <p>384</p> |
| <p>12. Estructura y Fenología de <i>Amphipterygium adstringens</i> (schltdl.) standl en una Selva Baja Caducifolia de la Costa de Oaxaca
Deysi Lizeth De la Cruz Salinas</p> | <p>449</p> |
| <p>14. Uso de Portátiles como Actividad Preponderante en la Producción de Planta de Calidad de <i>Pinus hartwegii</i> al Interior de Viveros Forestales del Parque Nacional Nevado de Colima
José Villa Castillo</p> | <p>457</p> |
| <p>15. Reservas de Carbono en Ecosistemas Alto-andinos en el Santuario de Fauna y Flora de Iguaque, Colombia
Hernán J. Andrade</p> | <p>466</p> |

16. Diversidad de Plantas como Recursos Forestales no Maderables en la Sierra Juárez de Oaxaca, México **471**
Joel Martínez López

17. Servicios Ecosistémicos y Vulnerabilidad Climática: Estrategias para la Adaptación al Cambio Climático de Sistemas Productivos de Café **477**
Miguel Angel Dossman Gil

19. Reducción de Emisiones por Deforestación de Bosques Tropicales Altoandinos: el Caso del Santuario de Fauna y Flora de Iguaque, Boyacá, Colombia **481**
Hernán J. Andrade

Sesión Técnica N° III “Gobernanza / Participación Social”

Mesa 1: Modelos de Sostenibilidad para Municipios Ciudades y Territorios; Responsabilidad Social

1. Comportamiento Ambiental y sus Determinantes en las Empresas de México **489**
Roberto González Acolt

2. Programas y Políticas Agroambientales en el Estado de Jalisco: ¿Mecanismos para la Gestión de los Recursos Hídricos? **496**
Nelsy Liliana Rodríguez Castiblanco

5. La Vulnerabilidad Sociodemográfica ante Eventos Hidrometeorológicos de los Municipios de México, 2015 **509**
Raúl Romo Viramontes

6. Conflictividades a Partir de la Gestión Territorial Estatal en la Bio-región del Sumapaz **513**
Jhon Jairo Alvarado Reyes

7. Economía Circular en el Contexto Actual: una Vía Hacia la Sustentabilidad **542**
Sandra Elizabeth Díaz Bernal

8. Manejo Pesquero Ecosistémico, Interdisciplina, Transversalidad y Socialización **552**
Silvia Margarita Ortiz-Gallarza

Mesa 2: Usos Tradicionales, Mercados Orgánicos y Medicina Alternativa;
Modelos para la Educación Ambiental

- | | |
|--|------------|
| 9. Avance del Conocimiento en el Estudio de Hongos Comestibles en la Amazonia Peruana
Ladislao Ruiz Rengifo | 576 |
| 10. Tianguis (<i>Alternanthera repens</i>) y Acahualillo (<i>Bidens odorata</i>), Plantas Medicinales Persistentes en la Ciudad de México
Adela Astudillo-Vázquez | 586 |
| 11. Aprovechamiento de las Plantas Medicinales del Poblado, San Carlos (Villa Benito Juárez), Macuspana, Tabasco
Miguel Alberto Magaña Alejandro | 592 |
| 12. El Reino Vegetal, Arsenal Terapéutico de Agentes Antiespasmódicos y Antidiarreicos
Adela Astudillo-Vázquez | 605 |
| 13. Educación Ambiental para un Vivir Sostenible
Ana María Jiménez Aparicio y Paulina Trejo Barocio | 613 |
| 14. <i>Vitex mollis</i> (Nanche de perro), Agente Terapéutico Tradicional en dos Poblaciones del Estado de Guerrero, México
Hortencia Dávalos-Valle | 616 |
| 15. Valor Nutrimental de <i>Pleurotus smithii</i> (Agaricales: pleurotales), una Especie Silvestre con Potencial Productivo
Akbal Vidal W. | 623 |
| 17. El Aviturismo como Oportunidad para Construir una Cultura Ambiental Basada en el Desarrollo Sustentable y la Biodiversidad en el Occidente Antioqueño –Colombia
Lina María Gamarra Pineda y Ana Lucia Arango Miranda | 634 |
| 18. Vulnerabilidad a la Contaminación Acuífera. Escenarios de Cambio Climático en Yucatán, México
Roger González Herrera | 653 |
| 19. Evaluación del Potencial del Aceite Esencial de “Siparuna” <i>Siparuna guianensis aublet</i> como Repelente Contra Vectores de Dengue y Malaria en Guaviare, Colombia
Andrés Mauricio González Zapata | 660 |

Ponencias Tipo Cartel

- | | |
|---|------------|
| 1. Adaptación de Especies de Eucalyptus Bajo Diferentes Densidades de Plantación a Condiciones Ambientales del Bosque Seco Tropical en Colombia
Alonso Barrios Trilleras | 686 |
| 2. Aplicación del modelo hidrológico para la evaluación de suelo y agua para la conservación de la microcuenca El Cajón ubicada en Tonalá Jalisco
Juan Francisco Mercado Arias | 691 |
| 3. Comparación de Destilador Solar Activo y Pasivo para su Uso en la Purificación de Agua
Diego Armando Alvarado Camacho | 697 |
| 4. Desarrollo Tecnológico para el Tratamiento y Reutilización de Efluentes Urbanos
Raúl Crespi Bosshardt | 703 |
| 6. Evaluación de la Regeneración Natural del Genero Pinus en la Sierra Juárez de Oaxaca, México
Joel Martínez López | 722 |
| 7. Evaluación de la Respuesta de <i>Gmelina arborea</i> a Prácticas de Silvicultura Intensiva en Fase de Establecimiento en Condiciones Ambientales del Bosque Seco Tropical en Colombia
Ana Milena López Aguirre | 728 |
| 8. Evaluación de Parámetros Morfológicos en Especies Comerciales de Eucalyptus Producidas en Diferentes Contenedores y Sustratos
Ana Milena López | 733 |
| 9. Evaluación Físico-Químico de Residuales Líquidos, Generados por Unidades Porcinas, Tratadas con Microorganismos Eficientes (ME-Agroambiental)
Teresa Figueroa Barrios | 739 |
| 10. Extractos de Especies Vegetales del Desierto Chihuahuense y su Potencial como Agentes Biocidas
Brenda O. Baylon-Palomino | 752 |
| 11. Germinación de Semillas de Tres Especies de Bursera Sobre Suelo Nativo de Forma In Situ y Ex Situ
Juan Antonio Barrios Pareja | 760 |

13. Modelamiento de la Productividad de <i>Gmelina arborea</i> con Base en Modificadores Ambientales en Colombia Alonso Barrios Trilleras	762
15. Prueba de Prótesis 3D para Cernícalo Americano (<i>Falco sparverius</i>) con Amputación Tibiotarsal Nayeli Domínguez Calderón	768
16. Resultados de la Evaluación "In Situ" de la Aplicación de Microorganismos Eficientes (ME Agroambiental) en los Residuales Líquidos de Empresas Contaminadoras de Bahías y Cuencas Odys N Hernández Vasallo	777
17. Selección de Dieta de Aguililla de Harris (<i>Parabuteo unicinctus</i>) en Condiciones de Cautiverio Paulina Plata Camarena	788
18. Tratamiento de Agua Residual con Colorante de Uso Textil Mediante Procesos Avanzados de Oxidación Bethuel Y. Pariente	796
19. Urbanización y Agua de Lluvia en la Zona Metropolitana de Guadalajara: Retorno a la Sustentabilidad Hídrica Juan Pablo Urzúa González	808
20. Sistema de Crecimiento Explícito para Plantaciones Forestales Comerciales de <i>Pinus patula</i> Schiede Ex Schlthl. Et Cham Luisa Patricia Uranga-Valencia	824
21. Aspectos Morfológicos, Germinación y Crecimiento Inicial de <i>Castilla elástica</i> Sessé Conservación y Restauración del Medio José Pablo Custodio Rodríguez	831
22. Adaptación y Supervivencia de la Lombriz Roja (<i>Eisenia foetida</i>) en Suelo Contaminado con Concentraciones de Hidrocarburo Felipa de Jesús Rodríguez Flores	836
23. La biomasa del Bacterioplancton: Un Indicador del Estado Trófico del Agua de la Laguna de Sontecomapan, Veracruz José Roberto Ángeles-Vazquez	844
24. Determinación del Crecimiento <i>Arbutus xalapensis</i> (Madroño), a través de Curvas de Altura-Diámetro y su Relación de Dispersión Espacial Mediante la Interpolación por el Vecino más Cercano Felipa de Jesús Rodríguez Flores	853
Conclusiones Carteles	861

Plenaria III

Ordenamiento Territorial y Conservación de la Biodiversidad MSc. Vladimir Pliego Moreno	863
Hacia una Política Pública para el Cambio Climático MSc. Edgardo Muñoz Valenciano	881
La Energía Eólica y el Trilema Energético Dr. Geovanni Hernández Galvez	907
Los Recursos Forestales Estratégico Potencial para el Desarrollo Sustentable de México Dr. Miguel Caballero Deloya	938
Conferencia Magistral	
La Sostenibilidad en Cuba. Experiencia de la Investigación en Agroecosistemas Agropecuario del Municipio de Pinar de Río Dr. Idalma de la Caridad Betancourt Guerra	943
El Aeropuerto en Busca de Operaciones Seguras y su Sustentabilidad Armando José Gamboa Vargas	954
Las Influencias Políticas en el Medio Ambiente en México MSc. Lorena Torres Bernardino	1001
Eventos Paralelos	
Taller Internacional de Ética Ambiental, Filosofía ambiental de campo y “Ecoturismo con Lupa”	1034
Foro de Universidades Verdes Sustentables	1038
Entrega del Premio a la Conservación de los Recursos Naturales “Enrique Beltrán” 2018	1040
Entrega del Manifiesto COIRENAT – Villahermosa Tabasco	1043



Memorias del



Tema General

“Territorios Sostenibles”

septiembre 25, 26, 27 y 28 del 2018

sede

Centro de Convenciones Tabasco 2000

Plenaria I

Presidente: Dr. Ricardo Rozzi Marin

*Investigador del Instituto de Ecología y Biodiversidad,
Universidad de Magallanes. Chile. Universidad del Norte
de Texas. E.U.A.*

**Co Presidente: MSc. María Teresa
Martínez Echevarría**

Universidad Hermanos Saíz, Pinar del Rio, Cuba.



Conferencia Magistral

Tendencias Hacia la Sostenibilidad de los Centros de Población

Mtro. Raúl Romo Viramontes en representación de la Mtra. Patricia Chemor Ruíz

Secretaría General del Consejo Nacional de Población, Ciudad de México.



Tendencias hacia la sostenibilidad de los centros de población

Congreso Internacional de Recursos Naturales 2018

Patricia Chemor Ruiz

Secretaría General del Consejo Nacional de Población

Septiembre de 2018

1



Desde la perspectiva demográfica

Propósitos de la sostenibilidad	Disminuir la desigualdad
	Reducir la pobreza
	Utilizar racionalmente los recursos y el capital natural
	Promover el crecimiento económico bajo en carbono
	Incrementar el acceso a las oportunidades urbanas

Fuente: Sobrino, Jaime, et. al (2015), Ciudades sostenibles en México: una propuesta conceptual y operativa, ALAP, CONAPO, El Colegio de México, El Colegio Mexiquense, Tecnológico de Monterrey, UNFPA, Instituto de Geografía.

2



Las factores poblacionales, tienen efectos diferenciados a distintas escalas territoriales y temporales

Territoriales:

- Regional
- Urbana

Temporal:

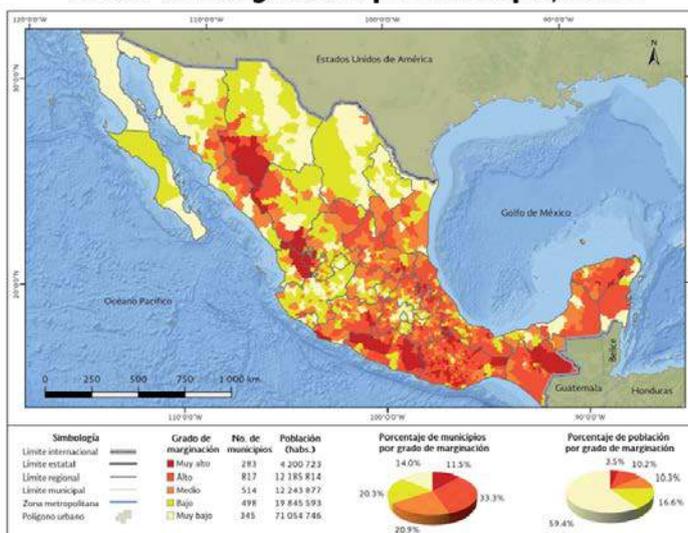
- Análisis prospectivo

Fuente: Sobrino, Jaime, *et. al* (2015), Ciudades sostenibles en México: una propuesta conceptual y operativa, ALAP, CONAPO, El Colegio de México, El Colegio Mexiquense, Tecnológico de Monterrey, UNFPA, Instituto de Geografía.



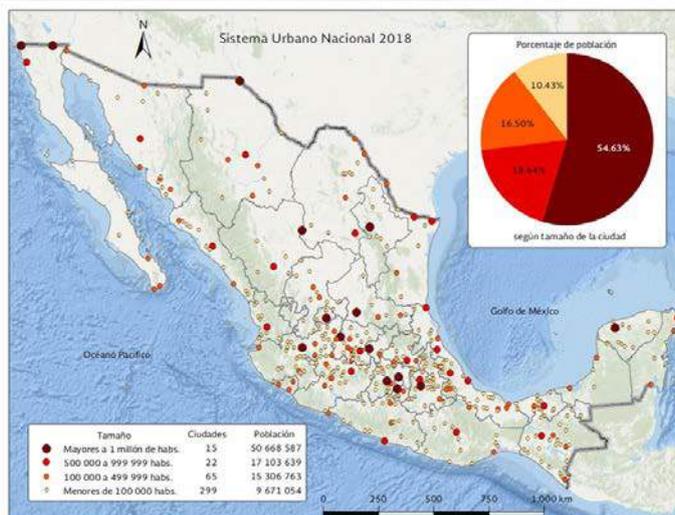
Grado de marginación por municipio, 2015

Desde la perspectiva territorial



Fuente: Estimaciones del CONAPO con base en el INEGI, Encuesta Intercensal 2015.

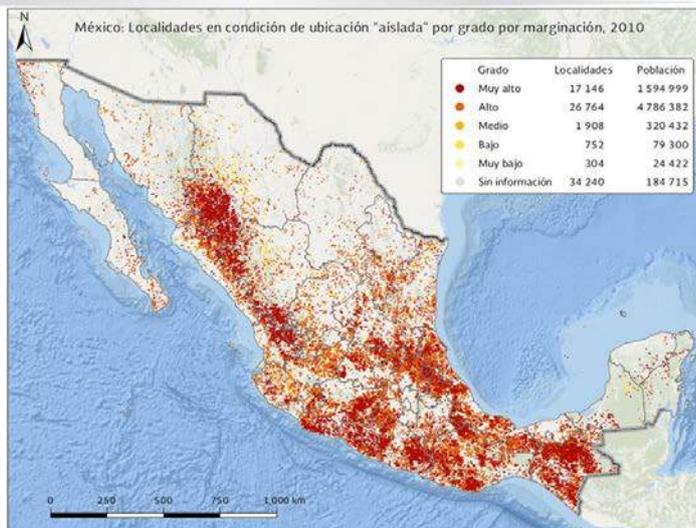
Existe gran dinamismo de las ciudades mayores a un millón de habitantes y de las ciudades entre 50 mil y 100 mil habitantes



5

Más de 30 millones de personas viviendo fuera del Sistema Urbano Nacional

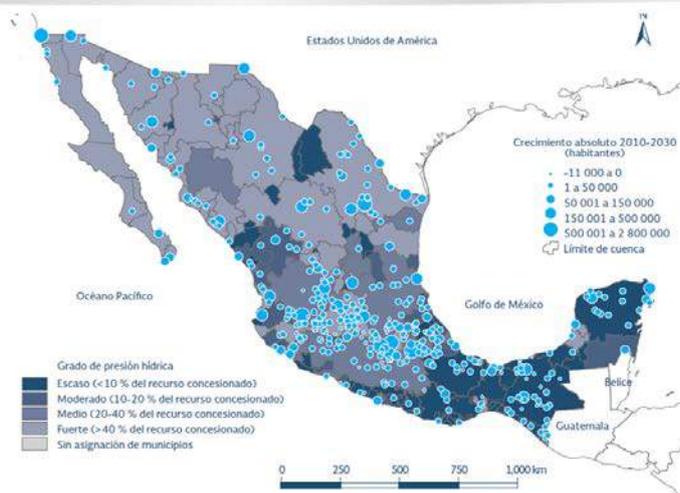
7 millones de estos viven en 79 mil localidades aisladas



6



Crecimiento absoluto y grado de presión hídrica según cuenca hidrográfica, 2010-2030



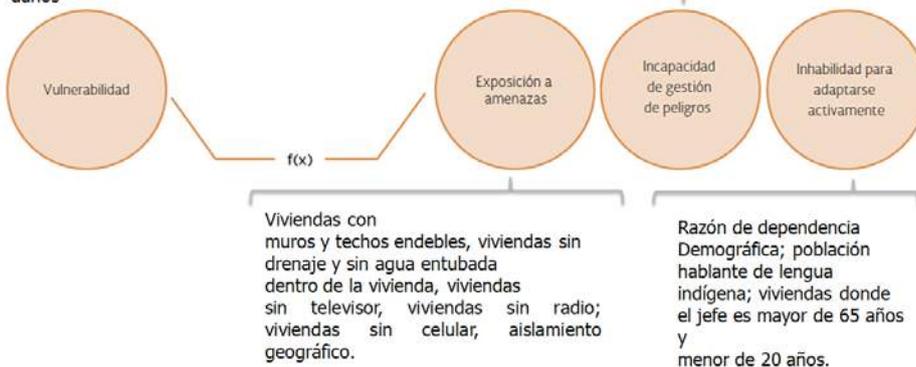
Fuente: Estimaciones del CONAPO con base en las proyecciones de la población municipales, 2010-2030, e INE (2010).

Vulnerabilidad sociodemográfica ante eventos hidrometeorológicos



Características sociales y económicas de la población que limitan su capacidad de respuesta frente a algún fenómeno o amenaza que les puede ocasionar daños

Población no económicamente activa; desocupada; población sin servicios de salud; población con hasta secundaria incompleta (incluye analfabetas); viviendas con algún nivel de hacinamiento; población ocupada en el sector primario.





A escala urbana

Conocer dónde viven los diferentes grupos poblacionales, no solo cuantificar los cambios en las magnitudes

Las decisiones, impactan en el desarrollo urbano y la dinámica demográfica de la urbanización

Afectan las oportunidades de los distintos grupos poblacionales para acceder a servicios

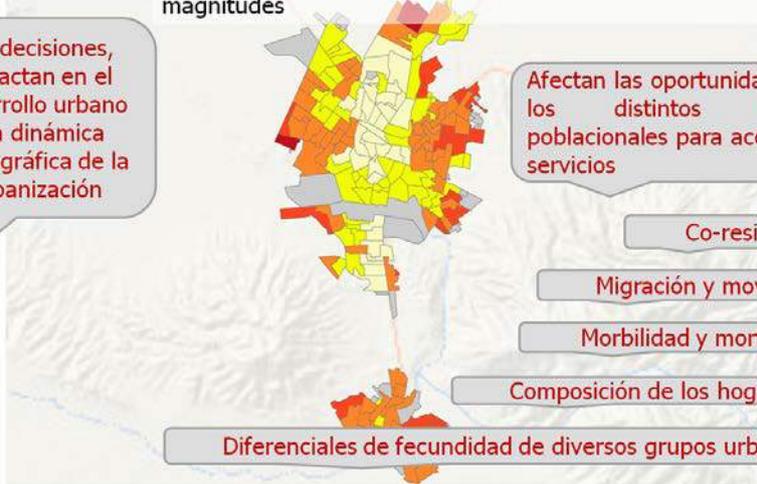
Co-residencia

Migración y movilidad

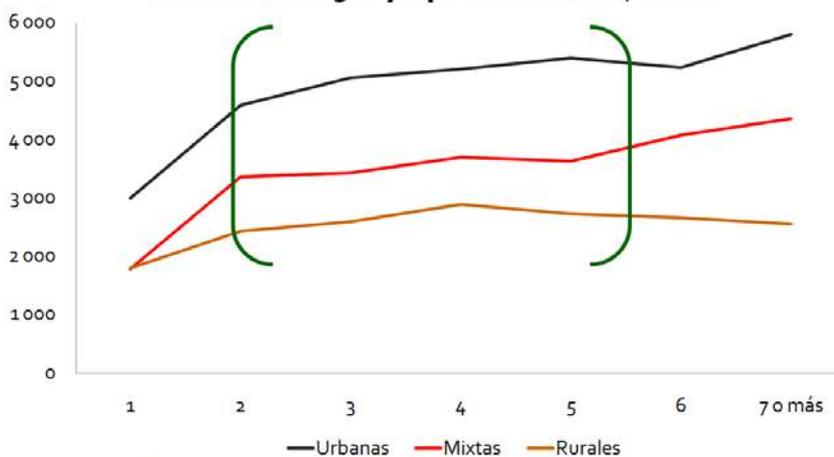
Morbilidad y mortalidad

Composición de los hogares

Diferenciales de fecundidad de diversos grupos urbanos

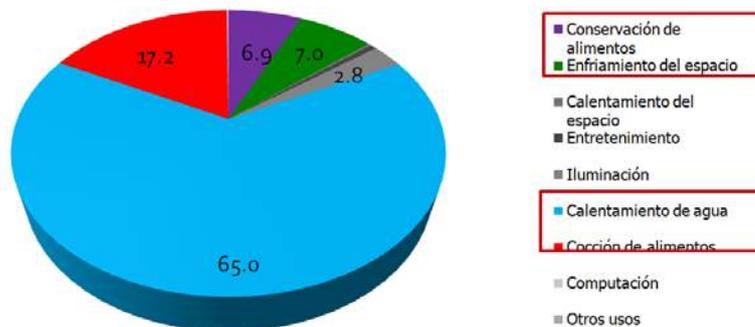


Consumo promedio de energía trimestral según tamaño de hogar y tipo de localidad, 2014



Fuente: Estimaciones del CONAPO con base en el INEGI, Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares, la SENER (2016), Sistema de Información Energética, Comisión Reguladora de Energía (2016), la SEMARNAT (2014), Servicio Geológico Mexicano (2016) y Cruz (2016).

Consumo de energía por uso final a nivel nacional, 2014



Fuente: Estimaciones del CONAPO con base en el INEGI, Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares y Encuesta Nacional sobre el Uso del Tiempo, AIE (2015), SENER (2011 y 2016) y CFE (2016).

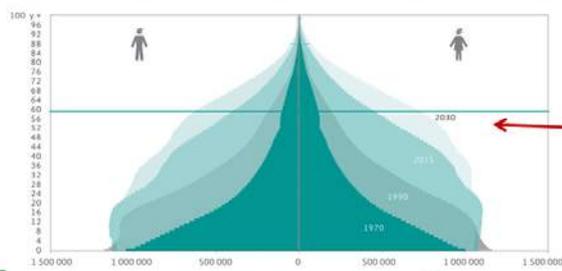
Características sociodemográficas relacionadas con mayor consumo absoluto y promedio por tipo de hogar y de localidad

Variable	Consumo absoluto			Variable	Consumo promedio		
	Tamaño de localidad				Tamaño de localidad		
	Urbana	Mixta	Rural		Urbana	Mixta	Rural
Estrato socioeconómico	Medio-bajo, medio-alto	Medio-bajo, bajo	Medio bajo, bajo	Estrato socioeconómico	Alto y medio-alto	Medio-bajo y alto	Alto y medio bajo
Tipo de hogar	Nuclear	Nuclear	Nuclear	Tipo de hogar	Ampliado	Corresidente	Ampliado
Número de integrantes	3 y 4	3 y 4	4 y 5	Número de integrantes	7 o más	7 o más	4 y 5
Sexo del jefe de hogar	Hombre	Hombre	Hombre	Sexo del jefe de hogar	Hombre	Hombre	Hombre
Edad del jefe de hogar	Entre 40 y 49 años	Entre 40 y 49 años	Entre 40 y 49 años	Edad del jefe de hogar	Entre 50 y 59 años	Entre 50 y 59 años	Entre 50 y 59 años
Educación del jefe de hogar	Secundaria completa	Secundaria completa	Primaria incompleta	Educación del jefe de hogar	Posgrado	Posgrado	Profesional completa

Fuente: Estimaciones del CONAPO con base en el INEGI, Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares, la SENER (2016), Sistema de Información Energética, Comisión Reguladora de Energía (2016), la SEMARNAT (2014), Servicio Geológico Mexicano (2016) y Cruz (2016).

Dadas las tendencias de crecimiento poblacional al 2030

Grupo de Edad	2017		2030		C. Absoluto 2017-30
	Población	Porcentaje	Población	Porcentaje	
0-14	33 304 550	27.0	32 511 789	23.6	- 792 761
15-29	31 907 685	25.8	31 562 582	23.0	- 345 103
30-44	26 310 881	21.3	29 066 538	21.1	2 755 657
45-64	23 162 780	18.8	30 251 195	22.0	7 088 415
65+	8 832 374	7.2	14 089 232	10.2	5 256 858
Total	123 518 270	100.0	137 481 336	100.0	13 963 066



Se incrementará la población que tiene consumos más altos

- **La perspectiva demográfica permite anticipar necesidades (demandas) y ayuda a los municipios a definir políticas programas y acciones que se requieren para responder a estas necesidades y garantizar los derechos de las poblaciones presentes y futuras.**
- **El enfoque es transversal y articulador de las dinámicas: demográfica, ambiental, social y económica.**

Sesión Plenaria

Evaluación de la Biomasa para su Transformación Energética

Dr. Raúl Jesús Crespi Bosshardt

Universidad Nacional de Río Cuarto Río Cuarto, Córdoba, Argentina

Raúl Jesús Crespi y Marino Alberto Pugliese

EVALUACIÓN DE LA BIOMASA PARA SU TRANSFORMACIÓN ENERGÉTICA

Facultad de Agronomía y Veterinaria y Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional de Río Cuarto Río Cuarto, Córdoba, Argentina

Resumen

Con el objetivo de incorporar la biomasa como vector renovable a la matriz energética nacional, se evaluó la disponibilidad de la biomasa agrícola residual (BAR) conocida comúnmente como rastrojo o paja para determinar la superficie necesaria de cobertura del mercado eléctrico (SNCME) en un marco de sustentabilidad del sistema. El estudio consideró una serie de 53 años (1960-2012) y una superficie agrícola de 914800 ha pertenecientes al Departamento Río Cuarto (33° 10'S y 64° 22'O); la oferta al mercado la conformaron: girasol, maíz, soja, maní, trigo y sorgo, cuantificando el volumen biomásico con retiro parcial máximo de 2/3 del total del rastrojo para su valoración y rendimiento eléctrico por unidad de superficie. La demanda de energía eléctrica del mercado se fijó para diferentes escenarios geográficos y categorías de usuarios, considerando los consumos registrados en 2012. Como resultado de este análisis surge que los cultivos de mejor comportamiento eléctrico fueron: maíz y sorgo con una valoración de energía eléctrica útil de 1192445 MWh año⁻¹ y 498757 MWh año⁻¹ para rendimientos eléctricos de 5144 KWh ha⁻¹ y 7228 KWh ha⁻¹ respectivamente. Considerando de estos dos cultivos el maíz por ser el de mayor relevancia a nivel regional, las SNCME se determinaron para diferentes espacios geográficos. A nivel nacional, se crearían 500000 nuevos puestos de trabajo y se evitaría - respecto al uso de combustibles fósiles- la emisión de 114000000 de Tn de CO₂. En conclusión, la forma de gestionar el recurso biomásico para la generación energética, consiste en configurar "centrales de biomasa", aplicando el concepto de generación distribuida.

Palabras clave: cultivos, sustentabilidad, mercado eléctrico, rendimiento eléctrico, cobertura de mercado

Introducción

El acceso a la energía, su producción y uso racional, son factores fundamentales para el crecimiento y el desarrollo sustentable de un país; es conocido que el mantenimiento de los actuales sistemas de producción, insumen enormes cantidades de energía, principalmente cuando se hace referencia a los países industrializados, que si bien paradójicamente tienden a ser los más eficientes en el uso de los recursos energéticos, manifiestan un consumo elevado dado su forma particular de vida. Según Hoogwijk et al., 2003, hay varios factores que influirían en la disponibilidad de biomasa para energía:

1. La demanda futura de alimentos, determinado por el crecimiento de la población y la dieta futura.

2. El tipo de sistemas de producción de alimentos que puede ser adoptado en todo el mundo durante los próximos 50 años.
3. La productividad de los cultivos forestales y energéticos.
4. El aumento del uso de biomateriales.
5. La disponibilidad de tierras degradadas.

La energía es vital para la seguridad interna y externa de un país y constituye el núcleo de los desafíos económicos, sociales y ecológicos siendo uno de los insumos indispensables para la supervivencia del ser humano en la tierra (Halder et al., 2015). El consumo de energía del mundo alcanzó los 12730.4 millones de toneladas equivalentes de petróleo (MTEP) en 2013, casi el doble que en 1980. Desafortunadamente esta información no es bien conocida por el público en general y, en consecuencia, no comprende dimensionalmente, las serias dificultades económicas por las que atraviesa una nación cuando se produce escasez energética. Mientras que la humanidad ha conseguido enormes progresos en la mejora del bienestar material en los últimos dos siglos, estos adelantos se han logrado a costa de la degradación de nuestros recursos naturales; debido a este comportamiento, aproximadamente la mitad de los bosques que cubrían la tierra han desaparecido, las aguas subterráneas se están agotando y contaminando y se registran enormes reducciones en la biodiversidad de especies. El crecimiento económico encuentra en el consumo de energía procedente de los combustibles fósiles, una de sus piedras angulares, lo que ha provocado por un lado, una creciente escasez de recursos y por otro, un agravamiento de las externalidades negativas producidas por el actual modelo económico mundial, ya que las fuentes de energía utilizadas para satisfacer las necesidades energéticas actuales, son las principales responsables de emisiones de gases de efecto invernadero, siendo la más clara manifestación de esta situación, el fenómeno conocido como “cambio climático”. La mitigación de este peligroso efecto, resulta ser una fuerza impulsora para el aumento del uso de las energías renovables en todo el mundo, manteniendo el capital natural por largo tiempo y no reduciendo el potencial de las futuras cosechas. Los científicos que estudian el clima, han observado que el dióxido de carbono (CO_2) en la atmósfera aumentó significativamente durante el siglo pasado, en comparación a la era preindustrial (alrededor de 280 ppm) y la concentración de CO_2 en 2014 fue de 397 ppm, 42 % mayor que a mediados de 1800, con un crecimiento promedio de 2 ppm por año, en los últimos diez años y se pretende fijar un límite de 450 ppm de CO_2 en la atmósfera, escenario compatible con el objetivo de limitar el aumento de la temperatura media mundial a 2 °C para 2050 (Jiménez Larrea, 2011). Esta tendencia, en principio continuaría, succionada por los actuales patrones de consumo y métodos de producción, por lo que se plantea la necesidad urgente de encontrar nuevas vías de desarrollo, que garanticen la sustentabilidad del sistema, disminuyendo la pobreza y revirtiendo la destrucción del ambiente, a fin de lograr un medio de vida digno para todos los seres humanos. Hay múltiples relaciones entre la energía y la pobreza; la falta de servicios energéticos estables, guarda una estrecha correlación con indicadores de pobreza y nadie duda que en un país existe una alta vinculación entre el nivel de desarrollo de una economía y su consumo de energía (Cabellos, 2012). En una organización económica equilibrada, atender las relaciones entre los hombres y el ambiente que lo rodea,

implica un cambio de paradigma de la política económica mundial, donde la contaminación se ha incrementado, particularmente por la tendencia de las sociedades humanas de concentrar sus actividades en grandes centros urbanos (Vassallo et al., 2009). Las investigaciones realizadas en los últimos 40 años, confirman una profunda crisis ambiental, ocasionada por los impactos negativos que provocó el efecto antrópico sobre los ecosistemas, ya no es posible seguir comportándonos como si fuéramos la última generación que va a vivir sobre la Tierra (Garda, 2004). Atendiendo estos antecedentes, se pretende acceder a modernas tecnologías para producir energía particularmente a partir de la biomasa agrícola comercial (BAC) denominados cultivos convencionales de primera generación, facilitando el desarrollo económico y social, garantizando la seguridad energética y disminuyendo el impacto ambiental (Sathaye et al., 2011), tal como se viene demostrando en Argentina en los últimos años, con la incorporación de los biocombustibles fundamentalmente biodiesel (a partir de soja) y bioetanol (a partir de maíz y caña de azúcar). Analizando otro componente de la biomasa que es la BAR, dentro de los cultivos lignocelulósicos de segunda generación (Crespi Bosshardt y Pugliese Stevenazzi, 2017); se observa que actualmente, en su mayoría queda en el lugar de producción luego de la cosecha, utilizándose como cobertura de suelo para disminuir los efectos de la erosión eólica e hídrica, mantener la humedad, preservar la vida microbiana, reponer nutrientes y servir de alimento a rumiantes y especies naturales que hacen al mantenimiento del ecosistema (Mikha et al., 2013). No obstante, en su faceta potencial, la generación de energía eléctrica a partir de los rastrojos, presenta una excelente opción para incorporarse como un nuevo recurso renovable a la matriz energética nacional, sin competencia con la alimentación humana. En tal sentido, se evaluó la generación de energía eléctrica a partir de la BAR de los cultivos tradicionales, atendiendo el concepto de sustentabilidad del sistema agropecuario y determinando la SNCME en función de sus rendimientos electroenergéticos.

Diseño metodológico

Para determinar el potencial energético, este estudio se circunscribió a la biomasa agrícola que se produce en el Departamento Río Cuarto (33° 10'S y 64° 22'O) - Provincia de Córdoba, Argentina-, para lo cual se utilizó la base de datos del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentos (Guevara, 2012), conteniendo la siguiente información:

1. Cultivos: girasol, lino, cártamo, maní, soja, maíz, sorgo granífero, trigo, avena, cebada y centeno.
2. Superficie sembrada y cosechada
3. Rendimiento y producción de cada uno de los cultivos

El área de estudio se presenta en la Fig. 1 y constituye la oferta potencial de energía de la biomasa agrícola.

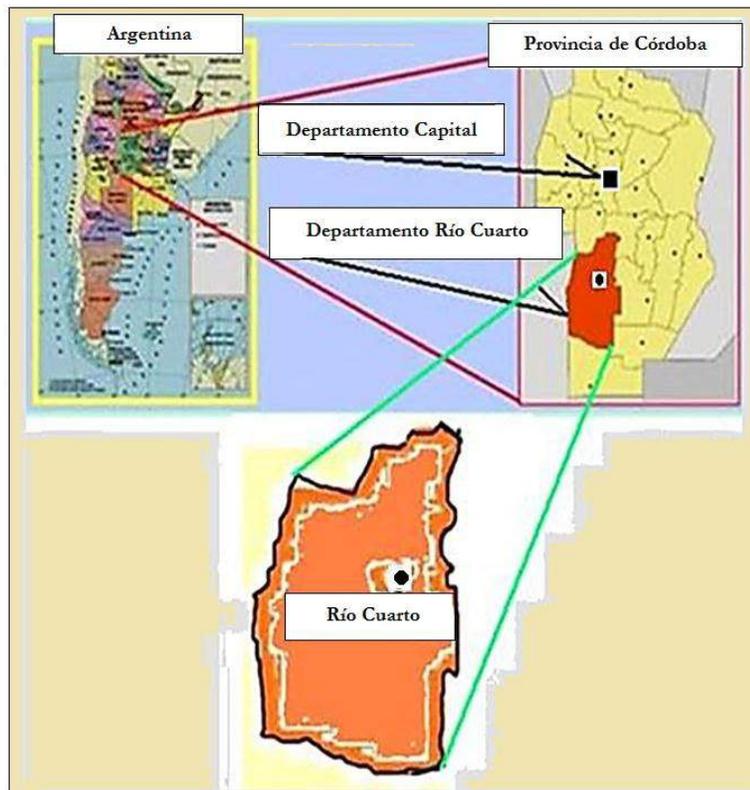


Figura 1. Área de estudio de la producción de biomasa agrícola
 Fuente: elaboración propia

De todos los cultivos incluidos en la base de datos, se seleccionaron para realizar este estudio, aquellos de mayor participación a nivel departamental como son: girasol, maíz, maní, soja, sorgo y trigo. A tal efecto, resulta necesario en primera instancia disponer de un periodo de estudio lo más extenso posible, en este caso particular, se consideró una serie estadística de 53 años (1960-2012) a los fines de evaluar las oscilaciones de producción en cada campaña y conocer en qué magnitud puede satisfacerse las necesidades del mercado eléctrico. En la Fig. 2, se observa la variación de la superficie cosechada.

Observando el comportamiento de cada uno de los cultivos, se puede decir lo siguiente:

- Girasol: mantuvo una tendencia oscilante entre 10 y 20 % durante aproximadamente 40 años, manifestando una caída sostenida a partir del año 2000 por debajo de 5 %, contabilizando en 2012 una superficie cosechada de 31000 ha que representó apenas 3.4 %; toda esta información se expresa en forma relativa a la superficie total cosechada en cada campaña.
- Maíz: mostró ser el cultivo dominante de la región durante 40 años, manifestando su máxima presencia relativa en el sector agrícola con 300000 ha en el año 1965, representando 74.63 % del total que fue de 402000 ha cosechadas, con una producción de 510000 Tn. Luego de sufrir ciertas oscilaciones, llegó al final de la serie con 231800 ha, equivalente a 25.38 % sobre un total de 913400 ha en 2012 y una producción de 1483520 Tn. Es

interesante apreciar la importante disminución que se observa en las campañas 1988 y 1989 con una pérdida de 160000 ha por año, que representaron 110 % y 200 % de la superficie sembrada respectivamente, obedeciendo esta situación a dos años anormalmente secos con registros de lluvias de 542.8 mm y 451.1 mm para los años 1988 y 1989 respectivamente, recordando que el promedio de lluvias para una serie estadística de 25 años en la región es de 801 mm año⁻¹ (Seiler et al., 1995), pero fundamentalmente marcando un déficit hídrico notorio en la época primavera estival, lo cual puso en evidencia la ausencia casi total de la tecnología del riego, con lo cual podría haberse mitigado esta pérdida millonaria.

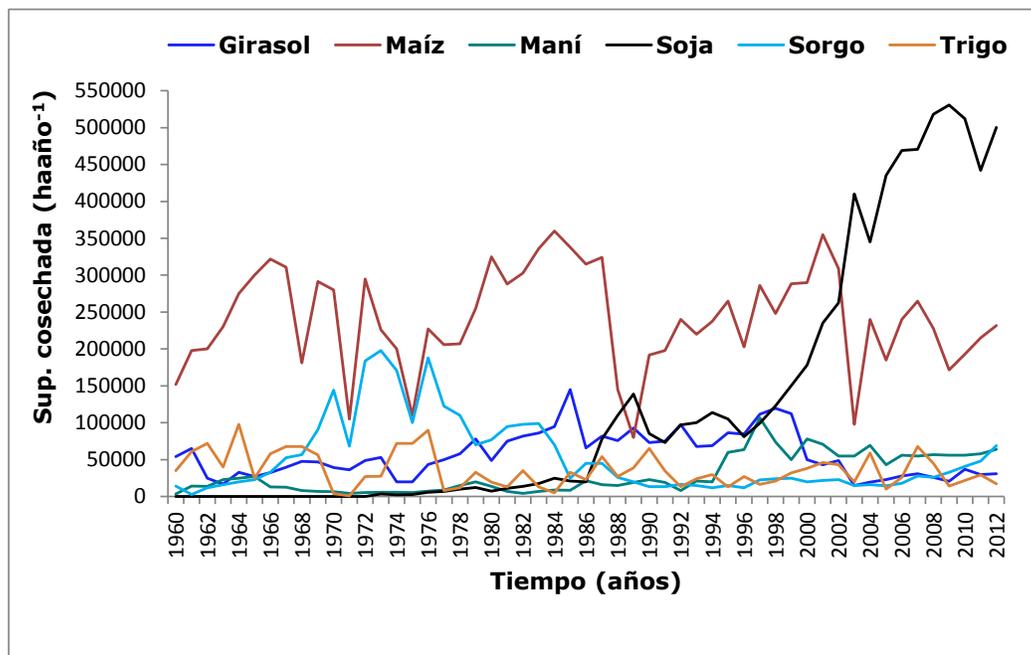


Figura 2. Evolución de la superficie cosechada de cada cultivo en la serie
Fuente: elaboración propia.

- Maní: si bien es un producto que regionalmente tiene un gran impacto económico; desde el punto de vista agrícola, no ocupó -salvo el período comprendido entre 1995 a 1998- una superficie cosechada superior a 8 %.
- Soja: con su aparición en 1972 y durante los primeros 14 años, siendo un cultivo convencional sin modificación genética, ocupaba una pequeña superficie del total, llegando en 1986 a cosecharse 20000 ha que representó 4.08 % de un total de 490400 ha cosechadas, con un rendimiento de 1700 Kg ha⁻¹. A partir de este momento, se dieron una serie de condiciones que aunadas potenciaron el establecimiento de esta oleaginosa en la región, entre las que se destacaron: soja transgénica, siembra directa, incorporación de riego, demanda de los mercados asiáticos, mejores márgenes brutos relativos, consumo interno, valor agregado (aceite comestible, biodiesel, etc.). Así fue, que en 1987 multiplicó casi por cuatro la superficie cosechada y cubrió en 1988 a 1989 el valle dejado por el maíz, con un pico de superficie cosechada de 110000 ha y 139000 ha respectivamente, aunque también tuvo una pérdida

-con porcentajes promedios de 12.45 %- respecto al área sembrada producto de las bajas precipitaciones acaecidas en esos años. A partir de 1997, comienza un crecimiento exponencial que en la campaña 2002 a 2003, supera al maíz manteniendo esta tendencia con una amplia brecha de aproximadamente 100 % entre estos dos cultivos dominantes de la región; alcanzando en 2012, 500200 ha equivalente a 54.76 % del total, con una producción de 1225490 Tn.

- Sorgo: este cereal tiene su máxima participación en el período 1967 a 1983 con un promedio de Sc de 25.80 % y manifestando de ahí en adelante una tendencia bajista y que lo mantuvo alrededor de 5 %, logrando en 2012 una Sc de 69000 ha que significó 7.55 % del total, con una producción de 427800 Tn y un rendimiento de 6200 Kg ha⁻¹.
- Trigo: este es un cultivo que en general muestra una baja participación en la superficie cosechada respecto del resto, donde los mayores porcentajes los presentó en los primeros 16 años de la serie con un promedio de 12.65 %; en adelante, fue marcado su descenso hasta la actualidad, siendo la Sc en 2012 de 17400 ha con una producción de 26100 Tn.

En relación a la biomasa agrícola, se diferencian claramente tres conceptos fundamentales relacionados entre sí y que a continuación se definen:

1. Biomasa agrícola comercial: se refiere a la biomasa como componente de la parte de un cultivo conocido como producto, el cual habitualmente, entra en el proceso de comercialización y constituye el componente principal de la cadena alimentaria.
2. Biomasa agrícola residual: se refiere al subproducto o residuos generados en las actividades agrícolas comúnmente denominados rastrojos
3. Biomasa agrícola total (BAT): simplemente resulta de la suma de las dos variables anteriores

En este trabajo se utilizó solamente la BAR como un nuevo vector renovable que se destinó a la transformación energética. A los fines de su cuantificación es necesario contar con el índice de cosecha (IC), que es calculado como la relación entre el rendimiento económico y el biológico en base a materia seca (12 %) (Kuruvadi et al., 1998; Bagheri, 2013) considerado también como eficiencia de partición ((Zhu et al., 2010) que presenta cierta inversión relativa de los recursos vegetales en las partes reproductivas (Hoffman et al., 1990), con su auxilio se determinó el respectivo índice de residuo (IR) de los cultivos seleccionados, cuantificando el volumen biomásico de la BAR retirando 2/3 del total del rastrojo para su valoración y rendimiento energético por unidad de superficie.

Por otra parte, a los fines de analizar el mercado eléctrico y determinar la demanda, se utilizó la base de datos del Ministerio Nacional de Energía y Minería (<https://datos.minem.gob.ar/>, 2012), que concentra toda la información estadística de los distintos actores del mercado (generadores, transportistas y distribuidores) (Tabla 1).

Tabla 1. Escenarios geográficos y consumos por categorías

Escenarios	Territorios	Consumos (MWh)	
		Total	Residencial
1	CIUDAD DE RIO CUARTO	308060	135020
2	PROVINCIA DE CORDOBA	7474085	2589655
3	PROVINCIA DE SAN LUIS	1312608	381578
4	PROVINCIA DE MENDOZA	5321691	1314941
5	PROVINCIA DE MISIONES	1607736	801952
6	PROVINCIA DE SANTA FE	9795780	2787377
7	PROVINCIA DE LA RIOJA	1117985	405799
8	PROVINCIA DE CHACO	1812757	1049694
9	PROVINCIA DE RIO NEGRO	1636309	455087
10	PROVINCIA DE BUENOS AIRES	54122738	20081787
11	CIUDAD AUTÓNOMA DE BUENOS AIRES	12109977	4520125
12	REPUBLICA ARGENTINA	105977840	36463551

Dentro del sistema eléctrico interconectado de Argentina, este estudio se circunscribió a 12 escenarios geográficos, considerando todas las categorías de usuarios (residencial, comercial, industrial, servicios de agua, transporte etc., rural y alumbrado público) y solamente los usuarios residenciales

Resultados

Cuando se considera la biomasa total, se hace referencia a la cantidad de materia orgánica acumulada en un individuo o en una población. Históricamente en el sector agrícola tradicional (maíz, soja, etc.), esta biomasa se ha utilizado y aún se sigue empleando para su transformación en nutrientes que participan en la cadena alimentaria, en enmiendas orgánicas para mejoramiento de suelos, en material biológico para proteger la erosión eólica e hídrica, etc.; no obstante, ante una producción excesiva de rastrojos por el incremento manifiesto de los rendimientos, se complica el manejo de los mismos, ocasionando serios problemas como incendios de cosechadoras y dificultad en la circulación de maquinaria e implantación de cultivos. Ante la evidente problemática energética nacional e internacional, en la actualidad se abre una interesante alternativa adicional a la utilización tradicional, tal cual es, el tratamiento de la BAR como un nuevo paradigma que posibilite la incorporación de la misma a la matriz energética, donde se priorice el criterio de sustentabilidad del sistema agropecuario. En la Fig. 3, se muestran los resultados del aporte de la BAR ($Tn\text{ año}^{-1}$) de cada uno de los cultivos para la campaña 2012 (Crespi Bosshardt y Pugliese Stevenazzi, 2017).

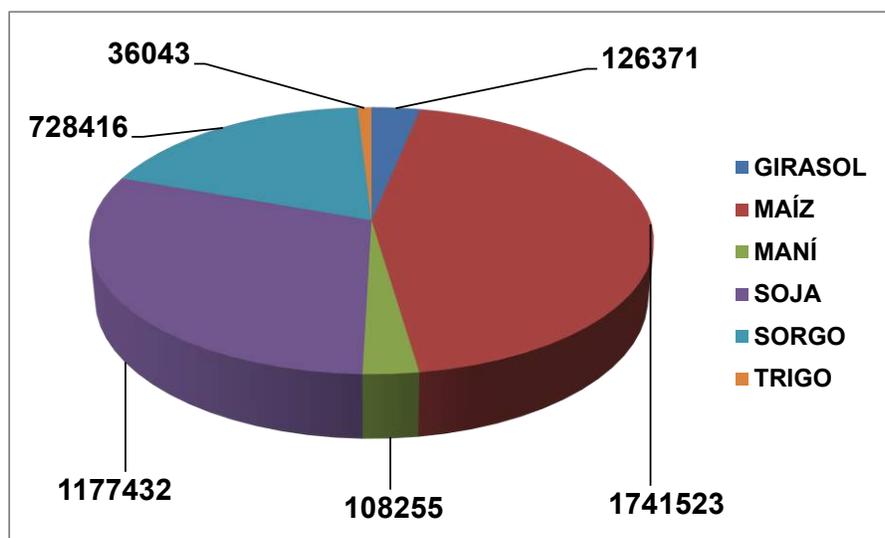


Figura 3. Producción de biomasa agrícola residual para todos los cultivos

Como se observa en la Fig. 3, maíz, soja y sorgo proveen 93 % del total de la BAR del Departamento Río Cuarto.

A los fines de evaluar la potencialidad térmica de la biomasa agrícola residual como recurso renovable (Tabla 2), es preciso cuantificar este vector energético a los fines de analizar su potencial térmico (Castells, 2005), el cual se mide por su poder calorífico, que es la cantidad de energía (MJ o Kcal) que produce la combustión de diferentes combustibles por unidad de masa (Fernández, 2008), lo que se expresa en diferentes unidades: gigajoules (Gj), toneladas equivalentes de petróleo (TEP) y barriles equivalentes de petróleo (BEP).

Tabla 2. Valoración potencial térmica de la BAR

Cultivos	Valoración potencial térmica (Vpt)		
	Gj	TEP	BEP
Girasol	1383741	33025	225890
Maíz	19069450	455118	3113008
Maní	1185381	28291	193509
Soja	12892719	307702	2104683
Sorgo	7976061	190359	1302059
Trigo	394665	9419	64427

En la Fig. 4, se aprecia la energía eléctrica útil de la BAR (MWh) de los seis cultivos con retiro parcial del rastrojo.

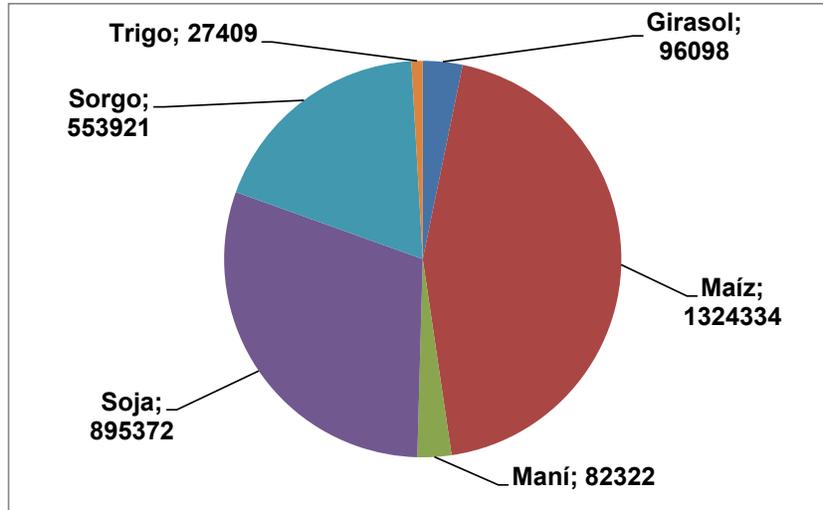


Figura 4. Energía eléctrica útil para el año 2012

Luego se determinó el rendimiento eléctrico de la BAR de los cultivos seleccionados en este estudio (Fig. 5), en la cual se observa que los rastrojos de mayor rendimiento eléctrico por unidad de superficie correspondieron al sorgo y al maíz, razón por la cual fueron seleccionados; no obstante, el sorgo dada su relativa baja superficie cosechada en la actualidad (69000 ha), hizo que el maíz fuera en definitiva el cultivo elegido dada su mayor producción de biomasa, con una superficie cosechada de 231800 ha, aportando 1161016 Tn de BAR para la una generación de energía eléctrica útil de 1324939 MWh considerando un factor de rendimiento tecnológico en todo el proceso de 25 % (Crespi Bosshardt y Pugliese Stevenazzi, 2017) lo cual es un coeficiente relativamente conservador (Pelegrina Ortiz, 2106).

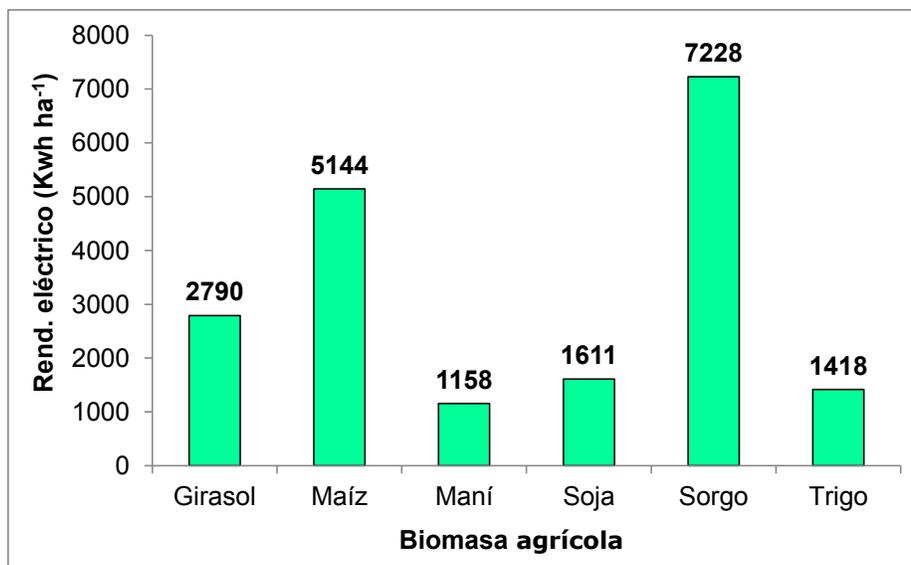


Figura 5. Rendimiento eléctrico de la biomasa agrícola residual

Teniendo en cuenta esta ponderación, se determinó la SNCME para los diferentes escenarios geográficos y categorías de usuarios total y residencial (Fig. 6 y Fig. 7) respectivamente, donde la información suministrada por las barras de color negro (escenarios 1 a 9) y las barras de color rojo (escenarios 10 a 12), se corresponden con los ejes de ordenadas respectivos.

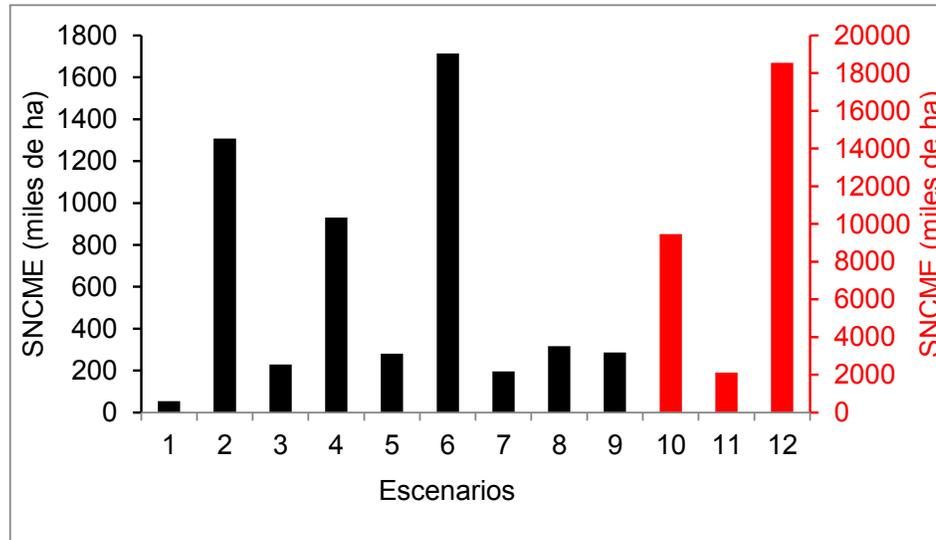


Figura 6. Superficie necesaria de cobertura de mercado para el consumo total
Fuente: elaboración propia

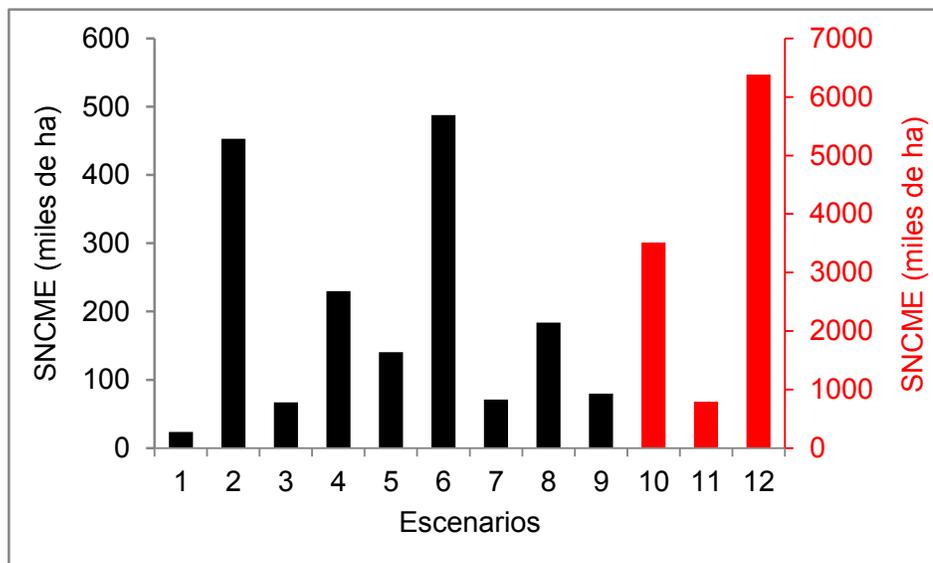


Figura 7. Superficie necesaria de cobertura de mercado para el consumo residencial
Fuente: elaboración propia

En la Fig. 6, se observa que la SNCME de la ciudad de Río Cuarto resultó ser 53896 ha (que representa 23 % de la superficie de maíz del Departamento Río

Cuarto), mientras que para cubrir los requerimientos energéticos de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA), se precisa contar con 9 veces dicha superficie. Esto no solamente se debe a la obiedad de la mayor cantidad de usuarios de la CABA (23 veces más); sino también, al mayor consumo por usuario de ésta en relación a la primera (7289 KWh por usuario y 4202 KWh por usuario respectivamente).

Analizando de igual manera la Fig. 7 pero en este caso atendiendo solo el sector residencial, la SNCME de la ciudad de Río Cuarto resultó ser 23622 ha (que representa 10.2 % de la superficie de maíz del Departamento Río Cuarto), mientras que para cubrir los requerimientos energéticos de la CABA, se precisa contar con 790802 ha, que representa 3.4 veces el maíz cosechado en Río Cuarto. Esto se debe a que el consumo por usuario de la CABA es 53 % mayor al de Río Cuarto.

Conclusiones

La energía renovable a partir de la BAR, presenta un gran potencial para convertirse en una de las principales fuentes generadoras de electricidad a nivel mundial, principalmente en los países en vías de desarrollo caracterizados normalmente por la abundancia y variedad de este tipo de recurso, contribuyendo a disminuir la pobreza con la creación de nuevos puestos de trabajo, favoreciendo al ambiente y aumentando los ingresos económicos; particularmente en Argentina, se crearían 500000 empleos entre directos, indirectos e inducidos, se evitaría -respecto al uso de combustibles fósiles- la emisión de 114000000 de Tn de CO₂ y se beneficiaría -entre otros- al sector agropecuario, promoviendo de esta manera, al logro de un futuro sustentable, donde debe prevalecer siempre un criterio responsable de la gestión del recurso biomásico, que se aleje de la deforestación, del inadecuado manejo del suelo o de la baja en la biodiversidad de especies.

Se propone la introducción de un nuevo paradigma, que permita atender los requerimientos eléctricos del mercado sin ningún tipo de interferencia con la alimentación humana, incorporando este vector a la matriz energética nacional. De ahora en más, el agricultor debe saber que en su campo, no solo dispone de plantas y animales, sino que también posee biomasa con valor energético equivalente a barriles de petróleo.

Referencia bibliográfica

1. Halder P., N. Paul, M. Joardder, M. Sarker. 2015. Energy scarcity and potential of renewable energy in Bangladesh. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 51:1636–1649.
2. Crespi Bosshardt, R. y M. Pugliese Stevenazzi. 2017. Energías renovables con énfasis en bioenergía. Universidad Nacional de Río Cuarto. ISBN: 978-987-688-240-8. UNIRIO. 332 pág.
3. Hoogwijk M., A. Faaij, R. van den Broek, G. Berndes, D. Gielen, W. Turkenburg. 2003. Exploration of the ranges of the global potential of biomass for energy. *Biomass and Bioenergy* 25:119 – 133.

4. Cabellos, M. 2012. La energía, medio para reducir la extrema pobreza en los países en desarrollo. Cuadernos de energía 34. Pág. 3037. España.
5. Jiménez Larrea, E. 2011. Escenarios energéticos globales y planificación energética española. El papel de los consumidores difusos: transporte y residencia. 16 pág.
6. Vassallo P., C. Paoli, M. Fabiano. 2009. Energy required for the complete treatment of municipal wastewater. Ecological Engineering. Volume 35, Issue 5, Pages 687–694.
7. Garda J. 2004. Sustentabilidad, el gran desafío. XVI Congreso Latinoamericano, de los Químicos y Técnicos de la Industria del Cuero. 18 pág.
8. Sathaye J., O. Lucon and A. Rahman. 2011. IPCC. Contribution to Special Report Renewable Energy Sources. Renewable energy in the context of sustainable development. Special report on renewable energy sources and climate change mitigation. Chapter 9. 135 pág.
9. Mikha M., J. Benjamin, A. Halvorson and D. Nielsen. 2013. Soil Carbon Changes Influenced by Soil Management and Calculation Method. Open Journal of Soil Science 3, 123131.
10. Guevara J. 2012. Base de datos agropecuarios. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentos de la Provincia de Córdoba.
11. <https://datos.minem.gob.ar/>. 2018. Datos de Energía. Informes estadísticos del sector eléctrico. Ministerio de Energía y Minería. Argentina.
12. Seiler R., R. Fabricius, V. Rotondo y M. Vinocur. 1995. Agroclimatología de Río Cuarto 1973/1993. Cátedra de Agrometeorología. FAV. UNRC.
13. Kuruvadi, S.1, Velasco, J. J., Vázquez, L.M.G.2, A.L. Benitez1. 1998. Comparación de rendimiento económico e índice de cosecha en trigo (*Triticum aestivum* L.) bajo temporal. Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca2. Agraria Vol. 14, N° 1.
14. Bagheri H. 2013. A Review for Growth and Development Processes in Canola (*Brassica napus* L.). Global Journal of Medicinal Plant Research, 1(1): 5457, 2013
15. Zhu X., S. Long and D. Ort. 2010. Improving photosynthetic efficiency for greater yield. Annual Review of Plant Biology 61, 235–261.
16. Hoffman, G., T. Howell and K. Solomon. 1990. Management of farm irrigation systems. ASAE. 1040 pág.
17. Castells, E. 2005. Tratamiento y valorización energética de residuos. 1207. pág.
18. Fernández J. 2008. Energías renovables para todos. Biomasa. Energía de la Biomasa. Fund. de la Energía de la Com. de Madrid.
19. Pelegrina Ortiz M. 2016. Diseño de una central termoeléctrica de biomasa. Universidad Politécnica de Catalunya. 60 pág.

Sesión Plenaria

La Sostenibilidad del Crecimiento Desde la Economía Ambiental

Lic. Rosa Carmina Ramírez Contreras

Liga Mundial de Abogados Ambientalistas, A.C



Hasta hace menos de cincuenta años la ciencia económica a asumido la inclusión de los objetivos ambientales en el catálogo de fines macroeconómicos.

Esta consideración fue derivada de eventos como crisis energética, catástrofes naturales, contaminación ambiental con impactos en el bienestar de la sociedad, degradación de los ecosistemas. Ello cambia la visión del crecimiento ilimitado y evidencia las restricciones de la actividad económica.

El impacto de la actividad económica sobre los recursos naturales fue la base para la consideración de cuáles eran los *límites del crecimiento*.

En 1966 Kenneth Boulding publica el ensayo: *La nave espacial tierra, en el cual utilizaba la metáfora de la “nave espacial Tierra” para enfatizar los límites del planeta, tanto en la extracción de recursos como en la capacidad de asimilación de residuos.*



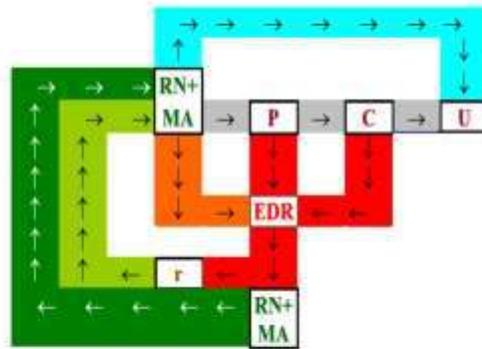
Otros importantes referentes son:

- ▶ La Primavera Silenciosa de Rachel Carson publicado en 1962.
- ▶ El Informe Meadows para el Club de Roma en 1974 denominado Los límites del crecimiento.
- ▶ "Más allá de los límites del crecimiento", en 1992.
- ▶ En 2004 se publica Los límites del crecimiento 30 años después.

De igual forma: la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, en 1973; la Creación del Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente (PNUMA, 1973- 1984); la presentación en la Asamblea General de Naciones Unidas del informe “Nuestro futuro común” (denominado también “Informe Brundtland” en el cual se utilizó por primera vez el término **desarrollo sostenible**. En 1992 la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro, en la cual comienza a realizarse la valoración de los problemas ambientales, no de forma aislada, sino de forma integrada con las esferas económica y social. Se adopta un programa de acción para el S.XXI denominado Agenda 21 y se aprueba la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

El paradigma económico del crecimiento empieza a ser cuestionado y se busca un patrón sostenible de desarrollo, lo que comienza a ser prioridad en las políticas económicas centradas en una visión tradicional del crecimiento.

Interacciones entre el sistema económico, los recursos naturales, los servicios ecosistémicos, los procesos de contaminación ambiental y de degradación ecológica



¿Qué es la economía ambiental?

La economía ambiental trata del efecto que tiene la economía en el medio ambiente, la importancia del entorno ambiental para la economía y la forma apropiada de regular la actividad económica, de tal manera que se logre un equilibrio entre los objetivos ambientales, económicos y otros de tipo social.

La economía ambiental tiene su fundamento en las **externalidades**.

Entendidas estas como: actividades que afectan a otros sin que estos paguen por ellas o sean compensados. Los costos o beneficios de la producción y/o el consumo de algún bien o servicio, no se reflejan en su precio de mercado. A esto se le denomina falla de mercado.

Esto quiere decir que las decisiones de los productores y de los consumidores tienen efectos en la sociedad y estos efectos no se compensan, generando con ellos costos sociales.

Existen externalidades negativas y externalidades positivas.

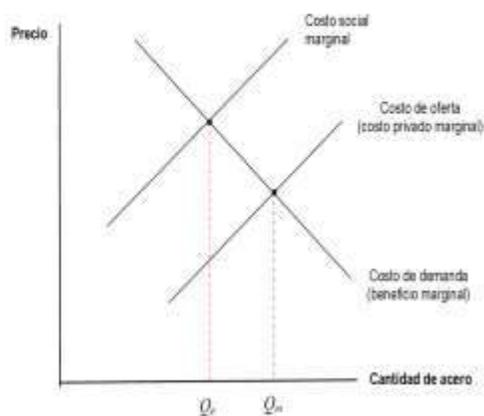
Y ¿cómo se resuelven las externalidades?

En algunos casos los mercados privados pueden resolver las externalidades sin ayuda del Estado, siempre que los derechos de propiedad estén bien establecidos y cuando no se trata de recursos comunes.

En estos casos el Estado a través del sistema jurídico protege el bien común.

El mercado por sí solo no resuelve de modo eficiente.

Producción excesiva de bienes que genera externalidades negativas



Fuente: Stiglitz, Joseph E., La economía del sector público, Antoni Bosch editor, 3ª edición, España, 2000.

Entonces:

- ¿Toda la contaminación es indeseable?
- ¿Toda la degradación ecológica es intolerable?
- ¿Cuáles son los límites?

- ¿Cómo decidir cuáles son los límites?
- ¿Cuáles son los costos de la descontaminación ambiental y de la restauración ecológica?
- ¿Cuáles son los costos de la prevención ambiental y de la conservación ecológica?

- ¿Quién los paga y cómo?
- ¿Conviene más producir bienes y servicios o conservar ecosistemas?
- ¿Por qué estamos dispuestos a pagar por alimentos, vivienda y diversión pero no por la preservación del medio ambiente?

Análisis económico-ecológico

- ❖ Sistemas naturales complejos / ecosistemas, especies de vida silvestre, acervos genéticos, recursos naturales
- ❖ Ciclos naturales, funciones ecológicas, servicios ambientales
- ❖ Resistencia, resiliencia, homeostasis / umbrales ecológicos y capacidades de carga
- ❖ Análisis económico como subsistema antropogénico del sistema ecológico
- ❖ Consumo endosomático y exosomático de energía
- ❖ Flujos permanentes de energía, materiales e información
- ❖ Termodinámica y entropía
- ❖ Degradación ecológica, contaminación ambiental y sustentabilidad
- ❖ Activos naturales de inicio y cierre

Análisis económico-ambiental

- ❖ Economía del bienestar: escasez, asignación, eficiencia, optimización y regulación institucional del mercado
- ❖ La degradación ecológica, la contaminación ambiental y la pérdida neta de recursos naturales como externalidades negativas
- ❖ Externalidades, bienes públicos y fallas institucionales y de mercado
- ❖ La tragedia de los comunes y las soluciones Pigou, Coase y Ostrom
- ❖ El sistema económico y sus interacciones ambientales (residuos, desechos)
- ❖ La «regla del KT constante» y la «sustentabilidad débil»
- ❖ La «regla del KN crítico constante» y la «sustentabilidad fuerte»
- ❖ La valoración económica de la biodiversidad, de las externalidades y de los bienes públicos: acervos y flujos

Fuente: Vega López, Eduardo, Curso Economía y Ecología, Facultad de Economía, UNAM, 2011.

Teoría económica de los “bienes públicos”



Identificación y gestión de externalidades y de bienes públicos



Fuente: Vega López, Eduardo, Curso Economía y Ecología, Facultad de Economía, UNAM, 2011

Entonces “valorar” se convierte en aspecto central del tema, y a pesar de la complejidad técnica o por la dificultad de comprender el concepto mismo de “valor” , debido a la correlación entre la disposición a pagar para evitar un daño que afecte nuestros niveles de bienestar y los niveles de renta (que excluye a los más desfavorecidos), por la dificultad de integrar canales de participación, o por carencias de información base, o por su carácter pretendidamente subjetivo..., en realidad la valoración va unida intrínsecamente a las decisiones en general, y a las elecciones en particular, que la sociedad toma en relación a cualquier recurso natural o ambiental.

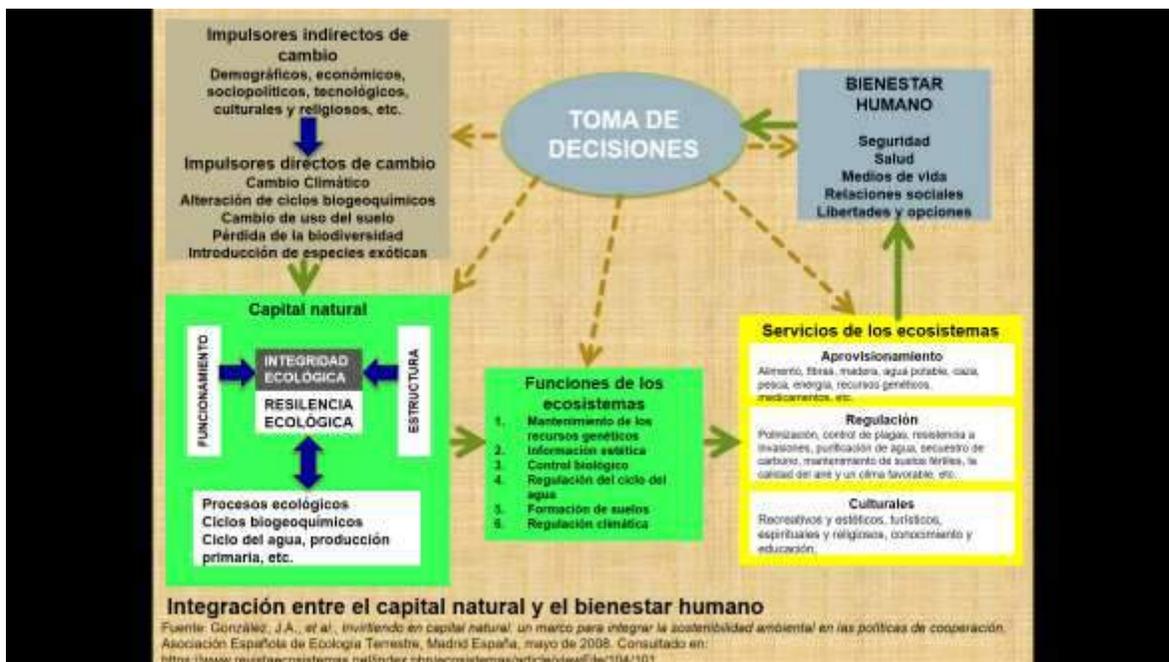
Y esto se hace todos los días...

Fuente: Delacámara, Gonzalo. Guía para decisiones. Análisis económico de externalidades ambientales. Naciones Unidas, CEPAL, 2009, Santiago de Chile.

¿Qué da valor al medio ambiente?

La postura antropocéntrica dice que es el humano el que da valor a los recursos naturales y al medio ambiente, toda vez que éste cumple una serie de funciones que afectan positivamente al bienestar de las personas.

Valorar económicamente los bienes y servicios ambientales representa el reconocimiento de que la necesidad de los mismos satisface necesidades humanas específicas (**valores de uso**), y que los usuarios o consumidores exhiben una disposición a pagar por dicha satisfacción o incremento de su bienestar (**valores de cambio**).



El desarrollo sustentable tiene que ver con asegurar que alguna medida de bienestar humano es mantenido a lo largo del tiempo. Cualquier acción tomada hoy y que tenga alguna probabilidad de dañar significativamente el bienestar futuro, debe asociarse a compensaciones reales con vista a ese futuro.

¿Cómo puede compensarse el futuro?

A través de la transferencia de “herencias de capital”

Fuente: Pearce, David y Atkinson, Giles, *Midiendo el desarrollo sustentable*, Revista Ecodevisión, Edición No. 9 (junio-julio 1993), 276 St-James Street, Montreal, Qc., Canada.

Significa que la generación presente se asegure de dejar a la próxima generación un stock de capital no inferior al que esta generación ya posee.

Pero ¿qué capital?

Sustentabilidad débil

Se transfiere de una generación a otra un stock de capital agregado no menor al que existe en el presente.

Lo que significa que somos indiferentes a la forma en que traspasamos el stock de capital, ya que podemos traspasar un ambiente más pobre siempre y cuando compensemos esta deficiencia a través de incrementar el stock de caminos y maquinaria.

La sustentabilidad débil por lo tanto, asume que las formas de capital son completamente intercambiables.

El medio ambiente es considerado simplemente como otra forma de capital.

Sustentabilidad fuerte

¿Son efectivamente intercambiables todas las formas de capital?

- Algunos recursos ecológicos parecen ser esenciales para el bienestar humano, aun cuando no sean esenciales para la sobrevivencia.
- Algunos procesos si son esenciales para la sobrevivencia humana, como es el caso de los ciclos básicos biogeoquímicos.

Entonces la regla de la **sustentabilidad fuerte** requiere que al menos protejamos el capital natural crítico.

Otras razones para adoptar la **sustentabilidad fuerte**:

- ✓ Gran incertidumbre acerca de la forma en que funciona el capital natural (principio de precaución).
- ✓ Problema de **irreversibilidad**. Una vez que el capital natural se ha perdido, puede no ser posible recrearlo.

Y es bajo esta concepción que se incorpora la variable capital natural (K_n) a la función de producción, que en algunos casos de países poco desarrollados, es una variable fundamental en sus ingresos.

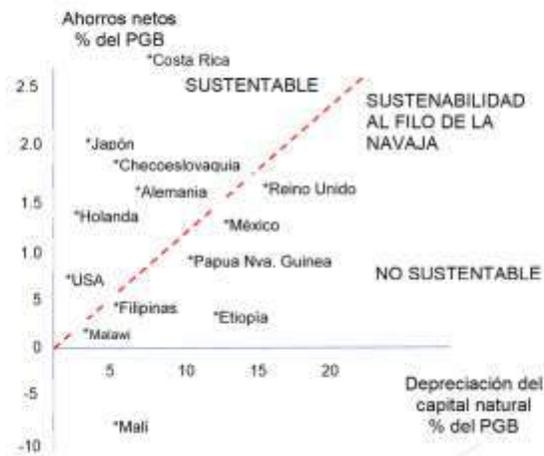
Al respecto, el Banco Mundial en su informe *Ir más allá del PIB como medida de la riqueza del mundo* señala que: *El capital natural sigue siendo el componente más importante de la riqueza de los países de ingreso bajo. En 10 de 24 de estos países, el capital natural representa más del 50 % de su riqueza, principalmente debido a la tierra agrícola y los bosques.*

El hecho que la proporción del capital natural en el total de la riqueza disminuya en los grupos de ingreso alto implica que los países no tienen que liquidar activos naturales para crecer. Al contrario, apunta a la necesidad de gestionar el capital natural y de esta manera aumentar su valor para las generaciones futuras. Esto se refleja en la composición de la riqueza de los países de ingreso alto, en los cuales el valor del capital natural es tres veces mayor que en los países de ingreso bajo.



Fuente: Banco Mundial, *Ir más allá del PIB como medida de la riqueza del mundo*, 2018.
 Consultado en: <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2018/01/30/moving-beyond-gdp-to-look-at-the-world-through-the-lens-of-wealth>

MEDICIÓN DEL DESARROLLO SUSTENTABLE



Gastos en protección ambiental del sector público, 2013¹



¹Cifras preliminares
Fuente: INEGI. Estadísticas de Finanzas Públicas estatales y municipales 2013

El esfuerzo económico registrado a favor del medio ambiente durante el año 2013^P, fue 5.1 veces menor que el daño ocasionado.



Costos Totales por Agotamiento y Degradación
\$909 mil 968 millones



Gastos en Protección Ambiental
\$148 mil 699 millones

Déficit ambiental
\$761 mil 269 millones

^P Cifras preliminares

Impacto por la depreciación del capital natural y económico respecto al PIB
Serie anual de 2003 a 2013

Porcentaje

PIB - CCF - CTADA = PINE



Donde:

PINE: Producto Interno Neto Ecológico
 PIB: Producto Interno Bruto
 CCF: Costo de Capital Fijo
 CTADA: Costos Totales por Agotamiento y Degradación Ambiental
 Nota: Los totales pueden no coincidir debido al redondeo de cifras.
^P Cifras preliminares a partir de este año.

México 1985-2004:
Costos por agotamiento neto de recursos naturales y por degradación ambiental como proporción del PIB a precios corrientes (%)

Años	Costos por agotamiento	Costos por degradación	Costos por agotamiento y depreciación	Años	Costos por agotamiento	Costos por degradación	Costos por agotamiento y depreciación
1985	5,0	6,3	11,3	1995	1,1	9,7	10,8
1986	4,0	7,3	11,3	1996	0,9	9,4	10,3
1987	5,0	8,0	13,0	1997	1,0	9,7	10,7
1988	3,2	10,5	13,7	1998	0,8	10,0	10,8
1989	2,8	9,9	12,7	1999	1,0	9,9	10,9
1990	2,2	10,5	12,7	2000	1,0	9,4	10,4
1991	1,7	10,5	12,2	2001	0,9	9,3	10,2
1992	1,4	12,1	13,5	2002	0,9	9,0	9,9
1993	1,1	9,6	10,7	2003	0,8	8,7	9,5
1994	0,9	9,5	10,4	2004	0,9	8,3	9,2

Fuente: INEGI, 1996, 2000 y 2006.

De acuerdo con estas cifras, México debió haber invertido en mitigar, compensar, restaurar y/o prevenir estos costos por agotamiento y degradación ambiental y ecológica, al menos un 12,2 por ciento anual de su PIB durante el periodo 1985-1994 y un 10,3 por ciento anual del PIB correspondiente al periodo más reciente de 1995-2004. En lugar de estos porcentajes, los poco más de 16,008 millones de pesos del presupuesto original asignado en 2004 al ramo administrativo 16 del Gobierno Federal (SEMARNAT y sus órganos y organismos sectorizados), apenas representaron el 0,2 por ciento del PIB de ese mismo año.

Fuente: Vega López, Eduardo, Curso Economía y Ecología, Facultad de Economía, UNAM, 2011

Ya sea por ética y/o deseo de bienestar, ¿estamos dispuestos a frenar:

- Los procesos de degradación ecológica?
- Los procesos de contaminación ambiental?
- La pérdida neta de recursos naturales?
- La extinción de especies silvestres de flora y fauna?
- La iniquidad social intra e intergeneracional?

Después de todo, la economía es una ciencia social.

¡Muchas gracias!

ramirezcarmina@hotmail.com

Sesión Plenaria

La FEMECA y su Participación en la Conservación de la Fauna Silvestre de México.

Lic. Edgar Wenzel López

Presidente Adjunto. Federación Mexicana de Caza. México. Presidente International Hunter Education Association. México. Presidente IHEA-World. USA



**“La Federación Mexicana de Caza, A.C.
y su participación en la conservación
de la Fauna Silvestre de México”**

BONDADES DE LA INDUSTRIA CINEGÉTICA

- Disminuir la pobreza de nuestros compatriotas más pobres; la gente del campo.
- 40 millones viven en la pobreza (1 de cada 2.5 mexicanos).



- La caza es un medio comprobado mundialmente para el manejo sustentable de la fauna silvestre



EL CAMPESINO Y LA FAUNA

- UN VENADO = TAMALES PARA 3 DIAS



Cacería TODO el año sin respetar sexo
RESULTADO: Disminución de la Fauna



- Las autoridades se dieron cuenta que la única forma de preservar la fauna era dándole un valor económico y en 2000 entró la nueva Ley de Vida Silvestre.



CACERÍA SUSTENTABLE EN EJIDOS



Caso de Éxito en la Mixteca Poblana Ejido Santa Cruz Achichipilco, Pue.

- Aumento de la población de Venado Cola blanca en **300%** en solo 6 años.
- Ingresos anuales por más de **\$300,000.00** por la actividad cinegética.
- Los jóvenes del Ejido ya **NO** están emigrando a EUA



La población del Venado Cola Blanca en el Noreste de México se ha **QUINTUPLICADO** gracias a la Caza Sustentable



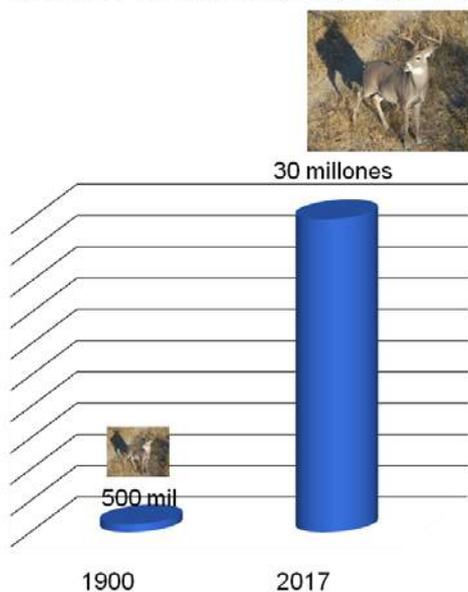
FAUNA CINEGÉTICA RECUPERADA

Casos de éxito en EE.UU. y África

Caso de FRACASO en Kenia



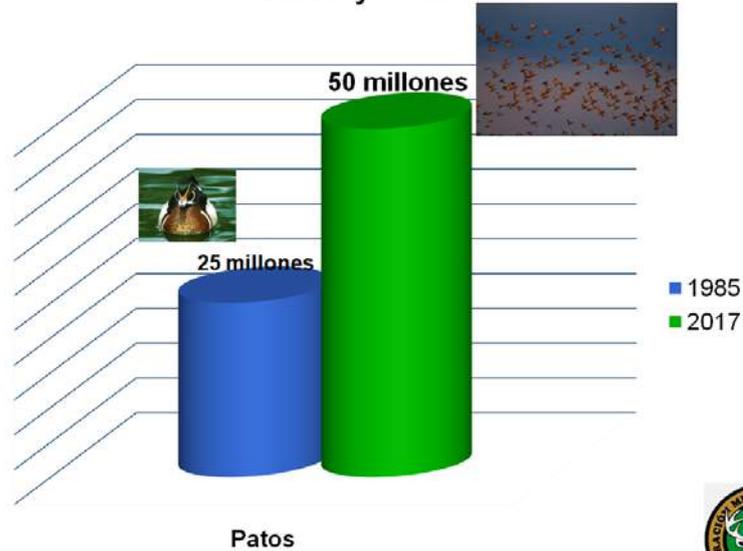
Venado Cola Blanca en EUA



Fuente: U.S. Fish and Wildlife Department



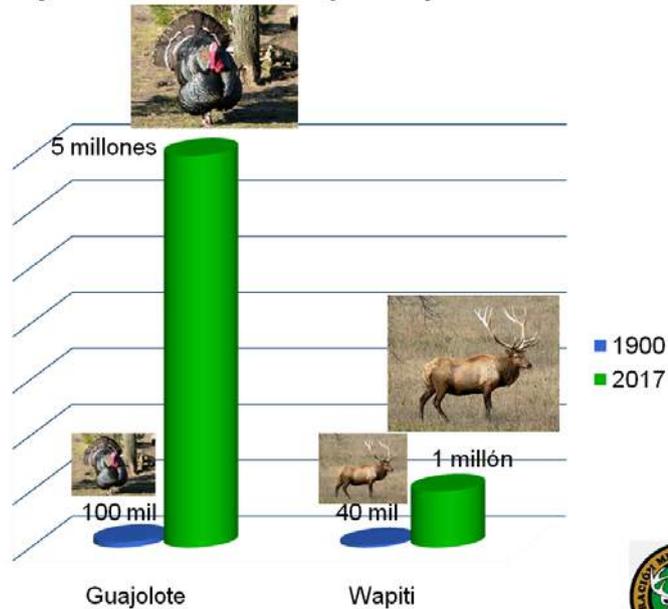
Población de Patos Silvestres en EE.UU y Canadá



Fuente: U.S. Fish and Wildlife Department



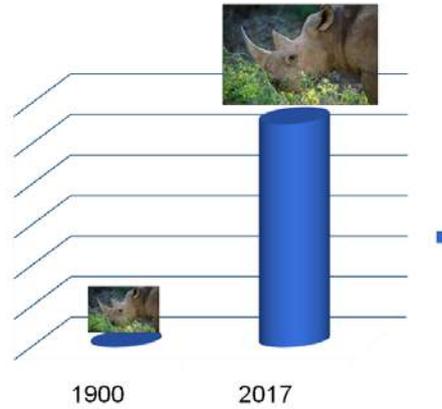
Guajolote Silvestre y Wapiti en EUA



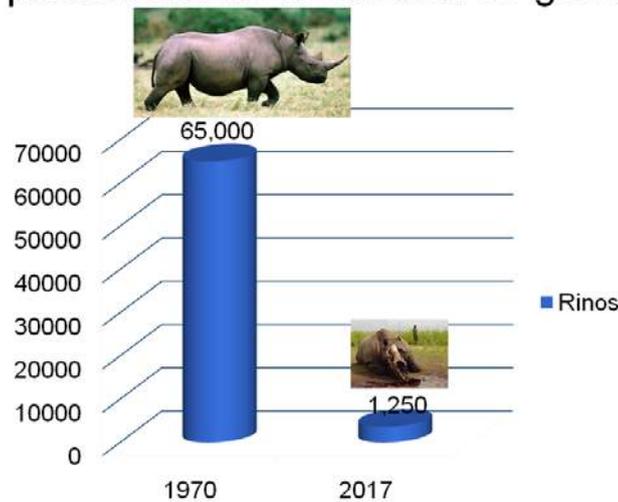
Fuente: U.S. Fish and Wildlife Department



En Sudáfrica había 50 rinocerontes blancos hace apenas 100 años y después de hacer un manejo racional de la cacería sustentable durante este tiempo, el último censo arrojó una cantidad de 13,000 ejemplares.



- Estadística de la población de rinoceronte negro en Kenia antes y después de la prohibición de la cacería en general



TURISMO CINEGÉTICO

- 3,000 Km. de frontera con EE.UU.
- 20 millones de cazadores sólo en EE.UU.
- Inversión Mínima
- Se evita la MIGRACIÓN del campesino
- Incremento de la población de Fauna Silvestre



➤ 2,230 millones de Euros derrama la actividad cinegética cada año en España.
 ➤ 1'2 Millones cazadores
 ➤ Más 80 mil cotos de caza
 ➤ 1 millón de empleos directos e indirectos en la industria cinegética
 ➤ 500 mil kilómetros cuadrados



➤ 170 millones de Dólares derrama la actividad cinegética cada año en México.
 ➤ 100 mil cazadores
 ➤ Más 8 mil UMAs
 ➤ 57 mil de empleos directos e indirectos en la industria cinegética
 ➤ 2 millones de kilómetros cuadrados



Un ejemplo es el borrego cimarrón de Sonora que hace 40 años costaba cazarlo \$3,000 dólares.



- Ahora pagan los cazadores coleccionistas entre **\$50,000.00** y **\$80,000.00** dólares por cazar uno.
 - Esto ha fomentado que los dueños de los predios los cuiden mucho y han logrado crecer la población en forma importante.



POTENCIAL QUE TIENE MÉXICO

- Crecer a 300,000 UMAS
- Incrementar a 2.8 millones de cazadores
- Derrama por \$20,000 millones de dólares anuales
- Generar 4 millones de empleos



ESFUERZOS DE LA FEDERACIÓN MEXICANA DE CAZA, A.C. (FEMECA)



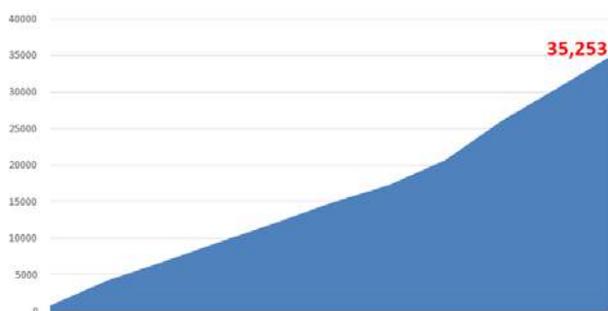
- Fomentar la ética, honestidad y comportamiento responsable con los recursos naturales.



Los cursos de la **FEMECA** están avalados por la **IHEA** (International Hunter Education Association) a través de su filial **IHEA-México**.



Numero de Alumnos del 2008 al 2018

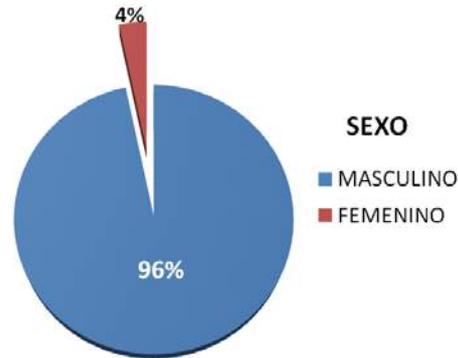


Comparativo de Hombres vs Mujeres

EDADES	HOMBRES	%	MUJERES	2017-2018
82 a 91	3	0.1%		
72 a 81	26	0.7%		0.00%
62 a 71	137	3.6%		0.00%
52 a 61	386	10.2%	1	0.03%
42 a 51	717	19.0%	15	0.40%
32 a 41	982	26.1%	39	1.04%
22 a 31	780	20.7%	27	0.72%
12 a 21	396	10.5%	37	0.98%
9 a 11	188	5.0%	32	0.85%
TOTAL	3615	96.0%	151	4.01%



MEZCLA POR SEXO



CONCLUSIONES

- Ofrecer a los cazadores de bajos recursos opciones para poder cazar legalmente.
- Que las autoridades Federales y Estatales den opciones a los ejidatarios y pequeños propietarios para poder crear sus UMAS con precios MUY económicos
- Mejoramiento radical de la LEY DE ARMAS DE FUEGO (data de 1972)



FEMECA

FEDERACION MEXICANA DE CAZA, A.C.



www.femeca.org
femeca2008@prodigy.net.mx
Tel.: (55) 52-64-77-94

Conferencia Magistral

El Medio Ambiente como Pilar Importante de la Agenda 2030

Mtra. Dolores Barrientos Alemán.

Oficial Representante del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente en México, Ciudad de México



Pobreza, inequidad y las enormes diferencias entre comunidades urbanas y rurales son un problema persistente en America Latina y el Caribe

LA DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN ESTÁ ALTAMENTE CONCENTRADA EN LA COSTA, ESPECIALMENTE EN LAS ISLAS DEL CARIBE



EL PORCENTAJE DE LA POBLACIÓN QUE VIVE POR DEBAJO DE LA LÍNEA DE POBREZA DISMINUYÓ DE 31% A 26% Y EL DE HABITANTES DE SUBURBIOS POBRES, DE 29% A 20% ENTRE 2010 Y 2014

El acceso a agua potable
AUMENTÓ DE 86% A 92% ENTRE 1992 Y 2012 Y LOS SISTEMAS DE SANEAMIENTO DE 70% A 78%, EN EL MISMO PERIODO

Valor promedio del Índice de Desarrollo Humano



CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE

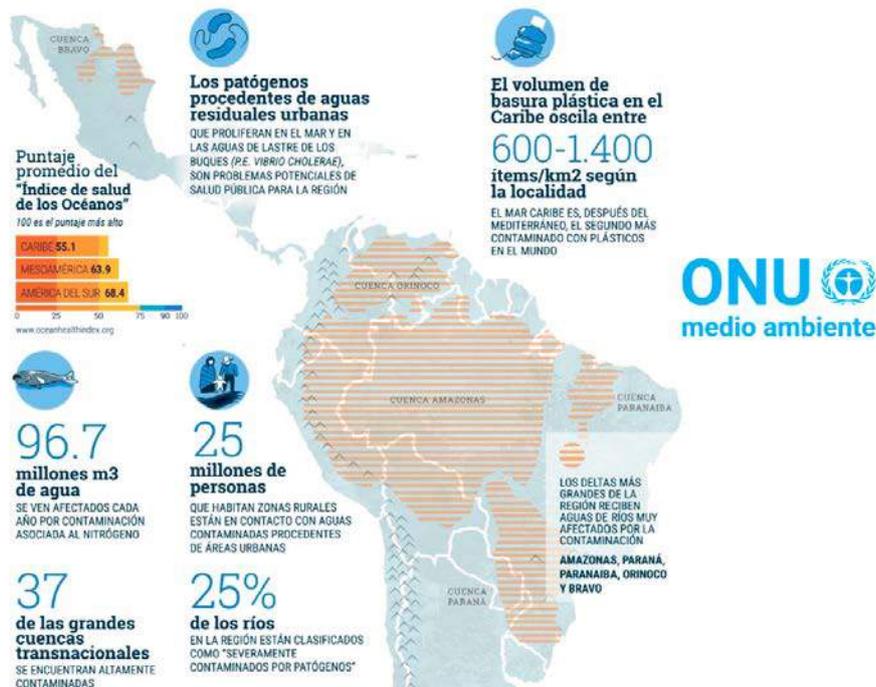
Mayores fuentes



16 ciudades QUE REPORTAN CONCENTRACIONES PROMEDIO ANUALES DE MATERIAL PARTICULADO, EXCEDEN EL ESTÁNDAR INTERNACIONAL DE PM_{2.5} = 20 µg/m³
Niveles medios de Material Particulado PM₁₀ en el aire exterior = 50 µg/m³

100 millones de personas VIVEN EN ÁREAS SUSCEPTIBLES A LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE



MOTORES DEL CAMBIO EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE

Crecimiento económico

EL DESARROLLO SE ESTÁ DANDO, EN MUCHOS CASOS, A EXPENSAS DE LOS RECURSOS NATURALES



La sobreexplotación pesquera
AFECTA 70% DE LOS ARRECIFES DEL CARIBE

Deforestación (2001-2013)



17% de las nuevas áreas para cultivos Y 57% PARA PASTIZALES SE ESTABLECIERON EN ZONAS BOSCOSAS

1680 km2 de bosques SE PERDIERON EN AMÉRICA DEL SUR DEBIDO A LA MINERÍA

70% de la deforestación EN LA REGIÓN ES CONSECUENCIA DE LA AGRICULTURA COMERCIAL

Crecimiento de la población

LAS DEMANDAS DE UNA POBLACIÓN EN AUMENTO Y LOS ACTUALES PATRONES DE PRODUCCIÓN Y CONSUMO SON INSOSTENIBLES



LA POBLACIÓN URBANA AUMENTÓ EN 70 MILLONES DURANTE LOS ÚLTIMOS 10 AÑOS. LA POBLACIÓN TOTAL EN 2015 ALCANZÓ 634 MILLONES

Número de ciudades con más de 1 millón de habitantes (2014)



Cambio climático

ALGUNOS DE LOS EFECTOS PREVISTOS SON ESTRÉS HÍDRICO, PÉRDIDA DE TIERRAS BAJAS, INCREMENTO DEL RIESGO DE DESASTRES NATURALES, CAMBIOS EN LA PRODUCTIVIDAD AGRÍCOLA Y PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD



Los glaciares andinos se están reduciendo ACELERADAMENTE COMO CONSECUENCIA DIRECTA DEL CAMBIO CLIMÁTICO



1 m de aumento DEL NIVEL DEL MAR PODRÍA DESPLAZAR A 110.000 PERSONAS EN LOS PAÍSES DE LA COMUNIDAD DEL CARIBE (CARICOM)

Frecuencia de inundaciones y tormentas



MOTORES DEL CAMBIO EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE

Innovación tecnológica

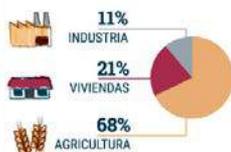
EL NÚMERO DE TÉCNICOS, INGENIEROS, INVESTIGADORES Y CIENTÍFICOS, NO ESTÁ A LA PAR DEL TAMAÑO DE LAS ECONOMÍAS DE LA REGIÓN

2% del PIB ES EL PRESUPUESTO PROMEDIO QUE APORTA LA REGIÓN A INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN



45% del agua SE PIERDE ANTES DE LLEGAR AL CONSUMIDOR

Consumo total de agua por sector (2011)



Gobernanza

ALGUNOS DE LOS RETOS QUE ENFRENTA LA REGIÓN SON DEFICIENCIAS EN LA CAPACIDAD INSTITUCIONAL, Poca COORDINACIÓN INTERSECTORIAL Y LEYES OBSOLETAS



El impacto de la corrupción

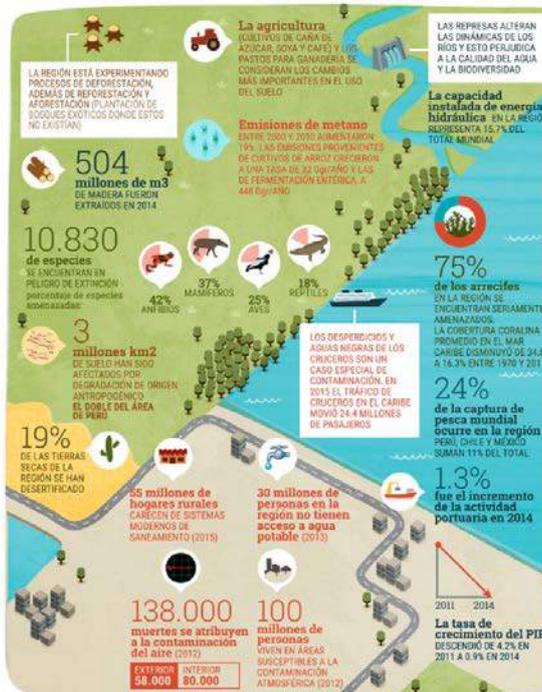
EN LA REGIÓN ES MÁS DE 20% DEL PIB, MIENTRAS QUE EN EL RESTO DEL MUNDO ES DE 10 A 25%

En 2017, el 60% de los 207 asesinatos de Defensores Ambientales ocurrieron en América Latina y el Caribe. (Global Witness)

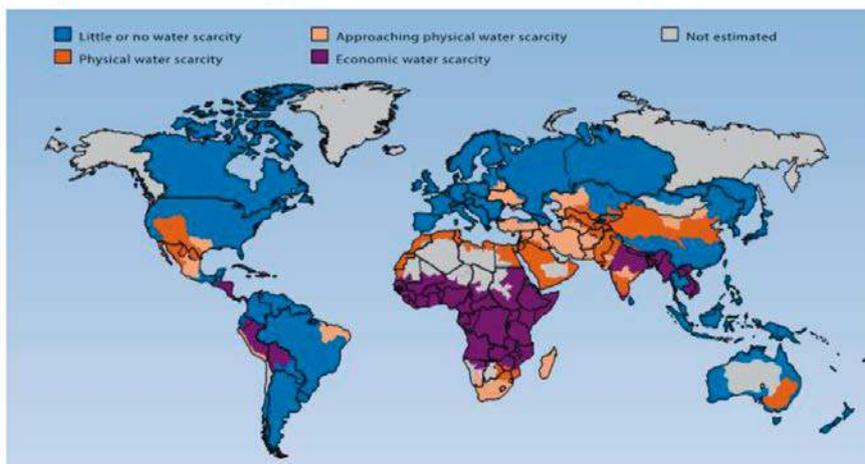
ONU
medio ambiente

Pérdida de la biodiversidad

PRINCIPALES PRESIONES SOBRE LA BIODIVERSIDAD: CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO, CONTAMINACIÓN, CAMBIO CLIMÁTICO, SOBREEXPLORACIÓN, TURISMO NO SOSTENIBLE Y ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS



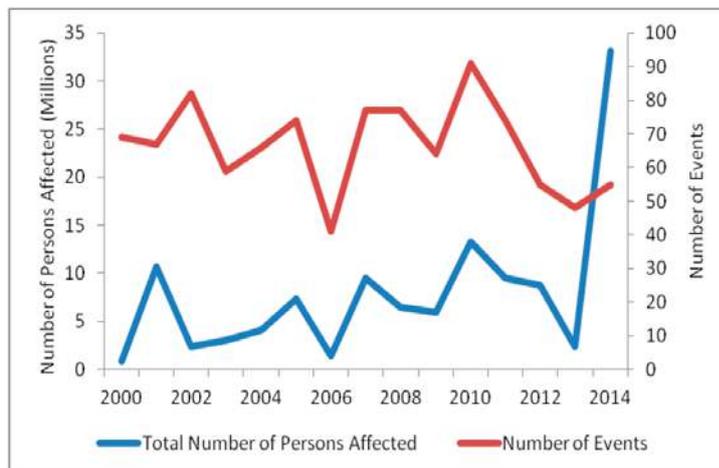
Impactos en Agua: Escasez Física y Económica



Fuente: Molden, 2007 en "Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication, UNEP 2011"

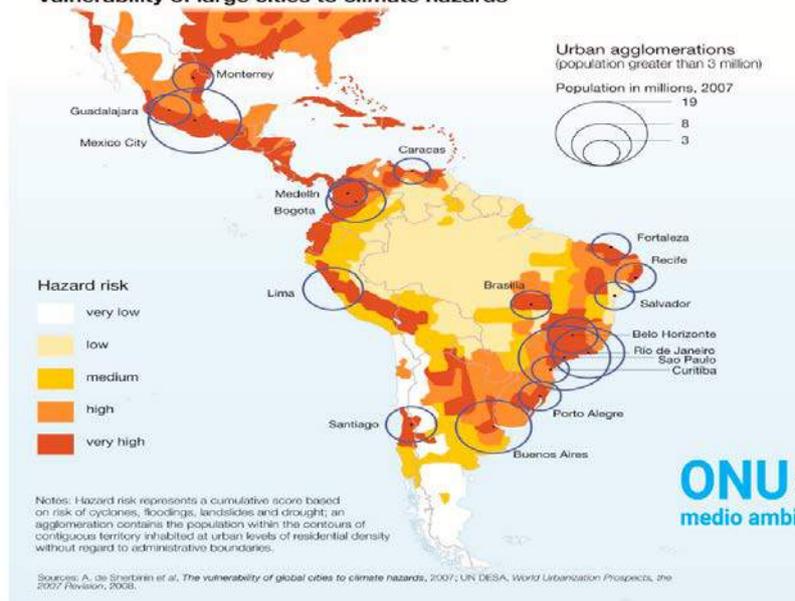
•Se espera que **alrededor de la mitad de la población mundial en 2030 vivirá bajo condiciones de estrés hídrico severo** (cerca de 3.9 mil millones de personas)

Número de desastres y población afectada en América Latina y el Caribe

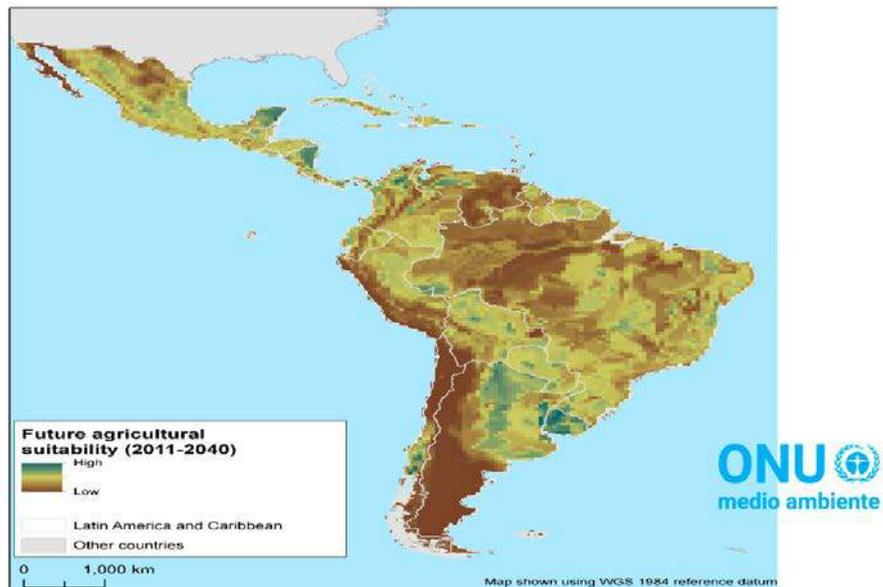


Vulnerabilidad de Grandes Ciudades

Vulnerability of large cities to climate hazards



Sostenibilidad Agrícola hacia 2040

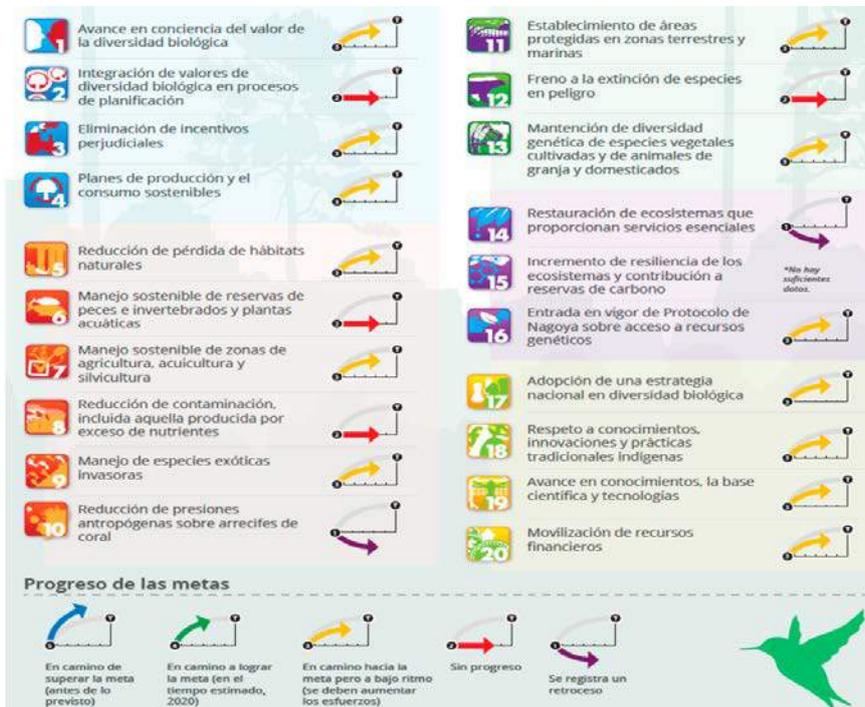


Consecuencias del Cambio Climático para América Latina



ONU medio ambiente

Las consecuencias financieras de los impactos climáticos en LAC han sido estimados en el rango de US\$100,000 millones anuales en 2050.



OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE



Grandes retos



EL CRECIMIENTO URBANO ES UNO DE LOS FACTORES QUE MÁS COMPROMETE LA CALIDAD DEL AIRE, DEBIDO AL CONSUMO DE ENERGÍA Y AL TRANSPORTE EN LAS CIUDADES. LA POBLACIÓN URBANA AUMENTÓ EN MÁS DE 35 MILLONES ENTRE 2010-2015 Y SE ESPERA QUE ALCANCE LOS 567 MILLONES DE PERSONAS EN EL 2025



REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO Y CONTAMINANTES CLIMÁTICOS DE VIDA CORTA COMO EL CARBÓN NEGRO



AUSENCIA DE ESTÁNDARES OFICIALES PARA MONITOREAR LA CALIDAD DEL AIRE EN LA REGIÓN

OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE



Grandes retos



LOS SECTORES DOMÉSTICO Y COMERCIAL SON LAS PRINCIPALES FUENTES DE VERTIDO DE SUSTANCIAS TÓXICAS EN LOS RÍOS



LOS RESIDUOS SÓLIDOS SON LA FUENTE DE CONTAMINACIÓN DE MÁS RÁPIDO CRECIMIENTO (PLÁSTICOS, ELECTRÓNICOS, RESIDUOS INDUSTRIALES Y ESCOMBROS MARINOS)



TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES INADECUADOS, DESARROLLO COSTERO Y FALTA DE PREVENCIÓN/MITIGACIÓN DE ACCIDENTES AMBIENTALES COMO RUPTURAS DE OLEODUCTOS Y EMBARCACIONES HUNDIDAS

Riqueza natural y sostenibilidad: la clave del desarrollo para la región

La región en el mundo

29%
DE LA PRECIPITACIÓN MUNDIAL

30%
DE LAS FUENTES RENOVABLES DE AGUA DEL MUNDO



23%

DE LAS ZONAS BOSCOSAS DEL MUNDO

12 de los 14

BIOMAS DEL MUNDO Y 191 ECOREGIONES ÚNICAS

60 - 70%

DE TODAS LAS FORMAS DE VIDA DE LA TIERRA



756
ÁREAS PROTEGIDAS MARINAS

24%
DE LA REGIÓN SON ÁREAS PROTEGIDAS TERRESTRES



20%
DE LAS RESERVAS DE PETRÓLEO DEL MUNDO SE ENCUENTRAN EN LA REGIÓN



16 millones km²
DE TERRITORIO MARÍTIMO Y 64.000 KM DE LÍNEA COSTERA



60%
DE LAS ESPECIES DE LOS ANDES SON ENDÉMICAS



550
ESPECIES DE PASTOS HAN SIDO IDENTIFICADAS EN LA PAMPA



5 millones km²
DE TIERRA ARABLE MÁS DEL DOBLE DEL ÁREA DE MÉXICO

Campañas Globales

Campaña "Mares Limpios": El objetivo es fomentar mayor conciencia y entendimiento de los efectos del plástico desechable en el medio ambiente y la salud humana. A nivel mundial, 44 países se han sumado a la campaña. **(13 millones de toneladas de plásticos se vierten a los océanos cada año).**

Campaña "Respira la Vida": Con la colaboración de la Iniciativa de Coalición por Clima y Aire Limpio (CCAC) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) para proteger el medio ambiente y nuestra salud de los efectos de la contaminación por aire. **(Mas del 90% de la población mundial enfrenta mala calidad del aire).**

Campaña "Se feroz por la vida": La campaña global que comenzó en 2016 que tiene como objetivo el desarrollar conciencia sobre el comercio ilegal de la vida silvestre. Los socios fundadores de la campaña son ONU Medio Ambiente, CITES, UNODC, UNDP.

ONU 
medio ambiente
Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente



Agenda 2030


ONU
 medio ambiente



17 OBJETIVOS, 169 METAS, [229 INDICADORES]


ONU
 medio ambiente


OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE
OBJETIVOS PARA TRANSFORMAR AL MUNDO

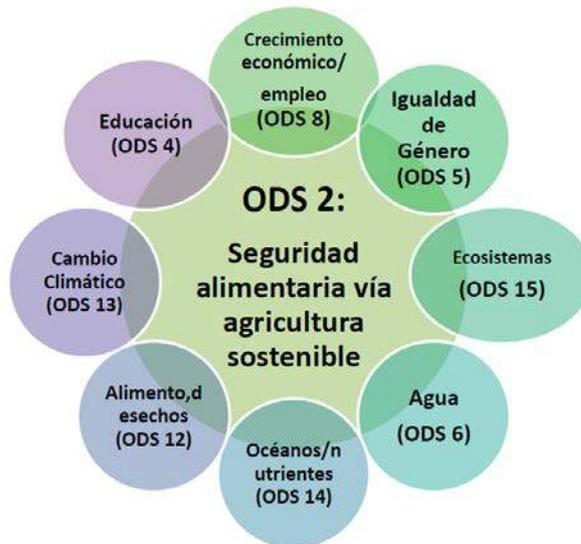
[Portada](#) | [2018](#) | [Secretario General](#) | [Objetivos](#) | [Actuamos](#) | [Eventos](#) | [Noticias](#) | [Mira y escucha](#)


OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

1 FIN DE LA POBREZA	2 HAMBRE CERO	3 SALUD Y BIENESTAR	4 EDUCACIÓN DE CALIDAD	5 IGUALDAD DE GÉNERO	6 AGUA LIMPA Y SANITARIO
7 ENERGÍA LIMPIA Y ACCESIBLE	8 TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO	9 INDUSTRIAL, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURA	10 REDUCCIÓN DE LAS DESIGUALDADES	11 CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES	12 PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES
13 ACCIÓN POR EL CLIMA	14 VIDA SUBMARINA	15 VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES	16 PAZ, JUSTICIA E INSTITUCIONES SÓLIDAS	17 ALIANZAS PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS	 OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

UNIVERSALIDAD, DERECHOS HUMANOS E INTEGRACION

Integración a través de la Agrupación



Enfoque Integrado de la Contaminación Atmosférica en la Agenda 2030



Enfoque Integrado de las Energías Limpias En la Agenda 2030

 **ONU**
medio ambiente



¡Gracias!

Dolores Barrientos Alemán

Representante en México

Programa de las Naciones Unidas para
el Medio Ambiente

ONU Medio Ambiente

dolores.barrientos@un.org

Plenaria II

Presidente: Dr. Raúl Jesús Crespi Bosshardt

*Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad
Nacional de Río Cuarto. Córdoba, Argentina.*

Co Presidente: MSc. Lorena Torres Bernardino

*Escuela Doctoral en Ciencias Sociales
Université Lyon, Francia.*



Sesión Plenaria

Cuba Rumbo al Desarrollo Sostenible

Dr. María Teresa Martínez Echevarría

Universidad Hermanos Saíz Montes de Oca, de Pinar del Río, Cuba

Ministerio de Educación Superior
Universidad Hermanos Saíz Montes de Oca
Facultad de Ciencias Forestales y Agropecuaria
República de Cuba

Autora: Dr. María Teresa Martínez Echevarría. (Ponente oral)

Universidad “Hermanos Saíz Montes de Oca”, de Pinar del Río, Martí No. 272 e/ 27 de Noviembre y González Acosta, Pinar del Río, Cuba.

- Categoría científica o docente: Auxiliar
- Dirección particular y teléfono: Calle Emilio Núñez No 77^a. Pinar del Río. Telf. 53(48)713419

E-mail: maritem@upr.edu.cu

CONFERENCIA

Título: Cuba rumbo al desarrollo sostenible

Title: Cuba heading for the sustainable development

Introducción.

El desarrollo sostenible fue defendido conceptualmente por primera vez por la Comisión de Brundtland en el año 1987, este concepto resumió eficazmente las ideas existentes en torno a sostenibilidad, quedando expresado el Desarrollo Sostenible “como aquel desarrollo que junto con responder a las necesidades de la presente generación garantiza a la generación futura el derecho a la satisfacción de los suyos”(World Commission on Environment and Development.1987).

La derivación de diversos enfoques según la literatura o la materia que utilice el concepto, gira alrededor de la idea de la equidad intergeneracional como logro indispensable para hablar de sostenibilidad, es decir aquello que pueda convertirse en un objetivo pragmático para hacer posible que la generación presente pueda construir su bienestar general...“(Mora A, J.2000) en cuanto a sus necesidades humanas e implicarse responsablemente en la garantía del desarrollo de las potencialidades humanas y que por tanto puedan perdurar y transmitirse a las generaciones futuras.

La preservación y/o recuperación de los recursos naturales, son elementos básicos para garantizar la continuidad de los llamados “servicios ecológicos” a las poblaciones en expansión; por lo dicho resulta razonable como clave de sostenibilidad, la **necesidad de garantizar a las generaciones futuras iguales activos naturales a los heredados por la generación presente.**

Se podría polemizar en diversas direcciones tantas como formas de enfocar el propio bienestar, no obstante sería ingenuo creer que la conciencia sobre el término bienestar se reduce a la equidad intergeneracional, aspecto sobre el cual se opina que “debe ser un proceso de evolución sico-sociobiológica que permitirá que la economía humana no sobrepase los límites de tolerancia geofísicos de la biosfera”(Pérez R, J.M.2001).

Las bases sobre las cuales se fomenta la idea del desarrollo sostenible o sustentable son la inequidad social, la insatisfacción humana o la frustración personal casi generalizada y creciente que deriva en un aplastante pesimismo existencial así como el deterioro gradual del medio natural, sin embargo pese a todo se han desarrollado interesantes vertientes conceptuales de sustentabilidad que son auténticos aportes al contenido y a la propia percepción del bienestar.

El desarrollo humano surge y se desarrolla sobre la base de la búsqueda del “bienestar” y “realización personal” en un entorno agresivo donde el desequilibrio es generalizado. Por otro lado la economía ecológica es el camino decadente y el efecto esquilante de la economía en los países en vías de desarrollo, la cual ha permitido que surjan posturas antropocéntricas, biocéntricas y coevolucionistas entre el hombre y la naturaleza.

Las estrategias futuras requieren de un enfoque global y, por tanto, multidisciplinar, que considere conjuntamente el trinomio Medio Ambiente-Economía-Desarrollo”.(Mora A, J,2000).

“ ... El mundo sangra sin cesar de los crímenes que se cometen en él contra la naturaleza...”.(Pérez, J.M. 1975).

Las acciones ambientales en Cuba se sustentan en las concepciones martianas acerca de las relaciones del hombre con la naturaleza y en las ricas tradiciones que asocian nuestra historia con una cultura de la naturaleza.

La situación de un país no puede dejar de enmarcarse dentro del proceso histórico, económico y social por el que ha transitado y por su vinculación y efecto producidos sobre el medio ambiente.

En el caso de Cuba este proceso no pudo ser peor por su extensión en el tiempo y efectos durante el periodo colonial y durante la República Mediatizada, puesto que el desarrollo económico alcanzado se logró sobre la base de la explotación agrícola extensiva con un uso y manejo inadecuado de los suelos y una intensa destrucción de las áreas boscosas y más recientemente los efectos de la guerra química implícita en el Bloqueo norteamericano sobre la isla.

El triunfo de Revolución Cubana implicó también mejoras ambientales pese a lo heredado; la erradicación de la pobreza y sus secuelas en términos de la salud y educación; las mejoras de las condiciones ambientales y calidad de vida en un marco de equidad; el incremento de la superficie boscosa nacional, la declaración progresiva de áreas protegidas y parques nacionales; el trabajo sistemático de ordenamiento territorial y de evaluación ambiental de las inversiones priorizadas; el uso de las capacidades científicas en el diagnóstico y el desarrollo de tecnologías para la solución de muchos problemas del medio ambiente; el proceso de introducción progresiva de la dimensión ambiental en el Sistema Nacional de Educación aparejado al crecimiento de la gestión ambiental nacional entre otros.

En la actualización de los Lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución para el período 2016-2021 se hace énfasis no solo en las principales transformaciones en estos contextos, sino también a la necesidad de fortalecer la relación entre el gobierno y la ciudadanía como parte esencial de la construcción de una nación soberana y sostenible.

Este modelo, en su conceptualización, contextualiza y articula con los objetivos de desarrollo sostenible de las naciones unidas, y con las transformaciones y nociones que caracterizan a la Administración Pública (AP) para el ejercicio eficaz y eficiente de la gobernanza. De esta forma, las iniciativas y experiencias para el desarrollo local en Cuba, deben reconocer los intereses y proyecciones a corto, mediano y largo plazo, así como los enfoques gerenciales que potencien su desarrollo.

Esta panorámica, permite establecer una interrogante en torno al desarrollo sostenible en Cuba. Sobre esta interrogante oscila la principal motivación para la

realización de esta conferencia. Resulta conveniente presentar entonces la pregunta clave para el desarrollo de esta conferencia:

- ¿Cómo se garantiza en Cuba la viabilidad del Desarrollo Sostenible para subsistencia futura?

Esta interrogante requiere de la comprensión de las leyes de protección del Medio Ambiente y el uso racional de los recursos y conceptos básicos de la política ambiental cubana, unido al trabajo que se realiza en Cuba en función de alcanzar los objetivos trazado en el Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta el 2030.

Desarrollo

Cuba presta especial atención a la protección del medio ambiente en el contexto de una política de desarrollo consagrada en la obra revolucionaria iniciada en 1959, como expresión de lo cual, el Artículo 27 de la Constitución de la República postula que:

El Estado protege el medio ambiente y los recursos naturales del país. Reconoce su estrecha vinculación con el desarrollo económico y social sostenible para hacer más racional la vida humana y asegurar la supervivencia, el bienestar y la seguridad de las generaciones actuales y futuras. Corresponde a los órganos competentes aplicar esta política.

Es deber de los ciudadanos contribuir al a protección del agua, la atmósfera, la conservación del suelo, la flora, la fauna y todo el rico potencial de la naturaleza"

Es necesario consagrar, como un derecho elemental de la sociedad y los ciudadanos, el derecho a un medio ambiente sano y a disfrutar de una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza, en tanto los seres humanos constituyen el objetivo esencial del desarrollo sostenible

La protección del medio ambiente constituye un factor relevante a los fines de la defensa nacional y una garantía para nuestra soberanía, en tanto contribuye a asegurar la disponibilidad de los recursos naturales indispensables para la satisfacción de las necesidades básicas de la población y facilitan la existencia de hábitats temporales para grandes núcleos poblacionales, lo que puede devenir factor relevante ante situaciones excepcionales.

La Ley 33 "De Protección del Medio Ambiente y el Uso Racional de los Recursos Naturales", de 10 de enero de 1981, representa una temprana e importante expresión normativa de los principios de la política ambiental cubana que sentó las bases para el desarrollo del ordenamiento jurídico nacional en esta esfera, no obstante lo cual, las actuales condiciones de desarrollo económico y social demandan un marco legal más acorde con las actuales condiciones de desarrollo económico y social, en el ámbito nacional e internacional requiere ser sustituida por un instrumento jurídico que refleje, de modo más adecuado, las exigencias de la protección del medio ambiente y la consecución del desarrollo sostenible.

Actualización de los principios, objetivos y conceptos básicos de la política ambiental cubana.

La Asamblea Nacional del Poder Popular, en uso de las atribuciones que le están conferidas en el Artículo 75, inciso b) de la Constitución de la República, acuerda la siguiente:

Ley No. 81 DEL MEDIO AMBIENTE

Objeto: establecer los principios que rigen la política ambiental y las normas básicas para regular la gestión ambiental del Estado y las acciones de los ciudadanos y la sociedad en general, a fin de proteger el medio ambiente y contribuir a alcanzar los objetivos del desarrollo sostenible del país.

Las acciones ambientales para un desarrollo sostenible se basan en los requerimientos del desarrollo económico y social del país y están fundadas en los principios.

A los efectos de la ley se definen los siguientes conceptos básicos:

Agricultura sostenible, sistema de producción agropecuaria que permite obtener producciones estables de forma económicamente viable y socialmente aceptable, en armonía con el medio ambiente.

Áreas protegidas, partes determinadas del territorio nacional declaradas con arreglo a la legislación vigente, de relevancia ecológica, social e histórico-cultural para la nación, y en algunos casos de relevancia internacional, especialmente consagradas, mediante un manejo eficaz, a la protección y mantenimiento de la diversidad biológica y los recursos naturales, históricos y culturales asociados, a fin de alcanzar objetivos específicos de conservación.

Autoridad competente, es la facultada para la aplicación y la exigencia del cumplimiento de lo dispuesto en la presente Ley y su legislación complementaria.

Costo ambiental, es el asociado al deterioro actual o prospectivo de los recursos naturales.

Daño ambiental, toda pérdida, disminución, deterioro o menoscabo significativo, inferido al medio ambiente o a uno o más de sus componentes, que se produce contraviniendo una norma o disposición jurídica.

Desarrollo sostenible, proceso de elevación sostenida y equitativa de la calidad de vida de las personas, mediante el cual se procura el crecimiento económico y el mejoramiento social, en una combinación armónica con la protección del medio ambiente, de modo que se satisfacen las necesidades de las actuales generaciones, sin poner en riesgo la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras.

Desechos peligrosos, aquellos provenientes de cualquier actividad y en cualquier estado físico que, por la magnitud o modalidad de sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, explosivas, inflamables, biológicamente perniciosas, infecciosas, irritantes o cualquier otra, representen un peligro para la salud humana y el medio ambiente.

Desechos radiactivos, aquellos que contienen o están contaminados con radio nucleidos que se encuentran en concentraciones o con actividades superiores a los niveles establecidos por la autoridad competente.

Diversidad biológica, variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos entre otros, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y complejos ecológicos de los que forman parte. Comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas.

Ecosistema, sistema complejo con una determinada extensión territorial, dentro del cual existen interacciones de los seres vivos entre sí y de estos con el medio físico o químico.

Educación ambiental, proceso continuo y permanente, que constituye una dimensión de la educación integral de todos los ciudadanos, orientada a que en la adquisición de conocimientos, desarrollo de hábitos, habilidades, capacidades y

actitudes y en la formación de valores, se armonicen las relaciones entre los seres humanos y de ellos con el resto de la sociedad y la naturaleza, para propiciar la orientación de los procesos económicos, sociales y culturales hacia el desarrollo sostenible.

Estrategia Ambiental Nacional, expresión de la política ambiental cubana, en la cual se plasman sus proyecciones y directrices principales.

Estudio de impacto ambiental, descripción pormenorizada de las características de un proyecto de obra o actividad que se pretenda llevar a cabo, incluyendo su tecnología y que se presenta para su aprobación en el marco del proceso de evaluación de impacto ambiental. Debe proporcionar antecedentes fundados para la predicción, identificación e interpretación del impacto ambiental del proyecto y describir las acciones que se ejecutarán para impedir o minimizar los efectos adversos, así como el programa de monitoreo que se adoptará;

Evaluación de impacto ambiental, procedimiento que tiene por objeto evitar o mitigar la generación de efectos ambientales indeseables, que serían la consecuencia de planes, programas y proyectos de obras o actividades, mediante la estimación previa de las modificaciones del ambiente que traerían consigo tales obras o actividades y, según proceda, la denegación de la licencia necesaria para realizarlos o su concesión bajo ciertas condiciones. Incluye una información detallada sobre el sistema de monitoreo y control para asegurar su cumplimiento y las medidas de mitigación que deben ser consideradas.

Gestión ambiental, conjunto de actividades, mecanismos, acciones e instrumentos, dirigidos a garantizar la administración y uso racional de los recursos naturales mediante la conservación, mejoramiento, rehabilitación y monitoreo del medio ambiente y el control de la actividad del hombre en esta esfera. La gestión ambiental aplica la política ambiental establecida mediante un enfoque multidisciplinario, teniendo en cuenta el acervo cultural, la experiencia nacional acumulada y la participación ciudadana.

Inspección ambiental estatal, actividad de control, fiscalización y supervisión del cumplimiento de las disposiciones y normas jurídicas vigentes en materia de protección del medio ambiente, con vista a evaluar y determinar la adopción de las medidas pertinentes para garantizar dicho cumplimiento.

Licencia ambiental, documento oficial, que sin perjuicio de otras licencias, permisos y autorizaciones que de conformidad con la legislación vigente corresponda conceder a otros órganos y organismos estatales, es otorgado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente para ejercer el debido control al efecto del cumplimiento de lo establecido en la legislación ambiental vigente y que contiene la autorización que permite realizar una obra o actividad.

Medio ambiente, sistema de elementos abióticos, bióticos y socioeconómicos con que interactúa el hombre, a la vez que se adapta al mismo, lo transforma y lo utiliza para satisfacer sus necesidades.

Programa Nacional de Medio Ambiente y Desarrollo, proyección concreta de la política ambiental de Cuba, que contiene lineamientos para la acción de los que intervienen en la protección del medio ambiente y para el logro del desarrollo sostenible. Constituye la adecuación nacional de la Agenda 21.

Recursos marinos, la zona costera y su zona de protección, bahías, estuarios y playas, la plataforma insular, los fondos marinos y los recursos naturales vivos y no

vivos contenidos en las aguas marítimas, fondos y subsuelos marinos y las zonas emergidas.

Recursos naturales, todos los componentes del medio ambiente, renovables o no renovables, que satisfacen necesidades económicas, sociales, espirituales, culturales y de la defensa nacional, garantizando el equilibrio de los ecosistemas y la continuidad de la vida en la tierra.

Recursos paisajísticos, entornos geográficos, tanto superficiales como subterráneos o subacuáticos, de origen natural o antrópico, que ofrecen interés estético o constituyen ambientes característicos.

Sistema Nacional de Áreas Protegidas, conjunto de áreas protegidas que ordenadamente relacionadas entre sí, interactúan como un sistema territorial que, a partir de la protección y manejo de sus unidades individuales, contribuyen al logro de determinados objetivos de protección del medio ambiente.

Variable ambiental, elemento del medio ambiente susceptible de ser medido o evaluado por diferentes métodos cualitativos o cuantitativos.

Objetivos

- a) Crear un contexto jurídico que favorezca la proyección y desarrollo de las actividades socioeconómicas en formas compatibles con la protección del medio ambiente.
- b) Establecer los principios que orienten las acciones de las personas naturales y jurídicas en materia ambiental, incluyendo los mecanismos de coordinación entre los distintos órganos y organismos para una gestión eficiente.
- c) Promover la participación ciudadana en la protección del medio ambiente y el desarrollo sostenible.
- d) Desarrollar la conciencia ciudadana en torno a los problemas del medio ambiente, integrando la educación, la divulgación y la información ambiental.
- e) Regular el desarrollo de actividades de evaluación, control y vigilancia sobre el medio ambiente.
- f) Propiciar el cuidado de la salud humana, la elevación de la calidad de vida y el mejoramiento del medio ambiente en general.

Erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos son las finalidades de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), una plataforma de acción mundial para el 2030 enfocada en las personas y sus derechos fundamentales, que comenzó a implementarse el 1ro. de enero de 2016. Sus 17 objetivos toman en cuenta las distintas realidades, capacidades y niveles de desarrollo de los países y respetan las políticas y prioridades nacionales.

Cómo se está trabajando en Cuba en función de alcanzar estos objetivos.

El esquema de desarrollo de Cuba conjuga la parte económica con una componente social y ambiental, los tres pilares del desarrollo sostenible, mediante programas integrados que permiten ahorrar esfuerzos y fondos con mayores resultados. Se garantiza la distribución de riquezas en forma de salud, educación y bienestar social, lo que ha contribuido a alcanzar un alto Índice de Desarrollo Humano y ubicar a Cuba en el puesto 68 del ranking mundial y el octavo de América Latina y el Caribe, según el Informe sobre Desarrollo Humano 2016, publicado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

Hambre cero

Cuba ha recibido el reconocimiento de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) por sus logros en la lucha contra el hambre. Al respecto, es uno de los ocho países de la región que ha logrado erradicar completamente el hambre, lo que la convierte en referente de la seguridad alimentaria en América Latina y el Caribe. Todo ello, gracias a la aplicación continua de políticas orientadas a garantizar la disponibilidad, acceso y correcta utilización de los alimentos.

Destaca la lucha por la correcta nutrición de todos los ciudadanos, en especial los niños y niñas, pues sobresale como una de las naciones que ha logrado eliminar la desnutrición infantil.

Salud y bienestar

En el año 2017, la tasa de mortalidad infantil fue de 4,1 por cada mil nacidos vivos, lo que sitúa a Cuba entre las primeras 20 naciones del mundo y junto a Canadá al frente de la región de las Américas en este indicador. Redujo la tasa de mortalidad materna a 37,8 por cada 100 000 nacidos vivos, mientras que la supervivencia de los recién nacidos se mantiene en 99,2 por ciento, según datos del Programa Materno Infantil. La esperanza de vida alcanza los 79 años, revela la Oficina Nacional de Estadísticas e Información (ONEI), y el Ministerio de Salud Pública confirma que actualmente viven en Cuba más de 2 100 centenarios. En 2015 se convirtió en el primer país del mundo en erradicar la transmisión de VIH-sida y sífilis congénita de madre a hijo.

Educación de calidad

La Declaración de Derechos Humanos expresa el derecho universal a la educación. Esta debe ser gratuita, al menos en la instrucción elemental y fundamental. En Cuba, país con el puesto 30 de 188 en grados de escolarización promedio de la población mayor de 25 años, se garantiza una educación universal y gratuita en todos los niveles de enseñanza, bajo los principios de carácter masivo, equidad, participación democrática de toda la sociedad en las tareas de la educación del pueblo, la coeducación y la escuela abierta a la diversidad, la atención diferenciada y la integración escolar.

Se reconocer la labor del MES como regulador en la implementación de políticas, una vez aprobadas por el Estado y al Gobierno cubanos. Por otra parte, se dio a conocer que en la actualidad el país cuenta con 50 instituciones en la Educación Superior en las que estudian 224 mil 944 jóvenes, una de las tasas más altas en América Latina

Igualdad de género

Cuba fue el primer país en firmar y el segundo en ratificar la Convención sobre la eliminación de todas las formas de discriminación contra la mujer y cumple con los compromisos internacionales en materia de igualdad de género y empoderamiento femenino acordados en la Declaración y Plataforma de Acción de Beijing y en la Declaración y Programa de Acción sobre Población y Desarrollo.

Existe acceso universal a los servicios de salud, educación y otros, sin discriminación por motivo de género, lo cual aparece refrendado en la Constitución. En el sector laboral, mientras las mujeres en el mundo ganan entre un 10 y un 30 por ciento menos que un hombre en el mismo puesto, en Cuba existe la igualdad salarial.

Agua limpia y saneamiento

Cuba defiende la importancia de políticas públicas que garanticen la seguridad hídrica y el acceso de la población al agua, en tanto derecho humano fundamental, por lo que realiza una labor permanente en el saneamiento y gestión de este importante recurso. Recientemente, con la aprobación de la Ley de aguas terrestres, se ordenó su gestión integrada y sostenible, en función del interés general de la sociedad, al tiempo que estableció las medidas a tomar para su protección.

Energía asequible y no contaminante

En el Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta el 2030 se aspira a alcanzar el 24 por ciento de participación de las fuentes renovables de energía en la producción de electricidad, que hoy alcanza poco más de un cuatro por ciento. Hacia inicios de 2017 en el territorio nacional había en explotación 22 parques eólicos con una capacidad de generación de 37 MW, para finales de año se concluirán siete parques más con una capacidad de 15 MW, ilustran datos del Ministerio de Energía y Minas. En tanto, la empresa Azcuba señala que la industria azucarera cubana genera en la actualidad 37 kiloWatts/horas por cada tonelada de caña que muele; y entrega al país el 15 por ciento de la electricidad que produce con biomasa cañera.

Trabajo decente

El Código de Trabajo cubano estipula el derecho de todo ciudadano a tener un empleo, a la igualdad en el trabajo, a la capacitación y superación, al descanso, las vacaciones pagadas y a la seguridad social. Recientemente, en la Conceptualización del Modelo Económico y Social Cubano de Desarrollo Socialista quedó establecido que el Estado garantiza estos derechos principalmente «mediante la promoción de nuevas y diversas fuentes de empleo y de políticas públicas que favorecen su generación». Al cierre de septiembre 579 415 cubanos ejercían el trabajo por cuenta propia.

Industria, innovación e infraestructura

La Conceptualización... expresa la importancia de los progresos y la aplicación de los resultados de la ciencia, la tecnología y la innovación en la consecución de una sociedad socialista próspera y sostenible. El Estado cubano promueve «la ciencia, la tecnología y la innovación en las diferentes esferas» y «conduce e incentiva que los resultados científicos y tecnológicos sean aplicados y generalizados en la producción y los servicios».

Reducción de las desigualdades

La Isla establece la inclusión económica de todos y todas, independientemente de su género, raza o etnia. Igualmente, garantiza el acceso igualitario a los servicios de educación y salud, al tiempo que promueve el fin de las disparidades a nivel global y participa activamente en foros mundiales y regionales, en especial de bloques de países subdesarrollados o en vías de desarrollo, y promueve la A todo el país campañas de ahorro energético.

Acción por el clima

Cuba pertenece a la Convención de las Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación, al convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y al Protocolo de Kioto. Lleva adelante un programa para la reducción de gases contaminantes a la atmósfera y aprobó el Plan de Estado para el

enfrentamiento al cambio climático, llamado Tarea Vida, que incluye estudios de riesgo y de impacto, monitoreo integral de la zona costera, los proyectos sectoriales y el ordenamiento territorial. Además, el Plan prevé una mayor inversión en el desarrollo y el uso de fuentes de energía renovables en Cuba.

Vida submarina

El mar que nos baña es un activo importante en la economía cubana, por los atractivos de las playas para el turismo nacional e internacional. Por ello se acometen diversas labores para el rescate de estos ecosistemas, por ejemplo las llamadas pasarelas de la playa de Santa María, una de las acciones desarrolladas para la protección de las dunas. Además, se realiza un control intensivo de las especies marinas y se han decretado seis sitios Ramsar (humedales de importancia internacional).

Vida de ecosistemas terrestres

El Sistema Nacional de Áreas Protegidas cubre el 21,74 por ciento del archipiélago cubano en todas sus variantes y categorías, e incluye las siete Regiones Especiales de Desarrollo Sostenible existentes y dos propuestas que cubren los cinco macizos montañosos (Guaniguanico, Guamuhaya, Bamburanao, Nipe-Sagua-Baracoa y Sierra Maestra), el mayor humedal del Caribe Insular (Ciénaga de Zapata) y los dos sistemas de cayerías más grandes del país (archipiélagos Sabana-Camagüey y los Canarreos). Existen también seis Reservas de Biosfera y dos Sitios Patrimonio Natural de la Humanidad.

El modelo sostenible en la esfera turística

Es una herramienta estratégica de desarrollo económico. Precisamente el Programa Nacional de Desarrollo del Turismo en Cuba tiene como premisa fundamental compatibilizar el desarrollo turístico con la conservación y uso sostenible de los recursos existentes en cada destino. Responde a un detallado ordenamiento territorial para cada polo turístico y establece los lineamientos de protección ambiental, dando prioridad al proceso de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos de desarrollo turístico; al respecto, la Estrategia Ambiental Nacional presentada por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (1997: 38-54) plantea los instrumentos para su implementación.

Pero una industria sin un programa de desarrollo está condenada al fracaso; por tal razón cada año se erigen nuevas instalaciones en los principales polos turísticos del país. Se enfatiza en un proyecto que se extiende a cayos vírgenes del norte de Cuba, y las aspiraciones de convertir a la Bahía de La Habana en un puerto turístico. También se fomentarán inversiones en otras regiones con potencialidades aún sin explotar.

La industria sin humo en Cuba se propone avanzar, pero cumpliendo los principios que definen el turismo sostenible de la Organización Mundial del Turismo (OMT): los Recursos naturales y culturales se conservan para su uso continuado en el futuro, al tiempo que reportan beneficios; el desarrollo turístico se planifica y gestiona de forma que no cause serios problemas ambientales o socioculturales; la calidad ambiental se mantiene y mejora; se procura mantener un elevado nivel de satisfacción de los visitantes y el destino retiene su prestigio y potencial comercial; y los beneficios del turismo se reparten ampliamente entre toda la sociedad.

Por sus características geográficas, la radiación solar que se recibe y las particularidades de la circulación atmosférica en Cuba es predominante un clima cálido tropical, temporalmente húmedo y con influencia marítima.

Cuba por un modelo sostenible como estrategia de desarrollo económico en los cayeros del norte, en el norte de Cuba: un iceberg llamado Jardines del Rey. Isla Sabinal: grandioso y fantástico panorama de sorprendente belleza natural en Camagüey, Pedraplén Cairabién a Cayo Santa María: Una obra maravillosa y sorprendente, Parque Nacional Los Caimanes del Ecosistema Sabana-Camagüey, Península de Guanahacabibes: seductora historia sumergida; Isla de la Juventud: paisaje mágico para la fotografía submarina Excursión al Laberinto de las Doce Leguas: Los Jardines de la Reina: Los hechizantes paisajes del Golfo de Guacanayabo.

De acuerdo a los datos ofrecidos por el Ministro, han llegado a Cuba más de 3 millones 800 mil visitantes foráneos. Esta cifra, cumplió con los 4 millones 700 mil extranjeros previstos para el año 2017. Del mismo modo la existencia de 366 hoteles, de ellos el 69.4 por ciento con categoría de cuatro o cinco estrellas y más de 68 mil habitaciones disponibles para enfrentar la temporada alta. Dentro de esa gran cantidad de hoteles, tenemos más de la mitad operados mediante 88 contratos con veinte cadenas internacionales, una medida enfocada siempre a preservar nuestra propiedad sobre las instalaciones y aprovechar la experiencia de nuestros socios extranjeros en la administración y captación de clientes. Ese clima de cooperación nos permite lograr importantes avances a una velocidad mucho mayor.

Se resaltan más de 140 proyectos establecidos como parte de la cantera de oportunidades abierta a la luz de la Ley de Inversión Extranjera. Entre ellos, destacan los dirigidos a ampliar y renovar la planta hotelera de la nación y al desarrollo inmobiliario asociado a la construcción de campos de golf y parques temáticos con alta tecnología, una de las maneras de adaptar el sector a las nuevas tendencias internacionales y a la búsqueda de experiencias y sensaciones por parte de los clientes.

Sobre los campos de golf y sus infraestructuras asociadas, Marrero Cruz enumeró las zonas de Bellamonte, Punta Colorada, Carbonera y El Salado, ubicadas todas en el occidente del país, como las de mayores perspectivas de crecimiento para los próximos años. El proyecto más grande de América es el de Punta Colorada, con una duración total de dos décadas, la construcción de una terminal de cruceros, cinco hoteles con más de mil habitaciones en total y otras veinte mil unidades inmobiliarias. Sin embargo, a pesar de su magnitud, la idea está pensada para que nos reporte paulatinos beneficios desde los primeros años, una fortaleza para hacerla sostenible.

En el año nombrado por la Organización Mundial del Turismo como el Año Internacional del Turismo Sostenible para el Desarrollo, el Ministro cubano garantizó a la audiencia el compromiso absoluto del sector con el cuidado del medio ambiente y el enfrentamiento al cambio climático, “única manera de asegurar la permanencia de nuestro trabajo en el tiempo y la conservación del país para las futuras generaciones.

Para lograr este objetivo se garantizan equipos de trabajo encargados de estudiar cada una de las zonas vulnerables y desde el Consejo de Ministros se analizan cada informe para tomar las decisiones más acertadas. Recientemente se aprobó el plan de medidas para enfrentar esta situación, además de tener una visión bastante cercana sobre el futuro en el 2050 o el 2100 y valorar para evitar construir en zonas vulnerables.

Estrategias que minimicen las dificultades que afectan considerablemente la economía del país.

El fenómeno del aumento de la temperatura media del planeta, conocido como calentamiento global, es considerado en la actualidad como uno de los temas más preocupantes relacionados con el cambio climático. Resultan dramáticos la velocidad con que se ha manifestado este fenómeno, su carácter global, los múltiples factores tecnológicos, económicos, ambientales y políticos que lo afectan, y sus catastróficos efectos para la vida en el planeta y las condiciones meteorológicas (aumento de la intensidad y frecuencia de tormentas, sequías, inundaciones, olas de calor o de frío, etc (Vargas, 2010)

La producción agrícola está amenazada por el cambio climático, pues este altera factores indispensables para el crecimiento de los cultivos, como las precipitaciones y la temperatura. Sus efectos sobre la agricultura varían de una región a otra: en zonas mediterráneas y semiáridas se manifiesta en sequías frecuentes, mientras en zonas tropicales toma forma de tormentas y huracanes severos. Estos impactos ya se sienten en muchos países del Sur, donde también se observa un aumento en las precipitaciones, con sus consecuentes daños en los cultivos por erosión y deslizamiento de suelos e inundaciones.

En Cuba los agricultores se adaptan y se preparan para el cambio climático, al minimizar las pérdidas con la utilización de policultivos y variedades locales tolerantes a la sequía, la cosecha de agua, la conservación de suelos, la agroforestería, la recolección de plantas silvestres y otras técnicas agroecológicas prometedoras. Mientras realizan estas prácticas, también contribuyen a la mitigación del calentamiento de la atmósfera a través de la reducción de las emisiones de gases con efecto invernadero.

Desarrollar la explotación sostenible de la superficie agrícola del país es la prioridad del Ministerio de la Agricultura para el periodo que comprende la IX Legislatura (2018-2023). Solo así se podrá obtener una producción agropecuaria y forestal que satisfaga las necesidades alimentarias.

La organización de productores y otros interesados alrededor de proyectos que promueven la resiliencia agrícola al cambio climático, debe recuperar las habilidades y conocimientos tradicionales. Se logra así una plataforma para el aprendizaje y la organización local, con lo que mejoran las posibilidades de empoderamiento de la comunidad y las estrategias de desarrollo autosuficientes frente a la variabilidad climática.

Desarrollar el programa el autoabastecimiento alimentario municipal, apoyándose en la agricultura urbana suburbana.

En 1995 ya existían 1613 organopónicos, 429 huertos intensivos y 26604 huertos comunitarios. En 1997 se crea el grupo nacional de la agricultura urbana con el objetivo de organizar a las personas involucradas en el movimiento. El objetivo

fundamental de este movimiento es alcanzar el consumo diario de al menos 300g de vegetales diarios por persona y un surtido adecuado de proteína animal.

Principios básicos de este movimiento:

- ✓ Distribución uniforme en todo el país.
- ✓ Correspondencia entre la producción planificada y el número de habitantes de cada lugar.
- ✓ Interrelación cultivo-animal
- ✓ Uso intensivo de M. orgánica para preservar la fertilidad de los sustratos.
- ✓ Utilizar las áreas de forma intensiva para obtener altos rendimientos de cultivos y animales.
- ✓ Integración multidisciplinaria y aplicación constante de la ciencia y la técnica.
- ✓ Máxima utilización de todo el potencial existente para producir alimentos, sobre todo la fuerza laboral y subproductos de producción animal y vegetal.

Surgimiento de la agricultura suburbana

Surge en el año 2010 dada la necesidad de intensificar el accionar de la agricultura urbana hacia las tierras del ámbito suburbano con el fin de incrementar la producción de alimentos

Elementos de sostenibilidad presentes en el programa de la agricultura urbana y suburbana

- ✓ El enfoque holístico al emplear de forma integrada todos los elementos del agroecosistema.
- ✓ El uso eficiente de toda la energía producida en el agroecosistema a través del reciclaje de toda la M. orgánica que se produce.
- ✓ Uso de los enemigos naturales y productos de origen orgánico para el control de plagas.
- ✓ La diversificación de la producción a través de los diferentes subprogramas.
- ✓ Uso de la tracción animal siempre que las condiciones lo permitan.



Otras de las estrategias:

En la primera década del siglo XXI surgió la iniciativa de Fitomejoramiento Participativo (FP), convertida posteriormente en el Programa de Innovación Agropecuaria Local (PIAL). Su propósito fue facilitar el acceso a diversas variedades y cultivos para que los agricultores construyeran alternativas que les permitieran adaptarse a la nueva situación de carencia de agroquímicos y combustibles fósil predominante en el país. Las primeras ferias de diversidad de semillas fueron organizadas por investigadores y profesores del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, del Centro de Investigaciones Psicológicas y Sociológicas y de la Universidad Agraria de la Habana. Estas consistían en la siembra de parcelas con semillas provenientes del sistema formal (instituciones de investigación) e informal (fincas de campesinos) de innovación, y en un momento determinado del cultivo se invitaba a los productores para que escogieran la variedad de su preferencia a fin de cultivarlas y evaluarlas con sus propios criterios.

Los organizadores de las ferias solicitaban a los participantes reflejar en una planilla las variedades elegidas, así como los criterios de selección. Se fijó el compromiso de entregar una pequeña cantidad de las semillas seleccionadas a cada participante una vez que fueran cosechadas las parcelas. Los agricultores sembraron las semillas bajo diferentes esquemas experimentales, en las condiciones específicas de sus fincas. Las variedades fueron evaluadas, y se diseminaron aquellas más adaptadas a las condiciones imperantes en cada región. Las fincas participantes se fueron convirtiendo en estaciones experimentales y los miembros de la familia, en investigadores y extensionistas. Estas labores fueron compartidas con investigadores, docentes y extensionistas.

Poner en explotación las tierras ociosas que constituyen cerca del 50% para elevar los rendimientos agrícolas y biodiversidad.

Paz, justicia e instituciones sólidas

En el entorno latinoamericano y global, Cuba es uno de los países con menor incidencia de la violencia. Igualmente, se brindan servicios de consultoría jurídica a la población y el sistema político se estructura desde el pueblo mediante las Asambleas del Poder Popular.

Cuba fue, además, el escenario de la Proclama de América Latina y el Caribe como Zona de Paz.

Se trabaja sostenidamente en los procesos para la formación, capacitación y superación que garantizan la preparación de recursos humanos territoriales con lo cual se perfecciona las capacidades territoriales para contribuir a la sostenibilidad, seguimiento y evaluación de los proyectos de educación ambiental para la formación de una cultura científica, general, integral y de calidad para todos, que asegure la prevención, preparación y actuación ante casos de desastres, así como la protección del medio ambiente, en Cuba.

Conclusiones

La viabilidad del Desarrollo Sostenible para subsistencia futura en Cuba se logra con el dominio, aplicación y control de la **Ley No. 81 DEL MEDIO AMBIENTE**, el dominio de los conceptos que se derivan de la ley, los principios que rigen la política ambiental, las normas básicas para regular la gestión ambiental del Estado y las acciones de los ciudadanos y la sociedad en general, a fin de proteger el medio ambiente y contribuir a alcanzar los objetivos del desarrollo sostenible del país.

Son muchos los logros alcanzados en Cuba, entre los países del Caribe que se habla con propiedad de un modelo sostenible acorde con el medio ambiente, reconocido por Naciones Unidas al poseer reservas, paisajes, parques nacionales y áreas protegidas vírgenes, lo que permite satisfacer todas las necesidades económicas, sociales y estéticas, y a la vez respetar la integridad cultural, los procesos ecológicos esenciales, la diversidad biológica y los sistemas de soporte de la vida.

Los excursionistas abogan por el turismo de la ínsula precisamente por la belleza de sus playas, el cuidado del medio ambiente y la amabilidad de su población.

Referencias Bibliográficas.

World Commission on Environment and Development. 1987. Our Common Future.

Oxford University Press. EU.

Pérez R, J.M. 2001 Desarrollo Sostenible Desde una Perspectiva Sociológica.

Universidad de Extremadura. España.

Mora A, J.: El Desarrollo Sostenible y las Áreas Rurales. 2000. Universidad de Extremadura. España.

Pérez. J.M. Obras Completas. Editorial de Ciencias Sociales. La Habana, 1975, Tomo 4, pág. 381.

(Vargas, 2010)

Bibliografía

República de Cuba. (2011). Decreto – Ley 281. Gaceta Oficial de la República de Cuba. La Habana.

Rodríguez, Y. & Maestre, Y. (2017). *Gestión de Información y Comunicación en las funciones de gobierno para el desarrollo local*. En Portal, R.; Garcés, R. & Pedroso, W.

Información, Comunicación y cambio de mentalidad: nuevas agendas para un nuevo desarrollo. La Habana, Editorial de Ciencias Sociales.

Urquiza, M.N.2004. El programa de acción nacional de lucha contra la desertificación y la sequía en Cuba. *Agricultura Orgánica* 10 (2): 10-12.

Holt - Giménez. 2001. Midiendo la resistencia agroecológica contra el huracán Mitch. *Leisa Revista de Agroecología* 17 (1): 7-10.

Vázquez, L.L, M. Veitía, E. Fernández, J. Jiménez y S. Jiménez, 2009. Ob. cit. en nota 8. Con la nueva división político-administrativa aprobada en enero de 2011 por la Asamblea Nacional, La Habana se dividió en dos provincias: Mayabeque y Artemisa. Estos dos municipios forman parte ahora de la segunda. (*N. de los Eds.*).

Fundora, Z; Shagarodsky, T. Tellería, L. Fernández, N. León, O. Barrios, L. Castiñeiras, F. Hernández, M. García, V. Moreno, R. Cristóbal, M.C. López, Y. González, Y. Sánchez, D. de Armas y G. Acuña, 2010. Estrategias campesinas para el rescate de cultivos tradicionales frente al cambio climático .En: *Memorias VII Encuentro de Agricultura Orgánica y Sostenible*. La Habana.

Ríos, H. Vargas, D., Funes-Monzote, F .Innovación agroecológica, adaptación y mitigación al cambio climático. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), 2011

Conferencia Magistral

Conservación de la Biodiversidad en México Situación Actual y Retos a Futuro

Dr. Víctor M. G. Sánchez-Cordero Dáuila

Director del Instituto de Biología de la UNAM, Ciudad de México, México



Conservación de la Biodiversidad en México: Situación actual y retos

Víctor Sánchez-Cordero
Instituto de Biología, UNAM
victor@ib.unam.mx

¿Qué son los países de megadiversidad?



En ellos habita, en conjunto, entre el **66** y **75%** de la biodiversidad total del planeta.

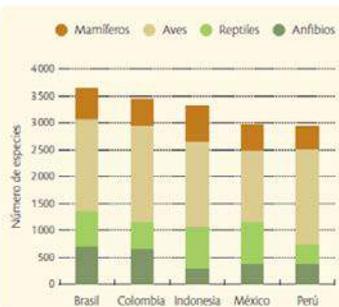
De los más de **170** países del mundo, **17** son megadiversos.

MÉXICO ES EL CUARTO PAÍS MEGADIVERSO.

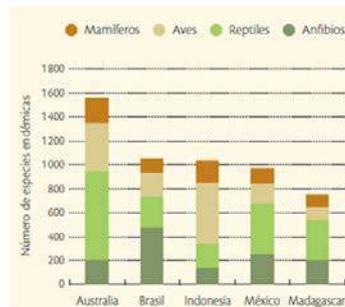


México, país megadiverso

Los cinco países con mayor diversidad de especies de vertebrados (fuente: CONABIO 2006).



Los cinco países con mayor número de especies endémicas de vertebrados (fuente: CONABIO 2006).



Cetáceos
39/80
(49%)

Goodeidos
41 de 45 (91%)

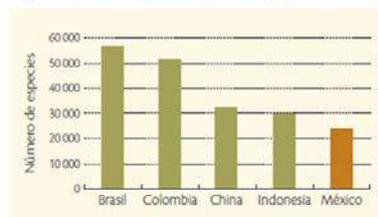


Tortugas marinas
7/8 (88%)

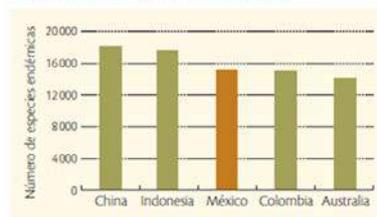
Proporción de endemismo en los vertebrados terrestres:

- Aves 11%
- Mamíferos 32%
- Anfibios 57%
- Reptiles 65%

Los cinco países con mayor diversidad de especies de plantas vasculares (fuente: CONABIO 2006).



Los cinco países con mayor número de especies endémicas de plantas vasculares (fuente: CONABIO 2006).



57% de la flora de México es endémica



Agaves
150 de 200
(75%)



Pinos
43 de 111
(38%)



Encinos
150 de 200
(75%)



Cactus
1,032 de 2,500
(41%)

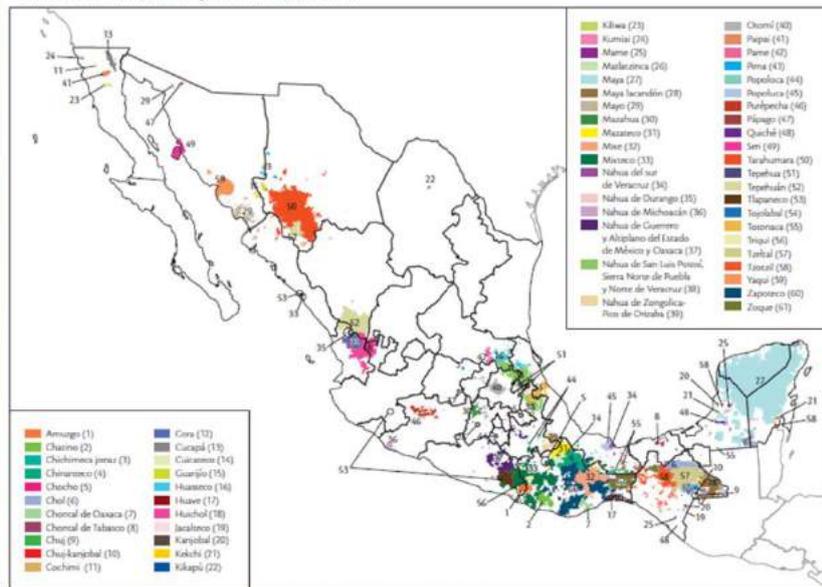
Genes



... y está relacionada estrechamente con la diversidad cultural

Figura 9

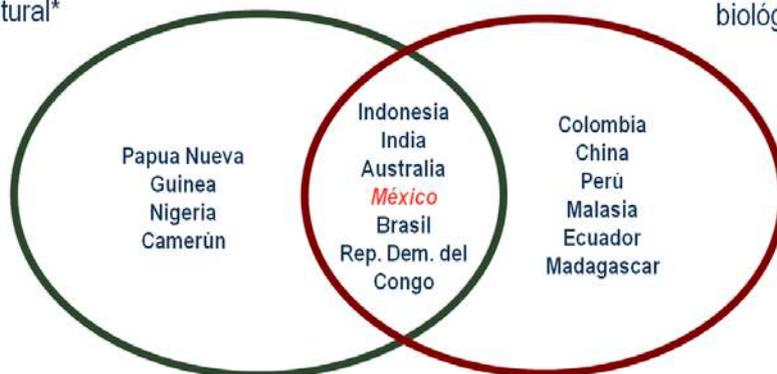
Territorios actuales de los pueblos indígenas de México (cap. 15, vol. II)



Diversidad cultural y diversidad biológica

Alto grado de diversidad cultural*

Alto grado de diversidad biológica**



* Países donde se hablan más de 200 idiomas

** Países con megadiversidad

Modificado de Worldwatch Institute

La Crisis de la Biodiversidad

La extinción de especies en México



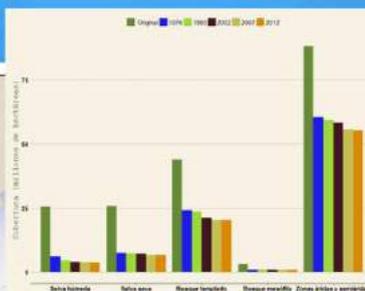
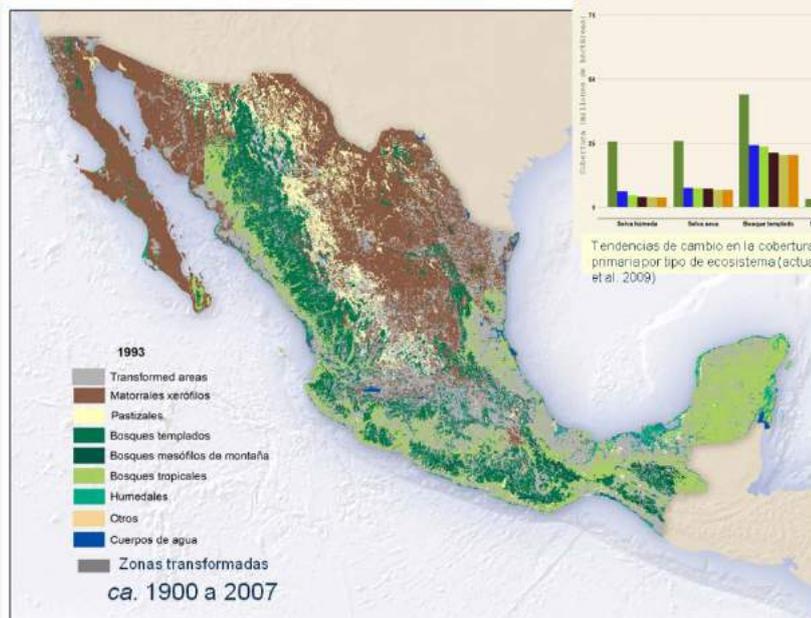
Grupos taxonómicos	Total de especies desaparecidas	Especies extintas en México	Extirpadas	Virtualmente extirpadas	Extinción no confirmada de especies
Plantas	26	20	1		5
Peces	38	17	12	8	1
Anfibios	29				29
Aves	19	12	5	1	1
Mamíferos	15	7	1		7
Total	127	56	19	9	43

La condición de distribución altamente restringida (insular o "insular continental") ha favorecido la extinción de la mayor parte de las especies de plantas y de animales de talla pequeña. La sobreexplotación o exterminio dirigido ha sido un factor para las especies de talla grande.

Especies amenazadas (NOM-059-Semarnat-2010)

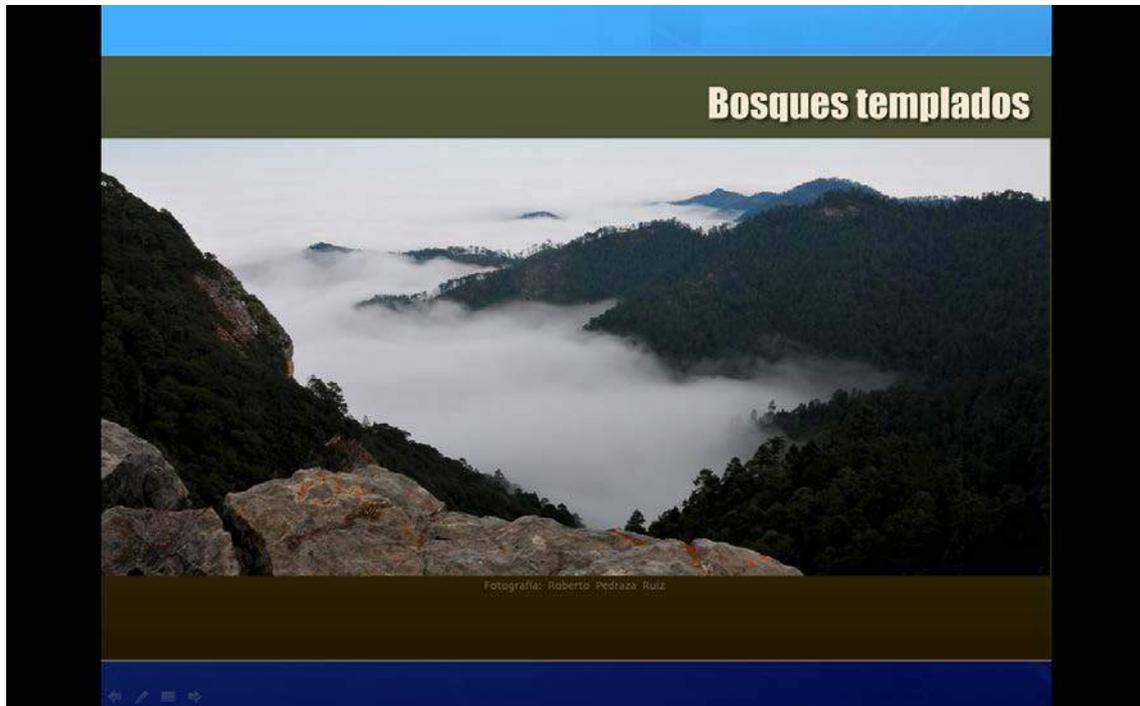
Grupo	Sujetas a protección especial	Amenazada	En peligro de extinción	Probablemente extintas en el medio silvestre	Total
Hongos	8	28	10	—	46
Plantas	458	340	183	6	987
Invertebrados	17	12	20	—	49
Peces	30	80	81	13	204
Anfibios	143	44	7	—	194
Reptiles	274	142	27	—	443
Aves	152	126	95	19	392
Mamíferos	104	124	52	11	291
Total	1186	896	475	49	2 606

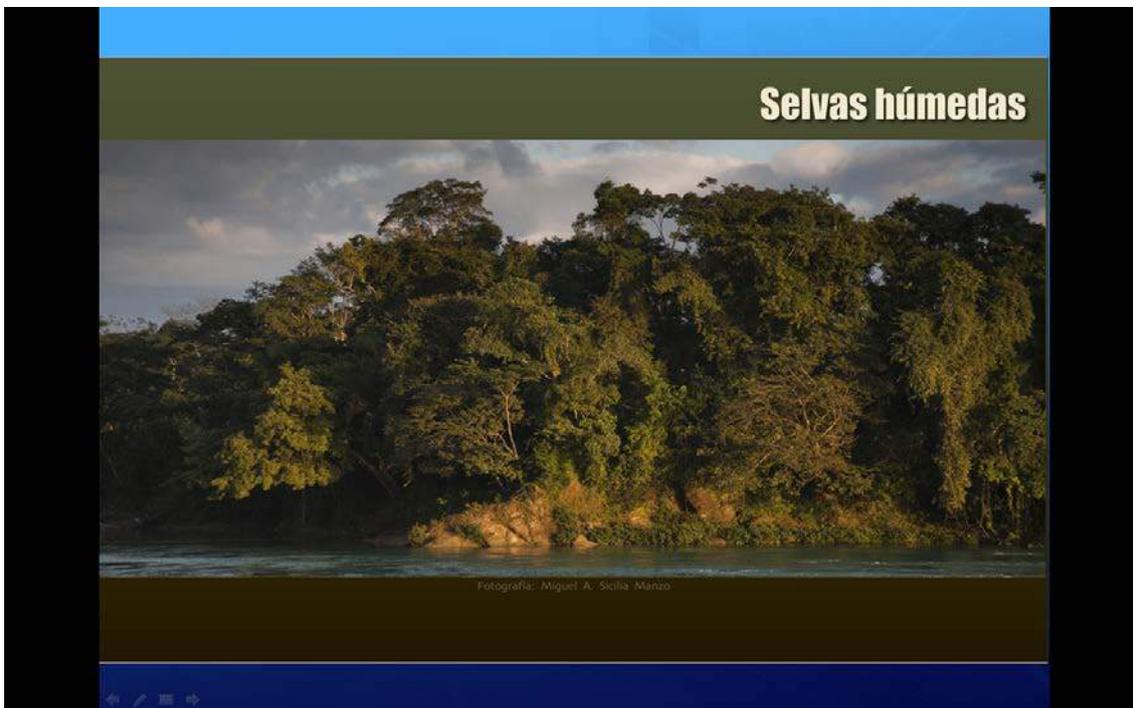
Ecosistemas Terrestres

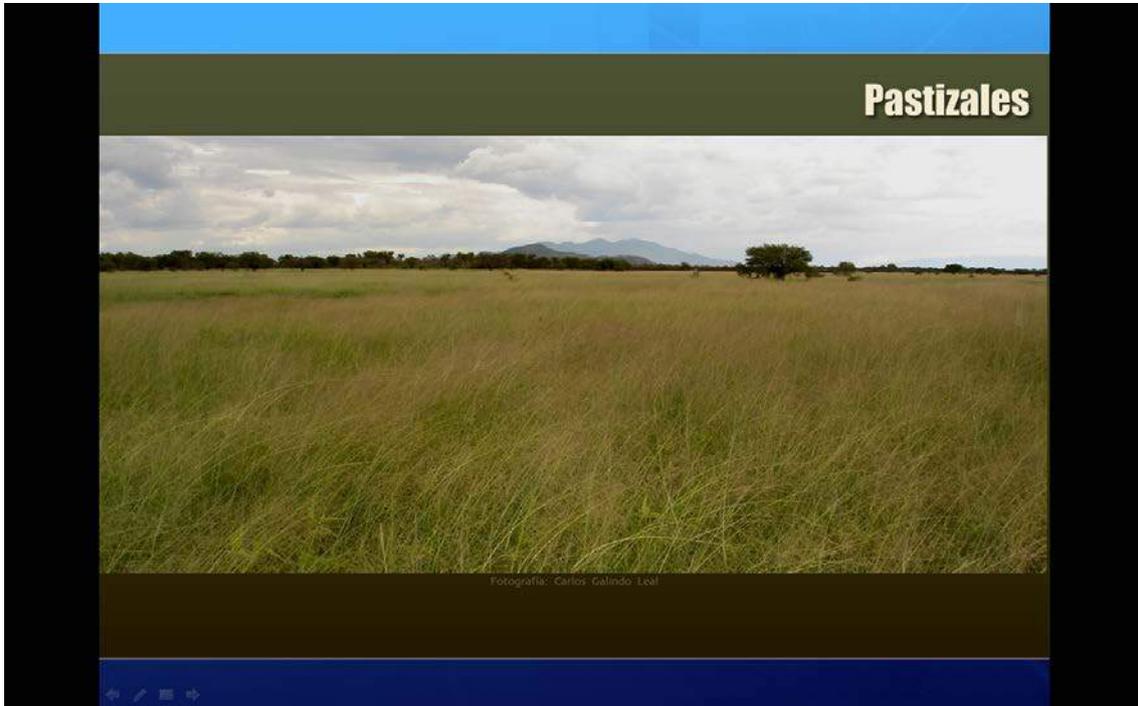


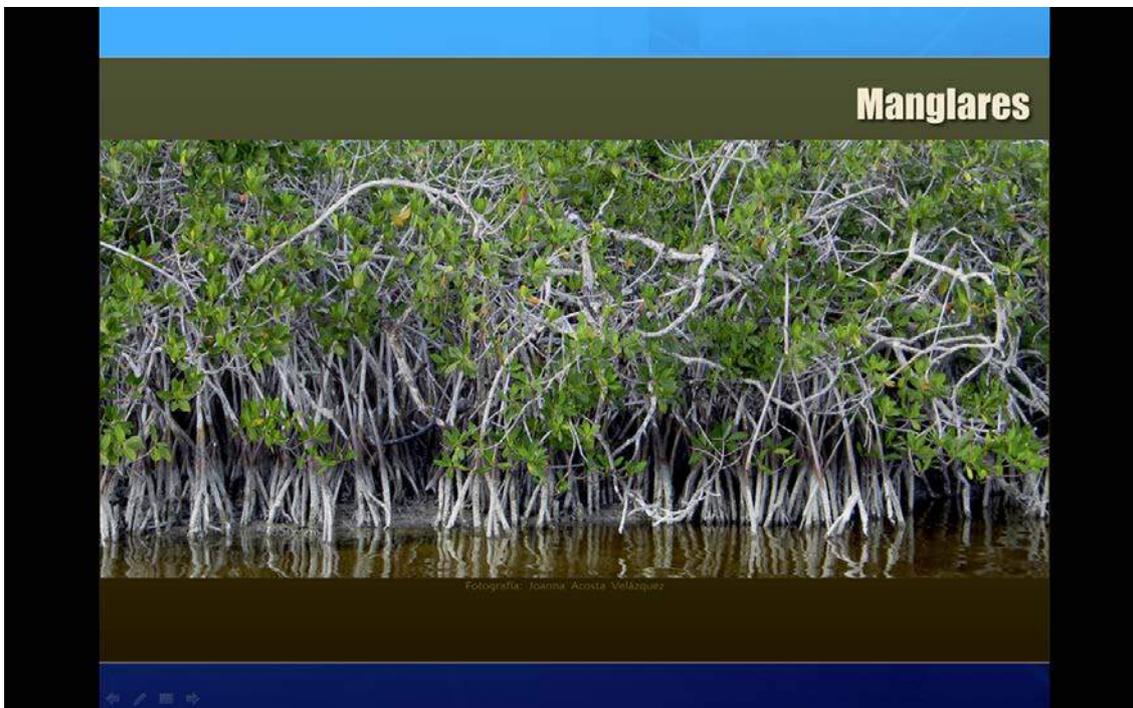
Tendencias de cambio en la cobertura de la vegetación primaria por tipo de ecosistema (actualizado de Sarukhán et al. 2009)

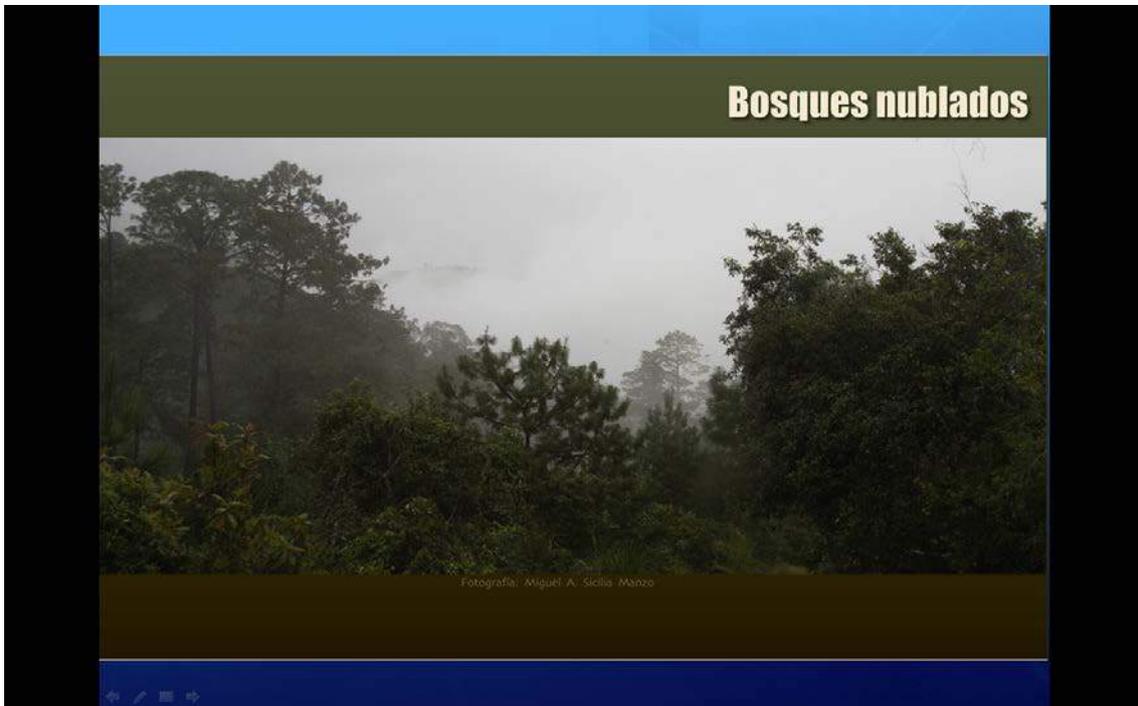








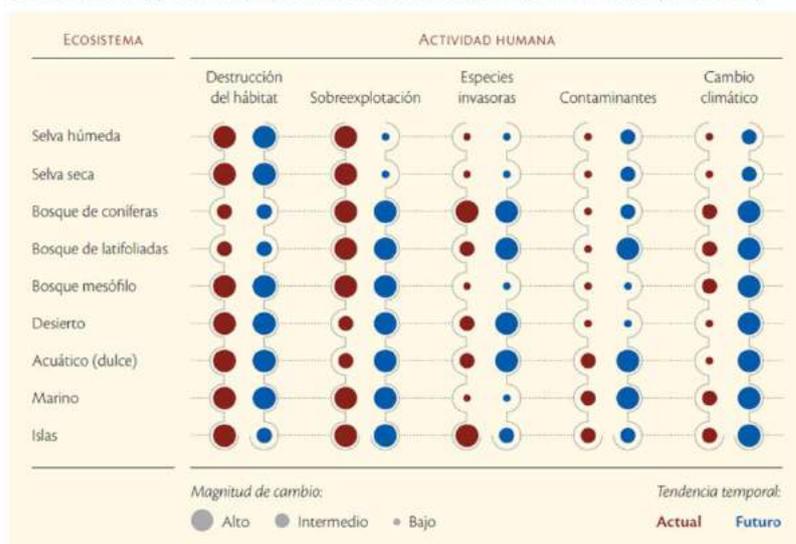




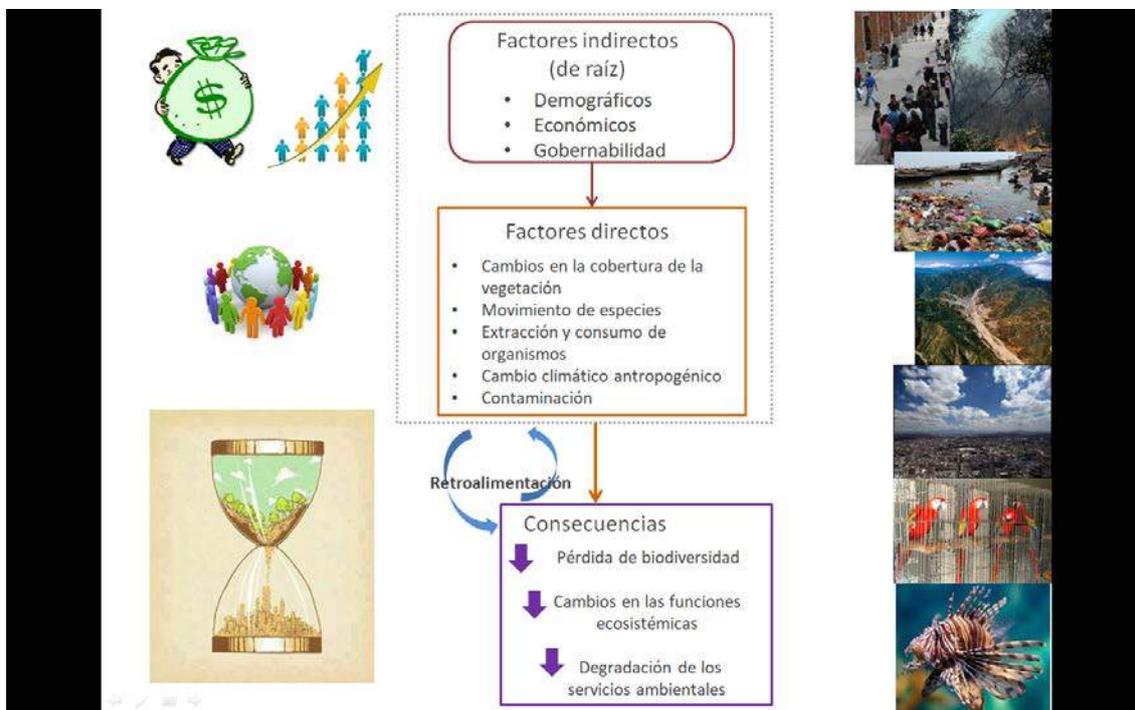
3. CAUSAS DE LA PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD

Amenazas

Impacto de la actividad humana sobre la biodiversidad de México: magnitud de cambio denotada por los círculos de diferente tamaño, y tendencia temporal del cambio en los ecosistemas (CONABIO 2006; capítulo 1, vol. II).



Fuente: Síntesis. *Capital natural de México* CONABIO



Transformación de ecosistemas naturales para producción de alimento



Urbanización

- Se espera que prácticamente todo el crecimiento de la población mundial se localice en conglomerados urbanos



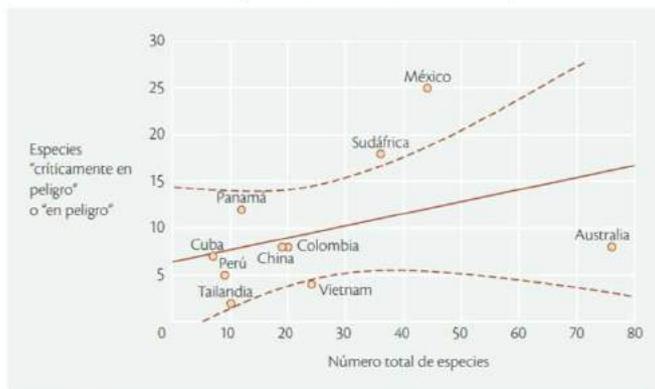
- A pesar de ocupar una pequeña extensión territorial (> 1% del territorio en México) tienen consecuencias ambientales profundas en el sitio donde se desarrollan y en otros lugares

Altas tasa de consumo (huella ecológica)



Amenazas

Sobreexplotación de especies



Relación entre la riqueza de especies de cicadáceas y el número de ellas seriamente amenazadas en varios países según la UICN (capítulo 5, vol. II).



Fuente: Sintets. Capital natural de México CONABIO

4. CONSECUENCIAS DE LA PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD

Pérdida de servicios ecosistémicos

- Hasta ahora los esfuerzos para cuantificar los procesos ecosistémicos y para relacionar adecuadamente los **servicios ambientales** con el **bienestar social**, son incipientes.



Servicios de regulación:

Regulación de la calidad del aire
Flujos de gases atmosféricos

Regulación del clima
Gases atmosféricos (CO₂, CH₄)
Acumulación de carbono
Absorción de carbono
Evapotranspiración

Regulación del agua
Infiltración de agua en el suelo
Almacenaje de agua en suelo

Purificación del agua y tratamiento del agua de desecho

Capacidad de los ecosistemas para procesar el agua de desecho

Regulación de fenómenos hidrometeorológicos

Pérdidas económicas asociadas a desastres naturales

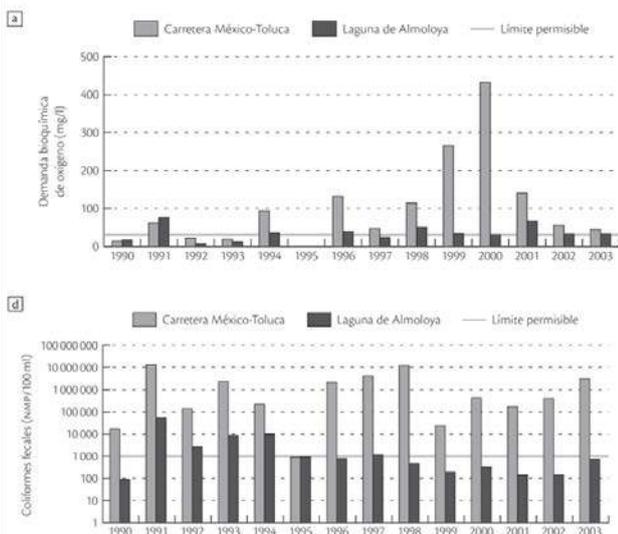
Capacidad del suelo para captura de agua

Almacenaje de agua en suelo

Frecuencia de desastres naturales



Ejemplos cambios temporales en capacidad de regulación y deterioro de los servicios ecosistémicos:



Mazari y Zarco, 2009, CNM Figura 1 [concluye].

Regulación



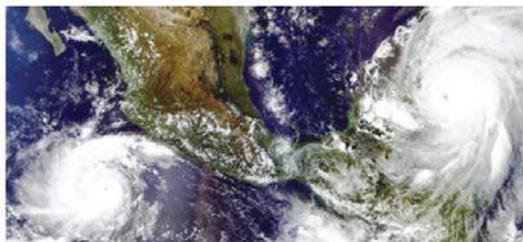
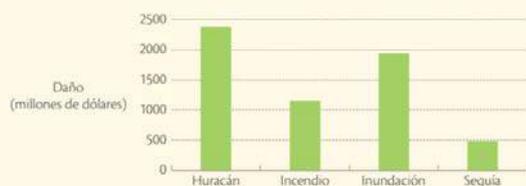
Laguna de Almoloya: Humedal en la cuenca del Río Lerma.



México-Toluca: tramo del río Lerma.

Regulación de fenómenos hirmeteorológicos

Pérdidas económicas asociadas a desastres naturales



Tomado de: Manson, R.H., E.J. Jardel Peláez et al. 2009.

Regulación

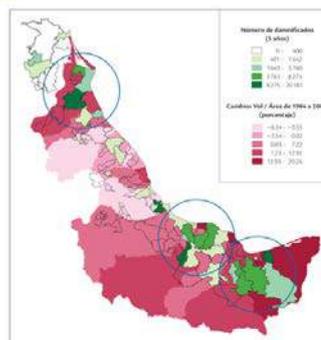


Figura 1 Cambio en el escurrimiento pluvial y, en consecuencia, riesgo de inundaciones debido a la diferenciación en las cuencas de la zona (zonas en rojo) predicho por un modelo de balance hídrico sencillo, así como los municipios más afectados por esos fenómenos hirmeteorológicos en el estado de Veracruz (zonas en verde).

Servicios de provisión:

Alimentos

Agua

Materiales para construcción



Costos económicos asociados al deterioro de los servicios ecosistémicos

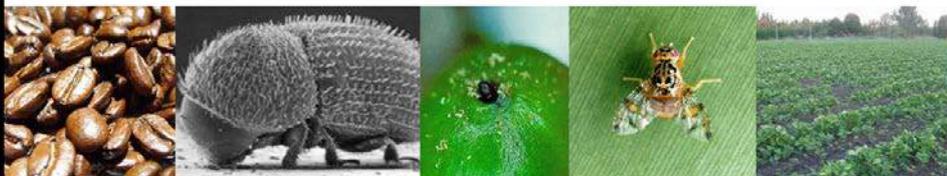
Regulación

Control de plagas:

Debido a la reducción de la biodiversidad en ecosistemas agrícolas y homogeneización de los paisajes agropecuarios en México se han gastado en los últimos **diez años más de 1,200 millones** de pesos en la **erradicación y manejo de plagas y enfermedades** (Balvanera, P., H. Cotler *et al.* 2009).

Consumo estimado de **24,412 toneladas** de plaguicidas (problemas de salud pública y deterioro del medio ambiente por contaminación).

Tomado de: Balvanera *et al.* 2009



Valoración de los servicios ecosistémicos *Regulación*

Polinización:

La mayoría de las plantas con flores y un tercio de las plantas cultivadas en el mundo dependen de polinizadores.

El **88%** de las 130 especies de plantas cultivadas en el país depende de polinizadores para su producción.

En México se siembran más de 5 millones de hectáreas con cultivos agrícolas que dependen de polinizadores, los cuales generan un ingreso de más de **63 000 millones** de pesos al año; en cambio, el ingreso proveniente de cultivos que no dependen de polinizadores es de tan solo **35 000 millones** de pesos al año.

En el mundo se ha calculado que el valor de la polinización asciende a **200 000 millones de dólares** anualmente.



Table 1. Estimated mangrove ecosystem service values worldwide

Source	Region	Ecosystem services included	Value, US\$-ha ⁻¹ -yr ⁻¹
Constanza et al. (8)	Worldwide	All services*	9,900
Sathirathai and Barbier (33)	Thailand	All services*	27,264-35,921
Rönnbäck (7)	Worldwide	All fisheries	750-11,280
This study (fringe mangrove)	México	Fish and blue crab fisheries	37,500

*Disturbance regulation, waste treatment, habitat/refugia, food production, raw materials, and recreation.

Estimaciones de las pérdidas económicas por transformar ecosistemas de manglar

Periodo de referencia (años)	Dólares por hectárea de manglar de franja*
4	139,622
6	199,855
10	304,043
30	605,290
50	718,827
100	781,511

* Considerando 5% de interés financiero anual, basado exclusivamente en la producción de peces y jaiba relacionados con manglar.

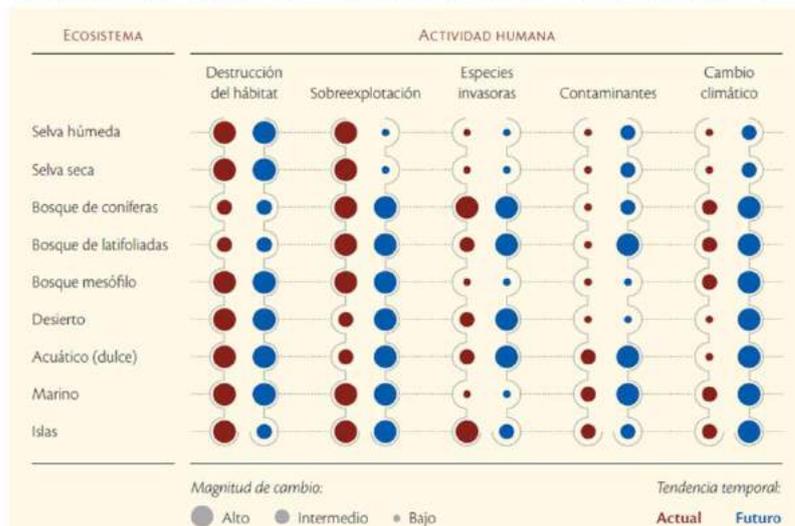
Fuente: Aburto et al. (2008).

Valor de los manglares en el mundo: \$ 1,648 billones de dólares.

Tomado de: Aburto-Oropeza et al. 2008; Calderón et al. 2009.

Amenazas

Impacto de la actividad humana sobre la biodiversidad de México: magnitud de cambio denotada por los círculos de diferente tamaño, y tendencia temporal del cambio en los ecosistemas (CONABIO 2006; capítulo 1, vol. II).



Muchas Gracias

victor@ib.unam.mx

Eje Temático I

Desarrollo Sustentable

Mesa 1

*Programas de Conservación del Agua;
Desarrollo Tecnológico en Beneficio
de los Recursos Naturales*

Presidente: MSc. Lorena Torres Bernardino
Escuela Doctoral en Ciencias Sociales Université Lyon, Francia.

Co Presidente: Mtra. Mayra Bastida Miranda
Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco. México.



1

ANALYSIS OF OPPORTUNITY COSTS OF DRINKING WATER IN MEXICO, A CASE STUDY.

Sánchez A. Ma. Magdalena^{1*}, López R. Xitlali², Arteaga T. R. Eduardo¹, Coras M. Pablo¹.

¹Research Professor of Department of Irrigation, Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México Texcoco km. 38.5, Chapingo, México. C.P. 56230. Tel. (52) 595 9521500 ext. 5698.* mastello83@hotmail.com. ²Irrigation Engineer.

ABSTRACC

In Mexico, the CONAGUA (2015) manages that there is 92.15% of drinking water coverage in the population, defining it as the population that has access to drinking water, either through piped water in housing or land, only from of the public water service, community well or private well or by carrying a community key. This paper intends to analyze the opportunity cost of consuming drinking water with the quality that the supply system throws for drinking, cooking and preparing food or purchasing bottled water for this use, in the locality Emiliano Zapata-ISSSTE Housing Unit, Municipality of Texcoco, Mexico state

To achieve this goal, a survey was designed and applied to a representative sample of the population, drinking water samples were taken at various points in the distribution system and at user consumption points, these water samples were analyzed to see if they met Mexican drinking water standards.

The presentation of bottled water consumed in the town is the 19-liter jug, its price depends on the brand and the place where it is purchased. Of the surveys conducted, 72% claim to consume bottled water and the rest consume water from the supply system. Of the people who consume bottled water, 61% do so because they do not trust the drinking water system, 30% because they do not like the taste of chlorine, 7% because of habit and 2% because they got sick. . The brands that prefer to consume are Bonafont (48%), Aqua Clyva (19%) (a small purifier located within the community), Epura (8%), Electropura (8%) and Chapingo brand (6%), the rest they are other brands. According to the results of the water analysis, the drinking water of the locality complies with the microbiological, physical and chemical characteristics established by the Mexican drinking water quality standards.

The opportunity cost of consuming bottled water in 24% of respondents is less than what they pay for drinking water service, 26% spend on average 1.45 times more, 27% spend 2.18 to 2.91 times, 11 % spends on average 3.64 times and 13% spends from 4.37 to 5.11. The highest monthly cost is equivalent to 7.46% of the monthly average income of the users and, in general, users of bottled water consumption do not consider it an additional expense to their consumption of basic food.

ANÁLISIS DE COSTO DE OPORTUNIDAD DEL AGUA POTABLE EN MEXICO, UN ESTUDIO DE CASO.

Sánchez A. Ma. Magdalena^{1*}, López R. Xitlali², Arteaga T. R. Eduardo¹, Coras M. Pablo¹.

¹Profesor Investigador del Departamento de Irrigación, Universidad Autónoma Chapingo.
Carretera México Texcoco km. 38.5, Chapingo, México. C.P. 56230. Tel. (52) 595
9521500 ext. 5698.* mastello83@hotmail.com. ²Ingeniero en Irrigación.

INTRODUCCIÓN.

La OMS¹ y el UNICEF a través del Programa Conjunto de Monitoreo (PCM) definen el agua potable salubre como el agua utilizada para los fines domésticos y la higiene personal, así como para beber y cocinar; y cuyas características microbianas, químicas y físicas cumplen con las pautas de la OMS o los patrones nacionales sobre la calidad del agua potable. Esta definición contempla todos los usos de un individuo.

Para 2015, la OMS menciona que el 91% de la población mundial utiliza una fuente de agua potable mejorada, 6600 millones de personas en todo el mundo tienen acceso a fuentes de agua potable mejoradas y 663 millones es el total de personas sin acceso a esta. Una fuente de agua potable mejorada es aquella que por el tipo de construcción protege apropiadamente el agua de la contaminación exterior, en particular de la materia fecal.

En México, la CONAGUA (2016) maneja que hay un 92.15% de cobertura de agua potable en la población, definiendo esta, como la población que tiene acceso al agua potable, ya sea a través del agua entubada en vivienda o terreno, proveniente solamente del servicio público de agua, pozo comunitario o pozo particular o a través de acarreo de llave comunitaria.

Con lo anterior, se encuentra que el agua potable es la que llega a las casas abastecida a través de un sistema de tuberías, dando por hecho que esta agua tendrá siempre las características de calidad que la definen como tal, debido a que no está expuesta a contaminación. Pero, las fuentes de abastecimiento del agua pueden contaminarse así como los sistemas de distribución, de manera que los usuarios utilizan esta agua para todas sus actividades domésticas, excepto para beber, cocinar y preparar alimentos, para este fin se utiliza agua embotellada; debido principalmente a que no se tiene la certeza de que el agua potable que consume esté libre de contaminantes, de tal manera que puedan utilizarla para todos los usos. Esta incertidumbre ha llevado a un desarrollo exponencial de mercado de agua embotellada. Por lo que, el agua embotellada es adquirida como sustituto del agua potable para beber, cocinar y preparar alimentos.

Este trabajo pretende analizar el costo de oportunidad de consumir agua potable con la calidad que arroja el sistema de abastecimiento de agua potable, en la localidad Unidad Habitacional Emiliano Zapata-ISSSTE, Municipio de Texcoco, Estado de México, para beber, cocinar y preparar alimentos o adquirir agua embotellada para este uso.

¹http://www.who.int/water_sanitation_health/mdg1/es/

METODOLOGIA.

Localización de la zona de estudio.

La Localidad Emiliano Zapata- Unidad Habitacional ISSSTE se localiza al Oriente del Estado de México, en el municipio de Texcoco en las coordenadas $19^{\circ}29'28.00''N$ y $98^{\circ}52'107''W$ a 2500 m. s. n. m. y comprende un área de 245,752.9 m² (INEGI, 2016). Colinda al Norte y Oeste con campos experimentales de la Universidad Autónoma Chapingo, al Este con la Colonia Bellavista y al Sur con la Colonia San Luis Huexotla.



Figura 1. Localización de la Zona de estudio

Servicios.

En la localidad Emiliano Zapata-ISSSTE del total de viviendas, se tienen 920 con agua entubada y 921 con drenaje (INEGI, 2016). En Texcoco la cantidad de viviendas que disponen con servicio de agua potable en la vivienda son 49,473 equivalentes a 201,964 ocupantes. En cuanto a drenaje, son 53,226 hogares ocupados por 217,714 habitantes quienes cuentan con el servicio (INEGI, 2010).

Diseño de la encuesta:

La encuesta se diseñó en base a una pregunta filtro: ¿Consume usted agua embotellada?, a partir de la respuesta, la encuesta se divide en dos secciones. La primera son las preguntas correspondientes a la respuesta positiva, en esta se solicita información sobre la cantidad, precio y marcas que consumen. La segunda sección está enfocada a las personas que respondan

negativamente, sobre las razones de consumir directamente agua proveniente del sistema de abastecimiento municipal. Además, hay una tercera sección referente al servicio de agua potable dirigida a todas las personas encuestadas

Cálculo del tamaño de la muestra.

La fórmula que se utiliza para el cálculo del tamaño muestra (n) es la siguiente (Pérez, 2005):

$$n = \frac{\lambda_{\alpha}^2 NPQ}{e^2(N - 1) + \lambda_{\alpha}^2 PQ}$$

Dónde:

λ_{α} = es el valor crítico de la normal unitaria al nivel alfa, en este caso 1.962

N = es el tamaño de la población

P = es la probabilidad de que ocurra el evento

Q = es la probabilidad de que no ocurra, $Q = 1 - P$

e = el error esperado, para este caso se consideró del 5%

Primero se realizó una prueba piloto con 16 encuestas, a las cuales 11 respondieron si y 5 no. Y los valores fueron $P = 0.6875$ y $Q = 0.3125$.

Por lo tanto:

$$n = \frac{1.96^2(1\ 049)(0.6875)(0.3125)}{0.05^2(1\ 083 - 1) + 1.96^2(0.6875)(0.3125)}$$

$$n = 66.5 \approx 67 \text{ encuestas}$$

El número de hogares a encuestar es de 67.

Selección de los hogares encuestados.

Los puntos de muestreo se seleccionaron aleatoriamente mediante el método de números aleatorios en Excel. Se creó una base de datos en la que a cada hogar se le asignó un número del 1 al 1 049 (número de hogares), una clave de identificación que incluye un número de manzana, nombre de la calle y número de casa. Se agregó un número de asignación aleatorio con nueve decimales. De esta manera se tienen las claves de identificación de las 67 casas elegidas aleatoriamente para el levantamiento de encuestas donde la distribución resulto uniformé

Análisis de calidad de agua

Muestreo El objetivo del muestreo es determinar la calidad del agua que llega al grifo del usuario; esta calidad puede ser o no la misma que la existente en el sistema de distribución en el punto en el que se conecta la vivienda doméstica. Con base en la NOM 014 de la Secretaría de Salud (1993) se hizo el muestreo del agua para el análisis microbiológico y físico-químico. Se recolectaron 4 muestras y se analizó una muestra del agua embotellada que más se consume en la localidad, ver tabla 1.

Tabla 1. Muestras recolectadas

Muestra	Punto	Importancia
1	Descarga del pozo	Evaluar la calidad del pozo antes de la desinfección
2	Cisterna de almacenamiento municipal	Evaluar la efectividad de la desinfección
3	Grifo de domicilio	La finalidad de conocer la calidad del agua que llega a los hogares después de recorrer el sistema de distribución.
4	Tanque de reserva domiciliario (tinaco)	Observar los posibles cambios de calidad desde el grifo al tinaco
5	Marca Bonafont	Se analiza debido a que es la más consumida en la comunidad

Fuente: elaboración propia

Las muestras se tomaron en casas seleccionadas al azar y se analizaron en el Laboratorio General de Análisis del Departamento de Irrigación y las determinaciones fueron: pH, fósforo (P), alcalinidad ($CO_3 = + HCO_3$), coliformes totales, conductividad eléctrica (C.E.), cloruros (Cl-), sulfatos ($SO_4=$), nitratos (NO_3-), nitritos(NO_2-), cloro libre residual (Cl), cloro total, sodio (Na+) y potasio (K+). También se mandaron dos muestras a LANISAF (Laboratorio Nacional de Investigación y Servicio Agroalimentario y Forestal) para determinar metales pesados.

RESULTADOS Y ANÁLISIS.

Resultados de las encuestas.

Se encuestaron 67 hogares en la segunda mitad del mes de septiembre del año 2017, todos cuentan con servicio de agua potable.

En relación con el nivel educativo de los jefes de los hogares encuestados, el 40% cuentan con estudios de nivel superior, el 27% cuentan con nivel medio superior, el 15% estudió hasta nivel básico, el 13% tiene nivel posgrado o maestría y el 4% no respondieron. En cuanto a la ocupación, 31% son jubilados de la Universidad Autónoma Chapingo, 16% son trabajadores públicos, 15% se

dedican al hogar, 10% son trabajadores de la educación, 9% son trabajadores independientes, 6% son trabajadores privados, 6% estudian, 3% están desempleados y 3% tienen otras ocupaciones.

De acuerdo con su nivel de ingresos, el 16% de los hogares encuestados pertenecen a los deciles I y II de INEGI (2017), el 42% a los deciles III, IV y V, el 21% a los deciles VI y VII, el 12% pertenece a los deciles restantes y el 9% no respondieron (figura 6.2).

Figura 2. Ingreso medio mensual de los hogares



Consumo de agua embotellada.

De la muestra analizada, el 72% de la población afirma consumir agua embotellada, el restante 28% ocupan agua proveniente del sistema de abastecimiento de agua potable para todas sus actividades, incluyendo las de consumo y domésticas. De las personas que consumen agua embotellada, el 61% menciona que lo hace porque no tienen confianza en el sistema de agua potable y un 30% porque no le agrada el sabor a cloro del agua potable.

De los hogares que consumen agua embotellada, el 56% la ocupa solo para beber y para cocinar ocupan el agua que provee el municipio, el 44% restante la ocupa para beber y cocinar. Las marcas que prefieren consumir los hogares encuestados son Bonafont (48%), AquaClyva (19%) es una pequeña purificadora localizada dentro de la comunidad, Epura (8%), Electropura (8%) y Chapingo (6%), el restante son otras marcas.

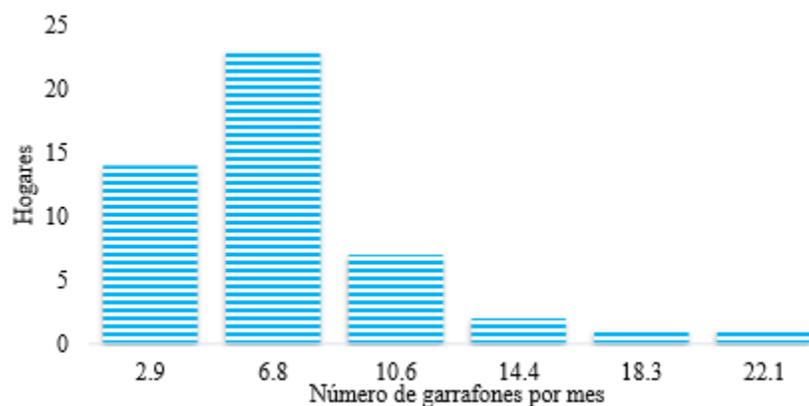
En relación a las marcas, las razones más importantes para elegir una en lugar de otra son el sabor (33%), es la más importante, el precio (25%), la accesibilidad (21%), debido a que esa marca en particular tiene servicio a domicilio y la calidad (19%), porque consideran que la calidad de esa marca es mejor que las demás.

Erogación monetaria por el consumo de agua embotellada.

La presentación de agua embotellada que se consume en la localidad es el garrafón de 19 litros, su precio depende de la marca y del lugar donde se compre. El precio más económico es de \$10.00 de la purificadora AcuaClyva; Electropura y Epura se encuentran en un rango de \$20.00 a \$30.00 mientras que la marca Bonafont se puede comprar desde los \$30.00 hasta los \$40.00.

De acuerdo a estos precios y el número de garrafones comprados por semana se obtuvo el gasto anual en consumo de agua embotellada por hogar. La mayoría de los hogares encuestados compran 6.8 garrafones por mes (figura 3), el gasto mensual varía en un rango de \$68.7 a \$247.3 dependiendo de la marca que se consuma. El gasto anual alcanza la suma máxima de hasta \$ 6,720 pesos por hogar y las personas lo consideran como parte de la canasta básica. Si se toma la media del ingreso por hogar que predomina (ver figura 2) de \$ 7,500, el ingreso anual promedio es de \$90,000, por lo que el costo mensual del consumo de agua embotellada alcanza hasta un 7.46% de su ingreso promedio anual.

Figura 3. Garrafones consumidos por mes por hogar.



En referencia a la erogación monetaria que las personas hacen al consumir agua embotellada, el 48% de los encuestados que la consumen no lo consideran un gasto porque piensan que es económica y necesaria, el restante 52% afirma que es un gasto grande y que el sistema de agua potable municipal debería proveerles agua de la calidad necesaria para poder beberla.

Consumo de agua del abastecimiento municipal.

El 28% de los encuestados consumen el agua proveniente del sistema de abastecimiento municipal, de ellos, el 32% la bebe directamente, el 37% ocupa filtros, 16% hierve el agua, 5% aplica gotitas de desinfectante, 5% aplica gotitas de cloro y 5% usa un purificador.

En cuanto al uso que los encuestados le dan al agua potable, el 31% la usa para actividades domésticas, el 40% para cocinar y para actividades domésticas y un 28% para beber, cocinar y actividades domésticas.

En cuanto a la apreciación de las características físicas del agua, el 46% no observa alguna característica que defina al agua como desagradable, el 42% percibe al agua con sabor a cloro, el 9% dijo que sabía y olía a cloro, y el 3% dijo observar turbidez.

Los problemas de calidad de agua pueden generarse en diferentes puntos del sistema de abastecimiento, el 58% de la población considera que el problema de calidad de agua se origina en la fuente, 12% opina que la tubería es el origen de contaminación, 19% no respondió, el 6% piensa

que es en el almacenamiento en casa y 4% menciona que es en el almacenamiento municipal. El 100% de los encuestados nunca ha tenido acceso a análisis de calidad de agua del pozo.

El 78% de los encuestados califican al sistema de abastecimiento de agua potable como bueno, el 12% como excelente, el 9% como malo y el 1% como pésimo.

Relación de gasto en consumo de agua embotellada y el servicio de agua potable.

En este aspecto, el 24% de los encuestados que consumen agua embotellada, gastan menos que lo que pagan por el servicio de agua potable, el 26% gasta en promedio 1.45 veces, 27% gasta de 2.18 a 2.91 veces, 11% gasta en promedio 3.64 veces y el 13% gasta de 4.37 a 5.11 veces.

Calidad del agua.

La Comisión de Aguas del Estado de México (CAEM) es el organismo que opera el sistema de distribución de la red de agua potable de la localidad y el tratamiento de desinfección que utiliza es la aplicación de 1.5 ppm de hipoclorito de sodio mediante un venturi conectado directamente en la tubería que conduce al sistema de distribución.

En el análisis de características microbiológicas se encontró que no existe presencia de organismos coliformes totales. En las características físicas, el agua no tiene color, no se realizó prueba de turbiedad y en cuanto a sabor presenta sabor a cloro. Las características químicas, se observan en la tabla 1 y se comparan con los límites permisibles de la NOM-127 de la Secretaría de Salud. En general se observa que las diferentes muestras de agua están por debajo de los límites permisibles, es decir están dentro de la norma.

Tabla 2. Resultados del análisis químico del agua.

Parámetro	Número de muestra					Límite permisible (NOM 127)
	1	2	3	4	5	
pH	7.66	7.59	7.67	7.94	7.22	6.5-8.5
Conductividad eléctrica (µS/cm)	157.40	170.90	170.3	171.6	343.0	
Sodio	19.80	20.90	21.0	21.6	27.9	200
Potasio	5.00	4.90	5.00	5.10	7.50	
Fosforo	0.08	0.07	0.07	0.05	0.07	0.01 - 1 *
Fosfatos	0.25	0.21	0.21	0.15	0.21	
Dureza total (Ca+Mg)	40.00	36.50	40.50	42.00	122.00	500
Calcio	16.50	16.00	18.50	18.50	52.50	
Magnesio	23.50	20.50	22.00	23.50	69.50	
Nitratos como N	0.30	0.70	0.70	0.70	0.40	10
Nitritos como N	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05
Cloruros	0.10	0.10	0.10	0.15	0.15	250
Sulfatos	3.00	3.10	3.30	3.40	3.40	400
Total de sólidos disueltos	100.74	109.38	109.00	109.82	219.52	1 000

Fuente: Elaboración propia. Límites permisibles obtenidos de la NOM -127-SSA1-1994. *Romero (1999). Todos los resultados están dados en mg/l, a menos que se indique lo contrario.

CONCLUSIONES

De este trabajo se concluye lo siguiente:

- El 72% de los encuestados consumen agua embotellada y el 28% agua del sistema de abastecimiento de agua potable. Las razones por las que los encuestados consumen agua embotellada son: la falta de confianza en el agua proveniente del sistema de abastecimiento público sobre que el agua cumple con las normas de calidad (61%), sabor (30%), costumbre (7%) y porque anteriormente se enfermó (2%).
- La calidad química y microbiológica del agua del pozo que abastece a la comunidad se encuentran dentro de los rangos permisibles de acuerdo a la norma vigente 127 de la Secretaría de Salud, dentro de las características físicas se encontró que el sabor a cloro es percibido por el 51% de los encuestados.
- El sistema de abastecimiento de la localidad es intermitente, estableciendo un horario de abasto por día, lo que ha dado como resultado que en cada hogar se tenga un tinaco y en algunos también cisterna para almacenar el agua y tenerla disponible todo el día, provocando una causa de contaminación. El 57% de la población encuestada no realiza el lavado y desinfección del almacenamiento del agua cada seis meses.
- El 44% de los encuestados restante eroga más en consumo de agua embotellada que lo reportado en la Encuesta Nacional de Ingreso de gatos de los Hogares (2016).
- No se cumple el acceso al agua como derecho humano estipulado por la ONU que estable que los gastos en agua no deben superar el 3% del ingreso en el hogar, ya que el 58% de los encuestados pertenecen a los primeros cinco deciles y pagan más del 3% de su ingreso por el agua que consume en el hogar para actividades domésticas, beber y cocinar. La mayoría de los encuestados (42%) paga el 3% de su ingreso tan solo en agua embotellada y un 16% gasta en promedio un 5% de su ingreso.
- El costo de oportunidad del consumo de agua embotellada es más alto que el costo de consumir agua del sistema de abastecimiento municipal, provocado por falta de información en la calidad del sistema de abastecimiento, por la intermitencia del abastecimiento y en la ausencia de actividades de limpieza y desinfección del almacenamiento en los hogares.

BIBLIOGRAFIA.

CONAGUA. (2016). Estadísticas del Agua en México. Ciudad de México: CONAGUA.

INEGI. (2010). Censo de Población y Vivienda. México D.F.: INEGI.

INEGI. (2016). Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares. México, D.F.: ENIGH.

Pérez López, C. (2005). Muestreo estadístico. Concepto y problemas resueltos. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.

ONU. (2010). El derecho humano al agua y el saneamiento. Asamblea General (pág. 3). Nueva York: ONU.

Secretaría de Salud. (1993). Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados. NOM-014SSA1. México, D.F.: Diario Oficial de la Federación.

2

APROXIMACIÓN A LA METODOLOGÍA EN DETERMINACIÓN DE ZONAS DE RECARGA HÍDRICA EMPLEANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Juan Carlos Montoya Jiménez¹, Alejandro Zárate Lupercio¹, Luis Samaniego Moreno², Jorge Méndez González¹, Cecilia Guadalupe Ruiz González¹

¹ Departamento Forestal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN).

² Departamento de Riego y Drenaje, UAAAN.
Saltillo, Coahuila, México.

Contacto: montoyajimenez_uaaan@hotmail.com

RESUMEN

Actualmente existen diversos factores que afectan las reservas hídricas de los mantos acuíferos sin embargo, el modelo económico es de los que más afecta este recurso renovable, utilizar eficientemente los recursos hídricos, cuantificar la recarga natural y delimitar las principales zonas potenciales de recarga hídrica son requisitos fundamentales para el manejo sustentable de este recurso sobre todo en las regiones áridas y semiáridas. El presente estudio tiene como objetivos: determinar zonas potenciales de recarga hídrica y estimar los volúmenes de algunos de los principales componentes del sistema hidrológico de la microcuenca Los Ángeles, para cumplir con el primer objetivo se utilizaron mapas temáticos de pendiente, tipo y uso de suelo, geología y cobertura vegetal y a través de un sistema de información geográfica (SIG) se aplicó álgebra de mapas, para el segundo objetivo se utilizó la ecuación general de balance hidrológico aplicada en un SIG, con datos de las normales climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional de los últimos 59 años (1951-2010) se generaron modelos digitales de precipitación y temperatura los cuales se utilizaron para derivar los modelos de evapotranspiración, escurrimiento y recarga. Se obtuvo cinco categorías de zonas potenciales de recarga hídrica, respecto al área total de la microcuenca el 4.69 % se clasificó como muy baja, el 19.67 % baja, 31.38 % moderada, el 39.37 % alta y el 4.89 % muy alta, se observó que las zonas con mejores posibilidades de recarga se ubican en las áreas intermedias de la microcuenca siendo pendiente y tipo de suelo los que más influyeron en la determinación de estas áreas. Se estimó una precipitación de $13.91 \text{ Mm}^3 \text{ año}^{-1}$, evapotranspiración de $10.08 \text{ Mm}^3 \text{ año}^{-1}$, escurrimiento superficial de $1.68 \text{ Mm}^3 \text{ año}^{-1}$ y una recarga potencial por lluvias de $2.15 \text{ Mm}^3 \text{ año}^{-1}$ de acuerdo a los resultados obtenidos de la precipitación anual en la cuenca un 72.44 % se evapotranspira, un 12.08 % escurre superficialmente y un 15.46 % se infiltra en el terreno. En la determinación de zonas potenciales de recarga hídrica es importante incluir el modelo de precipitación y escurrimientos, ya que son de suma importancia en este proceso debido a que definen las zonas con mayor y menor precipitación y escurrimiento dentro de la cuenca.

Palabras clave: Recursos hídricos, sistema hidrológico, microcuenca, escurrimiento.

INTRODUCCION

Actualmente se cuantifica que en el planeta tierra existen alrededor de 1400 millones de km^3 de agua, de los cuales el 97.5% es agua salada y solo el 2.5% (35 millones de km^3) corresponden a agua dulce, de esta cantidad aproximadamente el 70% no está disponible para consumo humano porque se encuentra en glaciares, nieve y hielo, se estima que solamente el 0.77% se encuentra como agua dulce accesible al ser humano (SEMARNAT, 2013).

El agua se almacena en cinco reservorios fundamentales: el mar, las aguas continentales, los glaciares, los depósitos subterráneos y la atmósfera (Carabias *et al.*, 2009) y es través del ciclo del agua que estos reservorios de agua dulce se renuevan (WWAP, 2016). Sin embargo debido a las alteraciones en el clima los patrones globales de la precipitación han sufrido modificaciones afectando la cantidad y disponibilidad de agua para algunas regiones, principalmente las regiones áridas y semiáridas ya que experimentarían una disminución de sus recursos hídricos (Bates *et al.*, 2008).

Anualmente México recibe aproximadamente 1 449 471 millones de metros cúbicos de agua en forma de precipitación de la cual se estima que el 72.5% se evapotranspira y regresa a la atmósfera, el 21.2% escurre por los ríos o arroyos, y el 6.3% restante se infiltra al subsuelo de forma natural y recarga los acuíferos (CONAGUA, 2016).

Aproximadamente dos terceras partes del territorio mexicano se catalogan como regiones áridas o semiáridas con precipitaciones anuales menores a los 500 mm (CONAGUA, 2016) considerando este aspecto fundamental en la climatología del país y que la principal fuente de abastecimiento de agua dulce para la población y la agricultura se ha obtenido de la explotación de agua subterránea de acuíferos es importante manejar eficientemente los recursos hídricos subterráneos, cuantificar la recarga natural y delimitar las principales zonas potenciales de recarga hídrica ya que son requisitos fundamentales para el manejo sustentable este recurso clave para el desarrollo económico (Cruz-Falcón, 2011).

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la microcuenca Los Ángeles ubicado en Saltillo Coahuila, entre las coordenadas 25° 7' 5.35" Latitud Norte y 100° 58' 49.90" Longitud Oeste. El clima es semiárido templado con clave BS1kw, temperatura media anual entre 12 y 18 °C (García, 1998), precipitación media anual de 125 a 400 mm (Vidal-Zepeda, 1990), el suelo dominante es Leptosoles (SEMARNAP, 1998), los tipos de vegetación presentes en el área de estudio son: Bosque de pino, Chaparral, Manejo agrícola, pecuario y forestal (plantaciones), Matorral rosetófilo y Matorral desértico micrófilo (CONABIO, 1999).

Áreas potenciales de recarga hídrica

A través de un Sistema de Información Geográfica (SIG), información vectorial a una escala 1:50,000 proveniente de un proyecto especial (tipo y uso de suelo, geología, cobertura vegetal) y la pendiente derivada del modelo digital de elevación que proporciona INEGI a una resolución de 10 metros se identificaron las Áreas potenciales de recarga hídrica.

De la misma forma que la pendiente la información vectorial se rasterizó obteniendo diferentes modelos los cuales se reclasificaron con diferentes clases y a cada una de ellas se les asignó un valor ponderado de acuerdo a la posibilidad de contribuir a la recarga de agua subterránea; a través del modelo propuesto por Matus (2007) y álgebra de mapas se integraron los cinco modelos resultantes para generar un modelo cualitativo con cinco categorías de potencial de recarga hídrica que van desde una muy baja hasta una muy alta.

Balance hidrológico

Se realizó considerando únicamente los flujos de entrada y salida tal y como se expone en el trabajo de Fikos *et al.* (2005) de tal modo que la infiltración es el resultado de la precipitación menos la evapotranspiración y el escurrimiento superficial. Para cada componente se realizó un modelo, es por ello que se descargó información de temperatura (temp) y precipitación (pp) del servicio meteorológico nacional de las estaciones meteorológicas más cercanas al área de estudio. A través de un SIG se realizaron interpolaciones para temp y pp mismas que sirvieron de base para generar el modelo de evapotranspiración utilizando la fórmula de Turc modificada por Cruz-Falcón (2007), el modelo de escurrimiento se obtuvo a partir del modelo de precipitación e información de tipo y uso de suelo y cobertura vegetal de acuerdo a las especificaciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000 (DOF, 2002), una vez obtenido todos los modelos a través de álgebra de mapas se obtuvo el modelo de infiltración.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los cinco modelos obtuvieron diferentes valores de acuerdo a la posibilidad de contribuir a la recarga hídrica, siendo pendiente y cobertura vegetal en los que se encontraron las cinco categorías, el modelo con menor número de categorías fue uso de suelo, los modelos de tipo de suelo y geología obtuvieron cuatro y tres categorías (Figuras 1A, 1B, 1C, 1D, 1E). Realizando el traslape de los cinco modelos obtenidos y aplicando el modelo de Matus (2007) se obtuvo el modelo final de zonas potenciales de recarga hídrica, el cual representa espacialmente las zonas donde probablemente ocurre mayor infiltración, se observa que el modelo final fue mayormente determinado por la pendiente y el tipo de suelo, dando como resultado que las zonas intermedias de la microcuenca se clasificaran como zonas con infiltración alta y muy alta representando el 39.37 y 4.89 % respecto al área total, mientras que las partes altas se clasificaron como muy baja y baja representando el 4.69 y 19.67 % del área total (Figura 1F).

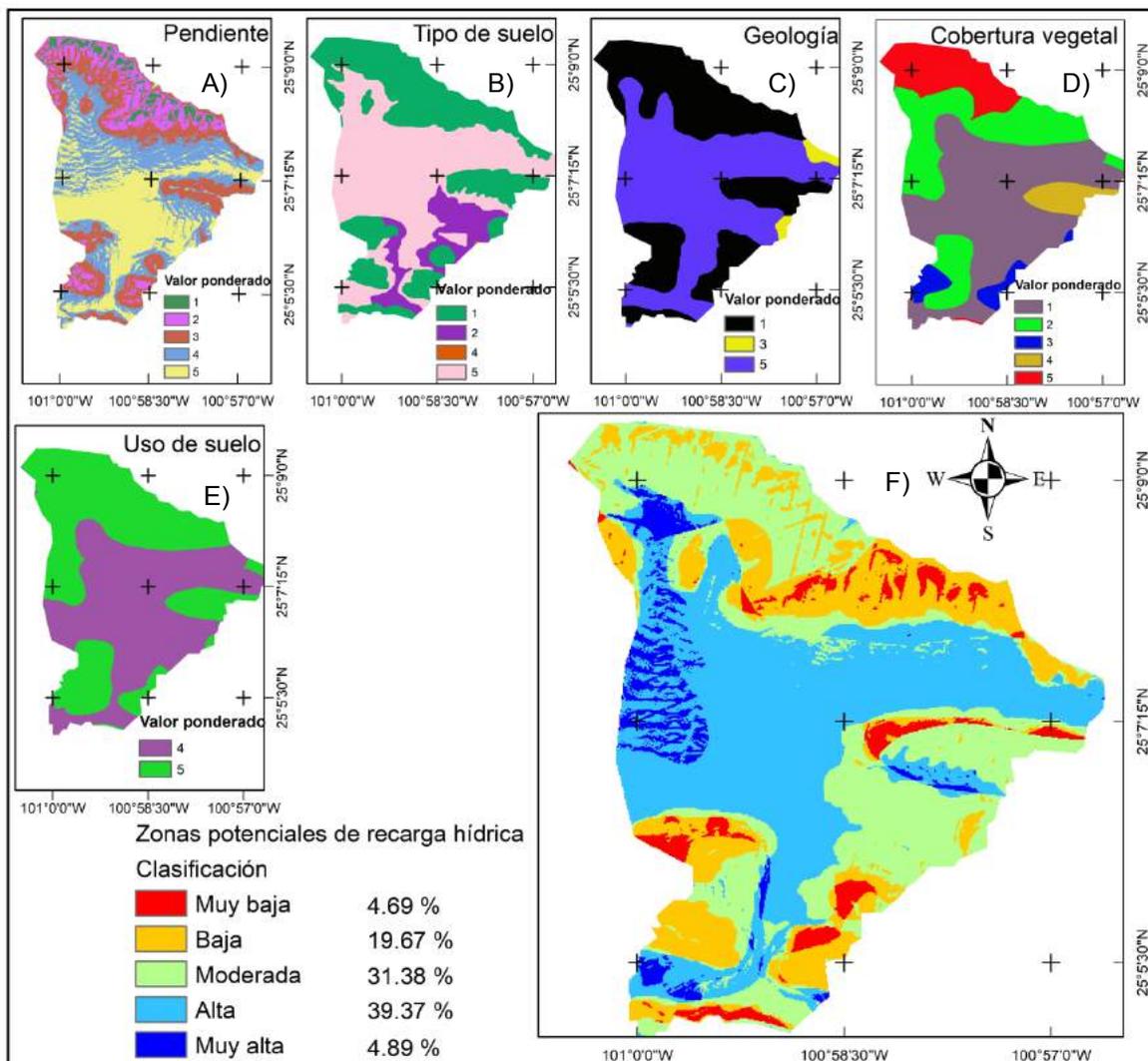


Figura 1. Modelos digitales (A, B, C, D, E) y modelo de zonas potenciales de recarga hídrica (F) en la microcuenca los Ángeles Saltillo Coahuila, México.

Peñuela y carrillo (2012) mencionan que los elementos con los que se determinan las zonas potenciales forman parte del proceso de recarga por lo que se pueden considerar como elementos muy confiables para realizar este tipo de estudios, Matus (2007) de la misma manera afirma que estos mismos elementos ayudan a realizar aproximaciones de áreas con potencial para que se lleve a cabo la recarga acuífera.

Se obtuvo un modelo de precipitación con valores que oscilan entre los 441 y 485 mm, también se observa que la mayor cantidad de precipitación ocurre en la parte noreste de la microcuenca. Con base a este modelo se estimó que en la microcuenca se captan aproximadamente $13.91 \text{ Mm}^3 \text{ año}^{-1}$ de agua (Figura 2A).

Se observa que en el modelo de temperatura media anual la distribución de las temperaturas en la microcuenca oscila entre 16.11 y 16.38 °C, donde las temperaturas medias anuales más altas se presentan al sur de la región y las más bajas en la región norte (Figura 2B).

Las características que presentó el modelo de escurrimiento superficial son que las regiones de la microcuenca con mayor pendiente el escurrimiento es mayor y en las partes planas es menor, a través de este modelo se cuantificó que aproximadamente $1.68 \text{ Mm}^3 \text{ año}^{-1}$ de agua se pierden por el mismo fenómeno esto representa el 12.08 % del agua captada por la microcuenca (Figura 2C).

El modelo de evapotranspiración obtuvo valores entre 322 y 347 mm se observa que la mayor cantidad de evapotranspiración ocurre en la zona este de la microcuenca, la menor cantidad ocurre en la zona oeste, así mismo se cuantificó que son aproximadamente $10.08 \text{ Mm}^3 \text{ año}^{-1}$ de agua que se pierden por este mismo fenómeno lo que representa un 72.44 % del agua que recibe el área en estudio (Figura 2D). Es importante mencionar que la evapotranspiración no obedece al patrón que presenta el modelo de temperatura, se ve más determinado por el patrón de distribución espacial que caracteriza el modelo de precipitación (Figura 2A). Este comportamiento puede sustentarse con el trabajo de Morejón *et al.* (2015) ya que encontraron que la evapotranspiración esta correlacionada con la precipitación.

El modelo de infiltración obtenido a partir del balance hídrico no mostró tendencias hacia determinadas zonas de la microcuenca sin embargo, sí obedeció claramente al patrón que caracteriza el modelo de escurrimiento superficial. Con base al modelo de infiltración se cuantificó que aproximadamente 2.15 Mm^3 de agua se infiltran, lo que representa únicamente el 15.46 % del agua que capta la microcuenca (Figura 2E).

Vargas *et al.* (2012) mencionan que la metodología que se aplica para realizar un balance hídrico es importante ya que ayuda a realizar estimaciones más precisas lo que sustenta de forma robusta la toma de decisiones para el manejo de los recursos hídricos.

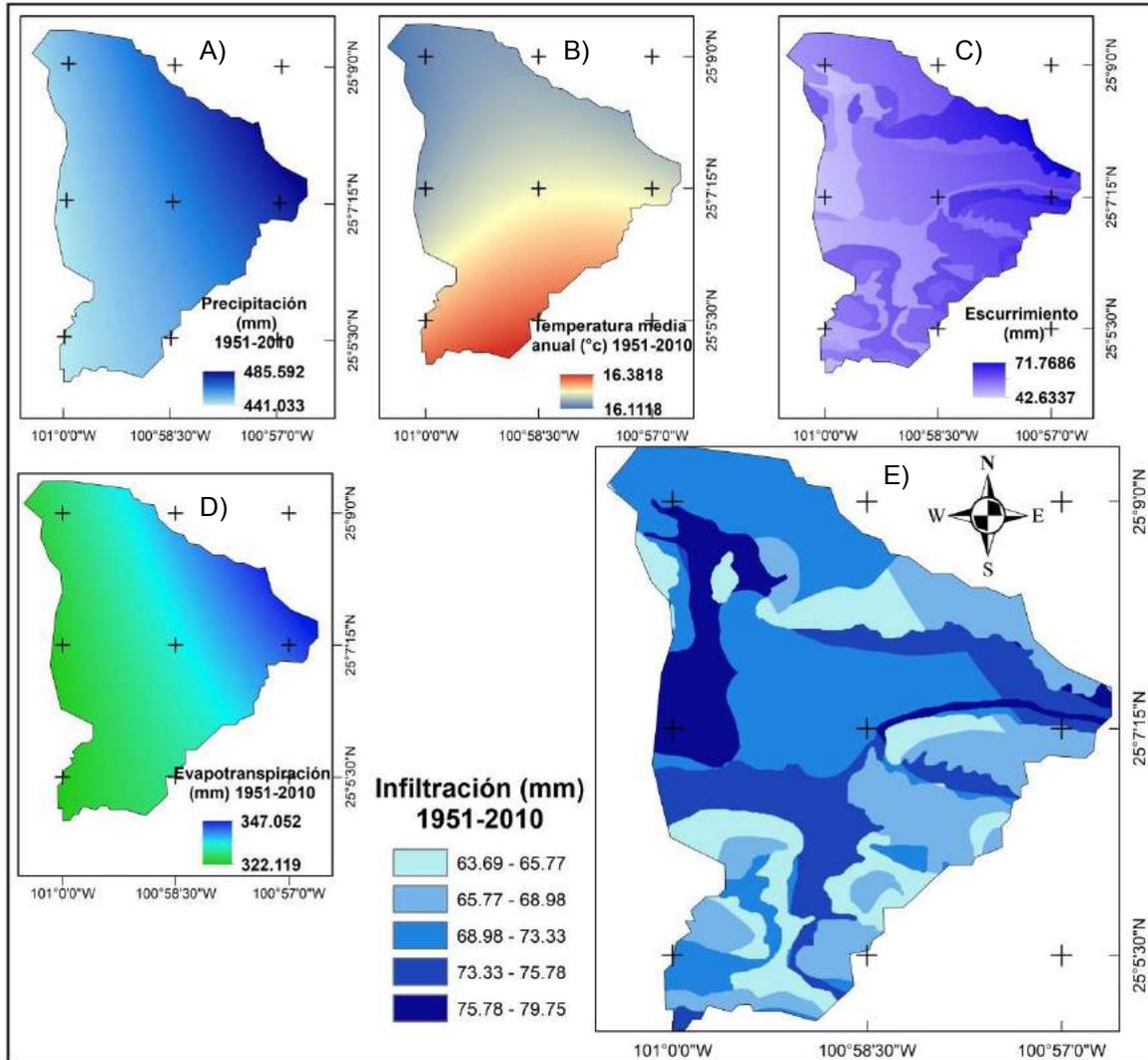


Figura 2. Modelos digitales (A, B, C, D) y modelo de infiltración (E) en la microcuenca los Ángeles Saltillo Coahuila, México.

CONCLUSIONES

Los modelos finales indicaron que respecto al área total de la microcuenca aproximadamente el 40 % presenta características favorables las cuales permiten la recarga hídrica. En la determinación de zonas potenciales de recarga hídrica es importante seleccionar la metodología adecuada ya que es la base para derivar resultados más exactos, mismos que ayudarán a una mejor toma de decisiones en el manejo adecuado de los recursos hídricos principalmente en las zonas áridas y semiáridas donde este recurso se encuentra en cantidades muy limitadas

BIBLIOGRAFÍA

- Bates B. C., Z. W. Kundzewicz, S. Wu y J. P. Palutikof, Eds., 2008: El Cambio Climático y el Agua. Documento técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Secretaría del IPCC, Ginebra, 224 p.
- Carabias, J., J. A. Meave, T. Valverde, Z. Cano-Santana. 2009. Ecología y medio ambiente en el siglo XXI. Pearson educación. México. 264 p.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 1999. Uso de suelo y vegetación modificado por CONABIO. Escala 1: 1000000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México, México.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2016. Estadísticas del Agua en México, edición 2016. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 275 p.
- Cruz-Falcón A. 2007. Caracterización y diagnóstico del acuífero de la Paz, B. C. S. mediante estudios geofísicos y geohidrológicos. Tesis de Doctorado. Instituto Politécnico Nacional. La Paz B. C. S. 139 p.
- Cruz-Falcón A., R. Vázquez-González, J. Ramírez-Hernández, E. H. Nava-Sánchez, E. Troyo-Diéguez, J. Rivera-Rosas y J. E. Vega-Mayagoitia. 2011. Precipitación y recarga en la cuenca de la Paz, Bcs, México. Universidad y ciencia 27: 251-263.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2002. NOM-011-CNA-2000. Norma Oficial Mexicana, Conservación del Recurso Agua. Poder ejecutivo, SEMARNAT. Diario Oficial 17 de abril de 2002. 17 pp.
- Fikos I., G. Ziankas, A. Rizopoulou and S. Famellos. 2005. Water balance estimation in anthemountas river basin and correlation with underground water level. Global NEST Journal 7: 354-359.
- García E. 1998. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Climas (clasificación de Koppen, modificado por García). Escala 1:1000000. México.
- Matus S. O. D. 2007. Elaboración participativa de una metodología para la identificación de zonas potenciales de recarga hídrica en subcuencas hidrográficas, aplicada a la subcuenca del río Jucuapa, Matagalpa Nicaragua. Tesis de Maestría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Matagalpa Nicaragua. 228 p.
- Morejón M., Y. M., M. B. Vega C., A. Escarré E., J. L. Peralta V., A. Quintero S., y J. I. González P. 2015. Análisis de balance hídrico en cuencas hidrográficas de la Sierra de los Órganos. (36): 94-108 p.
- Peñuela A., L. A., y J. J. Carrillo R. 2012. Definición de zonas de recarga y descarga de agua subterránea a partir de indicadores superficiales: centro-sur de la Mesa Central, México. Investigaciones Geográficas (81): 18-32 p.

- SEMARNAP (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 1998. Mapa de suelos dominantes de la República Mexicana. (Primera aproximación 1996). Escala 1:4000000. México.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2013. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave y de Desempeño Ambiental. SEMARNAT. México. 361 p.
- Vargas, J., De la Fuente, L. y Arumí, J. L. (2012). Balance hídrico mensual de una cuenca Patagónica de Chile: aplicación de un modelo parsimonioso. *Obras y Proyectos* (12): 32-41 p.
- Vidal-Zepeda R. 1990. Precipitación media anual en Precipitación, IV.4.6. Atlas Nacional de México. Vol II. Escala 1: 4000000. Instituto de Geografía, UNAM. México.
- WWAP (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas). 2016. Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo 2016: Agua y Empleo. París, UNESCO.

3

Raúl Ornelas Figueroa¹, Claudio López García², Luis Manuel Valverde Cedillo²; ¹estudiante de Diseño Industrial, ²Profesores de tiempo completo del Tecnológico de Estudios Superiores de Chalco, México. Atrapanieblinas como fuente alterna de agua, caso de estudio: Rio Blanco Oaxaca, México. holidai_12@hotmail.com

Introducción

El presente proyecto tiene como propósito crear nuevas fuentes alternas de agua, mediante el diseño de un atrapanieblas que permita captar la humedad en las condiciones ambientales tales como la niebla, rocío o brisa convirtiéndola en agua. Se explora la posibilidad de mejorar la eficiencia de recolección de niebla a través de la modificación de la superficie y cambios geométricos aplicando nuevos materiales. Todo esto para poder revertir el gran desafío, la escases de agua de los habitantes de Rio Blanco Oaxaca, México y así tener acceso al recurso hídrico para la agricultura y evitar la degradación del paisaje. Lo importante de recolectar el agua de la niebla es para mantener un equilibrio adecuado de los recursos naturales dejando que las demás fuentes proliferen manteniendo un orden, además de que puede funcionar en lugares donde el abastecimiento nunca estará disponible, debido a problemas de acceso o la pequeña que es la comunidad, logrando el desarrollo agrícola que beneficia a aquellos cuyos medios de vida dependen de él, aumentando su acceso a los recursos mejorando la calidad de vida.

La niebla en México

En México, la neblina se da con frecuencia en los bosques, costas y las montañas. La niebla se distribuye en 1% (18,534 km²) del territorio nacional, en pequeñas porciones de 20 estados, en altitudes entre 600 y 3,100 msnm figura 1. Se ubican en las partes altas de la Sierra Madre Oriental, Sierra Norte de Chiapas, Sierra Madre del Sur (Guerrero y Oaxaca) y de Jalisco. (Biodiversidad Mexicana, 2012)



Figura 1. Ecosistemas de México
Fuente: (biodiversidad.gob)

Los bosques de niebla en México incluyen de manera general comunidades forestales transicionales de las montañas húmedas tropicales y subtropicales entre 1500 y 2500m de latitud norte (Villaseñor, 2010). Retomando la cita anterior también se debe reconocer que los bosques de México constituyen de manera general uno de los ecosistemas con mayor biodiversidad y capacidad de provisión de recurso hídrico, paradójicamente los bosques se consideran como el ecosistema terrestre más amenazado a nivel nacional (Aguilera, 2012).

Según Eichenberger citado por Anchayhua (2001), la niebla es el fenómeno producido por la presencia de numerosas gotitas de agua (algunas veces cristales de hielo), en suspensión. La diferencia entre neblina y niebla se establece mediante un criterio de visibilidad, en la cual si la visibilidad es superior a 1 Km se considera neblina y si es inferior a 1 Km figura 2.



Figura 2. Niebla Rio Blanco,
Oaxaca. México
Fuente: (Propia, 2017)

La niebla y sus estudios geográficos.

Numerosas disciplinas estudian la niebla entre ellas se encuentra la geoquímica, meteorología y la geofísica. De acuerdo con el (Servicio Geológico Mexicano, 2013)

la geoquímica estudia, la distribución y la evolución de los elementos químicos de la tierra, contenidos en los minerales formadores de las rocas y los productos derivados de ellas, así como en los seres vivos agua y la atmosfera. productos derivados de ellas, así como en los seres vivos agua y la atmosfera. En la actualidad los diseñadores, ingenieros se dedican a la creación de nuevos instrumentos que permitan la recolección y medición de colectores de agua de gran tamaño y eficiencia, trabajando de la mano de biólogos, ecólogos, agrónomos e ingenieros forestales que estudian la relación de la vegetación de los ecosistemas de niebla.

Meléndez, Cevantes y Barradas, 2015 trabajaron en un proyecto para medir la calidad del agua captada artificialmente en el rio Psiquiac, Veracruz, con el fin de determinar si el agua recolectada de la niebla es apta para consumo humano a lo que concluyeron que el agua contiene metales pesados como el mercurio, arsénico, plomo, cobre, cromo y zinc, asimismo organismos coliformes y cantidades altas de nitrógeno amoniacal por lo que se necesita un tratamiento de purificación con un costo muy elevado comparado con la que suministra el municipio a la población.

Innovación para la optimización de los atrapanieblas.

De acuerdo con (Departamento de Innovación y Nuevas Tecnologías, 1992) Estamos viviendo actualmente la Era de la Innovación. La palabra Innovación aparece continuamente como sinónimo de progreso, de desarrollo tecnológico, de creación de empleo, de mejora de las condiciones de vida. Se habla de innovación en los ámbitos económicos (la innovación tecnológica en las empresas) y sociales sanidades, ocio, condiciones laborales, transportes.

En la innovación se tienen que tomar los siguientes puntos que son parte importante. 1.- Eficiencia en la colección del agua: Para optimizar la eficiencia en la colección de agua hay que considerar los factores de diseño relacionados con los fenómenos aerodinámicos del viento y la manera de coleccionar las gotas de agua que son transportadas a través de la malla recolectora de neblina. 2.- Tecnología: Se tiene que tener en cuenta que al paso del tiempo los materiales van cambiando y van siendo más innovadores aclarando este punto (Bao, Feng, Wang, Ma, 2017).

En la actualidad, se puede ver hacia dónde va dirigida esta tecnología que evoluciona tanto en la forma de su estructura como en los materiales que se usan para hacerla más resistente a los diferentes efectos climáticos a la que se ve expuesta. Cabe mencionar que el proyecto Coastal fog de (Fernández, Gómez, 2008). Sin duda es un ejemplo de nueva generación que ofrece tecnología e innovación en cada uno de sus procesos, se encuentra ubicado en la región del Huasco en el norte de Chile, una región agrícola que depende del agua para la riego del cultivo.

Metodología

Para el desarrollo del presente proyecto, se tomarán en cuenta dos metodologías, el proceso de diseño de Gui Bonsepie y método de proyección en la resolución de problemas de Bruno Munari. Para un correcto desarrollo de los objetivos establecidos.

Gui Bonsepie explica que diseñar también incluye el alcance racional que tiene como objetivo evitar un comportamiento errante y dar explicaciones de por qué un proyecto ha llegado a determinadas soluciones y no a otras fundarse sobre argumentos figura 3.

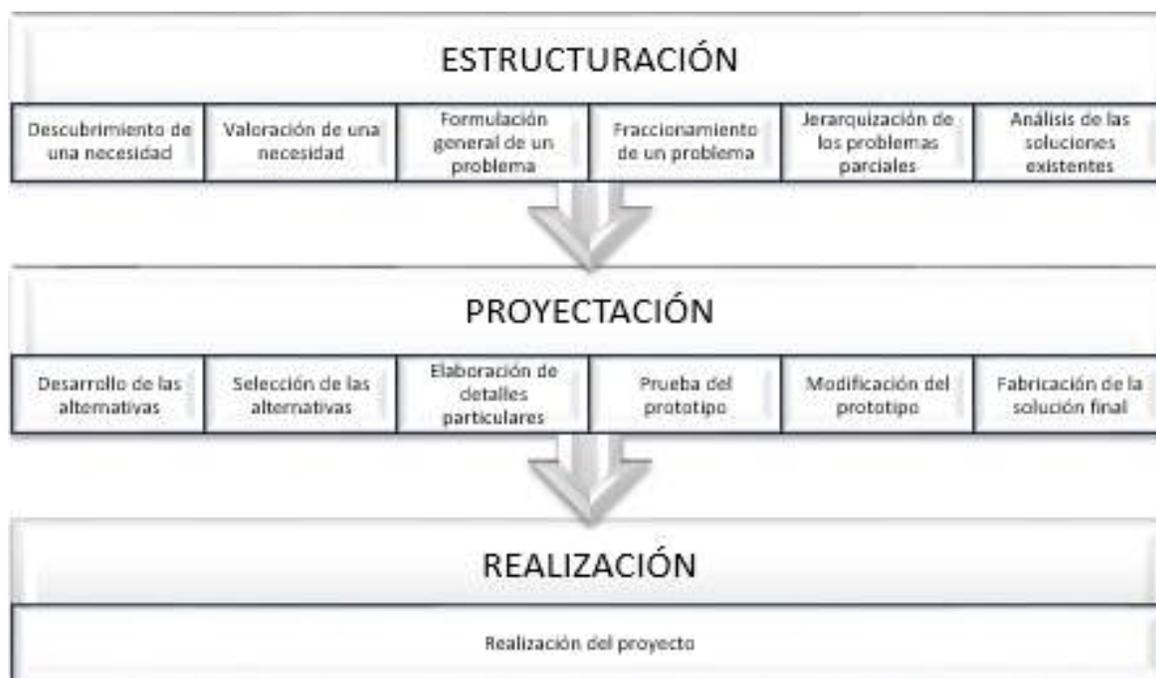


Figura 3. Metodología Gui Bonsepie

Fuente: Método de proyección Gui Bonsepie

El método que se plantea es de carácter cualitativo y cuantitativo de tal manera que se estudiarán las cualidades de los materiales propuestos y cuantitativos para medir la recolección de la neblina por tiempos determinados figura 4.

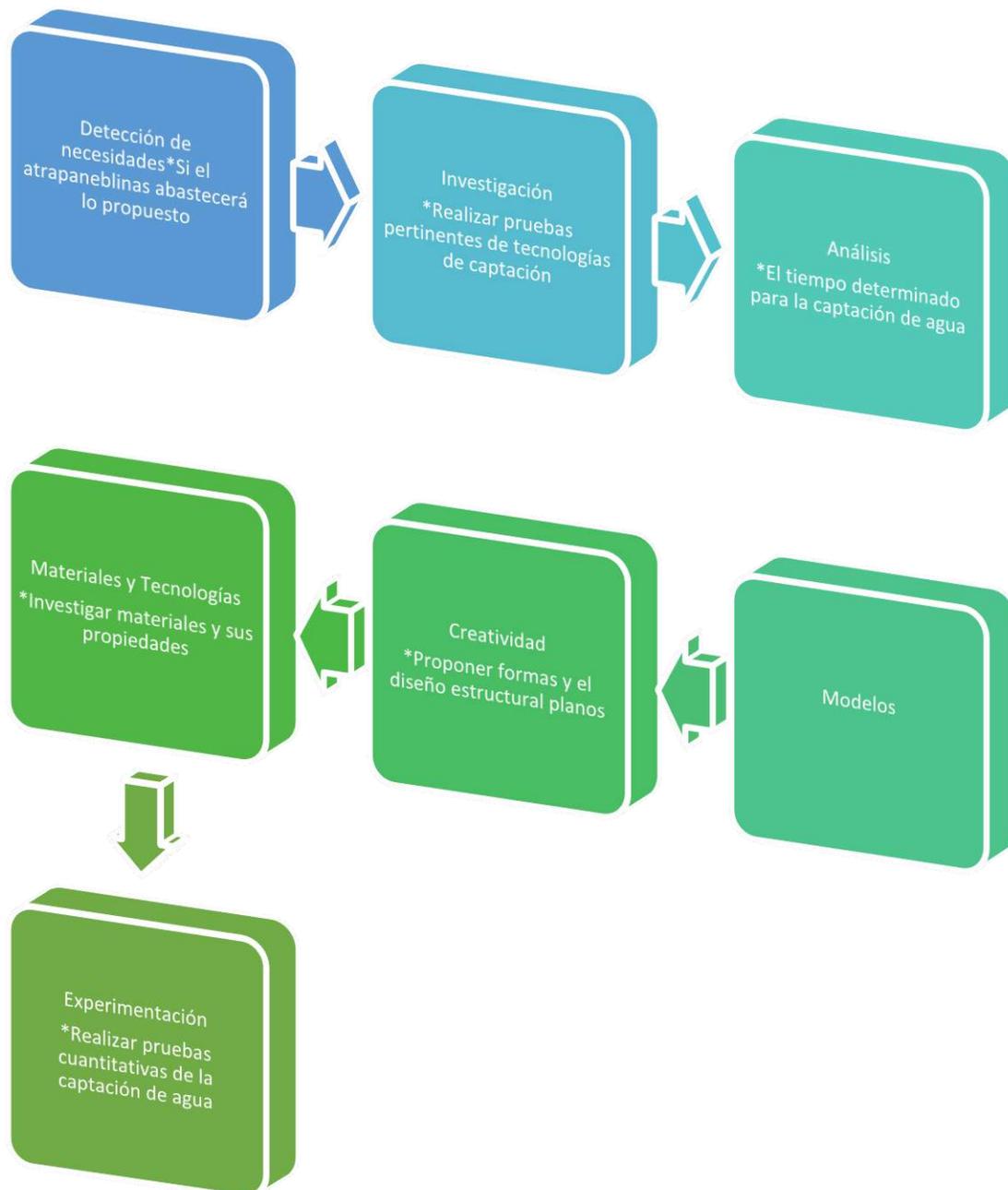


Figura 4. Metodología combinada
Fuente: Propia

Se pretende utilizar esta metodología ya que se ajusta más a las características y hábitos comunes del usuario para generar una alternativa de agua apta a partir de pruebas sobre recolección, estructura y forma; lo cual facilitara la interacción con el atrapanieblas durante su desarrollo y posterior uso. Por lo que la metodología auxiliara de manera eficiente en el análisis, abstracción y generación de la propuesta, muy próxima al usuario.

Materiales y métodos

Al tratarse de un caso de estudio que parte de una base teórico-práctica para llevar a cabo el desarrollo e implementación de pruebas sobre la recolección y la niebla, es de suma importancia tener acceso a espacios en los cuales se pueda tener esa interacción con el medio ambiente, y saber si en verdad la zona tiene suficiente niebla para poder llevar acabo el trabajo.

Área de estudio: Comunidad indígena de Rio Blanco Oaxaca, México figura 5. Coordenadas centrales México ($17^{\circ} 38'$ - $17^{\circ} 40'$ N y $96^{\circ} 32'$ - $96^{\circ} 33'$ O).



Figura 5. Ubicación del área de estudio
Fuente: Modificado de mapa de México

Según la secretaria de desarrollo social (SEDESOL). En Rio Blanco, Oaxaca existen alrededor de 73 viviendas que no cuentan con drenaje y 67 viviendas que no

disponen de agua entubada de la red publica. Dicha provincia es eminentemente agropecuaria y sus principales cultivos son el trigo, maiz y la cebada. Por su relieve montañoso abrupto, humedad relativa muy alta y una gran biodiversidad (Martin, 1993). Con datos retomados por la (INEGI, 2001) se sabe que la elevación mínima es de 680 m y la máxima es de 2820 m. figura 6.

REPRESENTACIÓN DEL RELIEVE

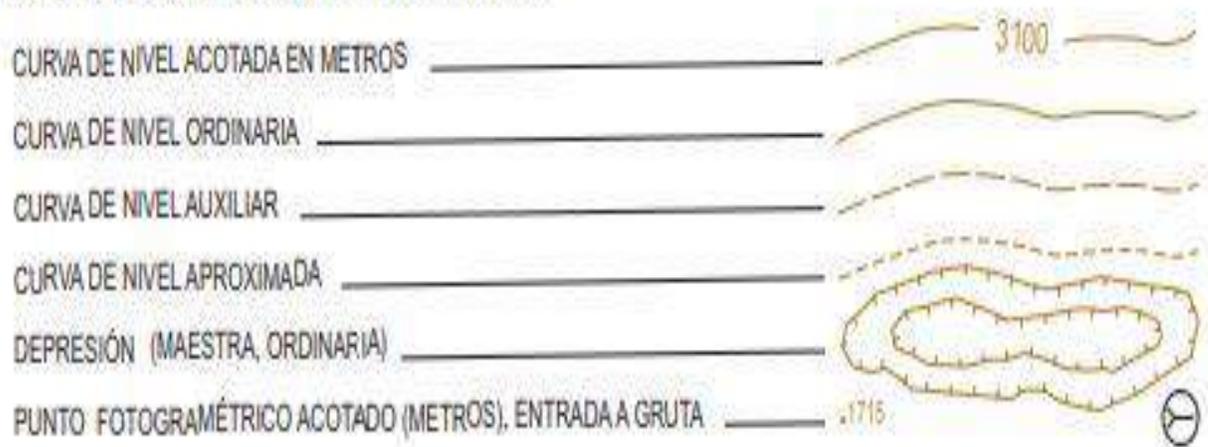


Figura 6. Representación del relieve: caso de estudio
Fuente: INEGI

Estos parámetros son medidos en estaciones de categoría Climatológica Ordinaria (CO), Climatológica Principal (CP), Sinóptica Secundaria (SS), Sinóptica Principal (SP), Agrometeorológica (AM) y Meteorológica Especial (ME). Se debe contar con un periodo de registros mayor a 20 años para que las muestras de datos sean representativas tengan un nivel de confiabilidad alto. Según por la información citada para el relieve podemos decir que es un lugar adecuado debido a la altitud en que se encuentra el poblado ya que se abastece de grandes cantidades de niebla, a lo que lleva que se puede aplicar la tecnología de los atrapaneblinas en sus territorios. Y poder realizar como tal el proyecto ya con la zona adecuada por datos obtenidos por la INEGI.

Todo mapa está generalizado en cierta medida, en el sentido de que es prácticamente imposible la reproducción absolutamente fiel de las formas en los detalles, como consecuencia de las escalas que se tienen que manejar. En este sentido, generalizar significa eliminar detalle en las formas, limitando su práctica a la conveniencia de conservar el carácter de la información, lo que quiere decir que no se debe generalizar tanto como para deformar indebidamente y quitar carácter a la información. (Fernand, 1988).

Retomando la representación del relieve se busca en el mapa figura 7, el mejor lugar de la zona para poder llevar acabo las pruebas pertinentes del estudio.

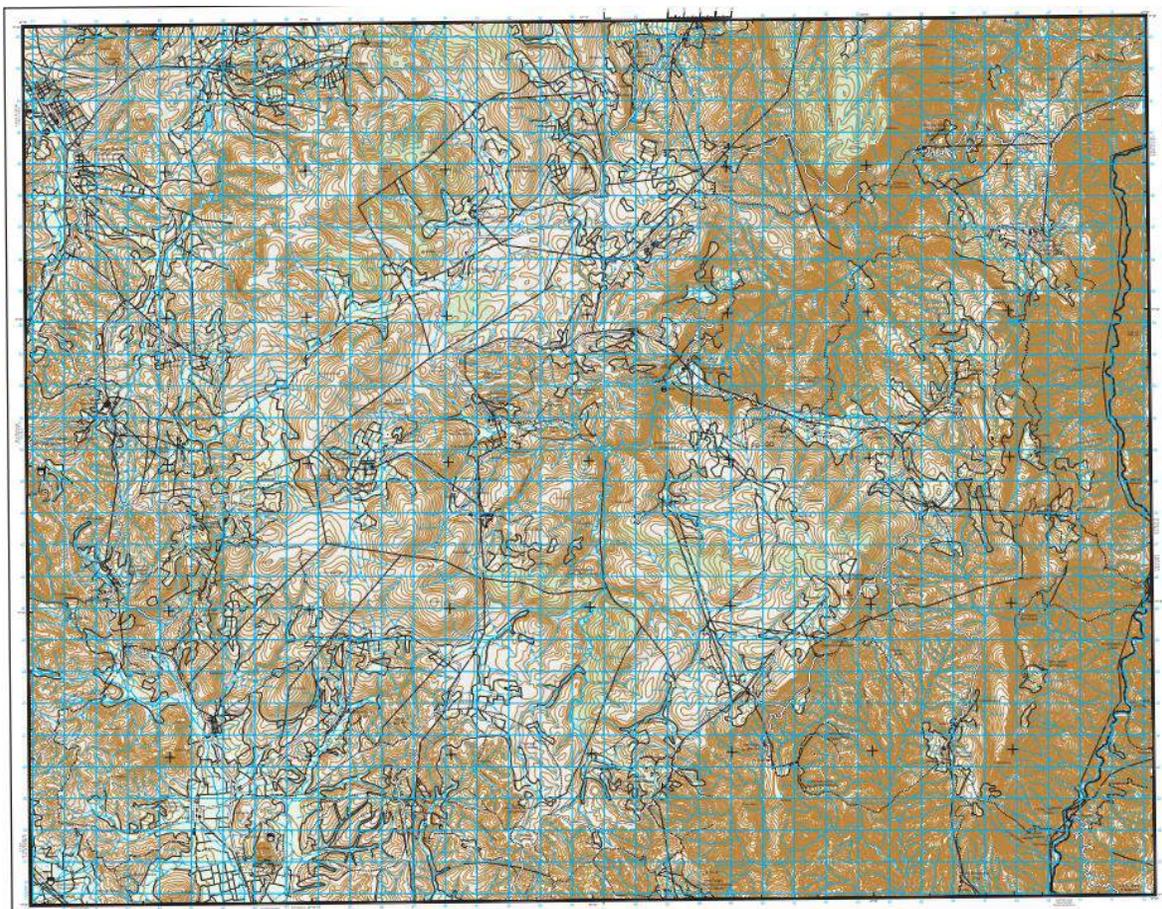


Figura 7. Representación del relieve
mapa
Fuente: INEGI

Materiales

(NO₃)₂ · 6H₂O), hexamina (HMTA, C₆H₁₂N₄), citrato trisódico (C₆H₅N₃O₇ · 2H₂O), metacrilato de metilo (MMA, C₅H₈O₂), acrilato de butilo (BA, C₇H₁₂O₂), ácido acrílico (AA, C₃H₄O₂), dodecilsulfato de sodio (SDS, C₁₂H₂₅eOSO₃Na), persulfato de amonio (APS, (NH₄)₂S₂O₈) y óxido de zinc sólido disponible comercialmente, el tamaño es aproximadamente 30 nm). Toda el agua utilizada fue desionizada.

Preparación de microesferas huecas de óxido de zinc.

Siguiendo el proceso experimental de Yan Bao y Caiping Feng. Se empleó un proceso hidrotermal de baja temperatura y en un solo paso para fabricar microesferas huecas de óxido de zinc. En un experimento estándar, una relación equimolar de $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ (4 mmol) y HMTA (4 mmol) se disolvió en 150 ml de agua desionizada con la posterior adición de $C_6H_5Na_3O_7 \cdot 2H_2O$ (1 mmol) bajo agitación magnética a temperatura ambiente. Luego, la solución clara se transfirió a temperatura constante baño de agua a $90^\circ C$ con tiempo de reacción variable, es decir, 5, 10, 20, 30, 40 min. Y la temperatura de reacción ($90^\circ C$) y la concentración de los precursores se mantuvieron constantes. Luego, el blanco resultante el precipitado coloreado se recogió y se lavó varias veces con agua desionizada para eliminar los posibles residuos, y luego se seca debajo del horno a $60^\circ C$ por 6 h. Eventualmente, todos los productos fueron recocidos a $350^\circ C$ por 3 h.

Preparación del poliacrilato

El látex de poliacrilato fue sintetizado a través de un sembrado, técnica de polimerización en emulsión. Un proceso típico de polimerización se realizó en un matraz de tres cuellos de 250 ml que contenía un reflujo condensador, un termómetro y un agitador mecánico. Por lo general, una cierta cantidad de monómero mixto de MMA, BA y AA reaccionó con SDS solución acuosa que contiene APS a $70^\circ C$ durante 30 min. Luego calentado la temperatura a $80^\circ C$, la solución acuosa de SDS, APS y la mezcla el monómero de MMA, BA y AA se añadieron gota a gota simultáneamente. Después de eso, la reacción se mantuvo durante 2 h. Finalmente, la temperatura se enfrió a temperatura ambiente y se ajustó el valor de pH a 7.

Pruebas

Se realizaron pruebas en cuanto a la absorción de la niebla durante 30 minutos, a lo cual el poliacrilato aumento su tamaño en un 38.2% a su estado normal, en esta parte las microesferas huecas de óxido de zinc realizaron su trabajo que es mantener al poliacrilato película en un estado normal, aumentando su resistencia a la rotura y estiramiento, permitiendo al poliacrilato película poder aumentar la permeabilidad y también la resistencia del agua. Se interpreta que el óxido de zinc hueco posee en particular una estructura de la cavidad y dos superficies (cáscara externa y de la cáscara interna), que mejoran las actividades de volumen y de superficie libre. Esto permitió realizar las pruebas pertinentes a comparación del poliacrilato normal que se llegaba a romper por la carga de agua en su interior.

Las propiedades mecánicas juegan un papel crítico para el poliacrilato film. Las propiedades mecánicas de poliacrilato / compuesto de óxido de zinc hueco fueron investigados por la fuerza a la tracción y alargamiento a la prueba de rotura figura 8.

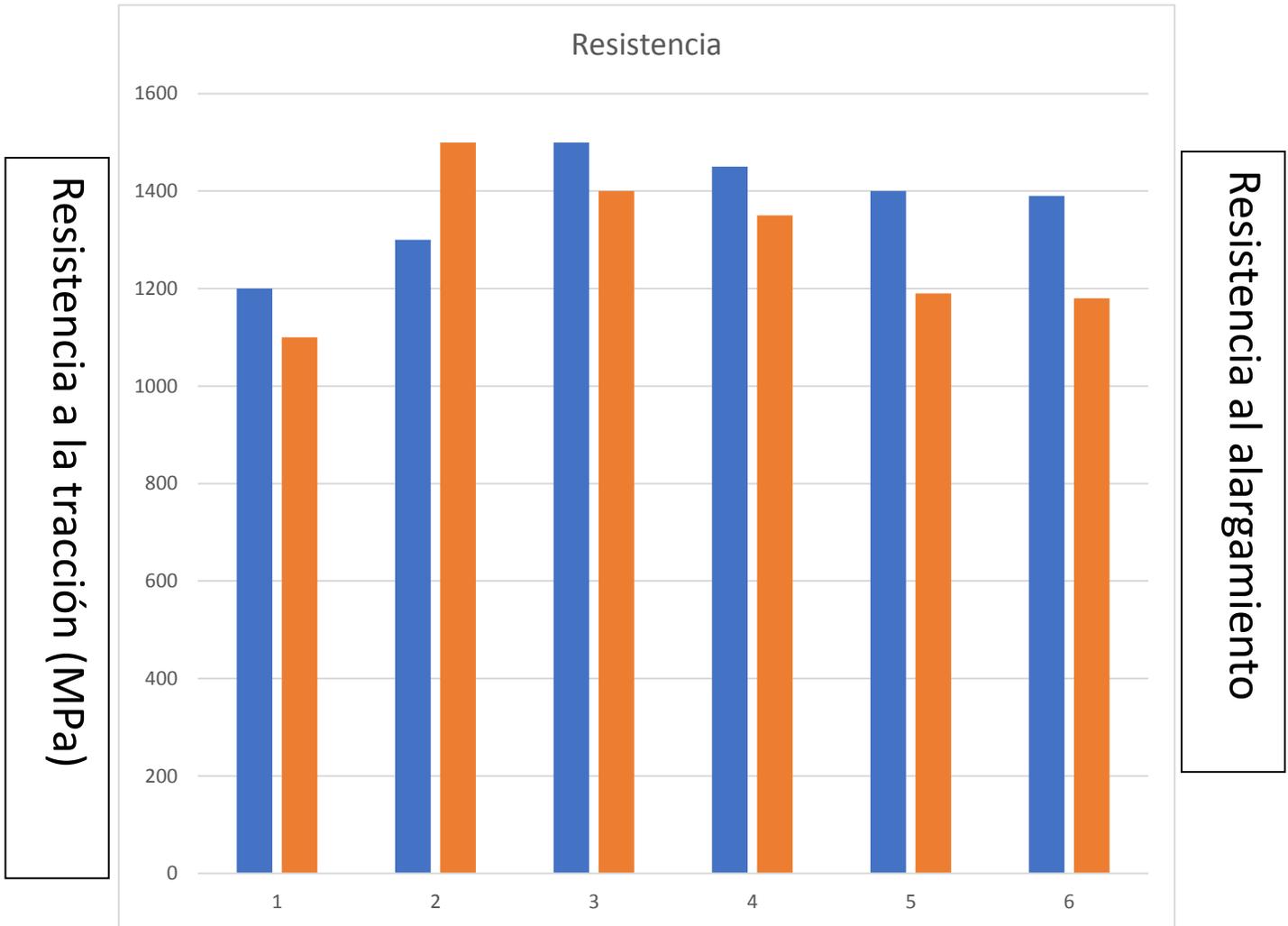
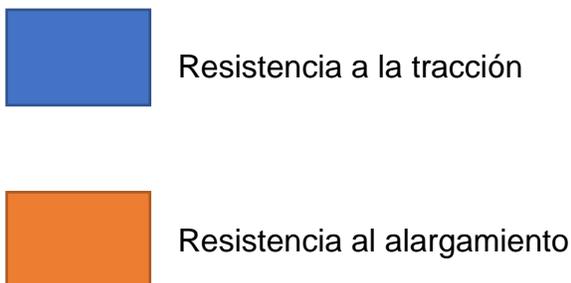


Figura 8. Representación de las propiedades mecánicas
Fuente: Propia



Propiedades de poliacrilato película, poliacrilato / sólido compuesto óxido de zinc película y poliacrilato / compuesto óxido de zinc hueco película figura 9. El efecto de las nanopartículas de óxido de zinc con diferentes morfologías en propiedades de las películas de poliacrilato. Se puede encontrar que la introducción de nanopartículas de óxido de zinc con diferentes morfologías en la película de poliacrilato puede aumentar la permeabilidad al vapor de agua, resistencia al agua y propiedades mecánicas en un grado variable. Puede ser explicado sobre la base de la cooperatividad entre la matriz de poliacrilato y nanopartículas de óxido de zinc. Curiosamente, poliacrilato / óxido de zinc hueco la película compuesta muestra un mejor comportamiento en la permeabilidad al vapor de agua, resistencia al agua y propiedades mecánicas, en comparación con poliacrilato / película compuesta sólida de óxido de zinc. Se interpreta que óxido de zinc hueco poseen una estructura de cavidad particular y dos superficies (carcasa externa y carcasa interna), que mejoran el volumen libre y las actividades de superficie, dar una alta relación superficie.

Tabla 1				
Propiedades del poliacrilato en película				
Muestras	Permeabilidad mg/(10cm²x24h)	Absorción de agua %	Resistencia a la tracción/MPa	Alargamiento en el descanso %
Poliacrilato, película	92.045	184.29 ± 5.17	1.18 ± 0.03	1137.88 ± 26.21
Poliacrilato, película compuesta solida de óxido de zinc	123.02	128.76 ± 4.81	2.79 ± 0.05	1292.96 ± 80.48
Poliacrilato, película compuesta de huecos de óxido de zinc	165.11	193.54 ± 3.58	5.49 ± 0.04	1495.7 ± 28.35

Figura 9. Propiedades mecánicas del poliacrilato
Fuente: Propia

Propuestas de diseño

La principal propuesta de diseño es crear una superficie tridimensional que pueda recolectar mayor agua posible de la niebla, debido a que recolectan niebla en multidirecciones, y a la par optimizar la estabilidad estructural de los fuertes vientos.

Modelo de atrapanieblas 1: En el modelo figura 10. Se trabajo la parte de la abstracción de las formas, en este caso las cactáceas ya que el caso de estudio se encuentra en una zona donde hay una gran variedad, para lo que se propone mantener una armonía entre atrapanieblas-entorno evitando la pérdida de identidad de la zona.



Figura 10. Modelo atrapanieblas
Fuente: Propia

En la investigación de campo se optó por la paleta de colores verdes ya que armonizan con la naturaleza, y a la ves ponen ese toque de sobriedad en el diseño.

Modelo de atrapanieblas 2: En el modelo figura 11. Se trabajo la forma de gota de agua, ya que hace alusión a que el atrapanieblas tiene como objetivo brindar agua. La abstracción de la forma de gota es una de las mas utilizadas en el mundo para temas de recolección de agua. El color azul es porque es una gota de agua que le da una sensación al usuario de frescura.



Figura 11. Modelo atrapanieblas
Fuente: Propia

Estos modelos son ideas de diseño que se crearon a partir del programa de diseño (Rhinceros 5.0) que brinda herramientas para poder construir ideas realistas de un proyecto.

Conclusiones

El principio de la investigación fue crear un atrapanieblas que fuera capaz de recolectar mayor agua y en menor tiempo, en este documento se exploraron algunos materiales y técnicas presentando una vía rápida y conveniente optando por las microesferas huecas de óxido de zinc y el poliacrilato como principales materiales, mostrando resultados favorables en cuanto a permeabilidad y absorción de agua.

Más importante aún se pudo saber que las microesferas huecas de óxido de zinc brindaron al poliacrilato una mayor resistencia a la tracción y alargamiento, dejando que este pudiera aumentar su tamaño hasta en un 60% sin que llegara al punto de rotura. Otros de los materiales importantes fue la hexamina y citrato de trisódico que fue capaz de desencadenar un proceso de vaciamiento, mientras tanto, poliacrilato compuesto de óxido de zinc hueco/película exhibió un excelente rendimiento global, entre ellos, la permeabilidad al vapor de agua y resistencia al agua fue relativamente positivo al aumentaron en 71,18% y 38,42%, respectivamente. Tales actuaciones favorables dotan estas microesferas huecas de óxido de zinc como una aplicación potencial en poliacrilato.

El diseño industrial permitió obtener ideas de diseño las cuales fueron tomadas en cuenta ya que se pudo lograr una forma tridimensional que permitió obtener niebla de diferentes direcciones en que la niebla pueda llegar. No obstante, el diseño también trabaja la parte sustentable que promueve el ahorro de energías, cantidad de recursos a través de metodologías inclusivas, ecológicas y una perspectiva sustentable.

En la actualidad el ser humano busca retener la degradación de la tierra, reducir la pérdida de la agricultura y enfrentar el cambio climático. Así que la idea es crear nuevas fuentes de agua que no sean las convencionales y así dar un tiempo a los ríos, lagos y pozos de proliferar. Por lo tanto, este caso de estudio brinda oportunidades a diseñadores industriales que participen en la práctica de estrategias y proyectos que promuevan el cuidado y la conservación del agua.

Referencias

- Anchayhua, A. R., (2001): "Análisis Climático y Sinóptico de las Nieblas en el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez Callao, Lima – Perú" Tesis Universidad Nacional Agraria, La Molina. Ing. Meteorólogo, 76pp
- Bao, CH Shi, JZ Ma, B. Wang, YH Zhang, Doble síntesis in situ de poliácrlato / nano-TiO 2 látex compuesto, Prog. Org. Coat 85 (2017) 101 - 108.
- Biodiversidad Mexicana. (2012). Bosques de niebla. Recuperado de www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas.
- Cereceda, P., Hernandez, P., Leiva, J. Agua de niebla. (1997). Santiago, Chile: La Discusión.
- Departamento de innovación y nuevas tecnologías. (1992). La inovaccion y tecnología en las empresas. Madrid, España: Datagrafic, S.L
- Hamilton, W., Hughes, C. & Hughes, D. (1983): "The Living Sands of the Namib". Journal of the National Geographical Society, pp. 364-377.
- Holmes, R., Rivera, J.D., & de la Jara, E. (2014). Large Fog Collectors: New Strategies for Collection Efficiency and Structural Response to Wind Pressure. *Atmosferic Research*. doi 10.1016/j.atmosres.2014.06.005.
- INEGI (2008). Censo de población y vivienda. Recuperado de www.inegi.gob.mx
- Joly, Fernand. (1988). La Cartografía. Madrid: Ed. Oikos-Tau.
- Martin, G. J. 1993. Ecological classification among the chinantec and mixe of Oaxaca, México. *Etnoecológica* 1:17–33.
- Meléndez, R., Cervantes, J., Barradas, V. (septiembre, 2015.) Calidad de agua de la neblina captada artificialmente en la microcuenca del rio Pisquiatic,

Veracruz, Mexico, Tip revista especializada en Ciencias Químico-Biológicas, 18(2): 122-130

Secretaría de Desarrollo Social. (2010). Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social. Recuperado de www.gob.mx/cms/uploads/attachment/data/file/34510/Oaxaca_176.pdf

Servicio Geológico mexicano (2013). Geoquímica, Geofísica y la Meteorología. Recuperado de <http://www.sgm.gob.mx>

Villaseñor J.L. 2010. El Bosque Húmedo de Montaña en México y sus Plantas Vasculares: Catálogo Florístico-Taxonómico. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad/Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México.

5

LOZETAS TERMICAS HIDROFÓBICAS

Saldaña Acosta Jorge Miguel¹, Emilia Zapata Moreira¹, y Martínez Alvarado Ramiro² Universidad Tecnológica Gral. Mariano Escobedo. Carrera de Mecatrónica área Automatización (1) y Departamento de Incubadora de Negocios. Libramiento Noreste Km 33.5 Escobedo, N. L. Tel 5000-4247

Resumen.- La impactante y rápida evolución de la tecnología dentro de la sociedad contemporánea, exige una revisión de ciertas apreciaciones sobre problemas estrechamente relacionados con el hombre, como el cambio climático y el deterioro ambiental, todo esto, relacionado con los procesos de construcción actuales, es evidente que existe un uso irracional de los recursos naturales además de la exigencia de cierto nivel de capacitación requerido por los operarios constructores, que difícilmente la mayoría de la gente destinada a estos oficios alcanza.

Por ello es imperativo desarrollar materiales y sistemas de construcción adecuados y/o adaptados a las costumbres y grado de capacitación, para poner en las manos de la mayoría de la gente la posibilidad de construir.

Las losetas obtenidas mostraron altas cualidades mecánicas y propiedades muy adecuadas como materiales de construcción. Fueron resistentes al fuego, de baja densidad (0.521 g/cm^3), soportaron una carga puntual de 5.0 Kg. /cm^2 , la absorción de agua fue mínima $0.12 \text{ g. del peso original}$, Coeficiente de transmisión del calor (0.26 W/m^2). Además fueron resistentes al ataque de insectos y microorganismos.

Palabras Clave: Reciclado, Papel, Losetas, Sustentable

Introducción.- La impactante y rápida evolución de la tecnología dentro de la sociedad contemporánea, exige una revisión de ciertas apreciaciones sobre problemas estrechamente relacionados con el hombre, como el cambio climático y el deterioro ambiental, todo esto, relacionado con los procesos de construcción actuales, es evidente que existe un uso irracional de los recursos naturales además de la exigencia de cierto nivel de capacitación requerido por los operarios constructores, que difícilmente la mayoría de la gente destinada a estos oficios alcanza.

Por ello es imperativo desarrollar materiales y sistemas de construcción adecuados y/o adaptados a las costumbres y grado de capacitación, para poner en las manos de la mayoría de la gente la posibilidad de construir.

Al momento de seleccionar los materiales que se emplearán en una edificación, se debe valorar el funcionamiento ambiental de estos, lo cual debe ser tan importante como los de tipo técnico y económico (Caballero-Montes y Alcántara-Lomelí, 2012).

Cada vez más científicos y empresarios están desarrollando materiales ecológicos alternativos, aprovechando diversos desechos como botellas de plástico, vidrio, cartón, papel reciclado, aserrín, cascarilla de arroz, cascara de maní, bambú y hasta fibras obtenidas de vegetales y de la mezclilla.

También se han creado opciones a partir del aprovechamiento de residuos agrícolas, de los desechos producidos por las industrias minera y azucarera, así como elementos totalmente naturales como el cáñamo y la leche.

Un material verde que ha ido ganando popularidad es el vidrio reciclado. Después de haber sido reutilizado y reciclado varias veces, el vidrio considerado inutilizable puede procesarse para ser usado como recubrimiento de muebles y paredes.

Otra alternativa al concreto prefabricado es el llamado Hempcrete, que consiste en una mezcla de cáñamo, cal y agua. Su poca densidad favorece la circulación del aire y la humedad.

Se han creado paneles y azulejos a partir de botellas de plástico (PET), que además pueden aislar el sonido.

La celulosa tiene un coeficiente de conductividad térmica muy bajo, por lo que no transmite el calor y almacena energía, se comporta como la madera, equilibrando las temperaturas máximas y mínimas del día en verano y protegiendo en invierno del frío. Además posee un coeficiente de aislamiento acústico muy eficiente.

La baja densidad de este material reduce el costo de los cimientos y ofrecen un muy buen nivel de confort térmico, además el panel permite construir paredes y entre pisos y recubrimientos rápidamente; al tratarse de un producto obtenido a base de materiales reciclados es el aislante ecológico por excelencia. El aislamiento de celulosa es el único que combina la protección térmica, acústica y control de condensación en un solo material.

El aislante de celulosa cuya conductividad térmica k es de 0.042 W/mK , deriva de fibras naturales de la madera por lo que posee características similares a la madera ($k = 0.13 \text{ W/mK}$). Al casi no permitir el paso del calor, este se queda dentro de la vivienda en invierno, mientras que en verano la alta capacidad de absorción de calor específico nos proporciona una temperatura fresca en el interior.

La reducción de entradas de calor, de frío o ruido, aumenta la sensación de confort y crea un clima ambiental sano.

Al aislar fachadas y techos se evita la formación de humedad por condensación, ya que no se alcanza el punto de rocío. La vivienda respira, deja pasar el vapor del agua a través de los muros lo que reduce la posibilidad de condensación.

En la actualidad hay muchísimas viviendas y edificios mal aislados y en un gran número de éstas, es posible mejorar su aislamiento por este tipo de productos (loseta térmica hidrofóbica).

Entre los beneficios obtenidos podemos mencionar el confort térmico, el ahorro energético y económico, así como una importante disminución en la emisión de gases de efecto invernadero.

La arquitectura sustentable es una de las alternativas que varios países han emprendido para disminuir el uso de recursos naturales y aprovechar los residuos producidos por el ser humano.

En la actualidad hay una gran diversidad de materiales para realizar aislamientos como la lana de roca, la lana de vidrio, el papel, las perlitas EPS NEopar, Fibra de madera, poliuretano, etc.

Una alternativa sustentable para mejorar la calidad de vida de la población de menos recursos económicos, que actualmente es una política pública de México. A la par se trata de solucionar un antiguo problema, la escases de viviendas dignas para los ciudadanos.

Las prácticas de reciclaje y reutilización, a partir de la recuperación de materiales y componentes de desecho de los diversos procesos productivos son eficientes desde el punto de vista ecológico, pero también desde el punto de vista económico, ya que la recuperación de materiales puede ser el punto de partida para generar un mercado alternativo de productos, que por haber sido utilizados anteriormente resulten más económicos. La ventaja económica también se obtiene a causa de reintroducir los desechos en el ciclo industrial-comercial.

La generación de materiales de construcción sustentables, aislantes y económicos, con material reciclado. Impactara positivamente: en la economía de la sociedad y al disminuir importantemente la generación de CO₂ hacia la atmosfera.

Antecedentes.- Hoy en día la tecnología debe tener además otro objetivo fundamental que es el de la búsqueda del bienestar humano, la naturaleza y el equilibrio ecológico; lo que se conoce como diseño sustentable, evaluando aspectos como son:

- El consumo de agua potable y energía.
- La contaminación del aire, agua, y suelo, la generación de residuos sólidos (Rodríguez M. F. 1998).

El sector constructivo es responsable de un notable impacto ambiental (agotamiento de recursos naturales, calentamiento global, lluvia ácida, emisión de humos, acumulación de residuos, etc.) ya que durante el proceso de fabricación de los materiales para construcción y durante la edificación de los inmuebles (Sartori, I. and Hestness, A.G. 2007; Deepak, et al, 2011). Es el principal consumidor del suelo y materia prima, y una gran generación de desechos, a nivel mundial anualmente consume el 40 % de piedra, arena y grava, 25 % de madera y 16 % de agua (Arena and de Rosa, 2003; Sartori, I. and Hestness, A.G. 2007; Deepak, et al, 2011); de esta preocupación, surge la intención de búsqueda de sistemas constructivos, que sean o no tradicionales, que contribuyan al bienestar ambiental del país al no tener excesivos costos energéticos ni en su manufactura ni en su abasto. (García L. E. 1998; González y Navarro, 2006; Chau, et al, 2012; Young-sun, et al, 2012).

La construcción a base de pacas de paja cumple con estas características, no es tradicional de México, es ciertamente una técnica importada la cual se adapta de manera eficiente en la idiosincrasia del mexicano y en la realidad económica del país. (García L. E. 1998).

Para que una vivienda se considere ecológica debe cumplir ciertos requisitos como son: evitar los impactos ambientales, interrelación con los ciclos de la

naturaleza, diversidad funcional de la vivienda. En la realización de las obras se recomienda la utilización de materiales de construcción inocuos para el medio ambiente. Así, como aislantes, se deben utilizar materiales naturales como corcho, papel, lana mineral o fibra de vidrio, fibra de madera, cascara de maní y, en general, materiales que sean poco conductivos y que almacenen calor. (Ramos Z. M. 2001)

El uso de materiales sobrantes o inútiles, naturales o bien de procesos de transformación, en la generación de materiales alternativos de construcción nos permite insertarlos en un ciclo autosustentable. En el mundo de hoy y con su estilo de vida se genera una gran abundancia de materiales de desecho que por algunas características generales pueden ser considerados como potenciales aislantes térmicos de bajo costo.

Materiales a base de celulosa de diferentes fuentes, en diversas proporciones de mezcla con otros materiales como el cemento, el bórax ó fibras poliolefínicas ya han sido utilizados para este fin. (Molleda, C et al 2005; Gutierrez, J. y González, A. 2012; Rivera, L. 2013; Saldaña et al 2014).

En el mercado existen ya diversos tipos de productos aislantes a base de papel reciclado como el *Isofloc* el cual es un granulado de celulosa (ICARO 1995); *ECOMarc* que es papel periódico reciclado mezclado con sales bóricas y *HOMATHERM* paneles de celulosa reciclada (93% – 90 %) y *Fibras Poliolefínicas* (7 % - 10 %), Fibra vítrea sintética que son materiales inorgánicos fibrosos que contienen silicatos de aluminio o de calcio. (ATSDR 2004).

Otros materiales alternativos de construcción son la mezcla de cascara de cacahuate con poliéster y cemento en la fabricación de paneles con propiedades de aislamiento térmico y baja densidad; el papercrete compuesto de cemento portland, arena y papel con cualidades de aislamiento acústico y resistencia a la compresión; Biprocel, ladrillos de adobe adicionados con paja, tabiques de jal (Soares andre 2007; Calafell, M. 2011; Alcivar Velez, D.E. 2012; Rivera L.E., 2013).

A través del diseño adecuado de los espacios es posible, evitar o disminuir el uso de la climatización artificial; así como aprovechar ampliamente la iluminación natural durante el día. Aplicando el diseño bioclimático, se ayuda también a preservar el medio ambiente, integrando al hombre a un ecosistema más equilibrado. La arquitectura debe diseñar espacios ecológicamente concebidos que respondan integral y armónicamente a la acción de los factores ambientales del lugar. (Fuentes F. V. 1998).

Material y Métodos.- La mezcla para la obtención de las Figura 1 Preparación de mezcla losetas contenía cemento (42 %), papel reciclado (29 %), aserrín (17 %) y cal (12 %). Estos componentes se mezclaron perfectamente, posteriormente se añadió agua hasta obtener una pasta homogénea de consistencia semilíquida; esta fue depositada en moldes de madera de 60 x 50 x



2.0 cm se le aplicó presión mediante una cubierta superior y se dejó secar a temperatura ambiente durante 8 horas, posteriormente fueron desmoldadas y se continuo el sacado por 120 h más, una vez secas la superficie de las losetas fue recubierta con una mono capa de nano túbulos de carbón.

Figura 2 Loseta Termica hidrofóbica



Las losetas obtenidas fueron sometidos a una serie de pruebas para determinar sus propiedades mecánicas y características propias para su utilización en procesos de recubrimientos ó construcción, tales como:

a) Resistencia a la compresión simple. Es una de las pruebas de mayor relevancia ya que la función principal es soportar esfuerzos de compresión en una construcción, esta se realizó

de acuerdo a la norma oficial NOM-C-036-ONNCCE-2003

b) Absorción de agua. El grado de absorción de agua es una medida de la maduración de la loseta. Las losetas fueron sumergidas en un depósito con agua, por 15 días y al término de este período de tiempo se analizó su integridad, resistencia a la fricción y su peso húmedo. NOM-C-037-ONNCCE-2005

c) Densidad. El material debe tener una densidad baja para facilitar su manejo, transporte y aplicabilidad en sitios elevados. Ésta se determinó a través de la fórmula de densidad, se obtuvo el peso promedio de 12 piezas y el volumen promedio de estas, estos valores fueron aplicados en la fórmula de densidad. $d = m/V$

d) Resistencia al fuego. Todo material para construcción debe cumplir con una resistencia al fuego de una hora como mínimo, sin producir flama, humo, ó gases tóxicos. Una de 12 las losetas fue expuesta al fuego directo de un soplete de gas butano. NOM-C-307/1-ONNCCE-2009

e) Resistencia al ataque de insectos. Por el tipo de componentes en estas losetas existe la posibilidad de que sean atacados por diversos insectos. Las losetas fueron dejadas a la intemperie en una zona donde abundan los insectos (termitas, arañas, tijeretas, etc.) por un período de dos meses y medio.

f) Resistencia al ataque por microorganismos. La presencia de papel y madera (aserrín) en las losetas establece la posibilidad de que sean atacados por microorganismos, sobre todo sí se dan las condiciones de humedad y temperatura adecuadas, para prevenir esto fue incluida en la mezcla cal. Las losetas fueron dejadas a la intemperie y enfrentados a cultivos de hongos del suelo (Aspergillus, Rhizopus y Penicillum) así como a cultivos de bacterias del suelo (Bacillus subtilis, Aeromonas) durante dos meses y medio.

Resultados.- Las losetas obtenidas fueron resistentes al fuego, ya que no produjeron flama ni desprendieron humo ó gases tóxicos al ser expuestas al fuego de un soplete de gas butano. La densidad de las losetas producidas fue bastante baja, 0.521 g/cm^3 , en comparación con la de otros materiales de uso cotidiano (tabla # 1).

MATERIALES	DENSIDAD (g/cm^3)
------------	------------------------------

Ladrillo aprensado	2.2 – 2.3
Ladrillo común	1.8 – 2.0
Ladrillo blando	1.5 -1.7
Ladrillo Sílico Calcáreo fino	1.66
Ladrillo Mahon hueco	1.20
Adobe	2.02
Bloque hormigón ligero	1.40
Bloque hormigón macizo	1.00
Paca de Paja	0.85
Loseta de papel, aserrín, cemento, cal	0.521

Tabla # 1 Densidades de algunos materiales de construcción

Las losetas mostraron una buena resistencia al ataque de insectos y microorganismos ya que después del período de enfrentamiento no mostraron deterioro observable a simple vista.

La absorción de agua por parte de estas losetas fue mínima (0.12 g del peso original), comparada con otros materiales de construcción como: el ladrillo blanco 20%, ladrillo de gres 2%, ladrillo de arcilla 12% y ladrillos cara vista comunes por arriba de 8%. (ver tabla # 2)

MATERIALES	ABSORCIÓN DE AGUA (%)
Ladrillo Blanco	20
Ladrillo de Gres	2
Ladrillo de arcilla	12
Ladrillo cara vista	más de 8
Loseta (UTE)	0.12

Tabla # 2 Valores de absorción de agua por algunos materiales de construcción

Además no sufrieron ningún deterioro o desgaste apreciable a simple vista, no sufrieron deterioros por fricción en estado húmedo, y su incremento de peso solo fue de 0.08 g.

En cuanto a la resistencia a la compresión, mostraron una alta resistencia con un valor de 5.0 Kg. /cm²

Conclusión y Discusión.- Esta tecnología es muy ambiciosa por su eficacia energética y económica.

Se desarrolló un nuevo material aislante ideal para las regiones más débiles económicamente; Al ser producido con material de desecho y sin gasto de energía su precio al final es realmente bajo.

Las losetas obtenidas mostraron altas cualidades mecánicas y propiedades muy adecuadas como materiales de recubrimiento en construcciones con altos coeficientes de conductividad.

La resistencia a la compresión del material de construcción alternativo obtenido fue alta, a pesar de sólo haber sido fraguado al sol.

La densidad de estos materiales permite que puedan ser utilizados en sitios elevados, sin incrementar la cimentación; y los hace perfectamente manejables. Su buena resistencia a al ataque de insectos y microorganismos así como al fuego los hace un material alternativo de construcción o recubrimiento ideal, que además de ser económicos y resistentes, representan un beneficio ecológico al ser un material sin ningún gasto de transformación y promover la reutilización del papel de desperdicio y el aserrín, materiales de desecho que tienen un tiempo de degradación promedio de 2 a 5 meses y 4 años respectivamente. Esta aplicación impactara positivamente al medio ambiente al disminuir la generación de residuos urbanos.

Con respecto a la acción del viento y la temperatura estos materiales mostraron una alta resistencia ya que después de 18 meses no han sufrido deterioro alguno.

Referencias.-

- Arena, A.P. & C. de Rosa. 2003. Life cycle assessment of energy and environmental implications the implementation of conservation technologies in school buildings in Mendoza - Argentina. *Build. Environ.* 38, 359-368.
- Caballero Montes José Luis y A. Alcantára Lomelí 2012. Beneficios Ambientales Inherentes al uso de Sistemas de construcción con materiales alternativos en viviendas. *Naturaleza y Desarrollo*. Vol.10, N° 2. 48 – 53
- Chau, C.K. W.K. Hui and G. Powell 2012. Assessment of CO₂ emission reduction in high-rise concrete office buildings using different material use options. *Resour. Conserv. Recycl.* 61, 22 – 34
- Deepak R. S. Behzad, F. Rosi and H. Xiao 2011. Assessment of CO₂ emissions reduction in a distribution warehouse. *Energy* 36, 2271 - 2277
- Dyna rev.fac.nac. 2006. Minas. Vol. 73. N°148 Medellín Jan/Apr
- Fuentes Freixanet, Víctor Armando, 1998 Nuevas Tecnologías en la arquitectura bioclimática, Tecnología y diseño en las edificaciones, Ed. U. A. M. –A., México, D. F., ISBN. 970654711 – 8, Pp. 135 - 162.
- García López, Esperanza, 1998, Técnicas ecológicas de construcción no tradicionales, Tecnología y diseño en las edificaciones, Ed. U. A. M. –A., México, D. F., ISBN. 970654711 – 8, Pp. 107 – 134.
- Gutiérrez J.A. y A. D. González 2012. Determinación experimental de conductividad térmica de materiales aislantes naturales y de reciclado. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol. 16. Impreso en Argentina ISSN 0329 - 5184
[http:// www.construible.as/ noticias](http://www.construible.as/noticias)
[http:// www.isofloc.de/](http://www.isofloc.de/)
[http://w.w.w.seforestales.org/publicaciones/index.php/congresos/article/viewfile/7559/7482](http://www.seforestales.org/publicaciones/index.php/congresos/article/viewfile/7559/7482)
<http://w.w.w.upc.edu/saladeprensa/al-dia/mes-noticia/Biprocel>
<http://noticias.arq.com.mx/Detalles/15874.html#.WalDvT7yh0w>
- Rivera L. E. 2013. Materiales Alternativos para la elaboración de Tabiques ecológicos. Tesis de Maestría en Ingeniería y Administración de la Construcción.
- Rodríguez Manzo, Fausto, 1998, Control de ruido en las edificaciones, Tecnología y diseño en las edificaciones, Ed. U. A. M. –A., México, D. F., ISBN. 970654711 – 8, Pp. 61 – 90

Sartori I. and A. G. Hestnes 2007. Energy use in the life cycle of conventional and low – energy buildings: a review article. Energy Build. 39, 249 – 257

VASCO G. J. 1998. Tableros prefabricados en hormigón aligerado con pulpa de celulosa. [TDG] Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín,

6

Ángel Omar Cardoso Gutierrez¹, Lucila Herrera Reyes², ¹estudiante de Diseño Industrial, ²profesora de Licenciatura en Diseño Industrial. Sistema de captación pluvial como estrategia de conservación del agua para casa/habitación. Centro Universitario UAEM Valle de Chalco, Estado de México, México. angel_diart@hotmail.com

Introducción

El presente estudio de caso tiene como propósito el desarrollo de un sistema modular de captación pluvial que sea compatible con el contexto social, ecológico y económico en casa/habitación promedio de la delegación Iztapalapa, Ciudad de México debido al constante recorte importante de agua potable en el área. Hay, mucha lluvia y poca agua; la paradoja en la situación de subsistencia, asimismo, el sistema hidráulico es severamente deficiente, a causa de constantes daños y mantenimiento del mismo, provocando desabasto en el suministro por largos periodos perjudicando los ritmos de vida de los usuarios; mientras que toda el agua que cae de manera pluvial no se le da un uso adecuado que permita aportar beneficios a la población y al medio natural. Otra interrogante, es la contaminación ambiental de la capital, recolectar agua de lluvia implica lidiar con la acidez que esta tiene, lo que limita las aplicaciones/usos que se le quiera dar al líquido. Una alternativa desde el diseño hace posible establecer técnicas de sedimentación de líquidos para procesos de oxigenación y filtración de agua recolectada en sistemas de captación pluviales; dando una perspectiva diferente al proceso de recolección y filtración, obteniendo agua óptima para un uso secundario actividades del hogar.

Para el desarrollo del presente proyecto, se basa en la metodología “Diseño centrado en el usuario” dando pauta para la correcta elaboración de la propuesta de diseño, especializada en analizar las necesidades primordiales desde el criterio del usuario; con base a ello abordar una solución viable a la problemática y objetivos planeados.

Aguas en el Valle de México

La ciudad de México es privilegiada respecto a su situación geográfica, desde tiempo prehispánico las grandes civilizaciones asentadas en el Valle conocían cómo vivir en equilibrio con abundante agua, aprovechando el recurso hídrico. La academia de investigación científica (1995), menciona que la República Mexicana está dividida por una cadena de montañas volcánicas denominada Eje Neovolcánico Transmexicano, que cruza el país de este a oeste. En la parte central de esta cadena montañosa está la cuenca de México, que por no tener salidas naturales para los escurrimientos que se generan dentro de la misma, constituye una cuenca endorreica. Situada en el borde meridional de la Mesa Central y circundada por montañas; en su planicie, las altitudes de la cuenca oscilan entre 2,240 y 2,390 msnm. Esta gran altura es un factor que dificulta el suministro de agua para la enorme población que es necesario abastecer. En el Valle de México existieron gran cantidad de lagos, ríos y manantiales. Sin embargo, debido al drenaje del valle, urbanización y explotación desmedida del acuífero, la disponibilidad del agua superficial ha disminuido de manera drástica.

Respecto a factores pluviales, en la Ciudad de México se puede ver caer lluvia en grandes cantidades por tiempos que rebasan los temporales del año, según datos de CONAGUA en la capital del país aproximadamente desciende 750 mililitros al año, en cada m³ cae 750 litros ocasionando verdaderos torrenciales que a su vez, traen consecuencias caóticas para los ciudadanos que habitan la urbe; inundaciones, desbordes y avenidas que se visionan como ríos acaudalados son eventos comunes en las vidas de las personas que habitan en los alrededores del Valle de México.

El país cuenta anualmente con 446 777 millones de metros cúbicos de agua dulce renovable, esto se muestra en informes de CONAGUA (2016); Jáuregui Ostos (2000), expone, que en las partes montañosas del oriente y sur-poniente son aquellas con más días con presencia de precipitación (2000), también refiere que son más de 100 días en los que cae lluvia constantemente el área. Ambos autores mencionan que las lluvias se presentan en verano, la precipitación total anual es variable: en la región seca es de 600 mm (noroeste) y en la parte templada húmeda (sur) es de 1 200 mm anuales.

Contexto social, económico y ecológico en delegación Iztapalapa

Según el INEGI en el censo de población y vivienda 2010, el total de habitantes de la delegación Iztapalapa es de 1,875,786 personas, en donde se observa a la población masculina con un porcentaje de 48.52%, y a la población femenina con 51.48% lo que significa que existen más mujeres que hombres, como lo señala la tabla 1.1. Siendo así que la relación hombres mujeres es de 94.25 en la delegación Iztapalapa colocándose arriba del Distrito Federal (91.69) y por debajo del nivel Nacional (95.43) lo que indica menor cantidad de hombres por cada cien mujeres.

Volumen poblacional y sexo	Nacional	Distrito Federal	Delegación Iztapalapa
Total de habitantes	112,336,538	8,851,080	1,815,786
Total de población masculina	54,855,231	4,233,783	880,998
% de la población masculina	48.83	47.83	48.52
Total de población femenina	57,481,307	4,617,297	934,788
% de población femenina	51.17	52.17	51.48
Relación hombres-mujeres*	95.43	91.69	94.25

Fuente: INEGI, **Censo de Población y Vivienda, 2010**. Estados Unidos Mexicanos y Distrito Federal, Tabulados del Cuestionario Básico, Población.
***Relación hombres-mujeres:** Cociente del total de hombres entre el total de mujeres, multiplicado por cien. Se interpreta como el número de hombres por cada cien mujeres.

Tabla 1.1. Fuente: Estudio Básico de Comunidad Objetivo. Panorama sociodemográfico nacional, en la CDMX y la Delegación Iztapalapa.

Según el censo de población y vivienda 2010 el número de viviendas particulares cuyos ocupantes se encontraban en condiciones de hacinamiento, (más de 3 personas por dormitorio) ascendía a 59,311 equivalente al 13.08% del total de

viviendas identificadas porcentaje ligeramente menor que el registrado a nivel nacional 14.09%.

En lo que se refiere a la composición de los hogares integrados por la población de la delegación Iztapalapa (417,215) de los cuales el 67.59% corresponden a familias nucleares; el 30.33% a hogares ampliados; el 1.18% a hogares compuestos y el 0.90% a los no especificados, de los cuales podemos mencionar que el 56.09% de los hogares nucleares, el 41.28% de los ampliados, el 1.23% de los compuestos y el 1.40% de los no especificados, están encabezados por la jefatura femenina, estos datos no reflejan diferencias significativas con las referencias nacionales y a nivel Distrito Federal.

Por otro lado, el Censo de Población y Vivienda 2010 (INEGI), las Tasas de participación económica indican que la aportación de los hombres en la Delegación Iztapalapa es del 71.52% y la de las mujeres alcanza el 40.32%. A nivel Distrito Federal el 71.33% corresponde a hombres y el 43.76% a las mujeres lo cual muestra una contribución ligeramente más alta en el Distrito Federal en comparación con la Delegación Iztapalapa. A nivel nacional se observó que la participación de las mujeres está por debajo en comparación con el D.F. y la delegación.

La cuenca de México se encuentra limitada por elevaciones topográficas de origen volcánico como son la sierra de Guadalupe al norte, la sierra de Las Cruces al poniente, la sierra del Chichinautzin al sur, el volcán del Ajusco al suroeste y la sierra Nevada al oriente.

La fisiografía de la Delegación Iztapalapa está dominada por un valle y algunas montañas aisladas. El relieve en su mayor parte corresponde al valle que proporciona las superficies planas óptimas para el desarrollo de asentamientos humanos. También se encuentran ciertas irregularidades aisladas que corresponden a las elevaciones más importantes del área, siendo las que conforman la sierra de Santa Catarina, el Peñón del Marqués y el Cerro de la estrella el cual se muestra en la figura 1 (Atlas de riesgos naturales de la Delegación Iztapalapa).



Figura 1. Sierra de Santa Catarina, Delegación Iztapalapa, CDMX. Fuente:
https://www.flickr.com/photos/crater_ae/387957644/sizes//in/photostream/

En la delegación Iztapalapa, el clima es templado subhúmedo con lluvias en verano. La temperatura media anual varía de 12°C en las partes más altas a una altitud que va de 2 250m a 18°C en las de menor altitud. La precipitación total anual varía de 1000 a 600 mm y la estación lluviosa es principalmente en los meses de verano. La evaporación potencial anual es de alrededor de 400 mm (INEGI).

Aplicaciones y usos del agua en el entorno domestico

En la especificación del contexto de uso se trabajó en un domicilio ubicado en la delegación Iztapalapa (caso de estudio Av, Vicente Suárez Mz. 5 Lot. 76 Col. Hank Gonzales, Iztapalapa, CDMX) para poder tener un acercamiento directo con los usuarios promedio, en donde se analizó sus actividades primordiales en el hogar identificando las necesidades hídricas que estos requieren, cuál es su suministro en caso de recorte del servicio y cómo repercute en su vida.

El agua es un recurso vital para poder llevar a cabo una rutina cotidiana en el hogar, Betancourt (2012) nos dice que Los requisitos básicos humanos de agua para beber, para la higiene, el baño y la preparación de alimentos son de 50 litros por persona por día (1,825 metros cúbicos al año). Un recién nacido en un país desarrollado consume una cantidad de agua de 30 a 50 veces mayor que un

recién nacido en un país en vías de desarrollo. Las actividades detectadas en donde conlleva el uso se representa en la figura 2.

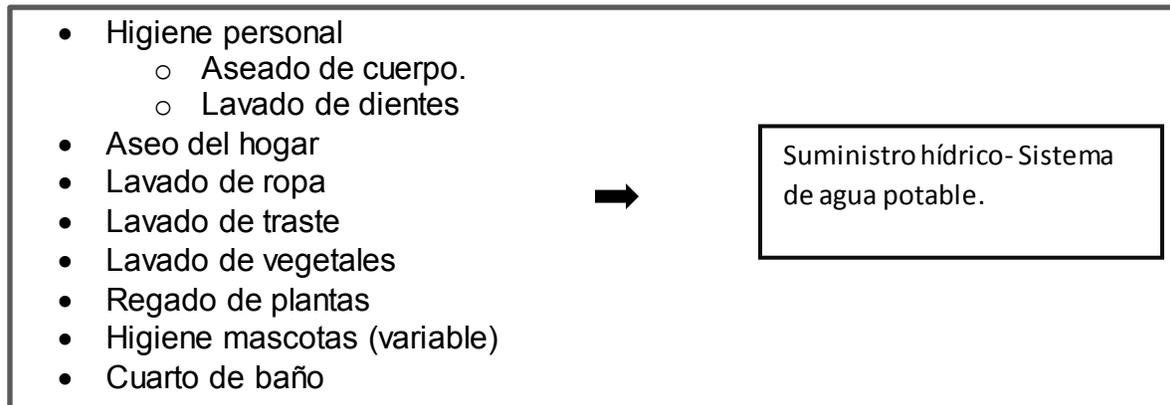


Figura 2. Fuente propia.

La carencia hídrica es un problema enorme, el proposito del proyecto es beneficiar directamente a la población, y para eso se plantea el diseño adecuado de un sistema captador de aguas pluviales, el cual sea idóneo para las necesidades de Iztapalapa, ya que se piensa que con el correcto aprovechamiento de agua lluvia, se puede repercutir de manera significativa al estrés hídrico que sufre la zona oriente. La intención es lograr beneficiarse de agua lluvia para tener un suministro en tiempos de alerta en casa habitación, dando un uso secundario al líquido recolectado.

La prioridad en la que se está focalizando el uso que se le piensa dar al agua recolectada, es para suplir el agua que se requiere para actividades domésticas y actividades de uso personal indirecto para la vida del ser humano, la cual es obtenida del suministro hídrico (llave), esto se puede observar en la figura 3, en un esquema donde se representa el uso que se le da al agua en el hogar.



Figura 3. Esquema con porcentajes en los usos que se le da al agua. Fuente: <https://www.monografias.com>

Técnicas de sedimentación de líquidos para procesos de oxigenación y filtración de agua

Para el correcto aprovechamiento de aguas pluviales, es esencial en el proceso de captación contar con un área destinada para el filtrado de la misma, existen varios procesos de filtrado, ya sea natural o químico. National environmental services center (2009); menciona que los procesos más comunes son: alimentación química y mezcla rápida, floculación y sedimentación.

La filtración natural retira la mayoría de la materia suspendida del agua del subsuelo a medida que el agua pasa a través de las capas porosas de la tierra en los acuíferos, como se visualiza en la figura 4. Explotar el uso y conocimiento actual sobre técnicas de filtración y tratamiento de aguas residuales o pluviales mediante humedales, sedimentación o biofiltros para su máximo aprovechamiento, puede ampliar el panorama respecto a la elección de métodos orgánicos para el correcto tratado de agua para usos secundarios.



Figura 4. Esquema de filtración natural,

Tratamiento de agua por filtración lenta en arena

Patrick Flicoteaux, encargado de la dirección de Wiki Water, define la filtración en arena como un método de tratamiento de los efluentes ecológicos, relativamente sencillo y poco costoso. Su principio consiste en hacer percolar el agua a través de un bloque de arena

Esquemáticamente, los granos de arena forman una capa atravesada por el agua y que detiene por simple efecto de tamizado las partículas de tamaño superior al de los espacios existentes entre dichos granos. Si a lo largo de su avance tocan un grano, las partículas más pequeñas también quedarán retenidas sobre la superficie de estos por el efecto pared. La capacidad de frenado del filtro será tanto mayor cuanto menor sea el diámetro de sus granos y más largo sea el tiempo de permanencia de las partículas, según la fundación Wiki Water.

Hay tres tipos de filtración por arena:

- Los filtros de arena rápidos. Deben limpiarse con frecuencia debido a su alisado, que invierte la dirección del agua.

- Los filtros de arena semi-rápidos.
- Los filtros de arena lentos.

Para la elaboración del proyecto se plantea la elección de filtros de arena lentos, se tiene como ejemplo el esquema que se muestra en la figura 5. Flicoteaux, menciona que los filtros de arena lentos emplean procesos biológicos para limpiar el agua y son sistemas no presurizados. Pueden tratar el agua y reducir la presencia de microorganismos (bacterias, virus, microbios, etc.) sin necesidad de productos químicos. No precisan electricidad para funcionar. El principio y el modo de funcionamiento de los filtros de arena utilizados con fines distintos al tratamiento del agua para uso familiar, y principalmente de aguas residuales.

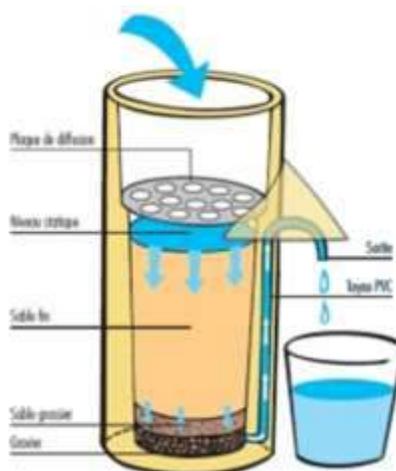


Figura 5. Esquema con representación de filtro por sedimentación en arenas.

Aporte benéfico al medio natural una propuesta desde el Diseño industrial

La aplicación de la captación de aguas de lluvia para casa habitación en escala mayor, puede repercutir de manera benéfica para la sociedad; y de manera colateral, también atrae un beneficio para el entorno natural. Conforme va creciendo la población en las grandes Urbes, los servicios públicos tienen una demanda a la alza, originando desabastos importantes a casusa de una imploración grande a causa del crecimiento desmedido poblacional.

Los mantos acuíferos que abastecen al Valle de México, al pasar del tiempo han sufrido gran estrés hídrico a causa del crecimiento exponencial de la población, según las estadísticas del agua en México edición 2014, mencionan que a partir del proceso de identificación, delimitación, estudio y cálculo de la disponibilidad, comenzado en 2001, el número de acuíferos sobreexplotados ha oscilado anualmente entre 100 y 106. Al 31 de diciembre de 2013 se reportan 106 acuíferos sobreexplotados. Aparte, De los acuíferos sobreexplotados se extrae el 55.2% del agua subterránea para todos los usos. De acuerdo con los resultados de los estudios recientes, se define si los acuíferos se convierten en

sobreexplotados o dejan de serlo, en función de la relación extracción/recarga (2014).

Desde una perspectiva del diseño industrial, es importante cubrir necesidades o dar solución a problemas reales, en este sentido, se puede ofrecer estrategias de solución que permitan la captación de agua mediante soluciones ecológicas, que puede influir de manera favorable en varios aspectos; tener un suministro de agua sin alteración del medio, y aportar una solución a la carencia hídrica por la que pasa mucha gente en la actualidad en el Valle de México.

Metodología

La investigación que se planteó en este proyecto será tipo mixta con lugar de estudio de caso en la Av. Vicente Suárez Mz. 5 Lot. 76 Col. Hank Gonzales, Iztapalapa, CDMX; de corte transeccional exploratorio ya que de acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2006) este tipo de investigación es comenzar a conocer una variable o un conjunto de variables, una comunidad, un contexto, un evento, una situación. Se trata de una exploración inicial en un momento específico, mediante la aplicación diseñística del sistema captador pluvial y su posible interacción con el entorno y los usuarios primarios en un domicilio predeterminado.

Para el desarrollo del presente proyecto, se tomó en consideración la metodología “Diseño centrado en el usuario” dando pauta para la correcta elaboración de la propuesta de diseño, especializada en analizar las necesidades primordiales desde el criterio del usuario; con base a ello abordar una solución viable a la problemática y objetivos planeados.

Donald A. Norman menciona que los procesos de Diseño Centrados en los Usuarios se focalizan en los usuarios durante la planificación, el diseño y el desarrollo de un producto o sistema. El DCU es el diseño en el que el usuario influye en el resultado final, como se muestra en la figura 6.

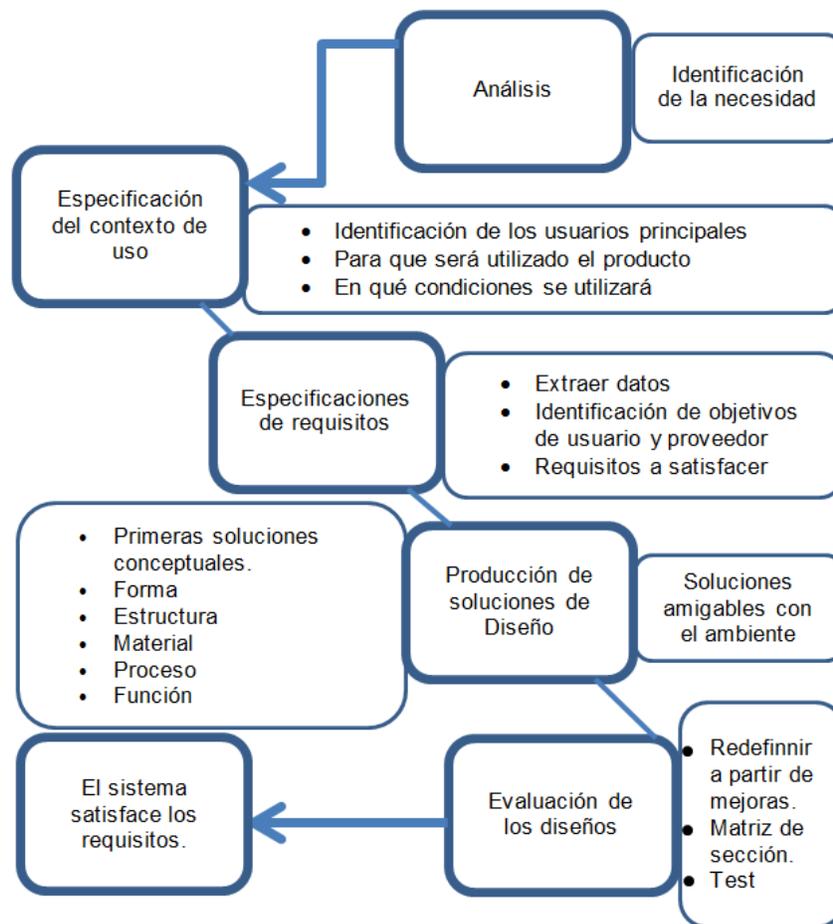


Figura 6. Proceso metodológico. Elaboración propia.

Especificación de requisitos

Se considera de suma importancia reconocer en este trabajo los factores que intervienen en el correcto desarrollo de un sistema captador de agua.

Primeramente, se entiende a la captación de agua como una técnica, y por ende, se tiene una amplia variedad de ésta. Su aplicabilidad y desarrollo va establecido por el entorno, uso, entre otros factores. La Organización de las Naciones Unidas menciona que estas técnicas pueden ser agrupadas en grandes modalidades de captación de agua de lluvia, como las siguientes (2013):

- **Microcaptación.** Consiste en captar la escorrentía superficial generada dentro del propio terreno de cultivo, en áreas contiguas al área sembrada o plantada, para hacerla infiltrar y ser aprovechada por los cultivos
- **Macrocaptación.** Consiste en captar la escorrentía superficial generada en áreas más grandes, ubicadas contiguas al cultivo (macrocaptación interna) o apartadas del área de cultivo (macrocaptación externa), para hacerla infiltrar en el área de cultivo y ser aprovechada por las plantas.

- Derivación de manantiales y cursos de agua mediante bocatomas. No todos consideran la captación y derivación de manantiales y cursos de agua establecidos (nacientes, arroyos, embalses) como captación de agua de lluvia propiamente tal. Sin embargo, estas técnicas son útiles para contrarrestar el déficit hídrico en determinadas zonas.

- **Cosecha de agua de techos de vivienda y otras estructuras impermeables.**

Esta es la modalidad más conocida y difundida de captación y aprovechamiento de agua de lluvia. Consiste en captar la escorrentía producida en superficies impermeables o poco permeables, tales como techos de viviendas y establos, patios de tierra batida, superficies rocosas, hormigón, mampostería o plástico. La captación de agua de techos es la que permite obtener el agua de mejor calidad para consumo doméstico.

- Captación de aguas subterráneas y freáticas. En muchas regiones con déficit hídrico hay posibilidades de aprovechamiento de aguas subterráneas y freáticas para diferentes finalidades, dependiendo de la calidad, disponibilidad y modalidad de extracción.

- Captación de agua atmosférica. En algunas condiciones de clima y orografía, es factible la captura y aprovechamiento de la humedad atmosférica que se desplaza cerca de la superficie en forma de niebla.

Con respecto al propósito principal del proyecto, la técnica a utilizar es la cosecha de agua de techos de vivienda y otras estructuras impermeables. Se analizará la variación de técnicas y sistemas utilizados por todo el mundo en base al aprovechamiento de agua para casa/habitación a partir de herramientas ya establecidas.

La organización de las Naciones Unidas (2013), analizó los aspectos que deben incluir los criterios para la captación de aguas de lluvia, los cuales son de suma importancia retomar si se quiere implementar alguna técnica para un correcto aprovechamiento de agua lluvia, esto se muestra en la tabla 1.2.

Criterio	Cuestión a responder
Cantidad y calidad del agua disponible.	¿Con qué volumen de agua y calidad se puede contar?
Prioridades de los usuarios.	¿Cuáles son las prioridades de uso del agua establecidas por los usuarios, considerando su disponibilidad (cantidad y calidad)?
Conocimiento y experiencias locales.	¿Cuáles son los conocimientos y las experiencias (buenas y malas) con que cuenta la comunidad?
Eficiencia.	¿Cuál es la eficiencia en el uso de los recursos actuales? ¿Se puede mejorar?
Exploración de todas las posibilidades.	¿Cuáles son las opciones de captación para la finalidad de uso establecida, compatibilizando volumen, calidad, costos y disponibilidad económica de los interesados?
Capacidades y habilidades.	De las opciones disponibles, ¿cuáles son aquellas que los usuarios perciben como más factibles de manejar y mantener (considerando las capacidades existentes, la factibilidad de implementarlas y los costos, entre otros aspectos)?

Tabla 1.2. Criterios para la captación de aguas. FAO. Fuente: <http://www.fao.org/docrep/019/i3247s/i3247s.pdf>

En la observación del entorno, podemos notar que los habitantes del domicilio donde se llevó a cabo el caso de estudio, recurren a la captación pluvial con los medios que tienen a la mano; y que se puede aprovechar para tener un punto de partida para la conceptualización de ideas.

En el círculo rojo que se muestra en la figura 7 y 8, se puede apreciar una bolsa de plástico que es utilizada o empleada como captador de agua dada la forma de resbaladilla que a su vez caiga a los contenedores que se tiene para el almacén del líquido. Aparte de la contratación de pipas, la captación de agua que se desarrolla por parte de las habitantes se torna precaria, austera y no cumple con los mínimos estándares de higiene. Otro punto importante, es el constante desembolso económico que implica la compra de tinacos y contratación del servicio de suministro de pipas.



Figura 7 y 8. Métodos de captación por los habitantes del domicilio. Fuente: propia.

Otros requisitos indispensables que se contempla en el proceso de diseño son la Determinación de la demanda y la determinación del volumen del tanque de abastecimiento, pues es aquí en donde se almacenará en primera instancia el agua captada para su previa filtración. Cabe destacar la información arrojada por la Organización Panamericana de la Salud (2004), en donde se menciona que para obtener la determinación de la demanda; es a partir de la dotación asumida por persona se calcula la cantidad de agua necesaria para atender las necesidades de la familia a ser beneficiada por cada proceso de captación.

Los análisis realizados, como ya se mencionó se llevaron a cabo en el domicilio de la colonia Hank Gonzales, Iztapalapa, CDMX, con fecha de observación del mes Junio 2018 – Agosto 2018.

Datos:

<ul style="list-style-type: none"> • Nu: número de usuarios que se beneficiaran del sistema 	<ul style="list-style-type: none"> • 4 personas
<ul style="list-style-type: none"> • Nd: número de días del mes analizados 	<ul style="list-style-type: none"> • 5 días de primera semana de agosto
<ul style="list-style-type: none"> • Dot: dotación (L/persona x día) 	<ul style="list-style-type: none"> • Aprox. 30 litros de agua por persona.
<ul style="list-style-type: none"> • <u>D_i</u>: Demanda mensual (m³) 	<ul style="list-style-type: none"> • 0.6 – 6m³

Formula:

$$D_i = \frac{Nu \times Nd \times Dot}{1000}$$

$$D_i = \frac{4 \times 5 \times 30}{1000} = 0.6$$

Así mismo, se procede al cálculo de la determinación del volumen del tanque de abastecimiento, teniendo en cuenta los promedios mensuales de precipitaciones de todos los años evaluados, el material del techo y el coeficiente de escorrentía,

se procede a determinar la cantidad de agua captada para diferentes áreas de techo y por mes; se puede tener un el volumen idóneo para el espacio en donde será instalado (el área de captación no será todo el techo de la vivienda, el diseño del sistema captador prevé una área específica para la captación la cual consta de 5m²).

*Para la determinación del coeficiente de escorrentía, se determinó que el material adecuado para las necesidades económicas y técnicas es la paja. Material natural, económico, idóneo para que el agua friccione y finja como conducto de la misma; este material será implementado en el área de captación. Coeficiente de escorrentía es de 0.6 – 0.7 (Organización Panamericana de la Salud, 2004).

Datos:

• P _{pi} : precipitación promedio mensual (litros/m ²)	170 mm – 200 mm (INEGI, 2018) (agosto 2018)
• C _e : coeficiente de escorrentía (0.7)	0.7 (paja)
• A _c : área de captación (m ²)	5m ²
• A _i : Oferta de agua en el mes “i” (m ³)	3.5m³

Formula:

$$A_i = \frac{P_{p_i} \times C_e \times A_c}{1000}$$

$$A_i = \frac{200\text{mm} \times 0.7 \times 5\text{m}^2}{1000} = 3.5\text{m}^3$$

En la actualidad, el domicilio cuenta con tres tinacos Rotoplas (figura 9 y 10), cada uno con capacidad de 1100 litros de agua o 1.1 metros cúbicos cada uno, que en conjunto pueden albergar 3300 litros de agua la cual es suministrada con pipas o con sus propios métodos de captación pluvial en caso de un recorte del suministro. De acuerdo con la formula anterior (oferta de agua en el mes), detalla especificaciones técnicas previas del sistema captador que se tiene en mente, en donde se plantea la dimensión del área de captación prevista y el material con el que esté se realizará (paja), arrojando como resultado 3.5m³ de agua que se podría estar capturando con los factores previstos y de esta forma, poder llenar sus tanques de manera racionalmente justa y adecuándose a sus propios cálculos hídricos que ya tienen.



Figura 9 y 10. Tinacos de almacenamiento de agua que ocupan los habitantes. Fuente: propia.

Producción de soluciones de Diseño

La Guía De Diseño Para Captación Del Agua De Lluvia (2004), menciona que El sistema de captación de agua de lluvia en techos está compuesto de los siguientes elementos: **a) captación; b) recolección y conducción; c) interceptor; y d) almacenamiento.**

A continuación se hará una breve descripción sobre cada elemento ya definido para éste proyecto:

- **Captación:** La captación está conformado por el techo de la edificación, el mismo que deberá contar con pendiente y superficie adecuadas para que facilite el escurrimiento del agua de lluvia hacia el sistema de recolección. En el cálculo se debe considerar la proyección horizontal del techo. Por ende, el diseño del elemento de captación se prevé con materiales naturales y como ya se mencionó anteriormente la paja es un material idóneo para los requerimientos económicos que se presentan. El forraje (paja) por ser de origen vegetal, tiene la desventaja que libera lignina y tanino, lo que le da un color amarillento al agua, pero que no tiene mayor impacto en la salud siempre que la intensidad sea baja. En todo caso puede ser destinada para otros fines diferentes al de bebida. Y como ya se mencionó, el objetivo del proyecto es brindar una opción de suministro de agua para actividades domésticas y no para consumo humano.
- **Recolección y conducción:** Está conformado por las canaletas que van adosadas en los bordes más bajos del techo, en donde el agua tiende a acumularse antes de caer al suelo. El material de las canaletas debe ser liviano, resistente al agua y fácil de unir entre sí, a fin de reducir las fugas de agua. Al efecto se puede emplear materiales, como el bambú, madera, metal o PVC. El material previsto para el proyecto es el uso del bambú.
- **Interceptor:** Conocido también como dispositivo de descarga de las primeras aguas provenientes del lavado del techo (se muestra en la figura 11), y que contiene todos los materiales que en él se encuentren en el momento del inicio de la lluvia. Este dispositivo impide que el material

indeseable ingrese al tanque de almacenamiento y de este modo minimizar la contaminación del agua almacenada y de la que vaya a almacenarse. Para el diseño del interceptor, se contempla el uso de materiales polímeros gracias a su resistencia a la intemperie.

- Almacenamiento: Es la obra destinada a almacenar el volumen de agua de lluvia necesaria para el consumo diario, en especial durante el período de sequía.

El diseño de este elemento se omite en el proyecto, ya se tiene previsto ya sea como tinacos o cisternas.

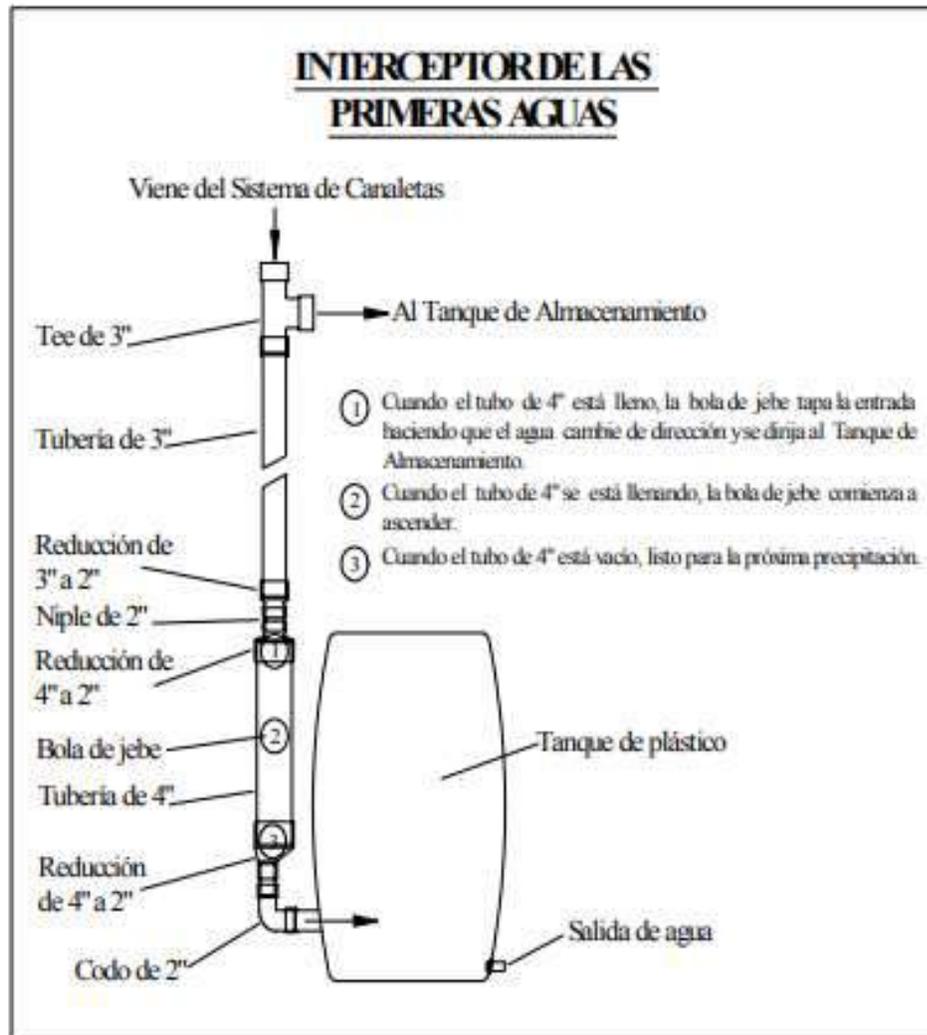


Figura 11. Interceptor de las primeras lluvias. Fuente: Guía De Diseño Para Captación Del Agua De Lluvia (2004)

Bosquejo / Bocetos

A continuación, se mostrará en la imagen 1.1 un bosquejo inicial con el análisis de materiales y los procesos esenciales que contempla el sistema captador.

El diseño está pensado en 4 procesos:

- Captación
- Recolección y Conducción
- Interceptación (proceso que interviene el filtrado por sedimentación)

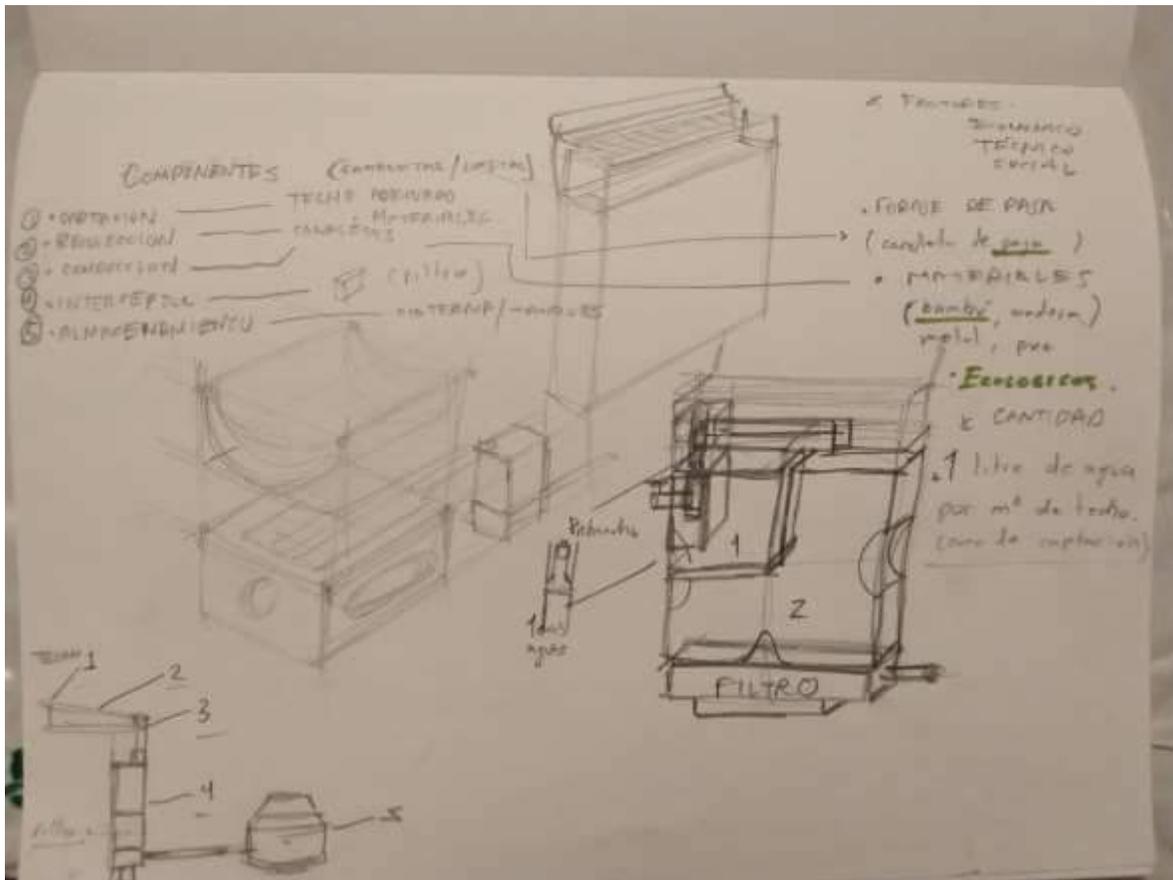


Figura 12. Bosquejo.

Materiales prospectos:

- Área de captación: Estructura **metálica o madera**, con un grado de inclinación aproximada a 15° para un correcto escurrimiento del líquido. **La paja** será el material extendido como petate que gracias a sus propiedades naturales, es capaz de impermeabilizar y hacer que resbale el agua. Es por eso que muchas personas en comunidades rurales optan por este material como techo de viviendas. Buscar materiales ecológicos y con bajo impacto ambiental es punto importante del proyecto, aparte del costo económico que está tiene (imagen 1.1).
- Área de recolección y conducción: Para evitar el uso del PVC, o cañerías metálicas, se opta por la aplicación del **bambú**, siendo este un material ecológico capaz de tener una producción sostenible, y tener las características físicas idóneas para el transporte del agua (imagen 1.2).
- Área de interceptación (primer almacén, depurador de primeras lluvias y filtro a base de sedimentación). El material prospecto es algún **termoplástico** con proceso de producción industrial de moldeo por inyección (imagen 1.3).

Bocetos con primeras ideas concretas:

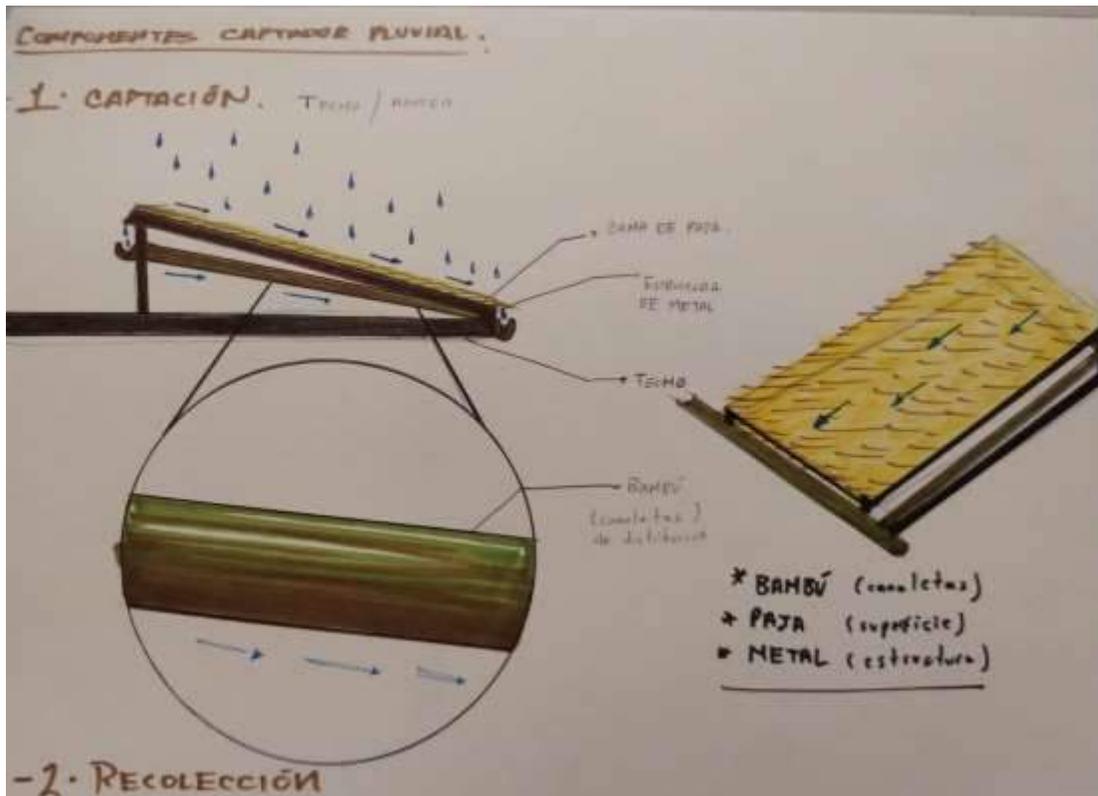


Figura 13. Boceto área de captación y recolección

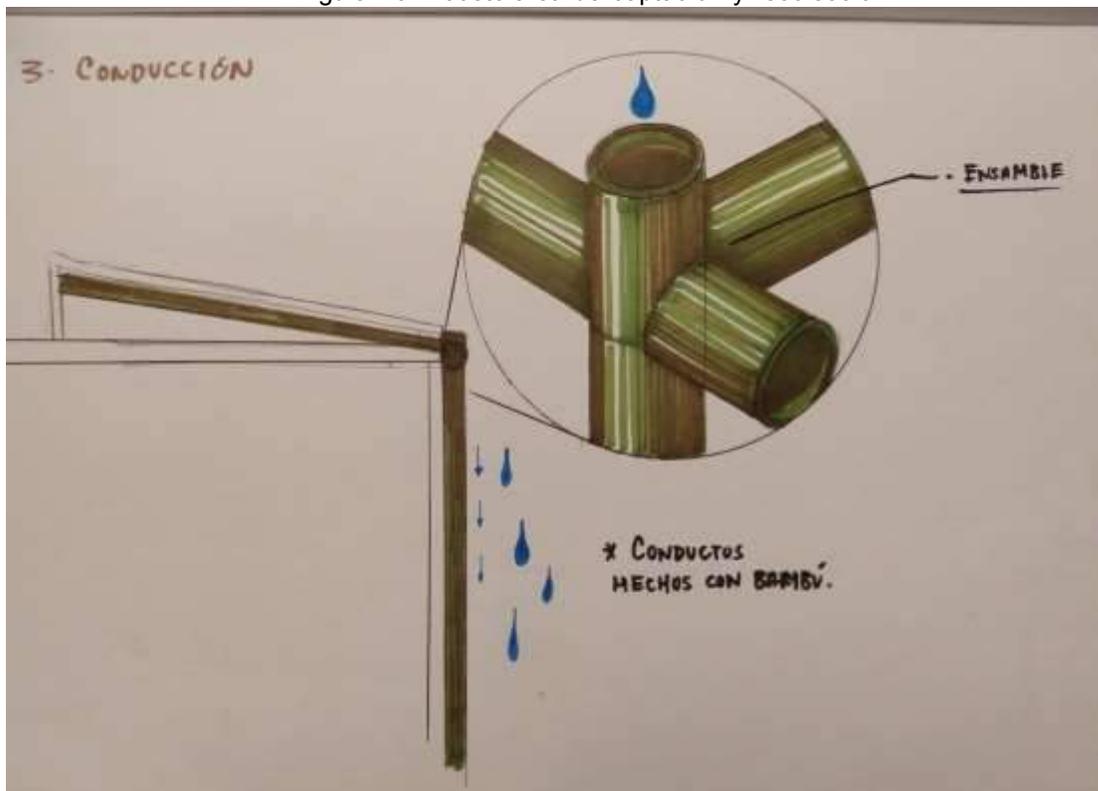


Figura 14. Boceto área de conducción. Visualización a ensamble de la cañería de bambú.

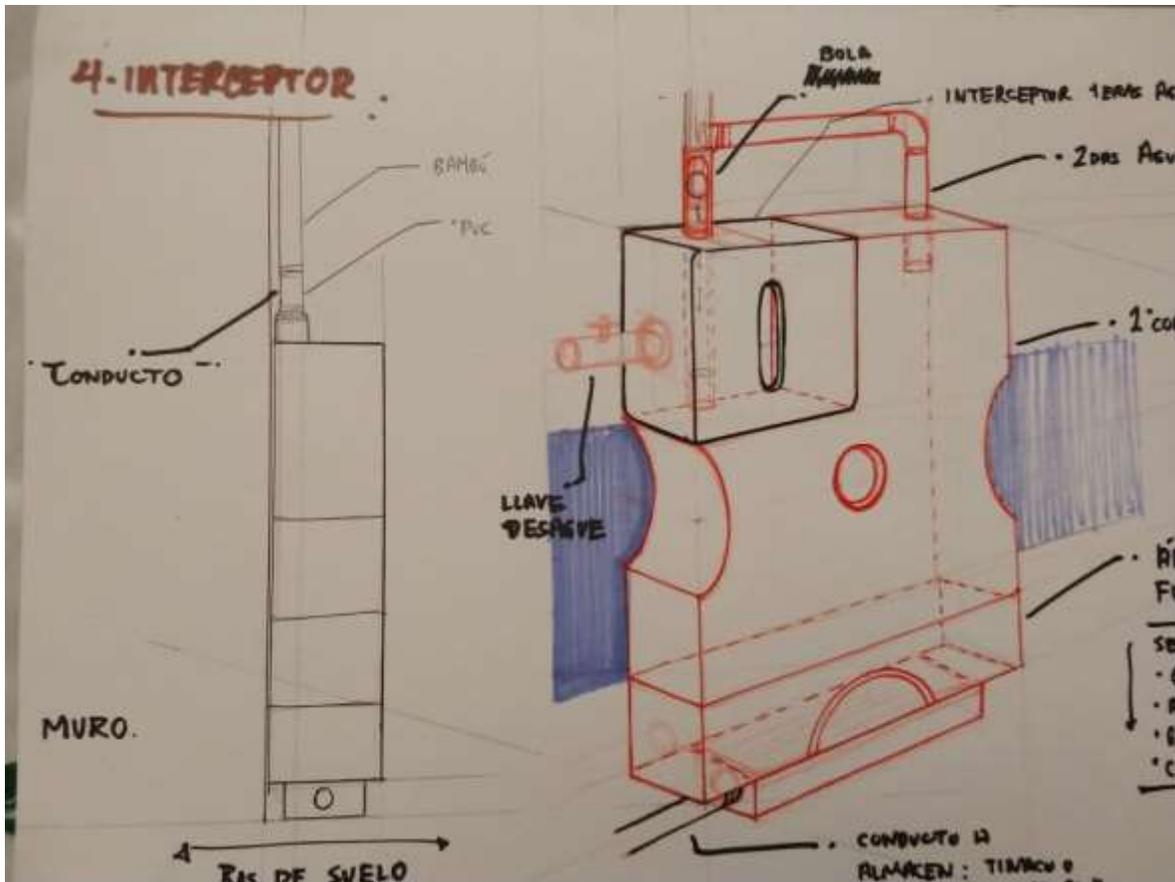


Figura 15. Boceto área de interceptor. Depurador de primeras lluvias, almacén y área de filtro con procesos de sedimentación.

Propuestas extras en moledado 3D.

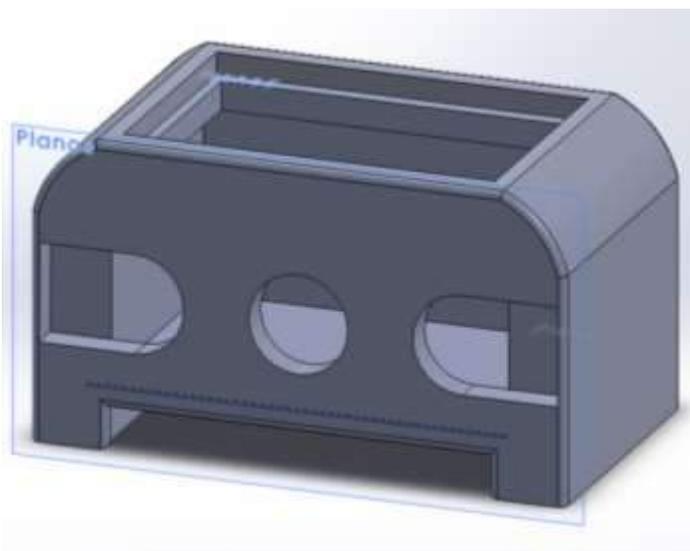


Figura 16. Modelo 3D. Almacenador de agua. Fuente: propia.

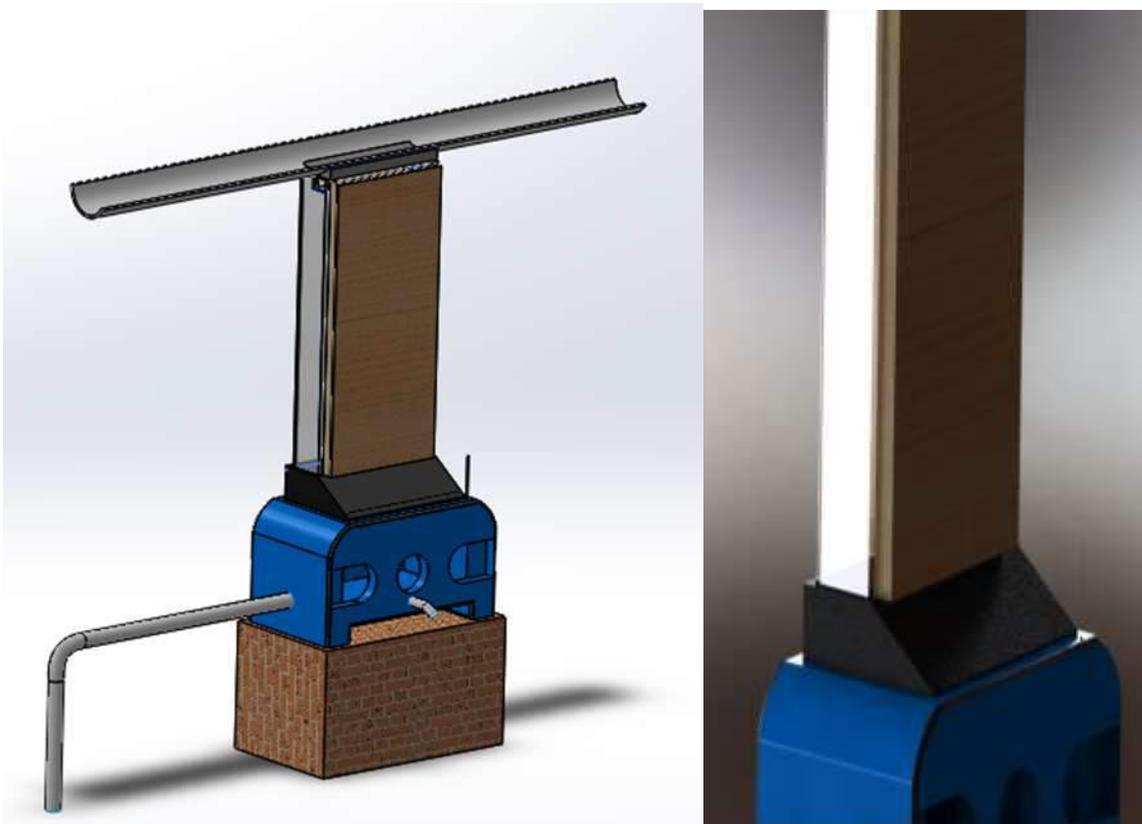


Figura 17. Modelado 3D. Estructura general del captador pluvial. Fuente: propia.

Conclusiones

La agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (2016), menciona que la escasez de recursos hídricos, la mala calidad del agua y el saneamiento inadecuado influyen negativamente en la seguridad alimentaria, las opciones de medios de subsistencia y las oportunidades de educación para las familias pobres en todo el mundo. La sequía afecta a algunos de los países más pobres del mundo, recrudece el hambre y la desnutrición. Así mismo, comentan que para 2050, al menos una de cada cuatro personas probablemente viva en un país afectado por escasez crónica y reiterada de agua dulce.

Se cree con firmeza que el aporte de propuestas que incluya un beneficio al recurso hídrico puede ser parteaguas para una futura disponibilidad del líquido a escala mundial, de manera pasiva con el ambiente haciendo una correcta obtención sin necesidad de perjudicar o alterar el entorno natural, y como se menciona en uno de los objetivos fijados por la Agenda 2030, es aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren falta de agua.

El diseñador industrial tiene como responsabilidad mantener un equilibrio entre industria y ecología, dando pauta a nuevos proyectos capaces de brindar

beneficios y calidad de vida a la sociedad de la mano del medio natural, así como la integridad, sostenibilidad y cuidado del último.

Bibliografía

Agenda-2030 Y Los Objetivos De Desarrollo Sostenible. Una oportunidad para América Latina y el Caribe. 2016. Naciones Unidas.

Arias, I. (julio, 2003). Ciencia e ingeniería Neogranadina: Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales, 13. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/911/91101302.pdf>

Bac-Clean (2013). Filtros de captación y purificación de agua pluvial. Recuperado de: <http://bac-clean.mx/>

Comisión Nacional del Agua. (2016). Lineamientos técnicos: Sistema de captación de agua de lluvia con fines de abasto de agua potable a nivel vivienda. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/152776/LINEAMIENTOS-CAPTAC_PLUVIAL.pdf.

Delgado, H. & Perez, W. (2016). Biofiltros domiciliarios. Filtros biológicos para remoción de nutrientes de aguas grises. Recuperado de: <http://www.ecotec.unam.mx/ecoted/wp-content/uploads/7biofiltros.pdf>.

Díaz, R. (enero, 2017). Agua y ambiente: Captación de aguas pluviales en la Ciudad de México, 32. Recuperado de <https://aguayambiente.com/2017/01/11/aprovechamiento-lluvia-cdmx/>

El Agua y la ciudad. 1995. Academia de la investigación científica.

Gay, A., Guevara, E & Luna, Z. (diciembre, 2010). Captación pluvial y reutilización de aguas grises mediante humedales artificiales en la microcuenca la Soledad, Guanajuato, 3(2). Recuperado de: www.uaq.mx/investigacion/revista@uaq/archivospdf

Guía De Diseño Para Captación Del Agua De Lluvia. 2004. Organización Panamericana de la Salud.

INEGI. Clima, cuéntame. inegi.org.mx

Suministro del Agua. National Academy of Sciences. <http://www.paot.org.mx>

La crisis del agua de la ciudad de México. (noviembre, 2015). The Guardian. Recuperado de: <https://www.theguardian.com/cities/2015/nov/12/la-crisis-del-agua-de-la-ciudad-de-mexico>

7

¹Hernández-Bedolla Joel, M. en C., ²Solera Abel, Dr. en Ing.,

³Paredes-Arquiola Javier, Dr. en Ing.

Modelación conjunta multivariada de datos diarios de precipitación y evapotranspiración.

Instituto Universitario de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente, Universitat Politècnica de València, Valencia, España.

E-mail: ¹joeherbe@upvnet.upv.es, ²asolera@upvnet.upv.es,

³jpardea@upvnet.upv.es.

Resumen. La evapotranspiración es una de las variables que al igual que la precipitación son determinantes para la modelación de la escorrentía. La evapotranspiración adquiere importancia al ser una de las variables necesarias para determinar además de la escorrentía las necesidades de riego. La evapotranspiración regularmente es estimada mediante métodos indirectos entre los cuales el método de la FAO-56 ha sido ampliamente utilizado. El presente estudio se centra en el desarrollo de una metodología en la cual se analiza la evapotranspiración diaria obtenida mediante el método de FAO-56 y su relación con la ocurrencia de la precipitación incluyendo la relación espacial y temporal.

La modelación multivariada de evapotranspiración incluyendo la precipitación ha sido poco analizada a pesar que se tiene el conocimiento de la dependencia entre ambas variables climáticas. Atendiendo esta problemática se ha desarrollado satisfactoriamente un modelo estocástico de transferencia para incluir la influencia de la precipitación sobre la evapotranspiración en la cual la correlación espacial es un factor realista y que influye dentro de la parametrización. En el presente artículo se demuestra que un modelo estocástico autorregresivo multivariado de tercer orden es suficiente para la modelación de la evapotranspiración incluyendo la influencia de la precipitación. Se plantearon diferentes transformaciones con el objetivo de remover el sesgo de las series, las cuales se han dividido en función de si un día es húmedo o seco. El desarrollo de la metodología fue implementado en el entorno de MatLab lo cual permite su aplicación para diferentes regiones y climas del mundo.

La zona de estudio fue la cuenca del río Júcar, la cual es considerada una zona semiárida, por lo tanto se ve afectada por la influencia de la precipitación y de la evapotranspiración. El modelo estocástico multivariado ha sido capaz de representar satisfactoriamente los diferentes estadísticos de las series generadas de evapotranspiración tanto como para los días secos y para los días húmedos. Este modelo estocástica tiene una ventaja de que la modelación se realiza de manera continua para todos los días de manera simultánea para diferentes estaciones climáticas.

Palabras clave: Modelación estocástica multivariada; evapotranspiración; modelo de transferencia; generación de series sintéticas; precipitación.

Introducción

La evapotranspiración y precipitación son las variables climáticas importantes principalmente para la determinación del escurrimiento, así como para la agricultura (Feng et al. 2016). El cambio climático afecta las variables meteorológicas incluida la evapotranspiración (Darshana et al. 2013). Diferentes autores han propuesto formulación para determinar la evapotranspiración (Muniandy et al. 2016). El método de la FAO-56 Penman-Monteith es un método ampliamente usado y comparado con otros métodos para determinar la evapotranspiración (Allen et al. 1998; Djaman et al. 2015; Pandey et al. 2016).

La precipitación es una de las variables que influye en la evapotranspiración más sin embargo pocos estudios se centran en evaluar la dependencia de la evapotranspiración y la precipitación (Pham et al. 2016). La poca información ha motivado a determinar la evapotranspiración mediante la modelación estocástica, la cual ha sido una técnica utilizada para la modelación de diferentes variables climáticas (Bachour et al. 2016).

La modelación de la evapotranspiración se ha realizado mediante modelos estocásticos sin tener en cuenta la precipitación. La modelación se ha realizado mediante un modelo autorregresivo (AR), modelo autorregresivo integrado con medias móviles (ARIMA), modelo de medias móviles (MA) (Slaviša 1998; Landeras et al. 2009; Pandey et al. 2009). redes neuronales artificiales (ANN) se ha utilizado para la determinación de la evapotranspiración (Landeras et al. 2009) las cuales tienen la limitación de modelar la estacionalidad (El-Shafie et al. 2013).

Al modelar la evapotranspiración en múltiples ubicaciones pocos son los modelos que permiten modelar la evapotranspiración como máquinas multivariadas de vector de relevancia (MVRVM) y transformaciones de Wavelet (Bachour et al. 2016).

En el presente estudio se plantea desarrollo un modelo estocástico autorregresivo multivariado de orden tres y condicionado por la precipitación, es decir en función de los días lluviosos o secos, por lo tanto se tendrán dos diferentes estandarizaciones de las series.

Metodología

Evapotranspiración de referencia

La evapotranspiración y la precipitación son las variables que influyen en el escurrimiento y la dependencia entre ambas es importante. La evapotranspiración de referencia se ha determinado mediante el método de Penman-Monteith FAO-56 (PMFAO-56) debido a que es uno de los métodos con resultados más realistas (ecuación (1)).

$$ET_o = \frac{0.408(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (1)$$

Donde ET_o es la evapotranspiración de referencia (mm/día), R_n es radiación neta en la superficie del cultivo ($MJ\ m^{-2}\ día^{-1}$), G es flujo del calor de suelo ($MJ\ m^{-2}\ día^{-1}$), T es la temperatura media del aire a 2 m de altura ($^{\circ}C$), u_2 velocidad del viento a

2 m de altura (m s-1), es presión de vapor de saturación (kPa), e_a presión real de vapor (kPa), es - e_a déficit de presión de vapor (kPa), Δ es la pendiente de la curva de presión de vapor (kPa °C-1) y γ constante psicrométrica (kPa °C-1).

Modelo estocástico multivariado de evapotranspiración

La modelación multivariada de la evapotranspiración se realizó mediante un modelo autorregresivo multivariado condicionado por las series de precipitación diarias. Las series de evapotranspiración se normalizan y dependiendo si es un día húmedo o un día seco, se realiza la estandarización de las series para lo cual se estiman las medias y desviaciones estándar las cuales se obtienen con las series de Fourier, posteriormente se obtienen los parámetros autorregresivos y se procede a la generación de series sintéticas.

Debido a que las series de evapotranspiración presentan un sesgo positivo es necesario removerlo mediante la normalización, para esto se plantearon diferentes tipos de normalizaciones las cuales son la logarítmica, doble logarítmica, gamma y raíz cuadrada (ecuación (2)).

$$y_\tau = \text{Log}(ETo_t + 1) \tag{2}$$

$$y_\tau = \text{Log}(\text{Log}(ETo_t + 1) + 1)$$

$$y_\tau = \sqrt[3]{ETo_t}$$

$$y_\tau = \text{Log}(\sqrt[3]{ETo_t} + 1)$$

$$y_\tau = \sqrt{ETo_t}$$

Donde y_τ es la evapotranspiración normalizada para el día t ETo_t es la evapotranspiración para el día t.

La evapotranspiración cambia a lo largo del año por lo tanto es necesario realizar una estandarización de la serie. Para remover la periodicidad de la serie es necesario determinar parámetros como media, desviación estándar (Salas et al. 1980), estos parámetros estarán en función de la variabilidad de la serie, es decir a mayor variabilidad será necesario estimar un mayor número de parámetros. Para reducir el número de parámetros se ha tratado la periodicidad para los días lluviosos y para los días secos, es decir se determinaron los parámetros en escala diaria en dos series. Las series de Fourier fueron utilizadas para este análisis considerando pocos parámetros (ecuaciones (3) y (4)). Mediante esta parametrización se plantearan los diferentes armónicos a pesar de no representar el 90% de la varianza explicativa de los parámetros históricos.

$$\hat{v} = \bar{u} + \sum_{j=1}^h \left[A_j \cos\left(\frac{2\pi\tau}{w}\right) + B_j \sin\left(\frac{2\pi\tau}{w}\right) \right] \tag{3}$$

$$A_j = \frac{2}{w} \sum_{t=1}^w u_t \cos\left(\frac{2\pi t}{w}\right); B_j = \frac{2}{w} \sum_{t=1}^w u_t \sin\left(\frac{2\pi t}{w}\right)$$

Donde \bar{u} es la media de los valores observados, estas medias se obtienen para las medias y desviaciones estándar de evapotranspiración de los días húmedos $ET_{oh}(\mu)$ y $ET_{oh}(\sigma)$, así como las medias y desviaciones estándar para la evapotranspiración en los días secos $ET_{os}(\mu)$ y $ET_{os}(\sigma)$, A y B son los coeficientes de Fourier, j es el armónico, y h es el número total de armónicos.

Los armónicos significativos representan la cantidad mínima de estos con los cuales es capaz de modelarse los diferentes estadísticos. Es común utilizar el periodograma acumulativo para seleccionar el número de armónicos significativos (ecuación (4)).

$$P_i = \frac{\sum_{j=1}^i MSD(h_j)}{MSD(u)}; MSD_j = \frac{1}{2}(A_j^2 + B_j^2); MSD_u = \frac{1}{w} \sum_{\tau=1}^w (u_\tau - \bar{u}) \quad (4)$$

Donde P_i es el periodograma acumulativo para el armónico i , MSD_j es el promedio de la desviación estándar para el número de días j , MSD_u es el promedio de la desviación estándar de la serie observada.

Una vez reducido el número de parámetros de la serie, se procede a convertir la serie en homogénea; esto mediante la estandarización, la cual permite el análisis de las propiedades de dependencia temporal; esta se obtiene removiendo las medias y desviaciones estándar periódicas (ecuación (5)). Para esto se dividió en si un día se presenta precipitación se remueve la periodicidad mediante las medias y desviaciones estándar para un día lluvioso, caso contrario se utilizan las medias y desviaciones estándar para un día seco.

$$z_\tau = \frac{y_\tau - \hat{\mu}_\tau^0}{\hat{\sigma}_\tau^0}; y_\tau = \text{cero}; \quad (5)$$

$$z_\tau = \frac{y_\tau - \hat{\mu}_\tau^1}{\hat{\sigma}_\tau^1} \quad y_\tau > \text{cero};$$

Donde z_τ es la serie estandarizada, $\hat{\mu}_\tau^0$ y $\hat{\sigma}_\tau^0$ son la media y desviación estándar para un día sin lluvia, $\hat{\mu}_\tau^1$ y $\hat{\sigma}_\tau^1$ son la media y desviación estándar para un día lluvioso, y_τ es la serie normalizada, cero es el umbral para definir un día como seco o lluvioso.

Mediante la serie estandarizada se obtienen los parámetros autorregresivos de orden tres, es decir un AR(3). De acuerdo a Salas et al. (1980) los parámetros pueden ser resueltos mediante la ecuación (6), la cual se puede extender para cualquier orden de un modelo autorregresivo AR(p) (Neumaier and Schneider 2001).

$$z_v = w + \sum_{l=1}^p \phi_l z_{v-1} + \varepsilon_v \quad \varepsilon_v = \text{aleatorios}(C) \quad (6)$$

Donde z_v es la serie estacionaria, ε_v es la serie de vectores no correlacionados de números aleatorios con media cero y matriz de covarianza $c \in R^{m \times m}$ y las matrices $\phi_1, \dots, \phi_p \in R^m$ son las matrices de coeficientes del modelo autorregresivo. El vector w de parámetros es un vector para la media diferente de cero de las series.

Finalmente se determina la serie residual mediante los parámetros autorregresivos obtenidos (ecuación (7)), y la serie estandarizada, esto con el objetivo de ver que se cumplen las condiciones de normalidad de la serie residual, es decir media cero, desviación estándar uno y sesgo cero.

$$\varepsilon_\tau = z_\tau - \phi_1 z_{\tau-1} - \phi_2 z_{\tau-2} - \phi_3 z_{\tau-3} \quad (7)$$

Donde ε_τ es la serie residual, z_τ es la serie normalizada y estandarizada, ϕ_k son coeficientes autorregresivos del modelo y $z_{\tau-1}, z_{\tau-2}$ y $z_{\tau-3}$ son las series estandarizadas con tres días de retraso. La serie residual debe cumplir con las condiciones de normalidad es decir media cero, desviación estándar uno, sesgo cero y correlación cero (Anderson 1942; Salas et al. 1980).

La generación de series sintéticas se lleva a cabo mediante los procesos inversos que parten desde la generación de números aleatorios que tienen una distribución normal y con los parámetros autorregresivos se generan las series sintéticas estandarizadas, posteriormente se agrega la periodicidad a la serie mediante para los días secos y húmedos mediante los valores obtenidos por las series de Fourier, después se determinan las series de evapotranspiración obteniendo la normalización inversa (ecuación (8)).

$$\begin{aligned} \hat{z}_t &= \phi_1 \hat{z}_{t-1} + \phi_2 \hat{z}_{t-2} + \phi_3 \hat{z}_{t-3} + \varepsilon S_\varepsilon \\ y_\tau &= \hat{\mu}_\tau^0 + \hat{\sigma}_\tau^0 \hat{z}_\tau; \quad y_\tau = \hat{\mu}_\tau^1 + \hat{\sigma}_\tau^1 \hat{z}_\tau; \\ \widehat{ET}o_\tau &= y_\tau^2 \end{aligned} \quad (8)$$

Las pruebas de bondad de ajuste en el caso de las series generadas sirven para analizar el desempeño del modelo estocástico. La realización de estas pruebas bajo hipótesis nula que las series generadas y series históricas son estadísticamente iguales con una determinada confianza. Para el modelo AR(3) se analizaron los diferentes pruebas como son kolmogorov-Smirnof, Wixconxon, la prueba t y la prueba F.

Zona de estudio

La zona de estudio es la cuenca del río Júcar la cual se ubica en la parte oriental de la Península Ibérica, es una cuenca exorreica la cual el escurrimiento principal es el río Júcar el cual llega finalmente al mar mediterráneo. La cuenca tiene una extensión de 22291 km² y forma parte del de la Agencia Hidrográfica de Júcar (CHJ). La cuenca se dividió en cinco subcuencas las cuales son Alarcon (cabecera), Contreras (cabecera), Molinar (cuenca media), Tous (cuenca media) y Huerto Mulet (cuenca baja). Se seleccionaron diferentes estaiones dentro de la cuenca del Júcar una para cada subcuenca. Se tiene un registro diario de 16 años de diferentes variables climáticas entre ellas precipitación y evapotranspiración, en el periodo de 2001 a 2016. Los datos fueron obtenidos del sistema de información Agroclimática para el

Regadío (www.siar.es), la información disponible abarca en su totalidad España y con registros de a partir del año 2000.

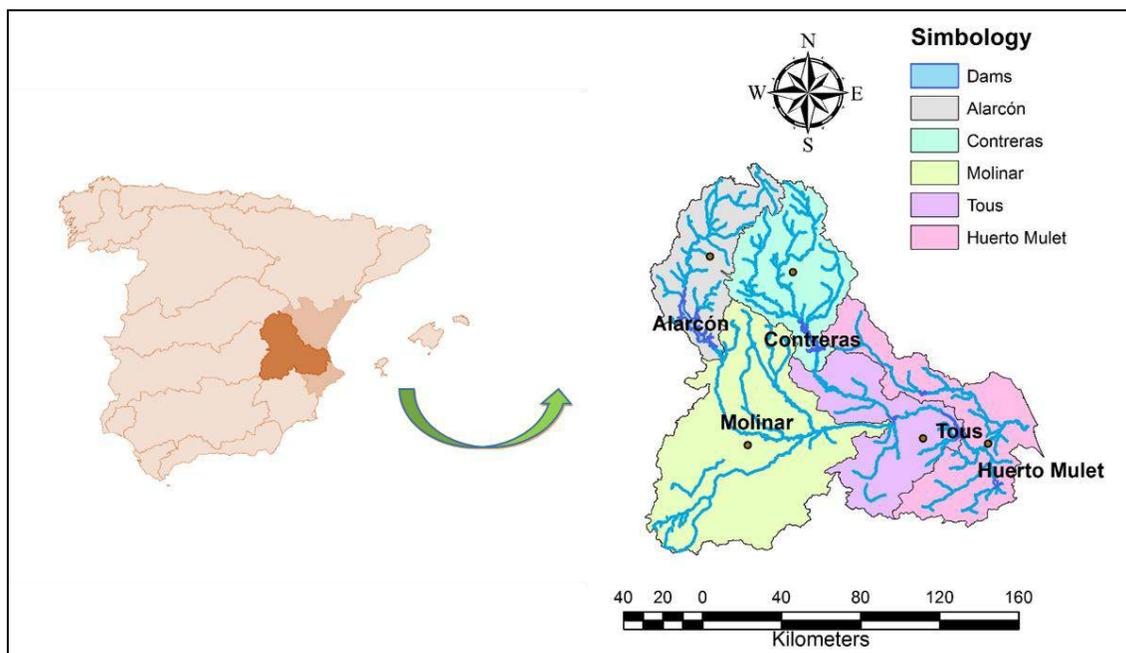


Figura 1 Localización de la cuenca del río Júcar.

Resultados

La ocurrencia de precipitación influye en variables climáticas como la temperatura máxima, mínima, radiación (Richardson 1981), velocidades del viento y punto de rocío (Parlange et al. 2000). Siguiendo esta misma filosofía se evaluó el efecto de como la ocurrencia de precipitación en la evapotranspiración. Se definió un umbral de 0.1 mm para definir un día seco de uno húmedo. Una limitación para la modelación estocástica es el número de años que se tienen de datos observados, por lo tanto la cantidad de información especialmente para días secos puede ser limitada.

Una vez realizado lo anterior se procedió a normalizar la serie mediante la raíz cuadrada con la cual es posible remover el sesgo a 0.05 lo cual está dentro de los límites de confianza del 95%.

Posteriormente se aplicaron las series de Fourier para las medias y desviaciones estándar de los días húmedos y secos. Las medias tienen una menor variabilidad que las desviaciones estándar, más sin embargo se tienen buenas representaciones. A pesar de no representar el 90% de la varianza explicativa dos parámetros son suficientes para la determinación de la serie diaria de medias y desviaciones. En la figura (2) se presentan los ajustes para las medias y desviaciones previa normalización.

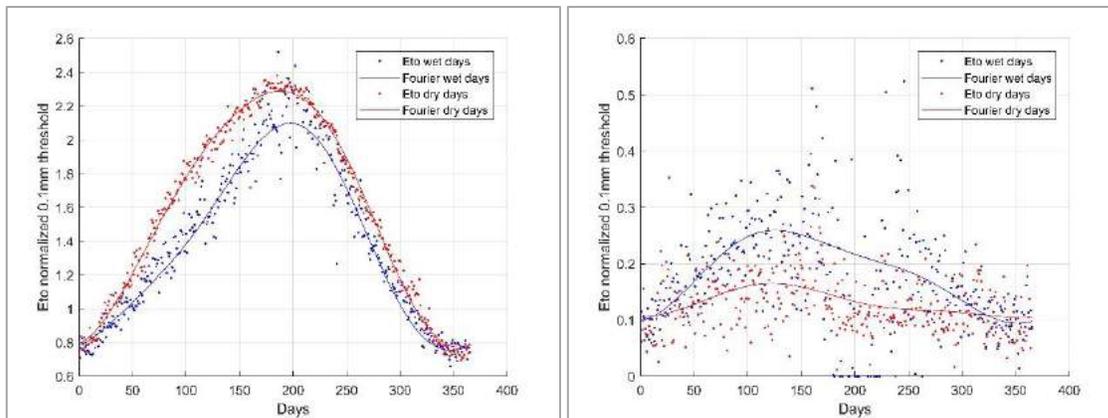


Figura 2. Ajuste de series de Fourier para la subcuenca Alarcon en días húmedos y secos para las medias (izquierda) y desviaciones estándar (derecha).

Posteriormente se determinó la serie residual mediante el modelo autorregresivo AR(3), la cual debe presentar las características de una serie normal, además se determinó la distribución normal para verificar que presenta la misma distribución. Además se verificó que la media, desviación estándar, sesgo y correlaciones se encuentren dentro de los límites de confianza. En la figura (3) se presentan la comparación de la serie residual teórica y generada por el modelo estocástico en la cual se aprecia que sigue la misma distribución.

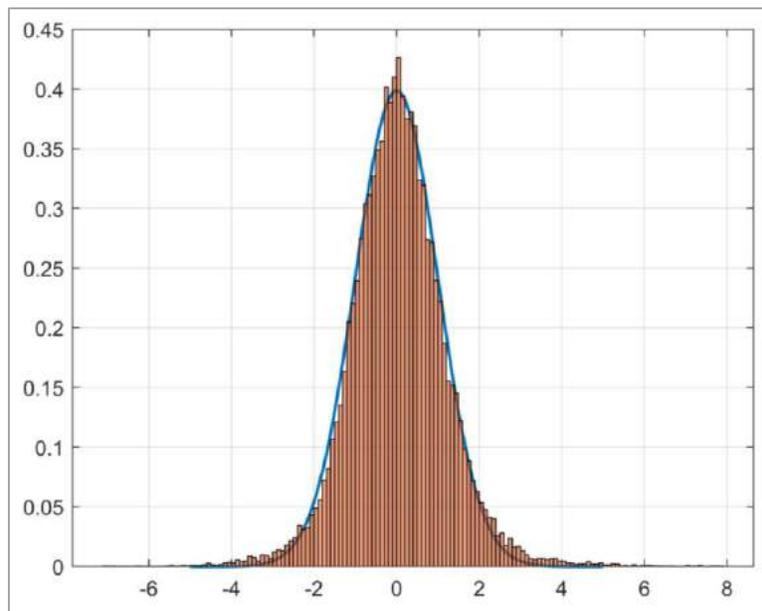


Figura 3. Serie residual teórica y generada AR(3).

Para la generación de las series sintéticas se realizaron de la misma longitud de la serie que para este caso fueron 15 años y 1000 series. Posteriormente se determinaron las condiciones medias diarias de evapotranspiración que sirvieron para compararse con el periodo histórico.

La generación de las series de evapotranspiración parte de la generación de números aleatorios con distribución normal y en base a estos generar la serie estandarizadas mediante los tres parámetros autorregresivos ya validados del modelo estocástico. Posteriormente se determinaron las series sintéticas para los días secos y húmedos estandarizadas y las series de evapotranspiración mediante la normalización inversa, que para este caso es el valor de la serie al cuadrado.

Ya elaboradas las series se determinaron los resúmenes de las mismas y se aplicó la prueba k-s para igualdad de distribución, la prueba t para validar las medias y el test de Wilcoxon para la igualdad de medianas, todos estos considerando un 95% de confianza. De estos test se determinó que las series no son significativamente diferentes.

Posteriormente se determinó la serie de evapotranspiración en conjunto de los días secos y húmedos. En el caso de la media de las evapotranspiraciones se encuentran los resultados más cercanos a la recta (figura (4)) y estos tienen una dispersión de ± 0.5 mm. En el caso de la desviación estándar (figura (5)) se tiene una dispersión de ± 0.2 mm con algunas excepciones. Al aplicar los diferentes tests se demostró que no se tiene evidencia suficiente para indicar que las series son diferentes, por lo tanto se puede concluir que un modelo autorregresivo de tercer orden es capaz de reproducir la evapotranspiración considerando la influencia de la temperatura. En el caso del sesgo es el que presenta mayor variabilidad debido al ser el tercer momento, de acuerdo con los resultados el modelo estocástico subestima los sesgos diarios.

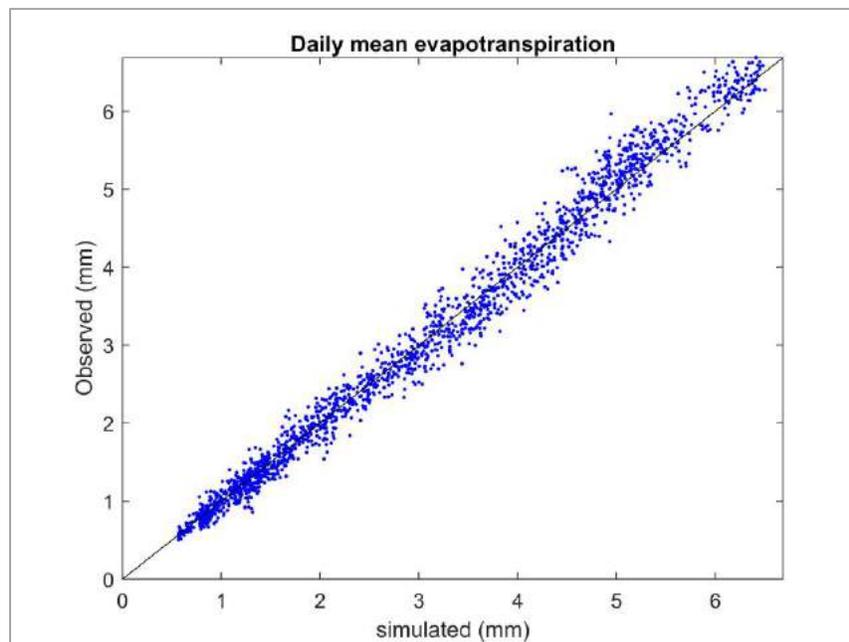


Figura 4. Evapotranspiración media diaria observada y simulada.

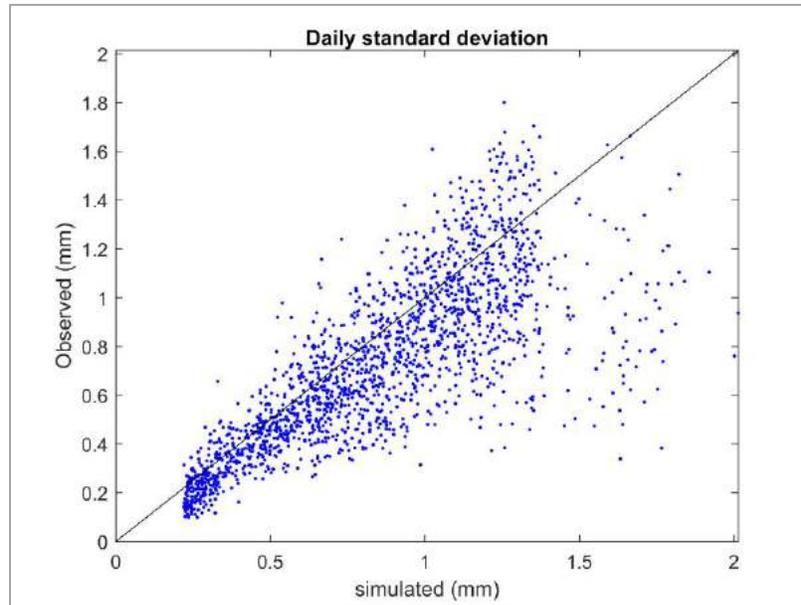


Figura 5. Desviación estándar diaria observada y simulada.

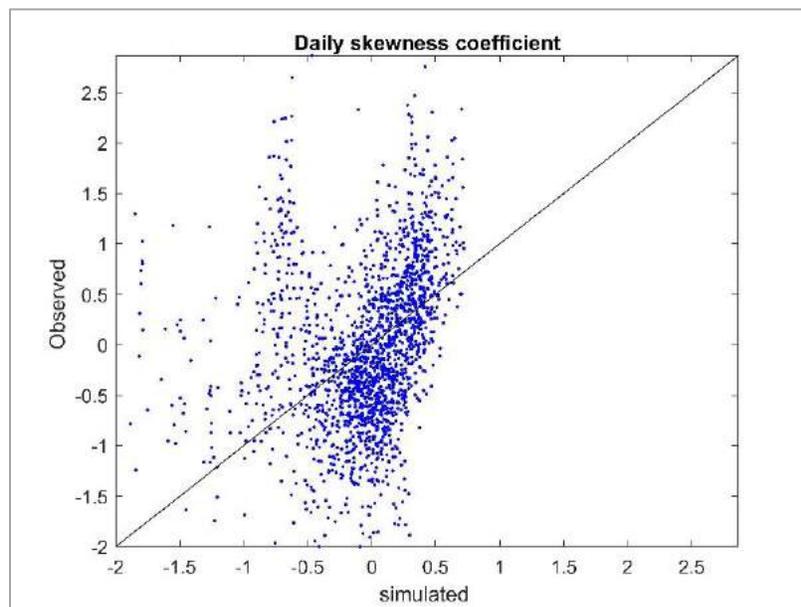


Figura 6. Sesgo diario observada y simulada.

Los resultados mensuales presentan una tendencia similar a los resultados diarios, en este se puede observar que para el caso de las medias mensuales se tiene una menor dispersión que en el caso de las evapotranspiraciones diarias para las cinco subcuencas. En la figura (7) se muestran las medias generadas y observadas de las cuales se apegan la recta que es la igualdad de la serie sobre todo para las evapotranspiraciones menores de 4 mm. Para el caso de la evapotranspiración mayor a 4 mm la media es ligeramente subestimada por el modelo estocástico más sin embargo tiene una muy buena representación de las condiciones reales.

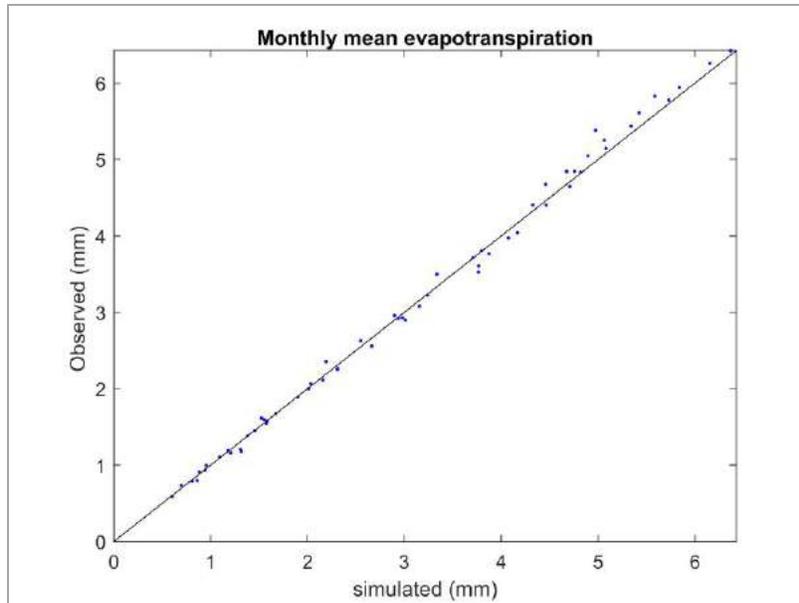


Figura 7. Evapotranspiración media mensual observada y simulada.

La desviación estándar se presenta en la figura (8) en la cual se observa una mayor dispersión donde observo que la serie generada a mayor desviación subestima los resultados, esto se debe a que se utilizaron pocos parámetros. A pesar que se tiene una subestimación los valores tienen a encontrarse cercanos a la recta con una variación de 0.4 mm En el caso del sesgo el cual tiene una mayor variabilidad presenta una subestimación sobre todo en los sesgos negativos, en el caso de los sesgos positivos se encuentran alrededor de la recta en su mayoría con una variación de 0.5 (Figura (9)).

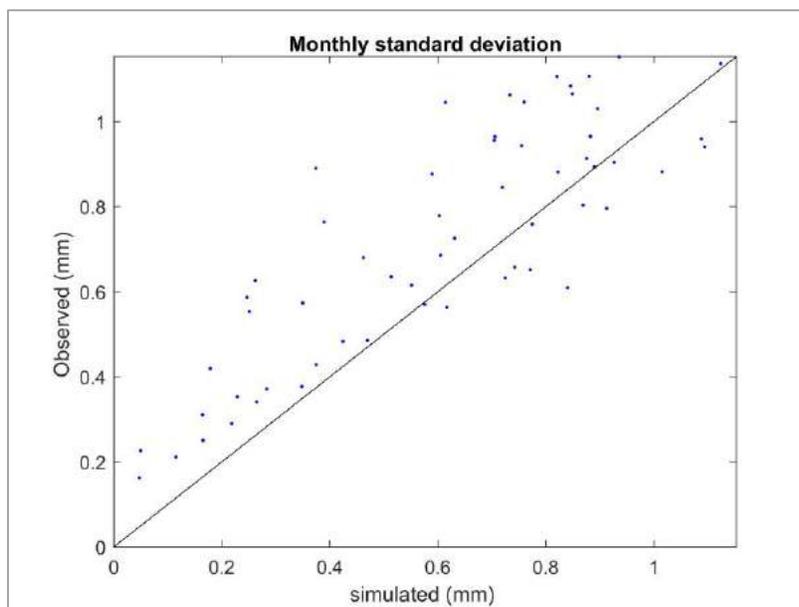


Figura 8. Desviación estándar media mensual observada y simulada.

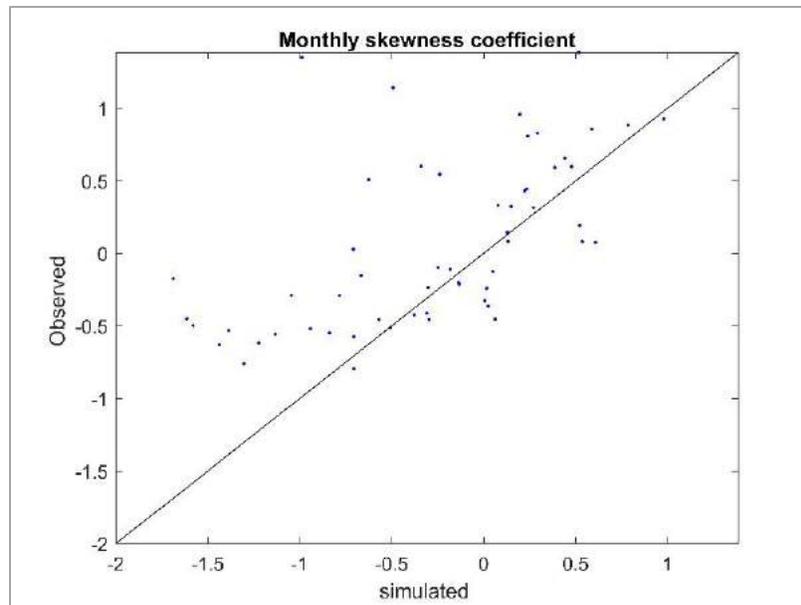


Figura 9. Sesgo mensual observado y simulado.

Discusión

En este estudio nos enfocamos en la influencia de la precipitación sobre la evapotranspiración para los días con lluvia y sin lluvia. También se reconoce que la evapotranspiración depende de diferentes variables climáticas como velocidades de viento, temperaturas, radiación, presión de vapor, entre otras. Sin embargo la dependencia de la evapotranspiración con la precipitación es suficiente para generar las series de evapotranspiración multivariada a escala diaria.

Un modelo estocástico multivariado de tercer orden con influencia de la presencia o no de lluvia y una normalización de raíz cuadrada es capaz de representar las condiciones medias de la evapotranspiración diaria. Además es capaz de representarse con pocos parámetros y dentro de los límites de confianza. Si bien este modelo al contar con pocos parámetros es bastante versátil y con tiempos de modelación mínimos. El modelo estocástico multivariado fue desarrollado en el entorno de Matlab y el cual permitirá hacer análisis para otras zonas de estudio.

Conclusiones.

De manera general se concluye que la metodología planteada en el presente estudio la precipitación tiene una influencia directa en la evapotranspiración la cual puede ser determinada mediante la influencia de la precipitación para los días húmedos y secos. Por otro lado el ajuste de las series de Fourier es capaz de adaptarse a la evapotranspiración para los diferentes estadísticos de los días secos y húmedos. El modelo autorregresivo multivariado de orden tres es capaz de ajustarse a la tendencia de las series de evapotranspiración diaria.

La variabilidad climática ha presentado cambios respecto a las componentes periódicas de las diferentes series.

Este es un nuevo enfoque para la modelación de la evapotranspiración el cual es fácilmente aplicable y además de ser eficiente y versátil respecto a otros generadores estocásticos. La reducción de parámetros es un factor importante que se abordó en este estudio y de igual manera realizar una simulación diaria considerando la influencia de la precipitación.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), La secretaria de Educación Pública (SEP) así como al Ministerio de Economía, industria y competitividad por su financiación en el proyecto "Estimación del Riesgo Ambiental Frente a las sequías y el Cambio climático" Clave CTM2016-77804-P.

Referencias

Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M (1998) Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop requirements

Anderson RL (1942) Distribution of the serial correlation coefficient. *Ann Math Stat* 13:1--13. doi: 10.1214/aoms/1177731638

Bachour R, Maslova I, Ticlavilca AM, et al (2016) Wavelet-multivariate relevance vector machine hybrid model for forecasting daily evapotranspiration. *Stoch Environ Res Risk Assess* 30:103–117. doi: 10.1007/s00477-015-1039-z

Darshana, Pandey A, Pandey RP (2013) Analysing trends in reference evapotranspiration and weather variables in the Tons River Basin in Central India. *Stoch Environ Res Risk Assess* 27:1407–1421. doi: 10.1007/s00477-012-0677-7

Djaman K, Balde AB, Sow A, et al (2015) Evaluation of sixteen reference evapotranspiration methods under sahelian conditions in the Senegal River Valley. *J Hydrol Reg Stud* 3:139–159. doi: 10.1016/j.ejrh.2015.02.002

El-Shafie A, Alsulami HM, Jahanbani H, Najah A (2013) Multi-lead ahead prediction model of reference evapotranspiration utilizing ANN with ensemble procedure. *Stoch Environ Res Risk Assess* 27:1423–1440. doi: 10.1007/s00477-012-0678-6

Feng G, Cobb S, Abdo Z, et al (2016) Trend analysis and forecast of precipitation, reference evapotranspiration, and rainfall deficit in the blackland prairie of eastern Mississippi. *J Appl Meteorol Climatol* 55:1425–1439. doi: 10.1175/JAMC-D-15-0265.1

Landeras G, Ortiz-Barredo A, López JJ (2009) Forecasting Weekly Evapotranspiration with ARIMA and Artificial Neural Network Models. *J Irrig Drain Eng* 135:323–334. doi: 10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000008

Muniandy JM, Yusop Z, Askari M (2016) Evaluation of reference evapotranspiration models and determination of crop coefficient for *Momordica charantia* and *Capsicum annum*. *Agric Water Manag* 169:77–89. doi: 10.1016/j.agwat.2016.02.019

Neumaier A, Schneider T (2001) Estimation of parameters and eigenmodes of multivariate autoregressive models. *ACM Trans Math Softw* 27:27–57. doi: 10.1145/382043.382304

Pandey PK, Dabral PP, Pandey V (2016) Evaluation of reference evapotranspiration methods for the northeastern region of India. *Int Soil Water Conserv Res* 4:56–67. doi: 10.1016/j.iswcr.2016.02.003

Pandey PK, Pandey V, SINGH R, Bhakar SR (2009) Stochastic Modelling of Actual Black Gram Evapotranspiration. *J Water Resour Prot* 01:448–455. doi: 10.4236/jwarp.2009.16054

Parlange MB, Katz RW, Parlange MB, Katz RW (2000) An Extended Version of the Richardson Model for Simulating Daily Weather Variables. *J Appl Meteorol* 39:610–622. doi: 10.1175/1520-0450-39.5.610

Pham MT, Vernieuwe H, Baets B De, et al (2016) Stochastic simulation of precipitation-consistent daily reference evapotranspiration using vine copulas. *Stoch Environ Res Risk Assess* 30:2197–2214. doi: 10.1007/s00477-015-1181-7

Richardson CW (1981) Stochastic Simulation of Daily Precipitation, Temperature, and Solar Radiation. 17:182–190

Salas JJD, Delleur JW, Yevjevich VM, Lane WL (1980) Applied modeling of hydrologic time series

Slaviša T (1998) COMPARISON OF PREDICTION MODELS OF REFERENCE CROP EVAPOTRANSPIRATION. *FACTA Univ* 1:617–625

9

Autoría

Nava, *et al.*

Título del trabajo

El derecho humano al agua en México: ¿Qué diseño de política pública?

Datos de los autores

Luzma Fabiola Nava^{1,2}

¹ Cátedra–CONACyT – Centro del Cambio Global y la Sustentabilidad, A.C. (CCGS). Villahermosa, Tabasco, México. lnava@conacyt.mx

² International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA). Laxenburg, Austria.

Ojilve Ramón Medrano Pérez¹

¹ Cátedra–CONACyT – Centro del Cambio Global y la Sustentabilidad, A.C. (CCGS). Villahermosa, Tabasco, México. omedrano@conacyt.mx

Antonio Cáñez Cota³

³ Cátedra–CONACyT – Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS) – Consorcio de Investigación y Diálogo sobre Gobierno Local (CIDIGLO), Guadalajara, Jalisco, México. acanez@conacyt.mx

El derecho humano al agua en México: ¿Qué diseño de política pública? Nava, Medrano Pérez y Cádiz Cota

Resumen

La crisis de la gestión del agua en México es una crisis de gobernanza. México se encuentra en la encrucijada esperando que la nueva legislación sienta las bases para el diseño de la nueva política de aguas, misma que atenderá uno de los mayores desafíos nacionales: el derecho humano al agua potable y saneamiento. El propósito de esta ponencia consiste en analizar las repercusiones al diseño de política pública de las principales propuestas de ley: la gubernamental y la ciudadana. Este análisis se hace por medio de la revisión de ambas iniciativas, donde se contrastan los valores, las estrategias y los mecanismos detrás de cada una. La principal aportación de este trabajo es mostrar un comparativo de las propuestas de ley, con el fin de apuntar las implicaciones directas que configurarán el diseño de la nueva política de aguas en México.

Palabras claves

Derecho humano al agua, crisis, México, política pública.

Introducción

El recurso en agua se caracteriza por una riqueza de matices que revela la complejidad de su gestión, aprovechamiento, distribución y sustentabilidad. El recurso hídrico en México ha sido considerado, por la administración de Enrique Peña Nieto (2012-2018), como un recurso vital que promueve el desarrollo de las familias y como uno de los pilares del desarrollo nacional. Según el ahora vigente Programa Nacional Hídrico (PNH 2014-2018), el recurso hídrico es en México indispensable para garantizar el bienestar y la salud a la sociedad y preservar el medio ambiente. No obstante, los deseos de transformar al Estado se han concretizado en una serie de reformas al conjunto de instituciones y organizaciones que rigen la administración del recurso, lo que ha favorecido consecuentemente el cambio de comportamiento del Estado *vis-à-vis* la gestión y la sustentabilidad del recurso.

En esta lógica de transformación, en febrero de 2015 se ha propuesto la *Ley General de Aguas*, la cual, de ser aprobada se convertirá en el broche de oro de la reforma integral de la gestión del agua en México, tal y como estipulado en el PNH 2014-2018. Sin embargo, manifestaciones ciudadanas han surgido con el objetivo de contestar la homogeneidad y verticalidad de las críticas decisiones gubernamentales. En un contexto en el que las relaciones entre el crecimiento poblacional, la disponibilidad de recursos en agua, y el desarrollo económico son inversamente proporcionales y, las decisiones gubernamentales son impuestas desde arriba, se vuelve necesario entonces la construcción de bases legítimas sobre las que pueda reposar el acceso equitativo al agua, el aprovechamiento y el desarrollo sustentable de los recursos agua; así como también, la protección de las fuentes de agua y de sus ecosistemas.

Las manifestaciones ciudadanas, inmersas en una lógica de equidad y justicia, se traducen en acciones tomadas por la sociedad con el objetivo de ejercer y reclamar sus derechos, pero sobre todo de proponer mecanismos alternativos para alcanzar la sustentabilidad del recurso en agua sin acentuar la ya agravada problemática de la gestión del agua en México. La *Iniciativa Ciudadana de Ley General de Aguas* y *La Ley de Agua y Sustentabilidad Hídrica de la Ciudad de México* son un ejemplo concreto de las manifestaciones ciudadanas para salvaguardar el rol esencial del agua. Ambas propuestas, construidas mediante mesas de trabajo con la participación de investigadores, académicos y especialistas en el tema, representan instrumentos políticos que se anteponen a la eminente transformación del agua como líquido fuente de conflictos sociales, económicos y ambientales.

El primero tiene como objetivo presentar un panorama general de la gestión del agua en México desde los años 1980. En el segundo apartado presentamos una lectura no-exhaustiva de la Ley General de Aguas. Posteriormente, elaboramos un breve análisis de dicha Ley. Por último, abordamos la crisis de la gestión del agua en México. En esta sección argumentamos que dicha crisis deriva de una crisis de gobernanza; al mismo tiempo, presentamos los mecanismos ciudadanos que han sido propuestos para resolverla. Concluimos que la crisis de la gestión del agua en México es una crisis de gobernanza derivada de una serie de deficiencias gubernamentales *vis-à-vis* la gestión del recurso, pero, sobre todo, de la falta de voluntad política del Estado para hacer de la sociedad el eje fundador en el proceso de toma de decisiones.

1. Bosquejo cronológico de la gestación de la actual gestión del agua en México

La *Gestión Integrada de los Recursos Hídricos* (GIRH) consiste en “un proceso que promueve la gestión y el desarrollo coordinados del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultante de manera equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales” (GWP Technical Advisory Committee, 2000: 22). Teóricamente, la GIRH es un marco conceptual comprehensivo que toma en cuenta las múltiples facetas de los recursos en agua, tal como recurso natural y recurso productivo, así como las dimensiones socio-política y ambiental que interactúan con el recurso, y los procesos administrativos que conlleva su acceso, distribución, uso, gestión, y preservación (Nava, 2014). La GIRH en México se ha concretado progresivamente hasta ser declarado como eje de gestión de los recursos hídricos. Sin embargo, en este proceso de decisión, la dimensión social ha sido quizás la menos integrada al respecto y por lo tanto la más afectada. Al respecto, podríamos decir que el proceso de integración de la gestión del recurso agua en México empieza a gestarse en la década de los 70s.

Bajo la administración de Luis Echeverría Álvarez (1970-1976) se llevaron a cabo varias reformas estructurales encaminadas al impulso de la descentralización. En materia de agua, las reformas en la legislación y administración del recurso “estuvieron vinculadas a la discusión sobre el federalismo. [Las reformas consistieron principalmente en] la cesión de competencias y funciones del Gobierno Federal hacia los estados y municipios” (Birrichaga, 2009: 54). Al respecto, es bajo esta administración, que en 1972 se promulgó la Ley Federal de Aguas y en 1975 se formuló el primer Plan de Aguas Nacionales. Sin embargo, es hasta la década de los 80s que empieza a gestarse la GIRH como paradigma de gestión. Para José López Portillo y Pacheco (1976-1982) fue importante la descentralización y hacer, de la participación del sector privado, una presencia creciente en la gestión de los ámbitos de interés público. Durante este sexenio, “la [participación] del sector privado [fue] altamente favorecida en detrimento del rol rector del Estado” (Birrichaga, 2009: 54).

Más tarde, bajo la administración de Miguel de la Madrid (1982-1988) dos grandes reformas estructurales se llevaron a cabo: 1) la descentralización de las empresas públicas que representaban una carga administrativa, fiscal y económica para el Estado, y 2) la apertura de las fronteras a los flujos de comercio internacional, capitales y transferencias de tecnología. La segunda reforma estuvo altamente motivada por la integración de México al entonces *General Agreement on Tariffs and Trade* (GATT); hoy en día, la Organización Mundial del Comercio (OMC). Sin embargo, el impulso estructural más fuerte a la descentralización durante esta administración se realizó en 1983 al reformar el Art. 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM). Con dicha reforma los municipios tendrían, desde este momento, “a su cargo los servicios públicos de [...] agua potable y alcantarillado” (Birrichaga, 2009: 54-55). El sexenio de Carlos Salinas de Gortari (1988-1994) perpetúa la reconfiguración de la política del Estado mexicano. La privatización del conjunto de empresas propiedad del Estado y la lucha contra el modelo proteccionista son las principales líneas directrices de esta administración encaminadas a renovar la industria nacional considerada como obsoleta e inadecuada. Para Salinas de Gortari fue esencial 1) descentralizar para reducir los costos administrativos y aumentar la productividad, y 2) privatizar para alinearse a las

dinámicas del contexto internacional y a los principios promovidos por las organizaciones internacionales. Consecuentemente, y en razón de la modernización de la gestión del agua, toda una serie de transformaciones al interior del Estado tuvo lugar. Es bajo esta administración donde se reconoce “que la administración del agua debía tener una organización propia y separada de un sector de usos, en particular de la irrigación” (Birrichaga, 2009: 55-56). El 16 de enero de 1989 el presidente Carlos Salinas de Gortari creó la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) la cual se consagra como la autoridad del agua a la escala nacional.

Así, una de las primeras tareas de la CONAGUA fue establecer un nuevo marco jurídico. Al respecto, en 1992 la CPEUM es objeto de una reforma más. En esta ocasión es el turno del Art. 27 el cual en su nueva versión avanza que el agua es susceptible de convertirse en un bien privado al mencionar que la Nación tiene el derecho de transmitir el control del recurso a los particulares. Así, el 1º de diciembre de 1992, se publica la Ley de Aguas Nacionales (LAN) que postula como principios fundamentales la gestión integrada del agua, la planeación y programación hidráulica, la mayor participación de los usuarios de agua y la seguridad jurídica de los derechos de uso o aprovechamiento, entre otros. Un aspecto relevante de la LAN es el reconocimiento explícito del principio de que la cuenca, junto con los acuíferos, constituye la unidad de gestión de los recursos hídricos (LAN, Art. 3; Birrichaga, 2009). Con las reformas consecutivas a los artículos 28 y 31 de la CPEUM en 1993, la CONAGUA comenzó a gestar uno de los proyectos gubernamentales más ambiciosos, discretos y progresivos: la gestión integrada de los recursos hídricos favorecida por la promoción de la descentralización de funciones, la participación ciudadana y el reconocimiento de la cuenca hidrológica como unidad básica para la administración del agua (Nava-Jiménez, 2007; Nava, 2016).

La administración de Ernesto Zedillo Ponce de León (1994-2000) no estuvo exenta de reformas estructurales. En 1999, el Art. 115 de la CPEUM es reformado una vez más enfatizando que los municipios tienen a su cargo las funciones y servicios públicos de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de sus aguas residuales. De la misma manera, los municipios pueden celebrar convenios con el Estado para que éste, de manera directa o a través del organismo correspondiente, se haga cargo en forma temporal de algunos servicios, o bien, se presten o ejerzan coordinadamente por el Estado y el propio municipio (sección III, Art. 115, 1999, CPEUM).

La LAN es reformada por primera vez en 2004, bajo la administración de Vicente Fox (2000-2006). Dicha reforma enfatiza el rol esencial del gobierno federal y de la CONAGUA en la descentralización de la gestión de los recursos hídricos. También reconoce las capacidades institucionales de la CONAGUA para contratar, concesionar o descentralizar la prestación de los servicios que sean de su competencia. Asimismo, se oficializa que la gestión de los recursos hídricos se llevará a cabo en forma descentralizada e integrada; convirtiéndose así en uno de los principios que sustentan la política hídrica nacional. Finalmente, dentro del marco de la primera reforma a la LAN, se declara de utilidad pública, entendiéndose como prioridad y asunto de seguridad nacional, la gestión integrada de los recursos hídricos, superficiales y del subsuelo, a partir de las cuencas hidrológicas en el territorio nacional (DOF 29/04/2004).

La administración de Felipe de Jesús Calderón Hinojosa (2006-2012) continúa con los esfuerzos de las administraciones precedentes por reformar por completo la gestión de los recursos hídricos. La LAN, sufre durante esta administración cuatro reformas más. La primera, en 2008, está relacionada con el plazo con el que cuenta la CONAGUA para actualizar el proceso de regularización administrativa de concesiones para la explotación de aguas nacionales. La segunda reforma, en 2011, tuvo como objetivo declarar de interés público la sustentabilidad ambiental y la prevención de la sobreexplotación de los acuíferos (DOF 20/06/2011). En 2012 se llevan a cabo dos reformas mayores. El Art. 4 de la CPEUM es reformado con el objetivo de estipular que toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible [...] (DOF 8/02/2012). Por último, la última reforma de esta administración tuvo como propósito la suspensión, extinción, revocación, restricciones y servidumbres del sistema de concesión, asignación, permisos de descarga y de construcción (DOF 8/06/2012).

La actual administración de Enrique Peña Nieto (2012-2018) ha sido hasta ahora la que más esfuerzos ha llevado a cabo para reformar la gestión del agua en México. Sin precedentes, al menos doce reformas relacionadas con el sector han sido llevadas a cabo. El Art. 27 de la CPEUM ha sido reformado tres veces. La primera reforma, en 2013, tuvo como objetivo reafirmar que la explotación, el uso o el aprovechamiento de los recursos por los particulares o por sociedades constituidas conforme a las leyes mexicanas, no podrá realizarse sino mediante concesiones otorgadas por el Ejecutivo Federal (DOF 11/06/2013). La segunda reforma subraya que el gobierno federal tiene la facultad de establecer reservas nacionales y suprimirlas (DOF 20/12/2013). En 2016, se llevó a cabo lo que pudiera ser la última reforma al Art. 27 durante esta administración. Dicha reforma estipula que las aguas del subsuelo pueden ser libremente alumbradas mediante obras artificiales y apropiarse por el dueño del terreno. De la misma manera, cualesquiera otras aguas pueden ser consideradas como parte integrante de la propiedad de los terrenos por los que corran o en los que se encuentren sus depósitos (DOF 29/01/2016). Es durante el periodo de estas reformas que, en febrero de 2015, se hace público lo que es el bosquejo de la Ley General de Aguas, tema que será abordado en la siguiente sección.

2. Lectura no exhaustiva de la Ley General de Aguas

En febrero de 2015 se presenta el proyecto de la *Ley General de Aguas* (LGA) ante la Cámara de Diputados. La propuesta de Ley es reglamentaria del artículo 4o., párrafo sexto de la CPEUM, el cual estipula que:

Toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible. El Estado garantizará este derecho y la ley definirá las bases, apoyos y modalidades para el acceso y uso equitativo y sustentable de los recursos hídricos, estableciendo la participación de la Federación, las entidades federativas y los municipios, así como la participación de la ciudadanía para la consecución de dichos fines (CPEUM, Art. 4, párrafo 6to).

La LGA también es reglamentaria del artículo 27, párrafo quinto y sexto de la CPEUM:

Corresponde a la Nación el dominio directo de todos los recursos naturales [...] (CPEUM, Art. 27, párrafo 5to).

Son propiedad de la Nación las aguas de los mares territoriales en la extensión y términos que fije el Derecho Internacional; [...] Las aguas del subsuelo pueden ser libremente alumbradas mediante obras artificiales y apropiarse por el dueño del terreno, pero cuando lo exija el interés público o se afecten otros aprovechamientos, el Ejecutivo Federal podrá reglamentar su extracción y utilización y aún establecer zonas vedadas, al igual que para las demás aguas de propiedad nacional. Cualesquiera otras aguas no incluidas en la enumeración anterior, se considerarán como parte integrante de la propiedad de los terrenos por los que corran o en los que se encuentren sus depósitos, pero si se localizaren en dos o más predios, el aprovechamiento de estas aguas se considerará de utilidad pública, y quedará sujeto a las disposiciones que dicten las entidades federativas (CPEUM, Art. 27, párrafo 6to).

La propuesta de LGA establece lo siguiente: 1) el recurso en agua es propiedad de la Nación; 2) la administración de los bienes públicos inherentes a las aguas nacionales es responsabilidad de la Comisión Nacional del Agua; y, 3) están sujetos a esta Ley, las autoridades federales, estatales, del Distrito Federal y municipales, así como los concesionarios, asignatarios, los prestadores y usuarios de servicios de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas residuales, así como la población.

Respecto al Derecho Humano al Agua, la propuesta de LGA declara que es responsabilidad de la Federación, estados, Distrito Federal y municipios, el garantizar el derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua. Lo que implica que el agua debe encontrarse en las cercanías inmediatas de cada hogar, institución educativa o lugar de trabajo. Sin embargo, dentro de los esfuerzos para garantizar el derecho al agua, el acceso al mínimo vital (Art. 49), la ley reconoce la existencia de costos y cargos directos e indirectos asociados al agua los cuales deben de ser acordes con la capacidad económica de los usuarios (Art. 40-42). De hecho, con el objetivo de que el acceso al mínimo vital al agua pueda ser garantizado es necesario que la Federación, los estados, el Distrito Federal y los municipios establezcan contribuciones y tarifas asociadas al agua para consumo personal y doméstico (Art. 50). Dicho de otra manera, es la obligación del concesionario y del usuario contribuir por la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes, así como pagar las tarifas por la prestación de los servicios relacionados (Art. 51). Más adelante, se establece que los Consejos de Cuenca no están subordinados a la Comisión (Art. 55), pero tienen la responsabilidad de apoyar la gestión y coordinación de recursos e inversiones en materia hídrica entre el Gobierno Federal y los gobiernos de los estados, Distrito Federal y municipios (Art. 59). Para prestar los servicios públicos de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de sus aguas residuales (Art. 65), los municipios pueden prestar dichos servicios de forma coordinada y asociada, por sí o a través del otorgamiento de concesiones (Art. 65). Sin embargo, cabe aclarar que los servicios públicos de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas residuales tienen una naturaleza prestacional que deriva de la contraprestación, cuota o

tarifa que se paga de manera periódica para su recepción por parte del usuario (Art. 74). En lo que se refiere particularmente a la prestación del servicio de agua potable, es responsabilidad de la autoridad competente la facturación y el cobro de tarifas o derechos (Art. 75). En algunas situaciones, el abastecimiento del volumen de agua que garantice el derecho humano puede ser restringido o suspendido (Art. 76). Por su lado, la prestación de los servicios públicos de drenaje y alcantarillado depende de las condiciones geográficas, geológicas locales y regionales, el estado y desarrollo de la infraestructura hidráulica (Art. 77). En este supuesto, de que no exista la infraestructura necesaria, se proveerá el servicio de recolección y desalojo mediante sistemas alternativos (Art. 78). Todo esto enmarcado dentro de una lista de principios listados en el Art. 82 de la LGA. A continuación, presentamos los más pertinentes para este estudio

- a) El agua es un recurso vital, vulnerable y finito, con valor social, cultural, ambiental y económico, cuya gestión es tarea fundamental del Estado y la sociedad, así como prioridad y asunto de seguridad nacional.
- b) El Estado debe regular sus usos y otorgar preferencia al doméstico y al público urbano.
- c) El concesionario y el usuario deben contribuir por la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes, así como pagar las tarifas por la prestación de los servicios relacionados.
- d) La distribución, manejo y gestión del agua por parte del Estado y su uso por la autoridad competente deben ser económicos, eficientes, equitativos, democráticos, participativos, responsables, solidarios, sostenibles y transparentes.

La LGA es interesante y controversial al mismo tiempo. Por un lado, garantiza el derecho humano al agua, y confirma la responsabilidad de las autoridades competentes para este fin. El derecho humano al agua, tal y como definido en la LGA, consiste en el derecho que la persona tiene al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible. Por otro lado, al derecho humano al agua le corresponde una obligación sin la cual éste no puede ser ejercido. La obligación del pago oportuno por su uso y descarga. Dicho de otra manera, el derecho humano al agua es efectivo solo si el beneficiario goza de una cierta capacidad económica que le permita pagar por el consumo personal y doméstico. Entonces, para beneficiar al menos del volumen mínimo vital estipulado en la LGA (50 litros por persona y día) el beneficiario debe de tener los recursos mínimos económicos para pagar la tarifa. Al respecto cabe mencionar que Naciones Unidas reconoció el derecho de todos los seres humanos a tener acceso a una cantidad de agua suficiente para el uso doméstico y personal (entre 50 y 100 litros de agua por persona y día) y que sea segura, aceptable y asequible; el costo del agua no deberá superar el 3% de los ingresos del hogar (NU, 2014). En este caso, la LGA se caracteriza por la ausencia de definición de criterios - sociales, económicos, geográficos- necesarios para la fijación de tarifas. De la misma manera, la LGA hace alusión, repetidamente, a la sustentabilidad de los recursos hídricos, así como a la sustentabilidad del ambiente. Sin embargo, no proporciona los parámetros necesarios para definir la sustentabilidad, ni mucho menos, para garantizarla.

3. La crisis de la gestión del agua en México

La crisis de la gestión del agua en México es una crisis de gobernanza. La gobernanza consiste en el proceso integrador, dentro de un marco de referencia, de las relaciones entre el Estado y la sociedad con el objetivo de resolver problemáticas e inquietudes colectivas (Nava 2013). En el caso que nos compete, las problemáticas que afectan a la colectividad requieren de una participación activa, en co-responsabilidad con el Estado, y de un marco institucional que legitime la participación ciudadana dentro de los procesos de socialización de la gestión del agua. La gestión del agua en México vive una crisis de gobernanza debido al desfase que existe entre las necesidades sociales, los requerimientos ambientales, la voluntad política del Estado, y los mecanismos institucionales. Si el marco institucional es débil, dictado de arriba hacia abajo, y si además no puede responder a las necesidades de la sociedad, entonces se produce una incompatibilidad *socio-institucional* que provoca y fortalece, consecuentemente, la participación, reactiva y propositiva, de la sociedad.

Bajo este contexto, iniciativas ciudadanas han emergido como un despertar social y como muestras del ejercicio de la ciudadanía con el fin de socializar la gestión del agua y promover su desarrollo sustentable intergeneracional y de contrapesar los efectos negativos que se ocasionarían con la propuesta LGA. Para tal efecto, en esta sección hacemos referencia a dos iniciativas pensadas por la sociedad cuyo fin común es el de la transformación del agua como líquido vital, bien común, objeto de cohesión social y soluciones sustentables. *La Iniciativa Ciudadana de Ley General de Aguas* (ICLGA) representa el primer ejemplo de movilización ciudadana. Presentada el 10 de febrero de 2015 ante la Cámara de Diputados, la ICLGA

Establece [...] que el agua es un bien de la nación, proveniente de la naturaleza, y que las decisiones sobre ella tendrán que ser tomadas por los pueblos y la ciudadanía en sus respectivas escalas de territorio. [La ICLGA] rechaza [la] mercantilizaci[ón] [y] privatiza[ci]ón [del agua] [y hasta] lucrar con su gestión. [Además, reconoce el carácter fundamental de] la elaboración co-gestionada, o sea ciudadana-comunitaria y gubernamental, de planes de ejecución obligatoria, vigilados por una contraloría ciudadana (Greenpeace, 2016).

La ICLGA define la gestión integral de cuencas como el proceso colaborativo y planificado a través del cual se busca comprender la compleja interacción entre las aguas pluviales y superficiales, los suelos, los ecosistemas, los asentamientos y actividades humanas y los flujos subterráneos [...], con el fin de consensuar, ejecutar y evaluar programas de acción que restauren y mantengan los servicios ecosistémicos y flujos subterráneos requeridos para contar con agua de calidad para las actuales y futuras generaciones. La cuenca constituye la unidad hidrológica-administrativa básica de la planeación y gestión hídrica; y como tal, la organización de la cuenca consiste en subcuenca o microcuenca. Para su gestión integral, cada cuenca se rige por un Plan rector de la cuenca (Art. 25).

La ICLGA considera que el ser humano tiene derecho al agua y al saneamiento. El primero consiste en beneficiar de un agua suficiente, segura, aceptable culturalmente, accesible físicamente y asequible económicamente para usos personales y domésticos. El derecho humano al saneamiento consiste en contar con instalaciones sanitarias y servicios adecuados de saneamiento, suficientes, seguros, culturalmente aceptables y

asequibles económicamente. Ambos, son derechos humanos sin los cuales no sería posible la realización del derecho a la salud, a la alimentación, a un medio ambiente sano, a la educación. Consecuentemente, la seguridad hídrica consiste en el acceso permanente al líquido de calidad y saneamiento reduciendo al mínimo los efectos nefastos de alguna situación climática que pueda poner en riesgo el beneficio de ambos derechos humanos. En su Art. 4, la ICGLA enumera una serie de principios bajo los cuales se rige la gestión del agua. El acceso al agua para el ejercicio de los dos derechos humanos representa el uso prioritario del recurso. El agua para los ecosistemas figura como el segundo uso prioritario del recurso. La sustentabilidad de los recursos hídricos consiste en el aprovechamiento máximo de las aguas pluviales y reúso de aguas residuales tratadas. La sustentabilidad también consiste en el garantizar el acceso al recurso, tanto en calidad como en cantidad, a las generaciones actuales y futuras. Para ello, la participación ciudadana, en términos democráticos, es esencial dentro del proceso de toma de decisiones. Dicho así, la administración pública y ciudadana del agua instituye un sistema de corresponsabilidad basado en procesos participativos de planeación, monitoreo y evaluación (Art. 5). Los gobiernos municipales y del Distrito Federal son responsables de garantizar el acceso equitativo al volumen estándar de la cuenca a todos sus habitantes, así como el tratamiento y reúso de las aguas residuales de origen doméstico. El agua de la que se dote a la población debe de ser apta para el consumo humano según los términos de la Norma Oficial Mexicana correspondiente (Art. 13). La Agenda Nacional del Agua y la Estrategia Nacional para la Sustentabilidad, Equidad y Seguridad Hídrica son instrumentos de política pública para la planeación y el establecimiento de metas de largo (15 años) y mediano plazo (6 años) respectivamente (Art. 49 – 50). Complementariamente, los Planes rectores de cuenca, elaborados en conjunto con los organismos de cuenca, permiten vincular las acciones e inversiones en cada cuenca a la Agenda Nacional del Agua (Art. 53); así mismo coadyuvan a la planeación estratégica y a la gestión adaptativa de la cuenca (Art. 55). Con el objetivo de garantizar el derecho humano al agua se crea el Fondo Nacional para el Derecho Humano al Agua y Saneamiento (Art. 74), el cual tendrá como objetivo financiar obras y actividades realizadas y administradas por sistemas autogestivos, grupos comunitarios, escuelas, o cualquier otro grupo en zonas marginadas sin acceso a estos derechos; entre otros (Art. 77). El pago de derechos, tarifas, y/o multas se destinará al Fondo (Art. 76). Cabe mencionar que, siendo responsabilidad del Estado, el acceso al volumen mínimo indispensable de agua potable por día, y su aprovechamiento, es gratuito (Art. 42; 75). De ser aprobada, la ICGLA abrogaría la LAN de 1992 y favorecería el enfoque de gestión integral de cuencas.

La Ley de Agua y Sustentabilidad Hídrica de la Ciudad de México (LASH-CDMX) representa el segundo ejemplo de movilización ciudadana. Presentada como iniciativa con proyecto de decreto de ley el 22 de marzo del 2016, y aprobada el 24 de noviembre de 2017, la LASH-CDMX tiene por objetivo revertir las consecuencias de una gestión inadecuada del agua y de la presión sobre el suelo que se ejerce debido a la sobreexplotación de la principal fuente de abastecimiento, el acuífero del Valle de México, y su dudosa sustentabilidad a mediano y largo plazo. En la CDMX, el 18% de la población no recibe agua todos los días, el 32% no recibe agua suficiente para atender sus necesidades y requiere del apoyo de pipas y de comprar agua en garrafones. Además, 45 colonias sufren de altos riesgos de inundación en temporada de lluvias. Más aun, en

la CDMX el abastecimiento de las futuras generaciones está en entredicho (Sistema de Aguas de la CDMX). En este sentido, la LASH-CDMX ofrece mecanismos puntuales para revertir las consecuencias nefastas entre el crecimiento de la población (incremento de la demanda), disponibilidad del agua (oferta equilibrada), y extracción y recarga del acuífero (sostenibilidad de la fuente de agua). La Ley prevé, además, la creación de un organismo descentralizado y dotado de plena autonomía de gestión, mismo que se denominaría “Sistema de Aguas de la Ciudad de México”, para gestionar el agua. Dentro del marco de esta Ley, toda persona tiene derecho al acceso, protección y saneamiento al agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, saludable y asequible. Además, la participación de la sociedad es esencial para el logro de la sustentabilidad hídrica. La LASH-CDMX propone captar el agua de lluvia y que los sectores público, privado, social, ejidos, comunidades, barrios, pueblos y en los hogares de las y los habitantes de la Ciudad de México (CDMX) puedan aprovecharla al máximo. La “cosecha” de agua de lluvia en la CDMX es ahora regulada por ley, y promovida, organizada e incentivada por el Gobierno de la CDMX. Con ello, se estipula el título de “cosechador” de agua pluvial quien coadyuva a la construcción colectiva de una nueva cultura del uso, ahorro y reúso del agua potable por medio de la cosecha de agua de lluvia. Y para institucionalizar dicha actividad, se propone también el Programa General de Cosecha de Agua de Lluvia de la CDMX. En el Art. 6. Se establece que el agua es un recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el ambiente; el agua es un bien social, cultural, ambiental y económico. Se añade además que el agua tiene un valor económico en todos sus diversos usos en competencia a los que se destina y los servicios hidráulicos deben pagarse por su prestación de acuerdo a las disposiciones legales aplicables; y que la mujer desempeña un papel fundamental en la gestión, ahorro y protección del agua. El servicio público de agua no puede suspenderse, a menos de que exista falta de pago por los servicios hidráulicos, durante dos o más periodos. En el caso de restricción o suspensión de los servicios hidráulicos, la Ley estipula que se proporcionará el servicio de suministro de agua potable para las necesidades básicas, considerando 50 litros por persona al día, mediante la dotación a través de carros tanques o hidrantes provisionales o públicos distribuidos en las demarcaciones territoriales de la CDMX y/o vales de garrafones de agua potable (Art. 68). El pago de las tarifas por los servicios hidráulicos es bimestral y se basa en el principio de equidad asegurando que estos sean accesibles para todos incluyendo a grupos sociales vulnerables (Art. 6). La LASH-CDMX representa un instrumento de política pionero de la necesidad urgente de construir una Cultura del Agua para garantizar el equilibrio ambiental de la Cuenca de México, y gran promotor de la participación ciudadana para contribuir a mejorar la salud y la protección civil de la población (Art. 133). La participación de la población es esencial para la gestión sustentable e integral de los recursos hídricos (Art. 163).

Conclusión

En noviembre de 2002, el Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales de Naciones Unidas, subrayó que el derecho humano al agua es indispensable para una vida humana, el cual consiste en el derecho de cada uno de nosotros a disponer de agua suficiente, saludable, aceptable, físicamente accesible y asequible para su uso personal y doméstico (NU, 2014). Desde entonces, diversas instituciones y organizaciones impulsan la incorporación de derecho humano al agua como un derecho que sea

garantizado en cada uno de los marcos normativos formales (Romero Navarrete, 2016). Tal y como lo hemos mencionado, es en 2012 que la CPEUM sufre una importante reforma al reconocer el derecho humano al agua como una garantía constitucional. Desde entonces, el reto del Estado ha consistido en garantizar que toda persona tenga el derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible. Es así, como la LGA y las iniciativas ciudadanas, han surgido. Sin embargo, los medios para alcanzar dicho objetivo son diferentes. Por un lado, la LGA responde a los intereses del Estado y a los objetivos de política hídrica nacional planteados en el 2012. Por su parte, las iniciativas ciudadanas, además de ofrecer soluciones puntuales y concretas para resolver colectivamente la crisis de la gestión del agua, hacen de la participación ciudadana un pilar del proceso de toma de decisiones. La ICLGA y la LASH-CDMX personalizan tres recomendaciones de política pública pensadas por y para la sociedad: 1) efectividad del derecho humano al agua y su integración dentro de los instrumentos de política pública; 2) transformación del agua en un recurso vital y bien común; y 3) responsabilidad compartida entre la autoridad respectiva y la sociedad en cuanto la gestión del recurso. Ambas iniciativas incorporan eficazmente la creciente preocupación de la sociedad por el desarrollo sostenible del recurso y la gestión democrática del mismo. Además, proponen estrategias institucionales y soluciones viables a los problemas que han derivado de la falta de capacidad gubernamental para resolver eficazmente la problemática de la gestión del recurso. Dentro de la esfera de la gobernanza, la responsabilidad de garantizar el derecho humano al agua recae sobre el Estado al mismo tiempo que lo compromete a endosar a la sociedad la toma de decisiones para la consecución del acceso sustentable y equitativo al agua.

Referencias

Birrichaga, Diana. 2009. "Legislación en torno al agua, siglos XIX y XX". En *Semblanza Histórica del Agua en México*, Comisión Nacional del Agua, Ed. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, p. 43-59.

Caldera Ortega, Alex Ricardo. 2009. "Gobernanza y sustentabilidad: Desarrollo institucional y procesos políticos en torno al agua subterránea en México. Los casos del valle de León y del valle de Aguascalientes". Tesis doctoral, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO), Sede Academia de México, México, DF.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2017. "Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento". Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y CONAGUA (Subdirección General Jurídica). Consultado el 22 de diciembre de 2017. <http://files.conagua.gob.mx/conagua/publicaciones/Publicaciones/SGJ-1-17.pdf>

_____. 2016. "Atlas del Agua en México 2016". Comisión Nacional del Agua y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. Consultado el 18 de diciembre de 2017. http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/AAM_2016.pdf

_____. 2014. Programa Nacional Hídrico 2014-2018 (PNH 2014-2018). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y CONAGUA. Consultado el 22 de diciembre de 2017. <http://files.conagua.gob.mx/transparencia/PNH2014-2018.pdf>

CPEUM (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos). 2017. "Constitución Política De Los Estados Unidos Mexicanos". Texto vigente de la última reforma publicada DOF 15-09-2017. Consultado el 10 de enero de 2018. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1_150917.pdf

DOF (Diario Oficial de la Federación). 2018. SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES: Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley de Aguas Nacionales. DOF: 29/04/2004. Consultado el 10 de enero de 2018. <http://www.dof.gob.mx/index.php?year=2004&month=04&day=29>

_____. 2018. SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES: Decreto por el que se reforman y adicionan los artículos 7 Bis y 18 de la Ley de Aguas Nacionales. DOF: 20/06/2011. Consultado el 10 de enero de 2018. <http://www.dof.gob.mx/index.php?year=2011&month=06&day=20>

_____. 2018. SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN: Decreto por el que se Declara reformado el párrafo quinto y se adiciona un párrafo sexto recorriéndose en su orden los subsecuentes, al artículo 4o. de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. DOF: 08/02/2012. Consultado el 10 de enero de 2018. <http://www.dof.gob.mx/index.php?year=2012&month=02&day=08>

_____. 2018. SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN: Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de los artículos 6o., 7o., 27, 28, 73, 78, 94 y 105 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en materia de telecomunicaciones. DOF: 11/06/2013. Consultado el 10 de enero de 2018. <http://www.dof.gob.mx/index.php?year=2013&month=06&day=11>

_____. 2018. SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN: Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en Materia de Energía. DOF: 20/12/2013. Consultado el 10 de enero de 2018. <http://www.dof.gob.mx/index.php?year=2013&month=12&day=20>

_____. 2018. SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN: Decreto por el que se declaran reformadas y derogadas diversas disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en materia de la reforma política de la Ciudad de México. DOF: 29/01/2016. Consultado el 10 de enero de 2018. <http://www.dof.gob.mx/index.php?year=2016&month=01&day=29>

Greenpeace. 2016. “Alistan Iniciativa Ciudadana de Ley General de Aguas”. En [www.greenpeace.org](http://www.greenpeace.org/mexico/es/Noticias/2016/Octubre/Alistan-Iniciativa-Ciudadana-de-Ley-General-de-Aguas/) (noticias) en fecha 05 de octubre de 2016. Consultado el 14 de diciembre de 2017. <http://www.greenpeace.org/mexico/es/Noticias/2016/Octubre/Alistan-Iniciativa-Ciudadana-de-Ley-General-de-Aguas/>

Gutiérrez Rivas, Rodrigo. 2006. “Derecho Humano al Agua en México. En “La gota de la vida: Hacia una gestión sustentable y democrática del agua”, 71-90. Central América, México, and Cuba: Fundación Heinrich Böll. Consultado el 14 de diciembre de 2017. https://mx.boell.org/sites/default/files/libro_la_gota.pdf

GWP (Global Water Partnership), Technical Advisory Committee. 2000. Integrated Water Resources Management, TAC Background Papers N° 4. Consultado el 9 de diciembre de _____ de _____ 2017. <http://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/publications/background-papers/04-integrated-water-resources-management-2000-english.pdf>

Iniciativa Ciudadana de Ley General de Aguas. “Propuesta Ciudadana de Ley General de Aguas”. Publicado en *Agua Para Todos Agua Para La Vida* el 1 de agosto de 2014. Consultado el 20 de diciembre de 2017. <http://aguaparatodos.org.mx/la-iniciativa-ciudadana-de-lei-general-de-aguas/>

Ley de Aguas Nacionales (LAN). Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1º de diciembre de 1992, Última reforma publicada DOF 24/03/2016.

Consultado el 5 de diciembre de 2017.
http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/16_240316.pdf

NU (Naciones Unidas). 2014. "El derecho humano al agua y al saneamiento".
Consultado el 9 de diciembre de 2017.
http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human_right_to_water.shtml

Nava, Luzma Fabiola. 2016. "La desafiante Gestión Integrada de los recursos hídricos en México: elaboración de recomendaciones políticas". Presentado en el 4º Encuentro de la Red de Investigadores Sociales Sobre el Agua (RISSA); Centro Universitario de Tonalá (CUTonalá), Tonalá Jalisco, México, DOI:10.13140/RG.2.1.2255.0166.

Nava, Luzma Fabiola. 2014. "Los retos de la gobernanza del agua: el caso de la Cuenca fronteriza del Río Grande/Río Bravo", *Revista Abaco, Cultura y ciencias sociales*, nº 80-81, España, ISSN- 0213- 6552, pp. 155-164.

Nava, Luzma Fabiola. 2013. "Gobernanza global del agua". En *Gobernanza Global en un mundo interconectado*. López-Vallejo, Marcela, Ana Bárbara Mungaray, y Fausto Quintana, Rafael Velázquez (Eds.). Universidad Autónoma de Baja California, Asociación Mexicana de Estudios Internacionales, A.C., Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, A.C., México, D.F., p. 113-121. ISBN: 978-607-607-140-3

Nava Jiménez Luzma Fabiola. 2007. "La gestion de l'eau au Mexique : les organisations internationales, l'état et le secteur privé". Tesis de maestría, Facultad de Ciencia política, Université de Quebec en Montreal (UQAM, Montreal, Canadá).

Nava, Luzma. 2006. "Cuando la gestión del agua en México se vuelve problemática". *Observatoire des Amériques, la chronique des Amériques*, UQAM, no. 38.

Romero Navarrete, Lourdes. 2016. "Notas sobre la Ley General de Aguas". Publicado en *Agua para todos Agua Para la vida*, en fecha 15 de enero de 2016. Consultado el 17 de diciembre de 2017. <http://aguaparatos.org.mx/notas-sobre-la-ley-general-de-aguas/>

SACMEX 2017. Ley de Agua y Sustentabilidad Hídrica de la Ciudad de México. Publicada por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX). Consultado el 22 de diciembre de 2017.
<http://www.sacmex.cdmx.gob.mx/storage/app/media/index/LeySustentabilidad.pdf>

THEBE, T. A., & MANGORE, E. N. (2012). Wastewater production, treatment, and use in Zimbabwe. Department of Civil and Water Engineering, National University of Science and Technology, Bulawayo.

VERLEE, A.; MINCKE, S.; STEVENS, C. V. (2017). Recent Developments in Antibacterial and Antifungal Chitosan and Its Derivatives. *Carbohydr. Polym.*, 164, 268–283 DOI: 10.1016/j.carbpol.2017.02.001.

VORAGEN F. (2003). *Advances in Pectin and Pectinase Research*. Ed. Springer, ISBN 9789401703314.

YUAN, G., LV, H., TANG, W., ZHANG, X., & SUN, H. (2016). Effect of chitosan coating combined with pomegranate peel extract on the quality of Pacific white shrimp during iced storage. *Food Control*, 59, 818-823.

ZOU P, YANG X, WANG J, LI Y, YU H, ZHANG Y, (2016). Advances in characterisation and biological activities of chitosan and chitosan oligosaccharides. *Food Chem.*; 190: 1174–81

Eje Temático I

Desarrollo Sustentable

Mesa 2

*Agricultura Sustentable; Energía Sostenible;
Modelos de Desarrollo Sustentable*

Presidente: Dr. Juan Antonio Cruz Rodríguez

*Departamento de Agroecología.
Universidad Autónoma Chapingo. México.*

Co Presidente: Dr. Idalma de la Caridad Betancourt

Universidad Hermanos Saíz, del Pinar del Río, Cuba.



11

Caracterización de la producción de frutos de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.) en plantaciones macizas de la provincia de Leoncio Prado, región Huánuco

Characterization of the production of aguaje fruits (*Mauritia flexuosa* L.f.) in solid plantations of Leoncio Prado province, Huánuco region.

Ytavclerh Vargas Clemente, Vicente Pocomucha Poma, Ronald Huerta Puerta y Frits Palomino Vera

Ytavclerh Vargas Clemente, Ing.; et al. Docente Principal de la Escuela Profesional de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. ytavclerh@yahoo.es

Resumen

El estudio se realizó en el Centro de Investigación y Producción de Tulumayo de la UNAS entre los años 2007 al 2018 con el objetivo de caracterizar la producción de frutos de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.) en plantaciones macizas, a fin de seleccionar los mejores idiotipos de aguaje para implementar programas de mejoramiento genético. Se utilizó cuatro parcelas establecidas en el año 2007, caracterizándolo con el uso de los descriptores para el aguaje elaborado por el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Los resultados mostraron que las plantas establecidas a campo abierto reportaron mejores características en la cantidad de hojas por palma, altura del estípite, diámetro del estípite, diámetro de copa y el inicio de la producción, en comparación a las plantas que se establecieron en fajas de enriquecimiento que solo presentaron mayor altura total y no hubo ni una sola palmera en producción hasta los 10 años posteriores al establecimiento. La producción en campo abierto se inició a los siete años después de establecido con solo el 8.74% del total de plantas, que se incrementó al 68.17% para los 10 años de establecido. Durante el primer año de producción, se determinó que el 71% fueron individuos hembras y para el cuarto año de iniciada la floración, la proporción de individuos machos y hembras fueron similares (52% hembras y 48% machos); además, se observó pocas plantas con inflorescencias en el primer año de producción, incrementándose dicha variable para los 10 años de 5.73 inflorescencias en plantas machos y 4.47 inflorescencias en plantas hembras. La cantidad de frutos que se encontró por kilogramo fue 13.14 ± 3.54 (media \pm DE), con 766.06 ± 220.25 frutos por saco y un peso de 57.49 ± 7.63 kg por saco; el diámetro mayor de los frutos midió 5.56 ± 0.75 cm, con 4.34 ± 0.47 cm de diámetro menor, con 60.32 ± 13.45 g del peso de un fruto, 60.45 ± 20.28 cm³ del volumen de un fruto, 11.43 ± 3.49 g de cáscara, 16.49 ± 6.30 g de pulpa, 0.31 ± 0.09 cm de espesor de pulpa, 3.63 ± 1.46 g de episperma, 4.52 ± 0.69 cm de diámetro mayor de semilla, 3.26 ± 0.34 cm de diámetro menor de semilla, 33.59 ± 10.15 g de peso de la semilla y 27.41 ± 9.39 cm³ del volumen de semilla; los frutos están compuesto en promedio por un 51.56% de semilla, 25.31% de pulpa, 17.55% de la cáscara y 5.58% de episperma. Hasta el momento se consideró a cuatro individuos como los ideotipo más sobresalientes teniendo en consideración la precocidad, cantidad de racimos y el espesor de la pulpa.

Palabras claves: rendimiento, *Mauritia flexuosa* L.f., caracterización, floración, producción y

Abstract

The study was carried out at the Tulumayo Research and Production Center of the UNAS between 2007 and 2018 with the objective of characterizing the production of aguaje fruits (*Mauritia flexuosa* Lf) in solid plantations, in order to select the best idiotypes of aguaje to implement breeding programs. Four plots established in 2007 were used, characterizing it with the use of the descriptors for the aguaje elaborated by the Peruvian Amazon Research Institute. The results showed that the plants established in the open field reported better characteristics in the number of leaves per palm, height of the stipe, diameter of the stipe, diameter of the crown and the beginning of production, in comparison to the plants that were established in strips of enrichment that only had higher total height and there was not a single palm in production until 10 years after the establishment. The production in the open field began seven years after being established with only 8.74% of the total plants, which increased to 68.17% for the 10 years of establishment. During the first year of production, it was determined that 71% were female individuals and for the fourth year of the beginning of flowering, the proportion of male and female seedlings were similar (52% females and 48% males); In addition, few plants with inflorescences were observed in the first year of production, this variable increasing for the 10 years of 5.73 inflorescences in male plants and 4.47 inflorescences in female plants. The number of fruits found per kilogram was 13.14 ± 3.54 (mean \pm SD), with 766.06 ± 220.25 fruits per bag and a weight of 57.49 ± 7.63 kg per bag; the greater diameter of the fruits measured 5.56 ± 0.75 cm, with 4.34 ± 0.47 cm of smaller diameter, with 60.32 ± 13.45 g of the weight of a fruit, 60.45 ± 20.28 cm³ of the volume of a fruit, 11.43 ± 3.49 g of peel, 16.49 ± 6.30 g of pulp, 0.31 ± 0.09 cm of pulp thickness, 3.63 ± 1.46 g of episperm, 4.52 ± 0.69 cm of greater diameter of seed, 3.26 ± 0.34 cm of smaller diameter of seed, 33.59 ± 10.15 g of weight of the seed and 27.41 ± 9.39 cm³ of seed volume; the fruits are composed on average of 51.56% of seed, 25.31% of pulp, 17.55% of the husk and 5.58% of episperm. So far, four individuals were considered as the most outstanding ideotype, considering the precocity, number of bunches and the thickness of the pulp.

Keywords: *Mauritia flexuosa* L.f., characterization, flowering, production and yield.

Introducción

En el Perú, el aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.) es un producto forestal no maderable que predomina en los ecosistemas húmedos conocidos como aguajales. Ocupan una superficie de 6'255,320 has, que representa el 4.9% del total de la superficie nacional (MINAM, 2012), y a nivel de la región Huánuco ocupa una extensión superficial de aproximadamente 1,020 ha (IIAP, 2014). Esta especie vegetal es reconocida como la palmera nativa de mayor valor social, económico y ecológico de la Amazonía peruana. Sin embargo, actualmente esta palmera se encuentra amenazada por el uso de prácticas insostenibles en su aprovechamiento siendo deforestadas para la siembra de palma aceitera y arroz. A esto se suma, la tala de las plantas hembras para la cosecha de los frutos debido a la alta demanda del producto en el mercado local, regional y nacional a pesar de que la legislación prohíbe y regula esta forma de aprovechamiento (Freitas, 2012), lo que está generando la erosión y disminución de la diversidad genética de la especie y la desaparición de los ecosistemas aguajales. Según estudios se reportó para el año

2015 fueron deforestadas 800,000 hectáreas por la tala indiscriminada de la palmera al momento de extraer el fruto en la selva peruana (Campos, 2015).

En relación a experiencias sobre caracterización biológica de la especie en estudio, se realizaron principalmente en poblaciones naturales donde se notó lo incipiente de los estudios sobre aspectos silviculturales como: el establecimiento y manejo de plantaciones a nivel de la Amazonía peruana incluyendo la región Huánuco, lo que genera escasa información relacionada a la producción y rendimiento de los frutos y la pulpa de aguaje proveniente de plantaciones macizas.

La escuela profesional de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables de la UNAS, viene trabajando desde hace una década estableciendo plantaciones de aguaje con fines académicos y de investigación, las mismas, que están en estado de crecimiento juvenil e iniciando su producción orientada a la conservación de germoplasmas y mejoramiento genético para la obtención de idiotipos seleccionados que acrediten buenos estándares de producción y calidad de frutos, para atender programas de repoblamiento y manejo de futuras plantaciones en el valle del Alto Huallaga; y como parte del avance de la investigación enmarcada en el objetivo principal de este estudio, se realizó la caracterización de la producción de frutos de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.) en plantaciones macizas en el ámbito de la provincia de Leoncio Prado, región Huánuco.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El estudio se realizó en las plantaciones de aguaje establecidas a distanciamientos de 10 metros entre hileras y 10 m entre plantas con una densidad de 100 plantas/ha, se consideró el sistema de plantación a campo abierto y en fajas de enriquecimiento, ambos ubicados en el Centro de Investigación y Producción de Tulumayo de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada al margen derecho de la carretera Marginal, Fernando Belaunde Terry a 26.5 km entre la ciudad de Tingo María y la localidad de Aucayacu, cuenca media del río Huallaga, comprendido entre las coordenadas: E = 386678 m, N = 8990294 m; E = 385698 m, N = 8991223 m; E = 385393 m, N = 8991463 m correspondientes a las plantaciones a campo abierto y la coordenada E = 385592 m, N = 8992345 m donde se encuentra la plantación en fajas de enriquecimiento (Figura 1). Las plantaciones fueron establecidas en noviembre del año 2007, en suelos que tienen la conformación típica de llanura, cuyo relieve está comprendido entre 1 y 5% de pendiente y una textura de franco arcilloso que dificulta un adecuado drenaje en la época de mayor precipitación, comprendido entre los meses de noviembre a abril, donde están expuestas a inundaciones estacionales. Con respecto a los principales aspectos ecológicos en el ámbito del CIPTALD están circunscritos en la zona de vida de bosque muy húmedo Sub Tropical (bmh-ST) con una temperatura promedio anual de 25.65 °C, con valores mínimos de 20.59 °C y máximos de 30.71 °C, humedad relativa de 83.8%, precipitación acumulada anual de 3012.8 mm y piso altitudinal de 6028 msnm (SENAMHI, 2018).

Trabajo de campo

La caracterización de la producción de los frutos de aguaje se realizó al tercer año de iniciado la producción entre los meses de octubre a diciembre del año 2017, para ello se usaron los descriptores de caracterización para el aguaje elaborado por el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (2006), y para seleccionar

los mejores idiotipos de aguaje y definir las plantas madres posibles, se consideró las principales características como: tamaño promedio del fruto, racimos por planta, precocidad y libre de plagas o enfermedades (Gonzales y Torres, 2010); a ello, se adicionó características deseables de espesor y cantidad de pulpa por fruto, así como: el porte de la planta referido al diámetro del estípote a 1.0 m sobre el suelo, altura total del estípote considerados como base para un programa de domesticación y mejoramiento genético. La recolección de datos se realizó de los individuos que estaban en producción y todos aquellos que se encontraban en la plantación macizo a campo abierto.

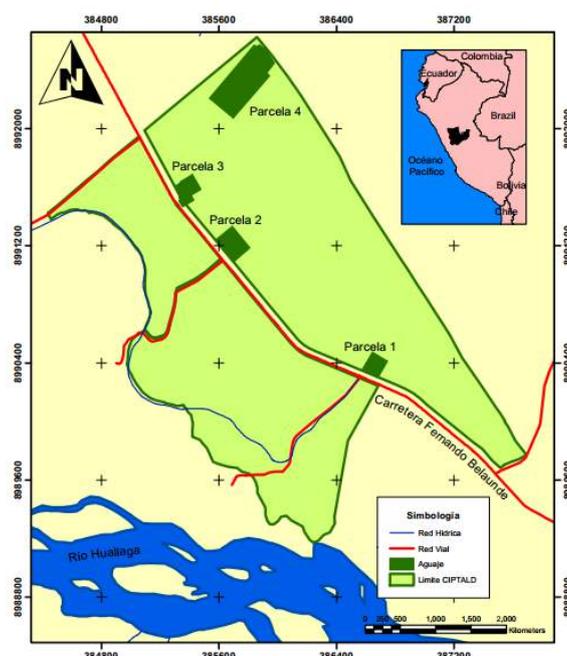


Figura 1. Ubicación de las plantaciones de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.)

Análisis de datos

Para la caracterización se analizó los datos empleando la estadística descriptiva (Mínimo, máximo, media o promedio geométrico, desviación estándar y coeficiente de variación), mientras que para buscar el ideotipo de la palmera más sobresaliente se consideró las variables de precocidad, rendimiento de racimos por palma y espesor de la pulpa de los frutos, con la cual se elaboró el dendrograma respectivo.

Resultados y Discusión

Características morfométricas de las plantas de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.)

La altura total considerada desde el nivel del suelo hasta la parte más alta de la palmera que estuvo representada por la hoja bandera fue sobresaliente en las plantas que se encontraban en fajas de enriquecimiento debido a la competencia por alcanzar la luz entre el aguaje y la vegetación que se encontraban en los alrededores, debido a que los árboles adyacentes a la faja cierran el dosel a una cierta altura, lo cual es conocido como "efecto túnel" (Lozada *et al.* 2003) que suprime la entrada de luz a la faja y con ello puede limitar las condiciones de crecimiento de la plantación. González-B (2006) reporta que, a la altura promedio entre 8 y 10 m se inicia la edad reproductiva de la palmera, en tal sentido no siempre es cierto, sin embargo en las plantas establecidas en fajas de enriquecimiento se

encontraron individuos desde 1.40 m hasta 15.80 m, no reportándose ningún individuo con signos de floración.

La cantidad de hojas por palmera fueron mayores en las plantaciones a campo abierto, comparadas a las que se encontraron en fajas de enriquecimiento; a pesar de la corta edad que presentaban las plantas se reportó individuos que presentaban hasta 22 hojas por palmera, por lo tanto superaban a lo reportado por Galeano (1991), quien aduce que el aguaje tiene la corona casi esférica, formada por 11 a 14 hojas, mientras que en González-B (2010) en plantas con alturas entre 18 a 23 m registró hojas desde 15 a 17, y en palmas con dimensiones de 10 m presentaron 12 hojas, estos resultados discrepan la deducción, de que conociendo la cantidad de hojas se pueda determinar la edad de las palmeras, ya que en las plantaciones en estudio se encontró plantas pequeñas con abundantes hojas y viceversa.

Se observó mayor cantidad de palmas con estípite definido en las plantas a campo abierto, superando a las plantas que se encontraban en el bosque secundario, de ellos, la mayor altura promedio del estípite pertenecía a las palmas que se encontraban libres, a pesar de encontrarse alta variabilidad entre individuos, mientras que el mayor diámetro del estípite fue más homogéneo. Reportes inferiores lo indica Galeano (1991) donde aclara, que el aguaje es una palma solitaria con un estípite de diámetro entre 30 a 40 cm de diámetro, esta diferencia con los valores se puede atribuir a que los estudios en su mayoría provienen de poblaciones naturales de aguaje y por la excesiva competencia en su medio los individuos en muchos casos logran etiolarse para sobrevivir y comprometen su diámetro de estípite, mientras que, en plantaciones a campo abierto y en fajas de enriquecimiento se realizaron labores de limpieza que favorecieron ciertamente al crecimiento regular del aguaje.

El diámetro de copa fue más extenso en las plantas que se encontraban a campo abierto, mientras que la mayor variabilidad del diámetro de copa se reportó en agujajes que se encontraban en fajas de enriquecimiento, debido a que las palmeras en algunos casos presentaron una habilidad competitiva inferior a las especies pioneras (vegetación existente) lo que aumentan los costos de mantenimiento y se generan dudas sobre la rentabilidad de este sistema de silvicultura (Lozada *et al.* 2003).

Cuadro 1. Características morfométricas de las plantas de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.) establecidas bajo dos sistemas de plantación.

Sistema de plantación	Variables	N	Mín.	Máx.	Media±DE	CV (%)
Campo abierto	H. total (m)	145	3.10	14.00	9.93±2.15	21.67
	Hojas/palma	145	4.00	22.00	14.19±3.47	24.45
	H. estípite (m)	123	0.20	3.40	1.82±0.79	43.55
	D. estípite (m)	34	0.49	0.70	0.60±0.05	9.11
	D. copa (m)	145	2.70	12.95	9.00±1.73	19.19
Faja de enriquecimiento	H. total (m)	82	1.40	15.80	10.04±3.19	31.81
	Hojas/palma	82	3.00	17.00	9.47±3.33	35.15
	H. estípite (m)	6	0.20	1.82	0.87±0.74	84.75
	D. estípite (m)	3	0.48	0.56	0.51±0.04	7.78
	D. copa (m)	82	1.14	9.75	6.89±1.78	25.80

N: Palmeras evaluadas; H.: Altura; D.: Diámetro; DE: Desviación estándar; CV: Coeficiente de variación.

A pesar, que se reportó características inferiores de las fajas de enriquecimiento en comparación a las plantaciones a campo abierto de las palmeras, se resalta otras ventajas de las fajas de enriquecimiento, ya que es un método adecuado para bosques sobreexplotados, donde la regeneración natural es insuficiente y que sí, se puede incrementar la producción de especies de alto valor comercial (Montagnini *et al.* 1997), a ello se le debe añadir el servicio que puede producir el aguaje, como: la captura de carbono y ser fuente de alimento para animales silvestres.

Producción de los frutos del aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.)

Las producciones de aguaje de las plantaciones a campo abierto se iniciaron a los siete años posteriores a su establecimiento con solo 8.74% del total establecido, incrementándose las plantas en floración cada año hasta que a los 10 años alcanzaron un acumulado de 68.17% en relación al total establecido (Figura 2); estos resultados pueden concordar con los reportes de González y Torrez (2010) que señala que en el Perú la floración se inicia en promedio a los ocho años (PRONATURALEZA, 2005), mientras que en Venezuela y Brasil se inicia entre los 10 y 11 años, dicha producción se incrementa por muchos años, como lo indican dichos autores, no especificando la edad donde la producción alcanza su capacidad potencial, pero subrayan que decrece la producción a partir de los 40 a 50 años.

Aun cuando, no se define la edad inicial de producción en plantaciones en fajas de enriquecimiento hasta los 10 años de establecidos, la producción en campo abierto inició a los siete años de establecido, la cual es inferior a lo reportado por Isaza *et al.* (2003), quienes indican que la palmera plantada inicia su producción entre los 10 y 15 años de edad, mientras que en su medio natural empiezan a producir a los 30 años de edad, esto se debe probablemente a que, en Brasil la producción de frutos de esta especie es variable entre individuos, poblaciones y entre diferentes periodos reproductivos (Khorsand 2013). Gonzales y Torres (2010) corroboran los resultados del presente estudio al señalar que el inicio de la producción de frutos ocurre entre los 7 a 9 años.

La tasa de producción de plantas se incrementó desde 8.74% hasta 23.12% a los 10 años (Figura 2), no existiendo antecedentes sobre esta variable considerada debido a que en muchos casos realizaron estudios donde, consideraron poca cantidad de individuos por el tiempo que se debe esperar hasta que inicie la producción y el costo que se tiene que asumir.

La proporción de plantas con inflorescencia femenina en los primeros años de producción fue mayor que las palmas que presentaban inflorescencias masculinas, por lo tanto, para los 10 años posteriores al establecimiento se reportó que las plantas presentaban casi igual proporción de individuos machos y hembras en la plantación (Figura 3), esta distribución favorece la reproducción de los individuos en la plantación por ser una especie dioica, ya que una población equitativa entre macho y hembra (1:1) aumenta la cantidad de frutos producidos (Anderson *et al.* 2006).

En las plantaciones fue muy significativo la proporción entre plantas femeninas y masculinas, fueron muy similares, estuvieron bordeando la proporción 1:1 donde la cantidad de plantas femeninas alcanzó el 52% de las plantas en producción (Figura 3), valor promedio que es superior al 37.84% reportado por Isaza *et al.* (2013) en poblaciones naturales de Amacayacu – Colombia, el 48.91% en Araracuara - Colombia (Urrego 1987) y el 48.83% en Brasil reportado por Fernandes

(2001), mientras que proporciones superiores a lo obtenido en el estudio respecto a las plantas femeninas lo reporta Toro (2014) en Reserva del Calderón - Colombia con un valor de 58.82% y más aún Khorsand (2013) encontró en Roraima – Brasil un 59.50 individuos de plantas femeninas.

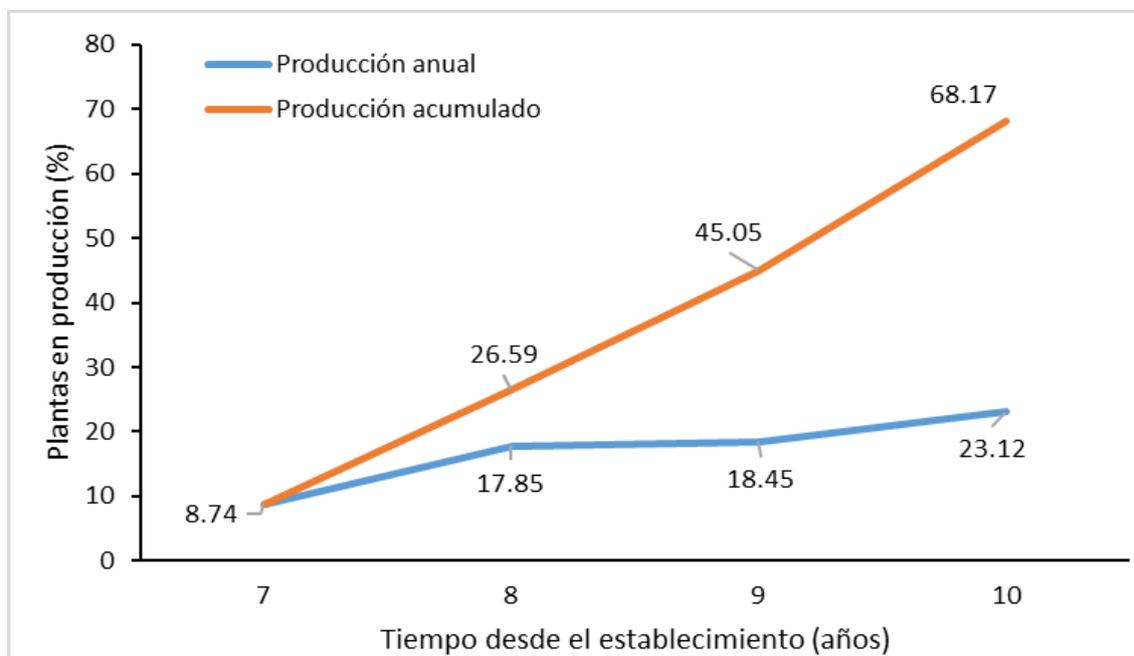


Figura 2. Comportamiento de la producción de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.).

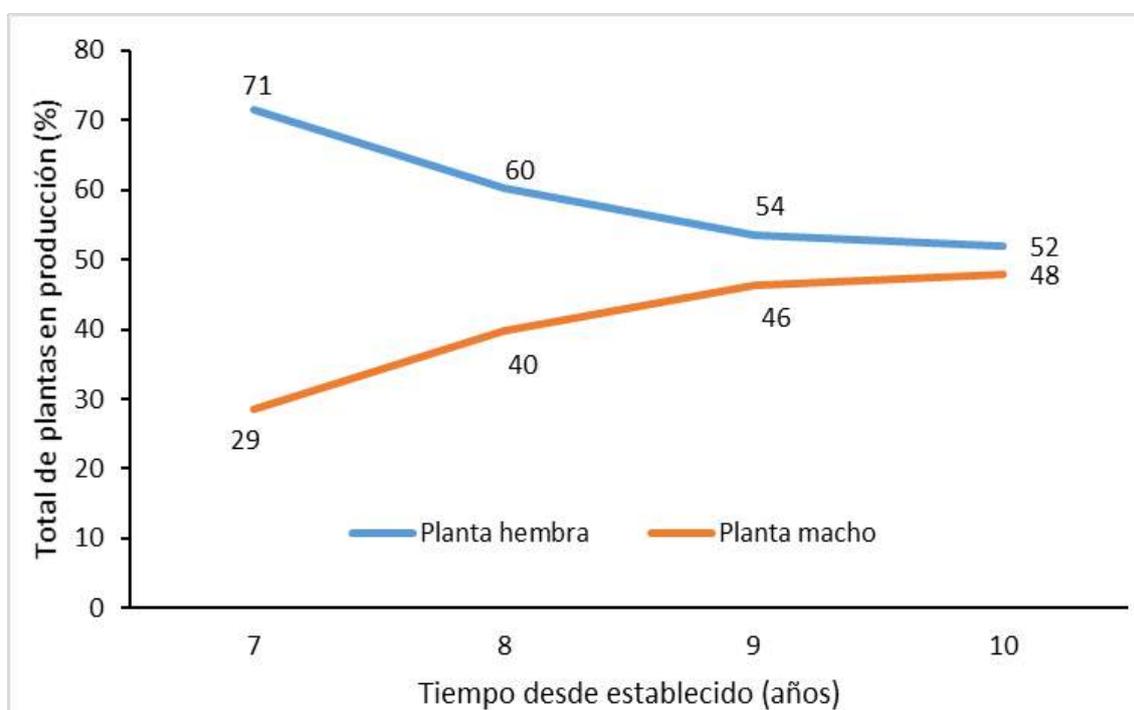


Figura 3. Comportamiento por sexo de la producción de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.).

Las palmas consideradas como machos presentaron mayor cantidad de inflorescencias en comparación a las palmeras hembras, a pesar que a los inicios de la producción solo se reportaron valores bajos del número de inflorescencias por

palma (Figura 4), valores similares reportan González y Torrez (2010) al indicar que las plantas de aguaje producen entre dos y cuatro racimos al primer año de producción, de la misma manera, Rojas (1985) reportó en promedio tres inflorescencias por palmera. Por otro lado, cuando no se tiene en consideración que algunos individuos entran en descanso o disminuyen su producción a uno o dos racimos por planta, la información generada se distorsiona de la realidad; por esta razón, en las plantaciones en estudio se encontró plantas que descansan hasta por periodos de dos años sin producir, esto lo reconoce Pinedo (2008) en poblaciones naturales, al encontrar que el 95.5% de las palmeras no tenían racimos pudiendo ser machos, juveniles o palmas hembras que no estaban en proceso productivo al momento de la evaluación.

El incremento de la cantidad de racimos fue notorio mientras que las plantas presentaban mayor edad desde su establecimiento, comportamiento explicado por González-B (2010), al encontrar correlación entre la cantidad de hojas y producción, donde encontró plantas con pocas hojas que contenían cinco inflorescencias por palma y cuando las plantas contenían mayor cantidad de hojas, las inflorescencias se incrementaron entre siete y nueve por individuo, valores que no fueron corroborados por Cavalcante (1967) ya que informa que las plantas hembras presentaron entre 5 y 8 inflorescencias, que es superior a lo reportado en el estudio y esto se debe atribuir a que el autor estudió individuos adultos.

A ello, se le suma que la cantidad de frutos por racimo también fue bajo en la inflorescencia inicial de plantas jóvenes ya que en su mayoría se desprenden de su raquilla en el periodo de crecimiento de los frutos, o en todo caso son pequeños y existen bajo cuajado de frutos (Gonzales y Torres 2010).

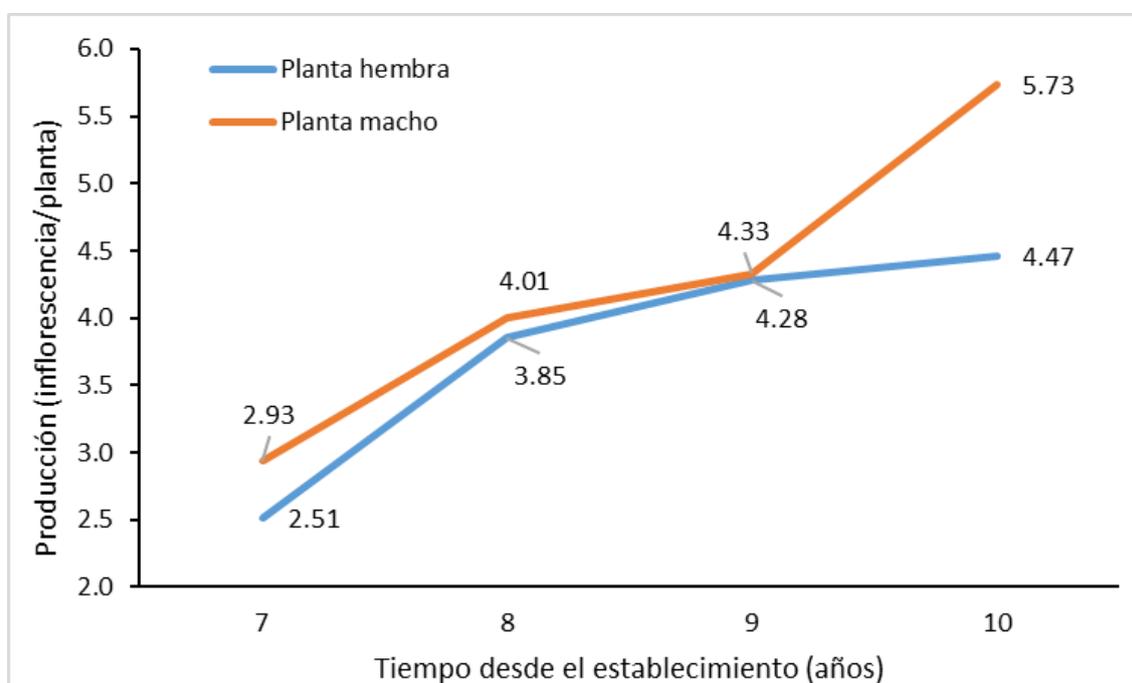


Figura 4. Comportamiento de la cantidad de inflorescencias en la producción de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.).

Debido a que la comercialización del aguaje a nivel regional lo realizan empleando costales como unidades de medida, se determinó que en un saco llenan en promedio 766 frutos, con un peso de 57.49 kg (Cuadro 2), estos valores reportados en el estudio no concuerdan entre distintos lugares, ya que en la región

San Martín (Perú) se encontró que un saco o costal conteniendo frutos de aguaje pesa entre 42 a 46 kg y puede tener entre 600 a 1000 frutos y depende mucho esta variabilidad del tamaño de cada fruto (Gonzales y Torres 2010). Bejarano y Piana (2002) reportan que un saco con aguaje pesa 38 kg, esta variación es debido a que la capacidad de los costales varía ligeramente y no están estandarizados.

La cantidad de frutos en promedio que alcanza un kilogramo fue 13.14, registrando variaciones desde 7 a 22 frutos, mientras que Rojas (1985) reportó mayor promedio, siendo esto de 21 frutos por kilogramo con variaciones desde 13 hasta 42 frutos, esto debido a la variabilidad del tamaño entre frutos.

El diámetro mayor, longitud o diámetro polar del fruto fue 5.56 cm, siendo superior a 5.37 cm reportado por Gonzales *et al.* (2006) y se encuentra enmarcado entre 5 a 7 cm indicado por Villachica (1996), pero inferior a lo señalado por Quispe *et al.* (2009) con media de 5.2 cm en Yurimaguas-Perú, así como en tres zonas de la región Madre de Dios-Perú, con poblaciones naturales se reportó valores inferiores en Joyas (4.67 cm), Lares (4.76 cm) y Shihuahuaco con 4.53 cm (Pinedo 2008), estos resultados garantizan que las plantaciones mantienen rasgos como el tamaño que fueron considerados antes de producir los plantones.

El diámetro menor o diámetro ecuatorial del fruto obtuvieron un promedio de 4.34 cm, siendo superior a los 3.90 cm registrado por Gonzales *et al.* (2006), 3.96 cm en Yurimaguas-Perú señalados por Quispe *et al.* (2009) y que en las zonas de Madre de Dios: Joyas con 3.50 cm, Lares con 3.45 cm y Shihuahuaco con 3.66 cm (Pinedo 2008); los resultados del estudio realizado están en el rango de 4 a 5 cm reportado por Villachica (1996), la cual ratifica la alta variabilidad de *Mauritia flexuosa* L.f.

El peso del fruto en promedio fue de 60.32 g, el cual se encuentra enmarcado dentro de los 40 a 80 g que reporta PRONATURALEZA (2005), siendo superior al 51.21 g que reporta Quispe *et al.* (2009) en Yurimaguas-Perú, y de 50 g que encontraron Restrepo y Duran (1988) en Colombia, 58.08 g en la amazonia peruana lo señalaron Gonzales *et al.* (2006) y en el caso de Pinedo (2008) reportó promedios inferiores en tres zonas de Madre de Dios, como son Shihuahuaco con 31.48 g, Joyas con 33.01 g y el menor valor lo reportó Lares con solo 28.84 g de promedio, de ello resalta el establecimiento de plantaciones con fines de buscar plantas que produzcan frutos con mejores características.

El peso de la cáscara en promedio alcanzó 11.43 g, siendo superior al 11.15 g reportado por Flores (1997), dicha variación se debe a que esta especie presenta alta variabilidad (Pinedo 2008), siendo la diversidad genética dentro de las poblaciones naturales tres veces mayor, que la diversidad genética entre las poblaciones, aunque, algunas poblaciones fueron excepcionales a este patrón común (Angulo *et al.* 2014).

La pulpa en promedio pesó 16.49 g, la cual superó a los 15.55 g indicado por Flores (1997), no encontrándose mayor información a pesar de que es el componente principal y comercial del fruto.

La episperma pesó 3.63 g, la cual fue inferior a los 4.70 g señalado por Flores (1997), esto se debe en muchos casos a la variabilidad respecto al tamaño de los frutos caracterizados.

La longitud o diámetro mayor de las semillas fue 4.52 cm que superó a 4.0 cm que reportaron Gonzales *et al.* (2006) en Iquitos-Perú, los 3.55 cm en la zona de

Joyas, 3.31 cm en Lares y 3.31 cm en Shihuahuaco que se encuentran en la región Madre de Dios-Perú, con lo que Pinedo (2008) ratificó que en los tres rodales presentaron alto nivel de variabilidad.

El diámetro menor de las semillas obtenidas fue de 3.26 cm, que superó a los 2.56 cm en la zona Joyas, 2.60 cm en Lares con y 2.71 cm en Shihuahuaco que están ubicadas en la región Madre de Dios-Perú (Pinedo 2008) y a 2.91 cm indicados por Gonzales *et al.* (2006) en Iquitos-Perú, siendo sus datos homogéneos (CV = 10.42%) y muy similares al presente estudio (CV = 10.58%), esto se puede a la variabilidad que presenta esta especie (Pinedo 2008).

El peso promedio de la semilla fue 33.59 g, el cual superó a los valores obtenidos de poblaciones naturales, siendo 27.32 g encontrado por Flores (1997) y a los promedios de 15.20 g reportados para la zona de Joyas, 15.21 g en Lares y 16.87 g en Shihuahuaco que pertenecen a la región Madre de Dios (Pinedo 2008).

Cuadro 2. Características de frutos y semillas del aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.).

Características	Mínimo	Máximo	Media±DE	CV (%)
Del fruto				
Frutos/saco	357.00	1316.00	766.06±220.25	28.75
Saco con frutos (kg)	46.93	82.08	57.49±1.63	13.27
Cantidad de frutos/kg	7.0	22.05	13.14±3.54	26.94
Diámetro mayor (cm)	3.66	7.87	5.56±0.75	13.52
Diámetro menor (cm)	3.37	6.01	4.34±0.47	10.87
Peso (g)	39.31	92.36	60.32±13.45	22.29
Volumen (cm ³)	15.00	125.00	60.45±20.28	33.54
De la cáscara				
Peso (g)	3.74	20.50	11.43±3.49	30.56
De la pulpa				
Peso (g)	6.65	36.90	16.49±6.30	38.24
Espesor (cm)	0.11	0.78	0.31±0.09	27.59
Del episperma				
Peso (g)	1.61	9.79	3.63±1.46	40.17
De la semilla				
Diámetro mayor (cm)	3.37	7.80	4.52±0.69	15.36
Diámetro menor (cm)	2.26	4.23	3.26±0.34	10.58
Peso (g)	18.42	71.81	33.59±10.15	30.22
Volumen (cm ³)	10.00	75.00	27.41±9.39	34.28

DE: Desviación estándar. CV: Coeficiente de variación.

Se consideró la caracterización de 132 frutos de aguaje, donde se muestra que el mayor peso del fruto se encuentra en la semilla (Figura 5). Al respecto Gonzales *et al.* (2006) reportaron un 49.29%, Flores (1997) registró de 40 a 44.5%, que fueron inferiores al presente estudio; mientras que Pinedo (2008) en la zona de Joyas obtuvo 46.91%, en Lares 53.23% y en Shihuahuaco alcanzó 55.40% presentando variaciones entre las zonas de estudio, siendo característica de las poblaciones naturales, ya que Angulo *et al.* (2014) reportó que la similitud genética entre las poblaciones de *M. flexuosa* depende de la distancia geográfica que hay entre ellas, de tal manera que las poblaciones con más similitud genética están

contiguas y las que tienen menos similitud genética están más alejadas geográficamente.

En el caso de la pulpa, se registró una proporción del 25.31% respecto al peso total del fruto, el cual fue inferior al 26.41% como lo reportó Flores (1997), pero superior a lo indicado por Gonzales y Torres (2010) que solo citaron un rango de 13 a 17% y PRONATURALEZA (2005) que reportó solo un 12% del peso total.

En relación al porcentaje de la pulpa más cáscara que generalmente se utilizan para la comercialización regional, se obtuvo un valor aproximado de 42.68%, por lo tanto, fue inferior a lo reportado por Pinedo (2008) en los frutos de las zonas de Joyas con 53%, seguido por Lares con 46.7% y finalmente Shihuahua con 44.59%, aunque en algunos casos también se pudo encontrar frutos que carecían de semillas las cuales constituyen una alternativa importante desde el punto de vista del mejoramiento genético y comercial. Además, los pesos de cada componente del fruto presentaron alta variabilidad de los datos entre frutos (CV mayor al 30.56%) debido a que los frutos son variables dentro de los racimos y las plantas.

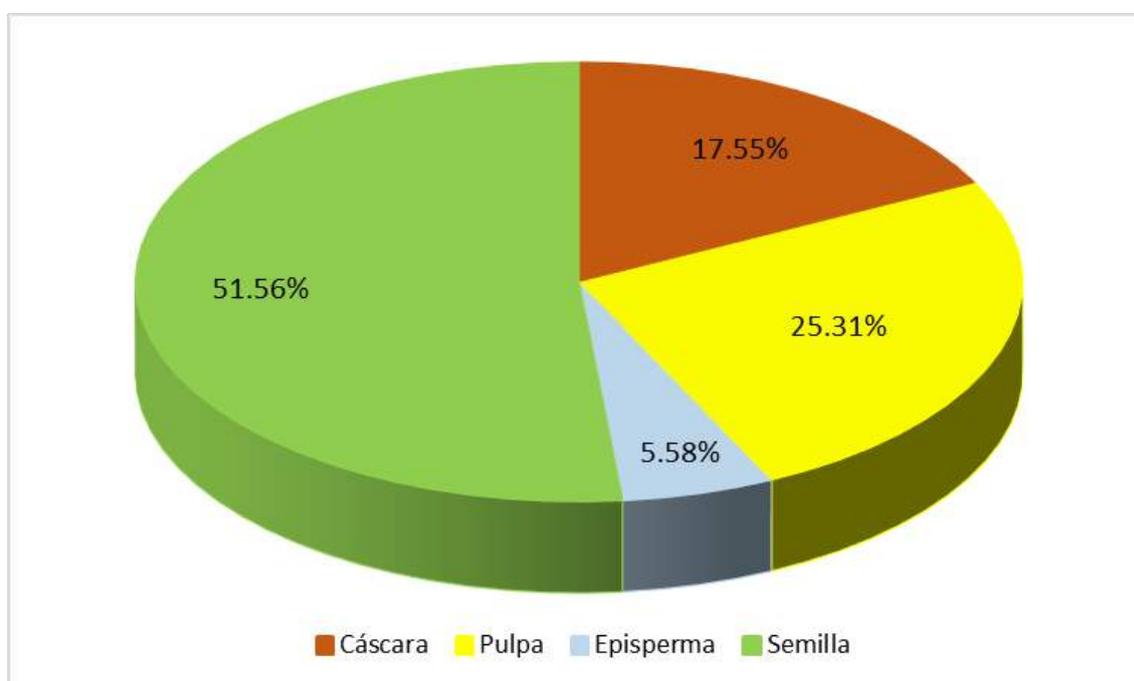


Figura 5. Proporción del peso en las partes de un fruto de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.).

Ideotipos sobresalientes de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.)

A pesar de la corta edad de las plantas que se encuentran en producción, se reportó que cuatro individuos se encontraron como candidatos, como mejores ideotipos teniendo en consideración la precocidad de su producción, la cantidad de racimos que puede producir y el espesor de la pulpa que se consideró teniendo el punto de vista comercial que es la cantidad de pulpa o masa para las microempresas dedicadas a la producción de chupetes, helados y la bebida denominada aguajina, a pesar de ello se registró alta variabilidad entre individuos, por consiguiente, existe una alta variabilidad en lo que respecta a su diversidad genética que hasta el momento es poco conocido (Pinedo 2008).

En caso de la precocidad, se consideró a los individuos que inician la producción a menor edad y esto está relacionado al tamaño de las palmeras que en algunos casos empezaron a producir con los racimos que alcanzaron el suelo durante el primer año de producción.

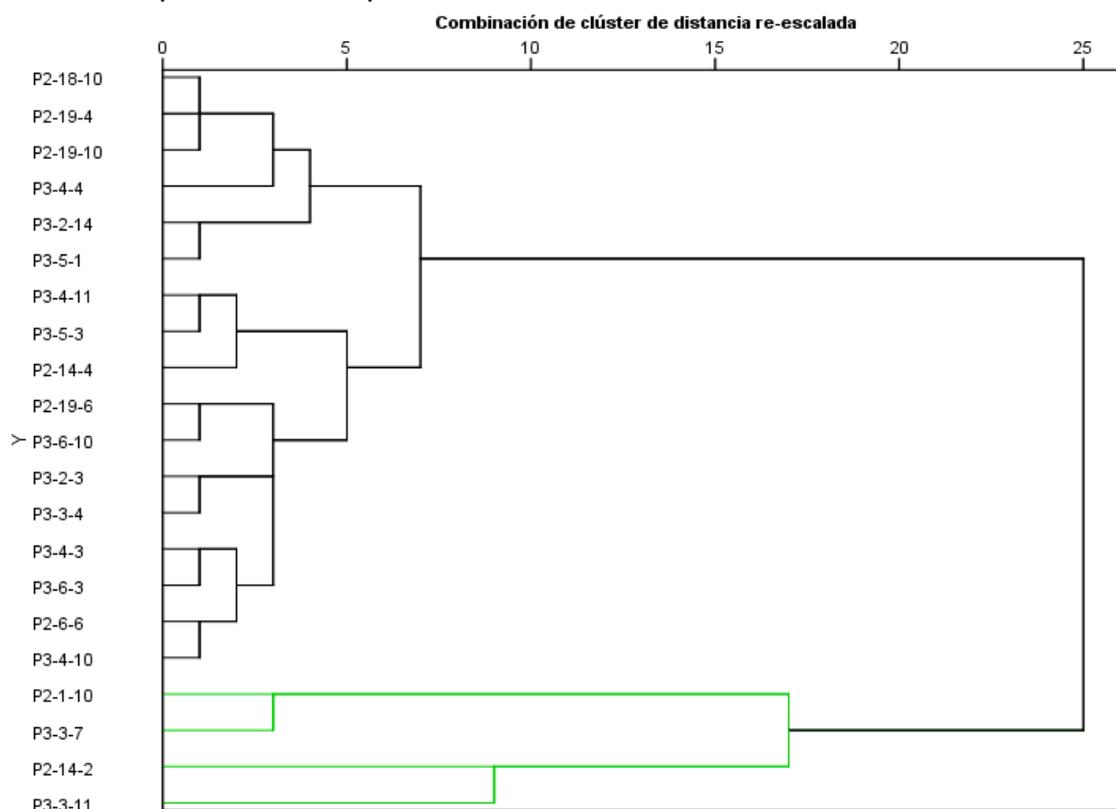


Figura 6. Dendrograma con las variables precocidad, rendimiento de racimos y espesor de la pulpa en plantas de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.) con la finalidad de buscar ideotipos sobresalientes.

Conclusiones

- Se reportó características morfológicas superiores en las plantas de aguaje establecidas en plantaciones a campo abierto en comparación a las plantas que se encontraban en fajas de enriquecimiento.
- Bajo condiciones de plantación maciza en campo abierto, la producción de las palmas se inician a partir de los siete años, el cual sigue incrementándose hasta los 10 años posteriores al establecimiento y las características de los frutos presentan alta variabilidad dentro de la planta y entre plantas.
- Las características consideradas para determinar el mejor ideotipo bajo condiciones de plantación maciza se encuentran enmarcadas en las variables de precocidad, rendimiento de la cantidad de racimos por planta y el espesor de la pulpa.

Referencias Bibliográficas

Angulo, J., Marapara, J.L., Rengifo, D., Adrianzén, P.M., Ramírez, F., Braga, J., Castro, J.C. 2014. Diversidad genética y filogenia molecular de poblaciones

- de *Mauritia flexuosa* L.f. “aguaje” de la Amazonía Peruana. *Ciencia amazónica*. 4 (1): 22-28.
- Campos, L.E. 2015. Aguaje en peligro de desaparecer de nuestra selva por 'estar de moda'. *Diario Perú21*. Lima, Perú.
- Cavalcante, P.B. 1976. *Frutas comestíveis da amazonia*. 3 ed. Rev. Aum. Belem, Inpa. 166 p.
- Fernandes, N.M. 2001. *Estratégias de Produção de Sementes e Estabelecimento de Plântulas de Mauritia flexuosa L. f. (Arecaceae) no Vale do Acre/Brasil*. FUA/INPA, Manaus, Brasil 207 pp. (PhD thesis).
- Flores, P.S. 1997. Cultivos de frutales nativos amazónicos, manual para el extensionista. TCA. p. 7-13.
- Freitas, L. 2012. Impacto del aprovechamiento en la estructura, producción y valor de uso del aguaje en la Amazonía peruana. *Recursos Naturales y Ambiente*. 67:35-45.
- Galeano, G. 1991. *Las palmas de la región de Araracuara*. Estudios de la Amazonia colombiana. Primera edición. Tercer mundo editores. Bogotá D.C. Colombia. 180 p.
- Gonzales, A., Jarama, A., Chuqival, G., Vargas, R. 2006. Colección y evaluación de germoplasma de (*Mauritia flexuosa* L.f.) aguaje en la Amazonía peruana. Iquitos, Perú. *Folia Amazónica*. 15(1-2):19-28.
- González, A., Torres, G.M. 2010. *Manual cultivo de aguaje*. Instituto de Investigaciones de la Amazonía peruana – IIAP. Iquitos, Perú. 38 p.
- González-B., V. 2006. *Floración y producción de frutos de la palma Mauritia flexuosa en los Llanos Orientales de Venezuela* Funindes-Ameriven. Caracas. 68 p.
- González-B., V. 2010. Caracterización cuantitativa de distintos morichales (sub – sistema terrestre) a lo largo de la carretera entre Villavicencio – Puerto Gaitán y sus alrededores. Presentación y discusión de los resultados por los participantes. Curso Internacional de Conocimiento, Manejo y Conservación de Ecosistemas de Morichal. UNILLANOS. Villavicencio, octubre 25 a noviembre 6 de 2010.
- IIAP (Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana). 2014. *Agricultura y bosques en humedales amazónicos: casos y experiencias*. Lima, Perú. 24 p.
- Isaza, C., Galeano, G., Bernal, R. 2013. Manejo actual de *Mauritia flexuosa* para la producción de frutos en el sur de la Amazonía colombiana. Capítulo 15. p. 243-273. En: Lasso, C.A., A. Rial & V. González-Boscán. (Editores). 2013. VII. Morichales y canangunchales de la Orinoquia y Amazonia: Colombia – Venezuela. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D.C., Colombia.
- Khorsand, R.S. 2013. Influence of hábitat on the reproductive ecology of the Amazonian palm, *Mauritia flexuosa*, in Roraima, Brazil. FIU Electronic Theses and Dissertations. Paper 842.
- Lozada, J.R., Moreno, J., Suescun, R. 2003. Plantaciones en fajas de enriquecimiento. Experiencias en 4 unidades de manejo forestal de la guayana venezolana. *Interciencia*. 28(10):568-575.
- Montagnini, F., Eibl, B., Grance, L., Maiocco, D., Nozzi, D. 1997. Enrichment planting in overexploited subtropical forests of the paranaense region of Misiones, Argentina. *Forest Ecol. Manag.* 99:237-246.

- Pinedo, H. 2008. Caracterización de la Variación Geográfica – Fenotípica de *Mauritia flexuosa* L.f. (aguaje) en 03 Sectores de la Región Madre de Dios – Perú. Proyecto- FRUTAMAZ, INCAGRO, INIA. 50 p.
- PRONATURALEZA (Fundación peruana para la conservación de la naturaleza). 2005. Plan de manejo forestal de *Mauritia flexuosa* “Aguaje”, Reserva Nacional Pacaya Samiria. Iquitos, Perú. 37 p.
- Quispe, F., Ayala, M., Ingunza, G., Landeo, E., Pascual, G. 2009. Caracterización de aceites, tortas y harinas de frutos de ungurahui (*Jessenia polycarpa*) y aguaje (*Mauritia flexuosa* L.) de la Amazonía peruana. Rev. Soc. Quím. Perú. 75(2):243-253.
- Restrepo, J., Durán, E. 1988. Proyecto de investigación: evaluación físico-química y nutricional de las diferentes especies de palmas amazónicas en la región de Araracuara. Universidad del Valle. Cali, Colombia.
- Rojas, R.R. 1985. Ensayos de germinación con semillas de 5 especies de palmeras aplicando 10 tratamientos pre-germinativos y ensayos de cosecha con 7 métodos. Tesis Ing. Forestal. Iquitos, Perú. Universidad de la Amazonía Peruana. 110 p.
- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú) 2018. Pronóstico de precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima del trimestre Febrero - Abril 2018 para la región Huánuco. Informe técnico N° 03-2018. Huánuco, Perú. 15 p.
- Toro, E. 2014. Fenología y producción de frutos de *Mauritia flexuosa* L.f. en cananguchales del sur de la amazonia colombiana. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia.
- Urrego, L. 1987. Estudio preliminar de la fenología de la canangucha (*Mauritia flexuosa* L. f.). Colombia amazónica. 2(2):57-81.
- Villachica, H. 1996. Frutales y hortalizas promisorias de la Amazonía. SPT - Tratado de Cooperación Amazónica, N° 44. Lima, Perú. 337 p.

12

Jorge Guzmán Guillermo, Biol., Estudiante de Posgrado; Clementina Barrera Bernal, Dra., Facultad de Biología de la Universidad Veracruzana.

Espacios públicos de importancia ambiental: el caso del Paseo de Los Lagos del Dique en Xalapa, Veracruz.
Xalapa, Veracruz, México.
qwerty.guzmi@gmail.com

El Paseo de Los Lagos del Dique en el tiempo

La historia de los Lagos del Dique inicia prácticamente al mismo tiempo con la industrialización de la zona. Cuando aparecen las cinco fábricas textiles en el periodo comprendido entre 1835-1945 se pensó en utilizar un manantial cercano a la zona (el manantial Tecuanapan) para con sus aguas generar energía hidroeléctrica. En ese momento El Lago era solo uno y su tamaño muy reducido utilizado por la población desde aquel entonces como un centro recreativo como paseo y navegación. Posteriormente cuando las industrias desaparecieron, el lugar se tornó insalubre y se rellenó de escombros (Hernández-López *et al.*, 2014).

El gobierno Jarista tuvo sobre Xalapa un visión Modernizadora en la que se pensó en la mezcla entre la viviendas, comercio y áreas verdes como parte del programa urbanizador (Rashkin, 2015). En su momento este programa de modernización contempló a los Lagos del Dique como un gran balneario para sus habitantes y representó para México el primer Plan de ciudad Jardín. Sin embargo, el fugaz mandato de Jara imposibilitó la realización de tales proyecciones y otras visiones propuestas por el movimiento estridentista (Winfield y Martí, 2013).

El rescate y transformación de Los Lagos del Dique a como los conocemos hoy en día, se debió a que el gobernador Rafael Murillo Vidal (1968-1974) ordenó su remodelación, ampliación y limpieza, con la intención de volverlo un atractivo turístico para la zona (Hernández-López *et al.*, 2014). Sin embargo, en la actualidad son nulos los intentos por mejorar o mantener condiciones saludables de estos lagos, o si los hubo han sido esporádicos, aislados y no documentados. Aunque en el paseo que circunda al lago si se han llevado a cabo remodelaciones e instalación de nuevos atractivos.

Se conoce que Los Lagos del Dique se encuentran en estado hipertrófico según reporta Trujillo-Núñez para el 2013. Para el 2017, estudios preliminares indican que su

estado trófico no ha cambiado (Laboratorio de Calidad Ambiental de la Facultad de Biología-UV, datos no publicados). Trujillo-Núñez (2013), igualmente reportó una baja calidad sanitaria de Los Lagos del Dique, al encontrar una alta presencia de coliformes fecales en sus aguas, concluyendo que sus aguas no son aptas para uso recreacional. Desafortunadamente esta situación no ha mejorado para el 2017, ya que estudios llevados a cabo en el Laboratorio de Calidad Ambiental (Fac. de Biología-UV, datos no publicados), revelan que la presencia de coliformes fecales en el agua de estos lagos no ha disminuido, incluso aumentó. Se sabe de otros trabajos y por observaciones propias que esta mala condición sanitaria puede deberse a que las casas de los alrededores aun descargan sus aguas negras directamente en los lagos.

La biodiversidad de El Paseo de Los Lagos del Dique

Tenemos que la biodiversidad según Franco (2015) es:

“La variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos y complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas”

Esta definición es la que se utilizará en el trabajo ya que en el marco legal de la conservación de especies en México, básicamente la LGEEPA (Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente), utiliza la misma definición que la encontrada en Franco (2015).

Los organismos que conforman la biodiversidad de un lugar en particular pueden ser naturales o bien introducidos. La importancia de esta caracterización de la biodiversidad y su segregación conceptual radica en los efectos ecológicos que tienen los elementos introducidos sobre los elementos naturales, la dinámica ecológica y la economía y subsistencia de las poblaciones humanas que utilizan esos recursos.

Las especies nativas, también llamadas por Franco (2015) como elementos naturales, son aquellas que:

“se presentan en un tiempo y espacio determinado sin la inducción del hombre”

Aunque para algunos políticos, los llamados animalovers (aficionados en la conservación no científica de especies) y en general personas no instruidas en aspectos científico-técnicos de la conservación biológica, la introducción de especies a ambientes de los que no son originarias puede parecer un evento inocuo y que para su entender ayudan al ambiente, ocasionan un daño grave al mismo.

Esta introducción de especies exóticas acarrea serios desequilibrios en los ecosistemas, como la extinción local de especies susceptibles a formar parte de la dieta de las especies animales introducidas, y en el caso de las plantas ocurre un proceso similar; la competencia entre las plantas se da a manera de una “guerra química”, es decir la liberación de algunas sustancias, llamadas alelopáticas, a su espacio próximo, que puede causar la inhibición en el crecimiento de otras plantas y además cambiar la composición química y microbiológica del suelo, también la inhibición en el crecimiento o simplemente la competencia por el espacio, entre plantas nativas e introducidas. Estos organismos causantes de tales desequilibrios se reconocen bajo el concepto de especies invasoras (pudiendo ser o no exóticas), el Convenio sobre la Diversidad Biológica (ONU, 1992) las define como:

“aquéllas que prosperan sin ayuda del ser humano y amenazan hábitats naturales o seminaturales, fuera de su área habitual de distribución”.

Los impactos ambientales que estas especies pueden causar sobre el ambiente son: extinción de poblaciones y especies nativas, la degradación de los ambientes acuáticos y terrestres, particularmente los insulares, la alteración de los procesos y funciones ecológicas y la modificación de los ciclos biogeoquímicos (CONABIO, 2010).

La pérdida de biodiversidad es uno de los más preocupantes fenómenos ocasionados por el hombre, y aunque de manera natural la extinción de las especies es un proceso evolutivamente natural, el ritmo actual de desaparición de las poblaciones naturales de animales, algas, plantas y hongos, no es explicado como un fenómeno

natural (Badii *et al.*, 2015). Todos estos impactos ambientales ocasionan un desequilibrio drástico en las cadenas tróficas y composición biológica de los ecosistemas. Así como se observa en los Lagos del Dique, que si bien es un embalse artificial las especies animales que lo habitan son introducidas.

Algunas de las especies encontradas por García-Rivera (2015) aledañas a el paseo de Los Lagos del Dique son: *Meliosma alba*, *Persea schiedeana*, *Persea americana*, *Heliocarpus donell-smithii*, *Inga jinicuil*, *Casuarina equisetifolia*, *Nectandra lauraceae*, *Rapanea miricoides*, *Citrus sinensis*, *Heliocarpus Appendiculatus*, *Jacaranda mimosifolia*, *Liquidambar macrophyla*, *Morus alba*, *Spathodea campanulata*, *Trichilia havanensis*, *Piper*, *Solanum*, *Syzygium jambos*, *Psidium guajava*, *citrus sp*, y *Coffea arabica*. Lo cual resulta interesante ya que algunas de esas especies pueden tomarse como referencia al generar un programa de siembra de arbolado, esto debido a que algunas de estas son típicas al bosque mesófilo de montaña.

Como parte del proyecto se está realizando la investigación sobre la ictiofauna en el lugar. Las especies encontradas hasta el momento son: *Oreochromis aureus*, *O. mossambicus* y *Vieja fenestrata*, además de especies notables como *Myleus pacu*, *Hypostomus plecostomus* y *Atractosteus tropicus* (Herrera-Mogel, en prensa)

Oportunidades para la Conservación ex situ

Como parte de las actividades a favor de la conservación de elementos naturales dentro de los ecosistemas se llevan a cabo actividades sostenibles que además procuran la restauración ecológica de los ecosistemas. Franco (2015) define la restauración ecológica como:

“Conjunto de actividades tendiente a la recuperación y restablecimiento de las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales”

El Paseo de Los Lagos del Dique al encontrarse inmerso dentro la mancha urbana puede albergar proyectos de conservación *ex situ* de especies vegetales que además propicien hábitat para especies animales como mariposas, algunas aves y

reptiles nativos al ecosistema del cinturón verde que rodea a Xalapa. La conservación *ex situ* está definida según Lascurain (2009) como:

“...la aplicación de una amplia variedad de recursos, técnicas e infraestructuras especializadas que contribuyen a la recuperación y sobrevivencia de individuos o poblaciones fuera de su hábitat”

Algunas organizaciones internacionales, como la Unión Mundial para la Naturaleza (IUCN, 2002; en Lascurain *et al.*, 2009), han sugerido algunas directrices técnicas sobre la gestión de poblaciones *ex situ* para su conservación, en las que se señala que las metas de esta gestión son:

- Aumentar la conciencia pública y política, así como la comprensión de temas de conservación importantes y el significado de la extinción.
- La gestión coordinada de la población genética y demográfica de los taxa amenazados.
- La reintroducción y apoyo a poblaciones silvestres.
- La gestión y restauración de hábitat.
- El mantenimiento a largo plazo de bancos de genes y material biológico.
- El fortalecimiento institucional y la capacitación profesional.
- La distribución equitativa de los beneficios.
- La investigación biológica y ecológica sobre cuestiones relevantes para la conservación *in situ*.
- La procuración de fondos para apoyar todo lo anterior.

Resultados preliminares de entrevistas realizadas a visitantes

Como parte de la investigación que realiza el primer autor de trabajo de tesis para obtener el grado de maestría, se han aplicado encuestas a los visitantes con la intención de conocer la percepción que poseen del lugar los visitantes de El paseo de Los Lagos del Dique.

Si bien El Paseo de Los Lagos del Dique es un atractivo local, las actividades que sus visitantes realizan en el lugar está relacionado al que tanto les han comentado

pueden realizar. Son pocos los visitantes que conocen todas las actividades turísticas que pueden realizar, a su vez una parte significativa de la población ha realizado actividades perjudiciales al lugar como introducir especies exóticas (tortugas o peces) en las aguas de los lagos, alimentar a los peces con lo que tuvieran a su disposición, han arrojado basura al lugar.

Los visitantes llegan a este lugar en búsqueda de naturaleza, tomando *naturaleza* como un espacio que posea vegetación y animales no domésticos. Mucho de lo que los visitantes mencionan es la tranquilidad que este espacio público les proporciona. Sin embargo, los visitantes también son conscientes que el lugar presenta deterioro, pues perciben que el agua está altamente contaminada, que los comerciantes generan contaminación audiovisual y que los sistemas de recolección de basura están rebasados. Además los visitantes originarios de Xalapa o de otras ciudades (incluso extranjeros) ignoran, la mayoría, la existencia del ANP Predio Barragán en El Paseo de Los Lagos del Dique, la historia del lugar y las especies comunes que pueden observar durante sus visitas.

Propuesta de educación ambiental

La intervención del lugar planteada durante el trabajo de tesis incluye la interacción con los comerciantes, el gobierno municipal y los visitantes al lugar. Sin embargo y por efectos de mostrar actividades en procesos para este congreso solo se abordará la educación ambiental a través de *murales bioculturales*.

Las manifestaciones artísticas en los espacios públicos son variadas, pudiendo ser artes visuales. En el caso de muralismo contemporáneo asociado a los espacios públicos destaca aquel que narra en conjunto la memoria colectiva de una población en particular. Aquí el arte se torna un proceso social y comunicacional que trasmite, entre otras cosas, la historia económica, política y la cultura propia de los que son y han llegado hasta ahí. En las sociedades contemporáneas la búsqueda de contacto con la naturaleza ha revalorizado su cultura y los recursos naturales que le rodean. Es por ello que en distintas partes de Latinoamérica han surgido pinturas murales que generan una mezcla armónica entre aspectos culturales locales y la biodiversidad que rodea al muralista.

Es de esta manera nace el concepto *muralismo biocultural*, que tomamos como una creación artística del tipo mural en la que el contenido que lo integra es una expresión de lo que el artista local observa y es parte de su vida. Los elementos que el artista plasma pueden ser tantos como su creatividad armonice, por ejemplo, instrumentos musicales, frases populares cortas, oraciones o fragmentos literarios que describan un sentir local, personajes locales históricos, la flora o fauna típica que los pobladores reconozcan y sientan propias, actividades productivas primarias (como la pesca, carpintería, etc.), producción artesanal de ropa, bebidas, comida, artesanías decorativas y tradiciones locales. Un mural biocultural narra en una imagen las interacciones sociales con el entorno que la población local entiende como natural y los productos tangibles y no tangibles resultados de esa interacción.

Referencias bibliográficas

Badii, M.H., Guillen A., C.E., Rodríguez, O.L., Aguilar, J. y Acuña, M. 2015. Pérdida de Biodiversidad: Causas y Efectos. *International Journal of Good Conscience* 10(2):152-174

Franco López J. 2015 *Evaluación del impacto ambiental: técnicas y procedimientos metodológicos*. México: Trillas

García-Rivera, D.E. 2015. *Caracterización actual de la estructura arbórea y arbustiva del área natural protegida Predio Barragán en la ciudad de Xalapa, Veracruz*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Xalapa Veracruz, México. 52 Pp.

Hernández-López, C.I., Hernández A. y Arcos H.G. 2014. Los Lagos del Dique: presente contaminado. *La Ciencia y el Hombre* 27(2): en línea:
<https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol27num2/articulos/lagos-del-dique.html>

Lascuráin, M., et al. 2009. Conservación de especies ex situ, en *Capital natural de México*, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México, pp. 517-544.

ONU. 1992. *Convenio sobre la diversidad biológica*.

Rashkin, E. (2015). "Allá en el horizonte. El estridentismo en perspectiva regional". *Revista LiminaR. Estudios Sociales y Humanísticos*, XIII (1): 90-101.

Trujillo, N. I., 2013 Diagnostico de la condición trófica y bacteriológica de los lagos del Dique, Xalapa, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Xalapa Veracruz, México. 62 Pp.

Winfield, F. y Martí, D. 2013. Urbanismo y modernidad: La influencia de las ciudades jardín en México: 1921-1930. (AS) 44:3447

13

PROPUESTA TEÓRICA PARA EL ANÁLISIS INSTITUCIONAL DE LOS EFECTOS DEL PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA DE LA SEPULTURA, CHIAPAS

Juan Carlos Caballero Salinas
Estudiante del Doctorado en Estudios Regionales, UNACH
jccs.uaaan@gmail.com
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México

Dra. Perla Vargas Vencis
Profesora de Tiempo Completo UNACH
San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México

Dra. María Perevochtchikova
Profesora-Investigadora de El Colegio de México, A. C.
Ciudad de México, México

Congreso Internacional de Recursos Naturales “2018”

Eje temático: Conservación y Restauración del medio

Subtema: Manejo y Administración de las Áreas Protegidas

Resumen

El 6 de junio de 1995, se efectuó el Decreto de la Reserva de la Biosfera de la Sepultura (REBISE), con el propósito de conservar ese territorio, para ello se establecieron algunas regulaciones, relacionadas con el uso de los recursos naturales, estas restricciones no consideraron las prácticas y costumbres de los habitantes, lo cual ha generado tensiones y negociaciones entre la población y la Comisión Nacional de Áreas Protegidas (CONANP), institución encargada de la gestión y la administración de las Áreas Naturales Protegidas (ANP) en México. En México y Chiapas, la REBISE es considerada una de las ANP más importante, por su gama de Servicios Ecosistémicos (SE) que brinda; entre los que destacan el agua y captura de carbono, sin embargo, a pesar de ser una potente proveedora de SE, también enfrenta problemáticas relacionadas con las prácticas de ganadería extensiva, agricultura tradicional y los incendios forestales.

Por lo anterior, a partir del 2004 se implementa el Programa de Pago por Servicios Ambientales (PSA), como una herramienta económica que intenta internalizar el valor que poseen los SE. Esta política pública ambiental tiene la finalidad de reducir la deforestación y disminuir los niveles de pobreza. Desde 2004 y hasta junio del 2017, la inversión ascendió a \$94,659,196.71 (Noventa y cuatro millones seiscientos cincuenta y nueve mil, ciento noventa y seis pesos 71/100). Aunque pudiera parecer una suma exorbitante, ésta únicamente generó beneficios en un 20% de los ejidos y comunidades de la REBISE.

Una característica de los PSA en Chiapas (que inicio en 2003 a nivel federal) es que son implementados mayoritariamente en tierras de propiedad social (comunidades y ejidos) con altos índices de marginación y desigualdad. Al respecto existe una diversidad de estudios (académicos e institucionales) que han documentado las experiencias y las dificultades que conlleva la implementación de los PSA. Sin embargo, no existe un acuerdo general sobre los efectos de los PSA sobre los Medios

Vida (MV) de la población proveedora de los SE; y por otro lado, en la literatura científica no se han atendido los factores institucionales (el papel de la cultura, la agencia, diversidad social y relacionales de poder) que influyen en los resultados de los PSA. En este sentido existe una comprensión limitada de las condiciones bajo las cuales los PSA fomentan o no los MV sustentables en la población, sobre todo en espacios rurales.

El objetivo de la ponencia es exponer una propuesta teórica que permita analizar los procesos de *bricolaje institucional* que se originaron por la introducción del PSA y sus efectos en los MV de los habitantes de REBISE. La perspectiva teórica en la que se fundamenta esta propuesta es el institucionalismo crítico, ésta intenta responder a estos vacíos, debido a que considera un enfoque flexible que reconoce las interacciones institucionales en el contexto de repertorio cultural y relaciones sociales, aunado a lo anterior, en su análisis se incorpora la agencia humana y las relaciones de poder involucradas en los procesos institucionales.

La propuesta de *bricolaje institucional* del institucionalismo crítico, resulta útil debido a que busca analizar a través de qué prácticas los actores, reestructuran o ensamblan diferentes arreglos institucionales. Los cuales, por su parte, modifican y crean otros nuevos, es decir, las instituciones representan un híbrido dinámico que combina elementos que están integrados en la práctica diaria, manejo y aprovechamiento de los SE. Este acercamiento teórico busca contribuir a explicar por qué las intervenciones de PSA pueden tener resultados distintos a los planteados, particularmente en los MV.

En otras palabras, nuestro interés está centrado en formular una propuesta que contribuya a responder los siguientes planteamientos ¿De qué forma se expresa el proceso de bricolaje institucional entre el PSA y las instituciones socialmente integradas y cuáles son sus efectos en los Medios de Vida de los habitantes de la REBISE?

Palabras clave: medios de vida, instituciones socialmente integradas, PSA y REBISE.

Introducción

Los ecosistemas naturales proporcionan una gran multitud de servicios ecosistémicos (SE), que son definidos como las condiciones y procesos que éstos proveen a la sociedad (Daily, 1997). Los SE pueden clasificarse en virtud de su función que cumple i) de abastecimiento (provisión de agua y alimentos), ii) regulación (de ciclos biogeoquímicos, hídricos), iii) culturales (estéticos, recreativos y espirituales) y iv) de soporte (aquellos que sostienen la existencia de todos los demás servicios y de la vida misma), basados en la formación de suelo y producción primaria (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

Una de las principales características de los SE es que son considerados como bienes públicos y de libre acceso, por lo que carecen de un mercado donde intercambiarse. Esta situación conocida dentro de la economía ambiental como falla de mercado, puede causar un uso inadecuado o sobreexplotación de los recursos naturales, lo que induce a un estado de deterioro (Riascos y González, 2007). Bajo esta problemática, valoraciones globales como la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio en el 2005 y el estudio de Economía de los Ecosistemas y la Biodiversidad en el 2010 sugieren la aplicación de instrumentos basados en el mercado como medios eficaces para internalizar las externalidades asociadas con el uso de SE, que tienen

como objetivo contribuir a detener la degradación de los ecosistemas naturales (Adhikari y Boag, 2013).

En este contexto han surgido los Pagos por Servicios Ambientales (PSA), que han recibido gran atención como un enfoque de gestión de recursos naturales (Wunder, 2005), que intentan superar el problema de externalidades (Engel *et al.*, 2008) los cuales se insertan dentro de la política pública ambiental como instrumentos que buscan incentivar la conservación y el desarrollo rural en las zonas forestales (Gutman, 2007; Alix-García *et al.*, 2012; Figueroa *et al.*, 2016; Ezzine de Blas *et al.*, 2016) que a la vez permita fortalecer los medios de vida de los hogares rurales donde se implementan (Rosa *et al.*, 2004).

México es catalogado como un país megadiverso, esta distinción la obtiene ya que alberga cerca del 10% de flora y fauna mundial (muchas de ellas especies endémicas) a pesar que solo ocupa 1.5% del territorio del planeta (CONABIO, 2008). No obstante, el sector forestal presenta graves problemas relacionados con la deforestación¹ por pérdidas de alrededor de 155 000 ha por año en el periodo de 2005-2010 (CONAFOR, 2014). Esta problemática conlleva a la degradación de los ecosistemas forestales, que influye en la disminución de diversos SE que proveen los bosques en relación a sus funciones ecológicas (Perevochtchikova *et al.*, 2015). Para confrontar esta situación la respuesta institucional se ha ido extendiendo y fortaleciendo mediante múltiples instrumentos de política pública ambiental, dirigidas hacia la conservación forestal y mejorar el bienestar humano, tales como las Áreas Naturales Protegidas (ANP) (Cloter, 2010), estas constituyen el modo de protección más importante y su función en la conservación de la biodiversidad y los SE ha sido ampliamente reconocido (Duan y Wen, 2017).

Por lo tanto, el propósito del presente documento es presentar una propuesta teórica que analice los efectos del programa de PSA en los medios de vida de los habitantes en el área protegida de la Reserva de la Biosfera de la Sepultura. Para ello primeramente se estudiará los procesos de bricolaje institucional que se originan entre la interacción de las regulaciones del PSA y el repertorio normativo y cultural locales.

El programa de PSA en México

Una de las primeras definiciones y más influyentes de los PSA ha sido la del economista Sven Wunder (2005, p.3) quien define a los PSA como “a) una transacción voluntaria, donde b) un SE bien definido (o un uso de la tierra que aseguraría ese servicio) c) es comprado por al menos un comprador de SE d) o por lo menos un proveedor de SE e) sólo si el proveedor asegura la provisión del SE transado (condicionamiento). Las premisas principales de la popularización inicial de los PSA están arraigadas en la economía ambiental (Van Hecken *et al.*, 2015). Muradian (2010) y Van Hecken *et al.* (2012a) señalan que en teoría el enfoque convencional de los PSA está basado en una interpretación popular del “Teorema de Coase”².

¹ Las principales causas identificadas que provocan la deforestación en México son: i) el cambio de uso de suelo (debido al crecimiento demográfico, la expansión urbana, así como las políticas públicas que fomentan producción agropecuaria y ganadera); ii) la tala ilegal del iii) las plagas y enfermedades de la vegetación; iv) los incendios forestales (Perevochtchikova y Vázquez, 2010).

² El enfoque de Coase es el que domina la conceptualización de los PSA en la literatura, sin embargo, no puede ser fácilmente generalizado e implementado en la práctica, si se considera las complejidades relacionado a la incertidumbre, problemas de distribución, arraigo social y las relaciones de poder en los contextos instituciones donde operan los PSA (Muradian *et al.*, 2010). En esta misma línea, Legrand *et al.* (2016) indican que es erróneo la perspectiva de PSA como un mecanismo Coasiano.

El programa de PSA federal se inició en el año 2003 bajo el nombre de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH) administrado por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), basándose en la experiencia de Costa Rica, país pionero en América Latina en aplicación de este tipo de esquemas (Perevochtchikova y Ochoa, 2012). El esquema de PSAH de México es considerado como uno de los más grandes del mundo tanto en alcance como en escala (Muñoz-Piña *et al.*, 2008). Los objetivos principales de PSA fueron i) reducir la deforestación y ii) disminuir los niveles de pobreza (Alix-García *et al.*, 2012). De manera que el supuesto básico es que el pago otorgado por conservación del bosque contribuye a mejorar la situación ambiental, e incrementar los niveles de vida de la población en los predios con cubierta forestal los cuales brindan SE (Perevochtchikova y Vázquez, 2010).

El programa de PSA ha ido evolucionando, en 2004, además del programa de hidrológicos, se incorpora el PSA por Captura de Carbono y los derivados de la Biodiversidad (PSA-CABSA). Un año después, todos los programas de SE son incorporados al Proyecto de Servicios Ambientales del Bosque (PSAB). Para el 2006 se integran al programa ProArbol los diferentes conceptos de apoyo de SA: PSAH, PSA-CABSA y PSAB y su posterior incorporación al Programa Nacional Forestal (PRONAFOR) en 2013. Actualmente todas las modalidades del componente de PSA se integraron al Programa Apoyos para el Desarrollo Forestal Sustentable 2018 de la CONAFOR.

El esquema de PSA federal³ implementado en México incorpora dos contrapartes. Por un lado, los proveedores de los SA (ejidatarios, comuneros y pequeños propietarios) quienes reciben el pago por renunciar a otros usos del suelo, en ocasiones potencialmente más atractivos. Por el otro, usuarios de los servicios, papel que desempeña el gobierno al administrar y financiar los programas (Perevochtchikova *et al.*, 2015). El incentivo económico tiene como finalidad compensar los costos de conservación y los gastos en que incurren al realizar las prácticas de manejo de los bosques (CONAFOR, 2010) que garanticen la permanencia y el uso de ecosistemas a largo plazo (Fregoso, 2006).

Cuando los ejidos y pequeños propietarios se convierten en beneficiarios del programa de PSA, contraen una serie de regulaciones y restricciones establecidas en las reglas de operación, entre ellas, aceptan evitar el cambio de uso de suelo, derribar arbolado con fines comerciales o domésticos, evitar la caza y alteración del hábitat. Además, se adquieren obligaciones como limitación de pastoreo de ganado en los bosques, actividades de vigilancia y prevención y combate de incendios (formación de brigada) y otras actividades recomendadas como obras de conservación de agua y suelo (García-Amado *et al.*, 2011).

Las Áreas Naturales Protegidas

Las áreas protegidas en el mundo comprenden más del 12 % de la superficie terrestre (Nelson y Chomitz, 2011). En México estos espacios son considerados instrumentos de política ambiental con una mayor definición jurídica para abordar la conservación y preservación de la biodiversidad *in situ* (Urquiza, 2009). Las ANP de carácter federal están sujetas a los regímenes de protección establecidos en la Ley General del

³ Es importante señalar que en México se han desarrollado tres esquemas de PSA i) Programa de Pago por Servicios Ambientales (objeto de análisis de esta investigación), ii) el esquema para promover los mecanismos locales de Pago por Servicios Ambientales a través de Fondos Concurrentes y iii) el Fondo Patrimonial de Biodiversidad.

Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. El órgano encargado de conservar el patrimonio natural y los procesos ecológicos a través de las ANP es la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) que se crea en el año 2000 (CONANP, 2014).

Actualmente las CONANP administra 182 áreas naturales de carácter federal que representan un total de 90,839,521.55 ha, 10.6 % del territorio nacional continental (CONANP, 2018). La categoría de ANP que predomina en México son las de tipo de Reserva de Biosfera (REBI) ya que ocupan 85% (45 REBI) de la superficie total de las áreas decretadas como protegidas, lo que evidencia la importancia de estudios que aborden su problemática desde una perspectiva de las ciencias sociales (Legorreta y Márquez, 2014).

De acuerdo a la CONABIO (2013a) el estado de Chiapas es considerado una de las entidades del país con mayor biodiversidad, resultado de una variedad de condiciones físicas y ambientales. Históricamente estos espacios han sido habitados y apropiados por distintas comunidades locales que han conformado un heterogéneo paisaje biocultural. Sin embargo, en los últimos años en estos territorios se han presentado una serie de problemas entre ellos sobresalen el cambio de uso de suelo, reorganización espacial, cambio generacional, dinámicas migratorias y nuevas relaciones interculturales, lo cual ha dado como resultado un deterioro ambiental en los bosques del estado. Para hacer frente a esta problemática en la agenda política estatal se han incrementado los reservorios de biodiversidad por medio de las ANP, que tienen como finalidad de revertir las tendencias de degradación de los ecosistemas y fortalecer los modos de vida sustentables de las comunidades locales (CONABIO, 2013b, p. 11).

Chiapas es el estado con más ANP decretadas, la superficie total protegida de competencia federal y estatal es 1 353 545 ha, que corresponde al 18.4% de la superficie total estatal. Se cuenta con 18 ANP federales y 24 de carácter estatal y cuatro áreas destinadas de manera voluntaria a la conservación (CONABIO, 2013b). De todas las áreas protegidas en Chiapas, las de tipo REBI⁴ son las que representan una mayor superficie (68.8 %) del total de las áreas decretadas como reservorios para la conservación. De acuerdo a la UNESCO el principal objetivo de las REBI consiste en conciliar la conservación de la diversidad biológica, la búsqueda de un desarrollo económico y social y el mantenimiento de los valores culturales. Además, este tipo de ANP considera a las poblaciones locales como actores fundamentales en la gestión de estos espacios naturales (Guevara, 2010).

La Reserva de la Biosfera de la Sepultura como región de estudio

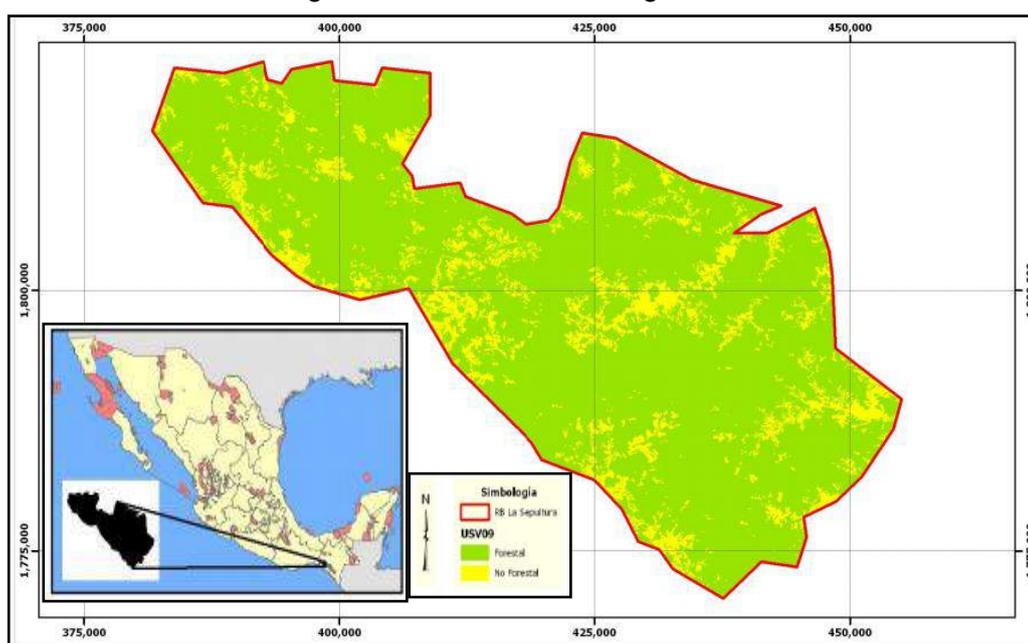
La REBISE fue decretada como ANP el seis de junio de 1995, en el marco del Día Mundial del Medio Ambiente. El propósito de su Decreto fue la administración, conservación y el desarrollo económico de ese territorio. Desde su creación forma parte de la Red Mundial de Reservas de Biosfera administrada por la UNESCO. En 1999 se elabora su Plan de Manejo en él se destacan las características fisiográficas, flora, fauna, socioeconómicas, zonificación, tenencia de la tierra y problemática ambiental. De acuerdo a su extensión territorial es la segunda REBI con mayor superficie en Chiapas, con una superficie total de 167, 309. 86 ha, de las cuales 13,

⁴ En el estado se han decretado siete Reservas de Biosfera: Montes Azules (331, 200 ha), La Sepultura (167, 309 ha), La Encrucijada (144, 868 ha), El Triunfo (119, 177 ha), Selva El Ocote (101 288 ha), Lacantún (61, 874 ha) y Volcán Tacaná (6, 378 ha), por su especial relevancia seis de ellas se integran en el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP)

759. 21 ha corresponden a zonas núcleo formadas por cinco zonas discontinuas y 153, 550 ha (92 %) a la zona de amortiguamiento (INE, 1999).

Se localiza en la región Suroeste de Chiapas, en la porción Noroeste de la Sierra Madre (Figura 1). La superficie se distribuye en seis municipios: Villaflores (25%), Arriaga (21%), Tonalá (15%), Jiquipilas (14%), Villacorzo (13%) y Cintalapa (12%) (INE, 1999). Esta gran diversidad hace que las relaciones sociales y la dinámica socioambiental de la REBISE sean muy complejas (Cruz-Morales, 2014). Con el propósito de definir políticas y estrategias de participación social y desarrollo rural sustentable, la reserva está regionalizada como un espacio ecológica y socioeconómicamente diferenciado en ocho microregiones⁵: Los Amates-Pando, El Tablón, Hojas Moradas, Macuilapa, Las Arenas, Lagartero, Zanatenco-Tiltepec y Ocuilapa (Cruz-Morales, 2008).

Figura 1. Ubicación de la región REBISE



Fuente: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2010

Su decreto tuvo poca aceptación por parte de las poblaciones locales que se vio reflejado en tensiones, conflictos y un largo proceso de negociación entre las comunidades afectadas y las autoridades de la reserva (Castro-Hernández *et al.*, 2003; Trench, 2014). Puesto que las primeras acciones se realizaron con escaso conocimiento y consentimiento de las poblaciones de la REBISE (Cruz-Morales y García-Barrios, 2017). En consecuencia, las regulaciones implicaron una modificación de usos y costumbres, prácticas productivas y aprovechamiento del bosque (Bissix y Rees, 2001). Urquiza (2009) indica que la poca aceptación y los conflictos derivados de la creación de las que ANP obedecen a un modelo de arriba hacia abajo, donde se

⁵ Algunos de los criterios metodológicos para la regionalización fueron a) las condiciones fisiográficas que conforman y dividen la región de estudio en cuencas hidrológicas, que en este caso, también conforman espacios sociales diferenciados, b) los límites del polígono de la REBISE, c) los límites municipales que en algunos casos, más que en otros, tienen mayor influencia sobre la dinámica social en una cuenca, por el peso político-económico de su cabecera municipal y c) diferenciaron a partir de criterios demográficos, ambientales, agrarios y económico-productivos.

imponen restricciones a las localidades relacionadas con el uso del bosque sin considerarlas.

Las condiciones particulares que le proporciona un gradiente altitudinal entre los 60 a los 2550 msnm, han permitido el desarrollo de por lo menos 10 de los 18 tipos de vegetación primaria reportados para Chiapas, y contiene una gran diversidad de especies endémicas, amenazadas y en peligro de extinción, tanto de flora como de fauna (INE, 1999). Los principales SE que provee la REBISE es la infiltración del agua y la captura de carbono. Lo cual fue corroborado en el estudio reciente elaborado por el CentroGeo (2018) donde realizaron una valoración ecosistémica del complejo de áreas protegidas que conforman la Sierra Madre de Chiapas. El carbono almacenado en la biomasa área estimado en la REBISE en promedio fue de 29 MgC/ha (752.5 – 1 119 USD/ha) e infiltración hídrica de 5 572.91 m³/ha (2 563.5 – 2 786.5 USD/ha).

La REBISE es un territorio marcado por la influencia antrópica de las poblaciones locales. Puesto que un 95 % de la superficie total está distribuida en ejidos, tierras comunales y propiedad privada y solamente un 5 % son terrenos baldíos y nacionales (INE, 1999). La población que habita al interior de los límites de la reserva y que tiene incidencia en el territorio es de 25, 182 habitantes, de los cuales 9.7 % son indígenas de los grupos étnicos tsotziles, zoques y tzeltales, que se ubican principalmente en la parte alta de la reserva. El número de localidades es de 265. El 72.7% de la población vive en 7.3% del total de localidades, las cuales son mayores a los 250 habitantes, generalmente ejidos (Cruz-Morales, 2008).

Los recursos de la REBISE tradicionalmente se han utilizado por la población local principalmente para la economía de subsistencia (Maximiliano-Martínez, 2016). Las actividades productivas de esta ANP que mayor impacto tienen sobre los recursos naturales, son la ganadería extensiva y la agricultura tradicional (roza-tumba-quema), principalmente para la producción de ganado bovino y el cultivo de maíz-frijol-calabaza, seguido por los efectos ocasionados por los asentamientos humanos y los incendios forestales derivados de actividades agropecuarias, y la extracción de madera (INE, 1999).

De acuerdo a lo anterior, la REBISE como región de estudio no es solamente un espacio funcional determinado por un factor ecológico para salvaguardar la biodiversidad del territorio, si no que al interior del territorio existe un espacio de operaciones culturales y simbólicas de los actores sociales que históricamente han mantenido una estrecha relación con los bosques. En este sentido, Maximiliano-Martínez y Moyada (2017, p.15) señalan que en la REBISE se ha “generado una constelación, social, económica y política de gran complejidad, que dificulta la puesta en marcha de políticas de protección de la naturaleza”. Esto hace aún más importante el análisis de los PSA, como política destinada a fomentar la conservación y mejorar el bienestar de la población beneficiaria.

El Pago por Servicios Ambientales en la REBISE

El programa PSAH, fue el primero que se implementó en la REBISE en el año de 2004, con una superficie beneficiada de 4,512 ha y un monto económico de \$6, 768,000.00. Desde su inicio se firmaron convenios para la ejecución del pago por cinco años, con pagos equivalentes a \$300 y \$400 pesos por hectárea (este monto a incrementado a través de los años) los cuales fueron considerados como estímulos económicos por la conservación del bosque, en los predios ubicados en las zonas críticas de recarga de acuíferos; dentro de las zonas elegibles por la CONAFOR;

vinculadas al abastecimiento de agua de los centros poblacionales con más de cinco mil habitantes y con cubierta forestal mayor al 80% por hectárea.

Es importante destacar el incremento evidente de esta política pública ambiental en este territorio en términos de superficie beneficiada y monto económico, ya que en el 2017 se habían apoyado un total de 41, 235.43 hectáreas (con un importe total de \$94, 659,196.71. Sin embargo, ha existido una concentración de los beneficios solamente en un 20 % de los ejidos de la REBISE, sobre todo en aquellos más cercanas a los núcleos urbanos y con mayor población, de este modo, se origina una desigualdad por razones de localización territorial (Maximiliano-Martínez y Moyano, 2017). Desde la perspectiva de Cruz-Morales (2014) esta distribución se debe a las relaciones clientelares entre los actores locales y actores extraterritoriales.

Una de las características principales de los PSA, es que cuando se trata de ejidos se solicitan y se otorgan en poblaciones en conjunto, siendo después distribuido el recurso económico entre los miembros del ejido en base a los acuerdos de asamblea de cada ejido beneficiado. Estos procesos han generado nuevas relaciones entre la población local (ejidatarios, pobladores y vecindados) en la forma en que la asamblea ejidal decide el reparto del incentivo económico (Cruz-Morales, 2014). No obstante, al convertirse en beneficiarios se les atribuye una serie de regulaciones relacionadas con el uso y gestión de los bosques que en teoría los actores tienen que modificar sus comportamientos cotidianos y modos de vida (Maximiliano-Martínez y Moyano, 2017).

La microregión que más ha sido beneficiada del PSA en la reserva, es el Tablón, ya que 14 de 18 ejidos que conforman la zona se han favorecido con este programa. Del total de la superficie beneficiada por el programa en la REBISE, un 53.13% se ha destinado a esta microregión que se ubica en el municipio de Villaflores. En esta microregión habitan alrededor de 6000 personas y una superficie de 39, 360 ha del total de la REBISE (Márquez y Cruz-Morales, 2004). La segunda microregión en la que existe una mayor área apoyada es la de Hojas Moradas con un 21.23 % que corresponde al municipio de Jiquipilas, posee un 10.2% de superficie del total de la reserva con una población de 8021 personas. En estas dos microregiones se han apoyado tres cuartas partes del total de la superficie beneficiada de los PSA y ocupan un 33.88 % del total del área de la REBISE.

Por otra parte, en cuanto al régimen de tenencia de la tierra, un 92.97 % del total de la superficie beneficiada por los PSA en la REBISE le corresponde al ejido y solamente el 6.27 % a pequeños propietarios. En cuanto el tipo de apoyo, destacan los PSAH con una superficie de 36,101.89 ha apoyadas con un monto de \$82, 785,590.48 por ser uno de los principales SE que brinda la reserva y solamente el 12.45 % de la superficie es destinada a Pagos por Servicios Ambientales para la Biodiversidad, principalmente en la zona media de la REBISE.

De acuerdo a las características fisiográficas, ambientales, sociales y económico-productivos contrastantes que se presentan en la REBISE, se conforman espacios sociales diferenciados (Cruz-Morales, 2008). De modo que se pretende realizar la investigación en ejidos de dos microregiones El Tablón: Josefa Ortiz de Domínguez y Villahermosa; y en Hojas Moradas: Tierra y Libertad, con el propósito de analizar cómo influyen los contextos políticos, socioculturales e institucionales en los objetivos de los PSA, sobre todo en los MV en los habitantes de la REBISE.

Estudios relacionados con el PSA y vacíos del conocimiento

Una característica importante de los PSA es que son implementados en territorios con altos índices de pobreza y desigualdad social, por lo que este programa ha resultado un objeto de estudio sumamente interesante y polémico (Balvanera *et al.*, 2012). Esto ha dado lugar a la elaboración de una diversidad de estudios que han documentado las experiencias y las dificultades que conlleva la implementación de los PSA (ver por ejemplo Pagiola *et al.*, 2005; van Noordwijk *et al.*, 2012; Schomers y Matzdorf, 2013; Pham *et al.*, 2015; Grima *et al.*, 2016; Börner *et al.*, 2017). Además, se han analizado los efectos de los PSA, principalmente sobre la dimensión ambiental, donde la mayoría de los resultados indican una disminución de la deforestación y aumento del área de bosque (por ejemplo, Alix-García *et al.*, 2012; Arriagada *et al.*, 2012; Costedoat *et al.*, 2015; Honey-Rosés *et al.*, 2011; Khairiah *et al.*, 2016; Robalino y Pfaff, 2013; Scullion *et al.*, 2011; Le Velly *et al.* 2015; Berger, 2015). No obstante, se han presentado algunas excepciones donde se documentan lo contrario (Sánchez-Azofeifa *et al.*, 2007; Saavedra y Perevochtchikova, 2017).

A pesar de la vasta literatura científica que se ha desarrollado para analizar los impactos de los PSA, diversos investigadores como Hejnowicz *et al.*, (2014) y Blundo-Canto *et al.* (2018) señalan que existe una comprensión limitada de las condiciones bajo las cuales los PSA mejoran la sostenibilidad de los recursos naturales y fomentan los medios de vida sustentables⁶. De acuerdo a Chambers y Conway (1992) un medio de vida es definido como las capacidades, activos y actividades necesarias para sobrevivir. En esta misma línea, diversos autores expresan la dificultad de apreciar los efectos que están teniendo el programa de PSA en el mayor bienestar de los proveedores de los SA (Cole, 2010; Börner *et al.*, 2011; Alix-García *et al.*, 2012; Tacconi *et al.*, 2013; Samii *et al.*, 2014; Pham *et al.*, 2015; Perevochtchikova *et al.*, 2015).

En una revisión exhaustiva realizada por Blundo-Canto *et al.* (2018) analizaron 46 artículos que estudiaron el impacto de los PSA en los MV, señalan que las evaluaciones se centraron en valorar los impactos relacionados con los ingresos, mientras que los efectos sociales y culturales han sido poco estudiados y necesitan especial atención en investigaciones futuras. Por otra parte, los resultados obtenidos en las pasadas investigaciones son controvertidos y no existe un acuerdo general sobre los efectos de los PSA sobre los MV (capital social, natural, económico, financiero y físico) ya que se han presentado resultados en dimensiones opuestas.

Por su parte Adhikari, y Agrawal (2013) señalan que, a pesar del creciente interés en el estudio de los PSA, aún existen grandes brechas entre las predicciones hechas por los teóricos de los PSA y los resultados que generan los proyectos de PSA. Esta brecha entre la teoría y la práctica hace que sea necesario comprender cómo un conjunto de factores contextuales e institucionales influye en los resultados de los PSA. Toda vez que estas políticas públicas no se establecen en un vacío institucional (Vant, 2010), al contrario, la institucionalidad vigente permea e influye de manera importante en la permanencia y funcionamiento de los PSA (Ruiz De Oña Plaza, 2012), En la reciente literatura científica se reconoce que las instituciones locales son cruciales para la adopción exitosa de los PSA (Kosoy *et al.*, 2007; Clements *et al.*, 2010; Adhikari y Agrawal, 2013; Schomers *et al.*, 2015).

⁶ De acuerdo a Ellis (2000) los medios de vida de un hogar están compuestos por activos: naturales, físicos, humanos, financieros y sociales; y el acceso a éstos son mediados por instituciones y las relaciones sociales que, en conjunto, determinan la forma de vivir de los individuos o del hogar.

Van Hecken *et al.* (2015) argumentan que la investigación relacionado con los PSA sigue siendo débilmente teorizada en términos sociales, lo que resulta en una comprensión endeble del papel de la cultura, la agencia, la diversidad social y las relaciones de poder en la configuración de las instituciones de PSA y sus resultados. Este mismo autor en un artículo reciente indica “que deben hacerse estudios que ayuden a aclarar cómo se construyen localmente los sistemas de PSA mediante procesos de bricolaje institucional, desde adentro y en relación con la heurística cultural y repertorios existentes” (Van Hecken y Huybrechs, 2017, p. 293).

De acuerdo a lo anterior se han identificado dos claras prospectivas de investigación, la primera estriba en la falta de estudios que tomen en cuenta los factores institucionales (cultura, agencia y relaciones de poder) que influyen en los resultados de los PSA y la segunda una comprensión limitada de las condiciones bajo los cuales los PSA fomentan o no los MV en la población, sobre todo en espacios rurales. Por lo tanto, esta investigación propone contribuir a estos vacíos, dado que el estudio se centra en analizar la interacción entre los arreglos formales e informales que se presenta con la introducción de los PSA en el área protegida de la Reserva de la Biosfera de la Sepultura (REBISE) y sus efectos en los MV de los beneficiarios del programa. Asimismo, no solo se busca contribuir a los vacíos científicos, también tiene relevancia social en términos de política pública. Toda vez que busca contribuir a explicar por qué las intervenciones de PSA pueden tener resultados distintos a los planteados, particularmente en los MV.

Se considera que un análisis institucional crítico permitirá aportar elementos empíricos a estos vacíos. Debido a que un estudio desde esta perspectiva teórica toma en cuenta la complejidad de las instituciones en la vida cotidiana (Cleaver y De Koning, 2015) reconoce un contexto institucional caracterizado por un repertorio cultural y de relaciones sociales (Vatn, 2005; Van Hecken *et al.*, 2012). Además, permite incorporar la agencia humana y las relaciones dinámicas de poder involucradas en los procesos institucionales (Cleaver, 2002). El enfoque institucionalista que se propone en la presente investigación resulta más abierto ya que reconoce el arraigo social, aspectos culturales del territorio, valores intrínsecos de los actores y sus lógicas de acción, comparado con la perspectiva de PSA “Coasiano” (Legrand *et al.*, 2016).

Propuesta teórica para el análisis de los efectos de PSA en la REBISE

La propuesta teórica que se presenta tiene como propósito enunciar las categorías teóricas que se utilizarán para analizar los arreglos institucionales que resultan entre el PSA y las instituciones normativas y culturales en el territorio de la reserva la Sepultura, y percibir los efectos que el programa tiene sobre los medios de vida, particularmente en aquellos capitales relacionados con la conservación de los bosques y el bienestar humano. En el área protegida de la REBISE interactúan una diversidad de factores y actores que inciden en la operación del programa de PSA. Este posee una naturaleza compleja ya que incorpora varias dimensiones (social, económica y ambiental) (Perevochtchikova, 2015). En este sentido, Maximiliano-Martínez (2016) indica que es necesario realizar un análisis multidimensional, en el sentido de combinar diversos enfoques con perspectivas teóricas.

Partiendo de lo anterior en esta investigación se retoman los enfoques teóricos de institucionalismo crítico (IC) y medios de vida (MV). El IC tiene como objetivo explorar como las instituciones median las relaciones entre los actores, recursos naturales y sociedad (Cleaver y De Koning, 2015). Por su parte los MV estudia los

vínculos entre las políticas de desarrollo, la pobreza y la degradación ambiental (Sánchez, 2014). Un elemento importante en esta propuesta es la combinación de las dos teorías, ya que provienen de disciplinas diferentes. La teoría del institucionalismo crítico procede de la sociología y antropología, mientras que el enfoque de medios de vida se ha utilizado básicamente en el desarrollo rural. Por otra parte, el abordaje de estas perspectivas teóricas, en la presente investigación trata la problemática del dualismo estructura-actor de las ciencias sociales. Dado que toman en cuenta la interacción entre la estructura y la agencia. Además, el institucionalismo crítico llena los vacíos de las principales críticas que ha recibido los MV relacionado a la manera superficial que aborda la gobernanza y relaciones de poder (Avila-Focualt *et al.*, 2014), los cuales son retomados por este enfoque post-institucional.

Del IC se adopta el concepto teórico de bricolaje institucional, el cual es definido por Frances Cleaver (2002) como un proceso en que los actores consciente o inconscientemente remodelan o ensamblan diferentes arreglos institucionales. En el bricolaje institucional De Koning (2011) categoriza e identifica tres procesos que ocurren cuando una institución formal (PSA) se introduce en contextos institucionales locales: agregación, alteración y articulación. Por su parte de la perspectiva teórica de los MV se utilizará el marco de activos de capital (social, natural, humano, financiero y físico), para analizar si el programa de PSA es considerado como una situación de cambio en el acceso de los capitales (creación, acumulación y restricción) de los hogares en el área natural protegida de la REBISE.

Con ambas perspectivas teóricas se elabora un modelo conceptual. Este consiste en un conjunto de relaciones causales entre los conceptos centrales y la base sobre la cual las preguntas de investigación serán respondidas. El propósito central de un modelo conceptual es formular las relaciones asumidas entre conceptos y vincular la investigación con teorías existentes. También se asume que al diseñar el modelo conceptual se delimita el estudio considerando los conceptos básicos en el estudio y sus relaciones a examinar. El modelo conceptual está compuesto por dos elementos: a) un conjunto de conceptos centrales que indican fenómenos de la realidad empírica, y funcionan como preguntas de investigación y b) un conjunto de relaciones asumidas entre estos conceptos, que forman una relación causal (causa y efecto) (Verschuren y Doorewaard, 2010). Para su construcción se toma como base el marco de Análisis de Desarrollo Institucional (ADI) que es compatible con diversas teorías (ecológicas y sociales) (McGinnis y Ostrom, 2014). El principal propósito del ADI es construir explicaciones casuales de arreglos institucionales (Ostrom, 2015).

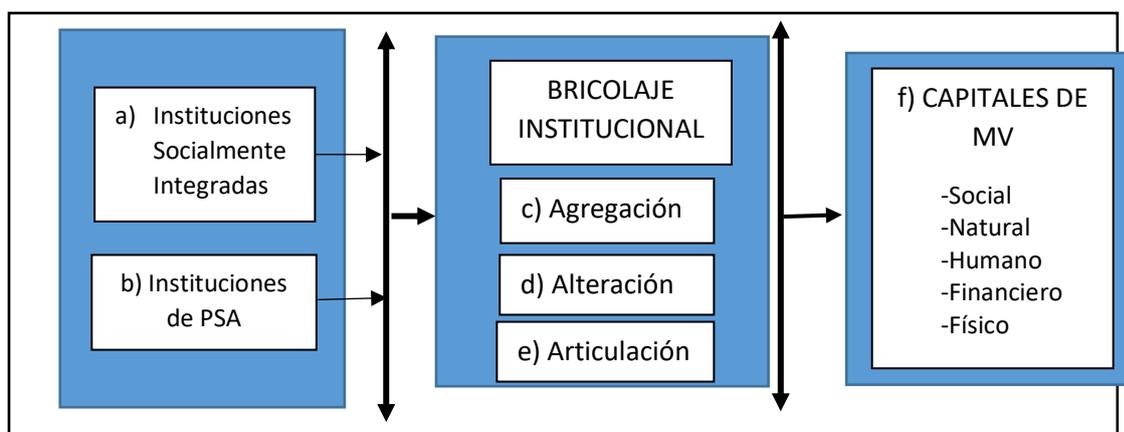
El marco de ADI es modificado al introducir conceptos teóricos de los enfoques del IC y MV (Figura 2). La situación acción del marco ADI pasa a formar la arena donde se desarrolla el proceso de bricolaje institucional (agregación, alteración y articulación). Este proceso ocurre cuando se introduce una institución burocrática como el programa de PSA en las prácticas locales ya estructuras por las Instituciones Socialmente Integradas (ISI)⁷ (Cleaver, 2002). En el bricolaje institucional se desencadena una serie de interacciones entre los diversos actores participantes en múltiples escalas temporales y espaciales influenciado por diversos factores. El bricolaje institucional no es un proceso que encuentre solución a las desigualdades, si no que reconoce las diferencias de autoridad y de poder (Cleaver, 2002). Rodríguez-Robayo y Merino-Pérez (2017, p. 260) indican que, una herramienta económica como

⁷ Esta autora denomina instituciones burocráticas a aquellas que se caracteriza por arreglos formales, que se basan en estructuras organizacionales, contratos y derechos legados. Las instituciones burocráticas por lo regular son introducidas por agentes externos como gobiernos o agencias de desarrollo. Por otra parte, las instituciones socialmente integradas se basan en la cultura, la organización social, prácticas cotidianas.

el PSA, es considerado como una situación acción que ocasiona una serie de interacciones y resultados dentro del marco. Así mismo, en la arena de acción los intereses de los diferentes actores se enfrentan y en ocasiones las iniciativas planeadas son reformadas. Por lo tanto, esta perspectiva permite comprender los objetivos planificados y los reales del programa de PSA (Nigussie *et al.*, 2018).

Los factores que influyen en el proceso de bricolaje institucional son las instituciones del PSA y las ISI existentes en el territorio. Por lo tanto, el campo de los atributos de la comunidad se modifica por el repertorio de instituciones culturales y concepciones de las localidades (Instituciones Socialmente Integradas), las reglas del marco IDA son modificadas como las regulaciones de operación del programa de PSA. Los arreglos institucionales entre estos factores dentro de un espacio determinarán los efectos en los MV a través de sus resultados. Toda vez que un análisis dentro de este marco examina el diseño y rendimiento de un arreglo institucional (Imperial, 1999, p. 463). De acuerdo a lo anterior, el modo en que se intenta analizar la dinámica institucional (burocráticas y socialmente integradas), facilita la comprensión de la interacción de las instituciones, actores y entorno (Altamirano y Martínez, 2011).

Figura 2. Modelo conceptual para el análisis institucional y efectos en los MV



Fuente: elaboración propia con base al marco AID de Ostrom

Las dimensiones del bricolaje institucional están divididas en tres procesos, en el contexto de esta investigación: a) agregación se relaciona con la recombinación recreativa de las instituciones del PSA y los elementos socioculturales locales. Es decir, los esquemas de PSAH se incorporan a la vida social porque se combinan con elementos institucionales sociales y culturales (De Koning, 2011). El proceso de alteración se refiere a la forma en que los actores de la REBISE remodelan (alteran) las instituciones del PSA de acuerdo a sus instituciones locales relacionadas con los aspectos normativos y cognitivos. Estas últimas contienen motivaciones inconscientes, que en ocasiones son casi invisibles, derivado del arraigo profundo en el que originaron (Douglas, 1987). Por último, la articulación implica la forma en que los actores ejercen este proceso como escudo a las regulaciones del PSA utilizando sus instituciones socioculturales. Estas funcionan como una barrera cuando el PSA es introducido, aun más, cuando son concebidas como regulaciones restrictivas.

Del marco de MVS se introducen en el modelo conceptual las instituciones y los capitales. Las instituciones se reflejan en los campos de ISI (normas valores y costumbres) y como regulaciones de PSA (una visión de restricción), se observa que las dos nociones de instituciones propuestas por Scoones (1998) en la teoría de MV se reflejan en el modelo planteado. Los resultados del modelo son los efectos en los

capitales de medios de vida ocasionados por los diseños institucionales que se originan en el proceso de bricolaje institucional.

En el modelo conceptual se encuentran inmerso los tres tipos de instituciones: regulativa, normativa y cultural-cognitiva que distingue Richard Scott. De acuerdo a esta clasificación las reglas del PSA se entienden como instituciones reguladoras que son implementadas desde el exterior y se basan en el supuesto de que el cumplimiento mejorara la provisión de SE y un mayor bienestar de los participantes. Dentro de las ISI se encuentran la normativa y cultura-cognitiva, en las primeras se incluyen los valores y normas que definen objetivos, imponen restricciones al comportamiento y potencian la acción social. Las culturales cognitivas se interpretan por las dimensiones cognitivas, en estas los símbolos juegan una función importante ya que dan forma a los significados que las personas le confieren a los objetos (De Koning, 2011).

El modelo conceptual está formado por los conceptos seleccionados de las dos teorías y la relación entre estos conceptos (Verschuren y Doorewaard, 2010). Los conceptos son ISI, instituciones de PSA, bricolaje institucional (agregación, alteración y articulación) y capitales de MV. Como se aprecia en la Figura 2, la primera relación ocurre entre las ISI, las instituciones de PSA y el proceso de bricolaje institucional, es decir, la combinación de estos dos factores conduce a un proceso de arreglos institucionales. Una segunda relación acontece una vez que se da el bricolaje institucional, y se perciben los efectos que tienen sobre los MV de los habitantes del territorio donde se pone en práctica esta política ambiental. Finalmente, este modelo se basa en las preguntas secundarias por las cuales todas las flechas horizontales representan una pregunta de investigación.

Preguntas secundarias

- a. ¿Cuáles son las diferentes instituciones socialmente integradas en la Reserva de la Biosfera de la Sepultura?
- b. ¿Cómo se expresa las regulaciones del programa de Pago por Servicios Ambientales en la Reserva de la Biosfera de la Sepultura?
- c. ¿De qué forma interactúan las regulaciones de Pagos por Servicios Ambientales y las instituciones socialmente integradas? (proceso de agregación)
- d. ¿Cómo se remodelan o ajustan las instituciones del programa de Pagos por Servicios Ambientales y los elementos institucionales normativos y culturales? (proceso de alteración)
- e. ¿Cómo los actores del territorio de la REBISE responden a las instituciones regulatorias del PSA utilizando las instituciones socialmente integradas? (proceso de articulación)
- f. ¿Cuáles son los efectos en los capitales de Medios de Vida de los habitantes de la Reserva de la Biosfera de la Sepultura inducido por el proceso de bricolaje institucional?

Referencias

- Adhikari, B. y Agrawal, A. (2013). Understanding the Social and Ecological Outcomes of PES Projects: A Review and an Analysis. *Conservation and Society*, 11(4), 359-374.
- Adhikari, B. y Boag, G. (2013). Designing payments for ecosystem services schemes: some considerations. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5, 72-77.

- Alix-García, J. M., Shapiro, E. N. y Sims, K. R. E. (2012). Forest Conservation and Slippage: Evidence from Mexico's National Payments for Ecosystem Services Program. *Land Economics*, 88, 613-638.
- Altamirano, M. y Martínez, A. (2011). El método comparado y el neo-institucionalismo como marco metodológico para la investigación en Ciencias Sociales. *Mundo Siglo XXI*, 25 (8), 55-63.
- Arriagada, R. A., Ferraro, P. J., Sills, E. O., Pattanayak, S. K. y Cordero-Sancho, S. (2012). Do payments for environmental services affect forest cover? A farm-level evaluation from Costa Rica. *Land Economics*, 88(2), 382–399.
- Avila-Foucat, S., Saad-Alvarado, L. y Fierros, I. (2014). Variables utilizadas para el estudio de la diversificación y los medios de vida sustentables. En S. Ávila-Foucat (coord.), *Pobreza y sustentabilidad. Capitales en comunidades rurales* (pp. 159-174), México: IIEC-UNAM.
- Balvanera, P., Uriarte, M., Almeida-Leñero, L., Altesor, A., DeClerck, F., Gardner, T., Hall, J., Lara, A., Latterra, P., Peña-Claros, M., Silva-Matos, D.M., Vogl, A.L., Romero-Duque, L.P., Arreola, L.P., Caro-Borrero, A.P., Gallego, F., Jain, M., Little, C., de Oliveira, R., Paruelo, J.M., Peinado, J.E., Pooter, L., Ascarrunz, N., Correa, F., Cunha-Santino, M.B., Hernández-Sánchez, A.P., y Vallejos, M. (2012). Ecosystem services research in Latin America: The state of the art. *Ecosystem Services*, 2, 56- 70.
- Berger-García, M. (2015). Effectiveness of Payment for Environmental Services Programs in Mexico. All Dissertations. Paper 1484.
- Bissix, Glyn y J. A. Rees. (2001). Can strategic ecosystem management succeed in multiagency environments? *Ecological Applications*, 11 (2), 570-583.
- Blundo-Canto, G., Baxd, V., Quintero, M., Cruz-García, G.S., Groeneveld, R.A. y Perez-Marulanda, L. (2018). The Different Dimensions of Livelihood Impacts of Payments for Environmental Services (PES) Schemes: A Systematic Review. *Ecological Economics* 149, 160–183.
- Börner, J., Baylis, K., Corbera, E., Ezzine-de-Blas, D., Honey-Rosés, J., Persson, U. M., & Wunder, S. (2017). The Effectiveness of Payments for Environmental Services. *World Development*, 96, 359-374.
- Börner, J., Wunder, S., y Armas, A. (2011). Pagos por carbono en América Latina: De la experiencia de proyectos pilotos a la implementación a gran escala. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 228, 115-138.
- Castro-Hernández, J.C., Hernández-Jonapá, R., Nájuez-Jiménez, S., Rodríguez-Alcazar, S.R., Tejeda-Cruz, C., Vázquez-Vázquez, A., Batchelder, K. y Maldonado-Fonseca, A.Z. (2003). Community-based Conservation: Participatory Conservation in Buffer Zone Communities in the Natural Protected Areas of Mexico, Chiapas. The Nature Conservancy, Arlington.
- CentroGeo. (2018). Valoración económica de servicios ecosistémicos en el complejo de Áreas Naturales Protegidas de la Sierra Madre de Chiapas. Informe final. Recuperado de http://idegeo.centrogeo.org.mx/ms/chiapas_sm
- Chambers, R. y Conway, G. R. (1991). Sustainable Rural Livelihoods: Practical concepts for the 21st century. IDS Discussion Paper 296. 33 pp.
- Cleaver, F. (2002). Reinventing Institutions: Bricolage and the Social Embeddedness of Natural Resource Management. *The European Journal of Development Research*, 14(2), 11–30.
- Cleaver, F. y De Koning, J. (2015). Furthering critical institutionalism. *International Journal of the Commons*, 9 (1), 1-18.
- Clements, T., John, A., Nielsen, K., An, D., Tan, S. y Milner-Gulland, E.J. (2010). Payments for biodiversity conservation in the context of weak institutions: comparison of three programs from Cambodia. *Ecological Economics*, 69 (6), 1283–1291.
- Cole, R. J. (2010). Social and environmental impacts of payments for environmental services for agroforestry on small-scale farms in southern Costa Rica. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 17(3), 208-216.

- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2014). Programa Institucional Comisión Nacional Forestal 2014-2018. Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, Gobierno de la República. Recuperado de <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/8/7398Programa%20Institucional%20CONAFOR%202014-2018.pdf>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2013a). Estrategia para la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad del estado de Chiapas. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Recuperado de <http://www.biodiversidad.gob.mx/region/EEB/pdf/Estrategia%20Chiapas.pdf>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2013b). La biodiversidad en Chiapas: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad/Gobierno del Estado de Chiapas. México. Recuperado de http://www.biodiversidad.gob.mx/region/EEB/pdf/chiapas_vol1_baja.pdf
- CONABIO. (2008). Manglares de México: Extensión y distribución. 2ª ed. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 99 pp.
- CONAFOR. (2010). Servicios Ambientales y Cambio Climático. Coordinación General de Producción y Productividad. Comisión Nacional Forestal, Zapopan Jalisco, noviembre, 55 pp. Buscar en internet
- CONANP. (2014). Estrategia hacia 2040: una orientación para la conservación de las áreas naturales protegidas de México. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México. Recuperado de http://e2040.conanp.gob.mx/docs/E-2040_completa.pdf
- CONANP. (2018). Áreas naturales protegidas decretadas. Recuperado de http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/datos_anp.htm
- Costedoat, S., Corbera, E., Ezzine de Blas, D., Honey-Roses, J., Baylis, K., y Castillo-Santiago, M. A. (2015). How effective are biodiversity conservation payments in Mexico? *PLoS One*, 10(3), e0119881.
- Cotler, H. (2010). Evolución y perspectivas de la conservación de suelos. En J.L. Lezama y B. Graizbord (Ed.), *Los grandes problemas de México; IV Medio Ambiente* (pp. 141-164). México, D.F: El Colegio de México.
- Cruz-Morales, J. (2014). Desafíos para construir la democracia ambiental en la Cuenca Alta del Rio el Tablon, Reserva de la Biosfera La Sepultura, Chiapas, México. En C. Legorreta, C. Márquez y T. Trech (Coords.), *Paradojas de las tierras protegidas en Chiapas: Democracia y política ambiental en reservas de biosfera en Chiapas* (pp. 21-60). México, D.F: CEIICH, UNAM, UCh.
- Cruz-Morales, J. (2008). Diagnóstico social y diseño de estrategia operativa para la Reserva de la Biosfera La Sepultura. Universidad Autónoma Chapingo. 237 pp.
- Cruz-Morales, J. y García-Barrios, L.E. (2017). Reservas en Chiapas, México: análisis de las interacciones sociales locales para la conservación y el desarrollo, ¿exclusión y clientelismo? En A. García (Coord.), *Extractivismo y neoextractivismo en el Sur de México: múltiples miradas* (pp. 255-290). México: Universidad Autónoma de Chapingo.
- Daily, C.G. (1997). *Nature's Services: Social Dependence on Ecosystem Services*. Island Press, Washington DC.
- De Koning, J. (2011). *Reshaping Institutions – Bricolage Processes in Smallholder Forestry in the Amazon*. PhD thesis. Wageningen: Wageningen University.
- Douglas, M. (1986). *How Institutions Think*. London: Routledge and Kegan Paul.
- Duan, W. y Wen, Y. (2017). Impacts of protected areas on local livelihoods: Evidence of giant panda biosphere reserves in Sichuan Province, China. *Land Use Policy*, 68, 168–178.
- Ellis, F. (2000). *Rural livelihoods and diversity in developing countries*. Oxford University Press. United Kingdom. 273 pp.
- Engel, S., Pagiola, S. y Wunder, S. (2008). Designing payments for environmental services in theory and practice, an overview of the issues. *Ecological Economics*, 65 (4), 663-674.

- Ezzine de Blas, D., Hrabanski, M. y Coq, J. F. (2016). Payment for Environmental Services in Climate Change Policies. In: TORQUEBIAU, E. (ed.) *Climate Change and Agriculture Worldwide*. Dordrecht: Springer Netherlands.
- Figueroa, F., Caro-Borrero, Á., Revollo-Fernández, D., Merino, L., Almeida-Leñero, L., Paré, L. y Mazari-Hiriart, M. (2016). "I like to conserve the forest, but I also like the cash". Socioeconomic factors influencing the motivation to be engaged in the Mexican Payment for Environmental Services Programme. *Journal of Forest Economics*, 22, 36-51.
- Fregoso, A. (2006). La oferta y el pago de los servicios ambientales hídricos: una comparación de diversos estudios. *Gaceta ecológica*, 78, 29-46.
- García-Amado, L. R., Pérez, M. R., Escutia, F. R., García, S. B., y Mejía, E. C. (2011). Efficiency of payments for environmental services: equity and additionality in a case study from a biosphere reserve in Chiapas, Mexico. *Ecological Economics*, 70(12), 2361-2368.
- Grima, N., Singh, S. J., Smetschka, B. y Ringhofer, L. (2016.) Payment for Ecosystem Services (PES) in Latin America: Analysing the performance of 40 case studies. *Ecosystem Services*, 17, 24-32.
- Guevara, S. (2010). Las reservas de biosfera en Iberoamérica. *Ambienta Revista*, 92, 46-56.
- Gutman, P. (2007). Ecosystem services: foundations for a new rural–urban compact. *Ecological Economics*, 62, 383-387.
- Hejnowicz, A. P., Raffaelli, D. G., Rudd, M. A., y White, P. C. L. (2014). Evaluating the outcomes of payments for ecosystem services programmes using a capital asset framework. *Ecosystem Services*, 9, 83-97.
- Honey-Roses, J., Baylis, K., y Ramírez, M. I. (2011). A spatially explicit estimate of avoided forest loss. *Conservation Biology*, 25(5), 1032–1043.
- Imperial, M. (1999). Institutional analysis and ecosystem based management: The institutional analysis and development framework? *Environmental Management*, 24(4), 449–465.
- Instituto Nacional de Ecología (INE). (1999). Programa de Manejo de Reserva de la Biosfera de la Sepultura. 1a edición. México, D.F: SEMARNAP.
- Khairiah, R. N., Prasetyo, L. B., Setiawan, Y. y Kosmaryandi, N. (2016). Monitoring Model of Payment for Environmental Service (PES) Implementation in Cidanau Watershed with stands Density Approach. *Procedia Environmental Sciences*, 33, 269-278.
- Kosoy, N., Martínez-Tuna, M., Muradian, R. y Martínez-Alier, J. (2007). Payments for environmental services in watersheds: insights from a comparative study of three cases in Central America. *Ecological Economics*, 61 (2-3), 446–455.
- Le Velly, G., Sauquet, A. y Cortina-Villar, S. (2015). PES Impact and Leakages over Several Cohorts: The Case of PSA-H in Yucatan, Mexico. *Études et Documents*, no. 29, CERDI.
- Legorreta, M.C. y Márquez, C. (2014). Introducción. En C. Legorreta, C. Márquez y T. Trech (Coords.), *Paradojas de las tierras protegidas en Chiapas: Democracia y política ambiental en reservas de biosfera en Chiapas* (pp. 11-19). México, D.F: CEIICH, UNAM, UACH.
- Legrand, T., Le Coq, J.F. y Froger, G. (2016). Concepción de justicia y gobernanza del programa de Pago por Servicios Ambientales costarricense. Hacia un mejor entendimiento de su tipo de arreglo institucional. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 26, 207-222.
- Maximiliano-Martínez, J. (2016). Dinámicas sociales, conservación y desarrollo en áreas naturales protegidas. El caso de la reserva de la Biosfera "La Sepultura" en el estado mexicano de Chiapas". Tesis doctoral, Universidad de Córdoba.
- Maximiliano-Martínez, J. y Moyano, E. (2017). Conservación y desarrollo en espacios naturales protegidos. Aproximación sociológica al caso de la Reserva de la Biosfera "La Sepultura" (Chiapas, México). *Revista de Estudios sobre Despoblación y Desarrollo Rural*, 1-30.
- McGinnis, M.D. y Ostrom, E. (2014). Social-ecological system framework: initial changes and continuing challenges. *Ecology and Society*, 19(2), 30.

- Millennium Ecosystem Assessment (MEA). (2005). *Ecosystems and Human Well Being. Synthesis*. Island Press, Washington, DC. 365 pp.
- Muñoz-Piña, C., Guevara, A., Torres, J.M. y Braña, J. (2008). Paying for the hydrological services of Mexico's forests: Analysis, negotiations and results. *Ecological Economics*, 65, 725–736.
- Muradian, R., Corbera, E., Pascual, U., Kosoy, N. y May, P.H. (2010). Reconciling theory and practice: An alternative conceptual framework for understanding payments for environmental services. *Ecological Economics*, 69, 1202–1208.
- Nelson, A. y Chomitz, K.M. (2011). Effectiveness of strict vs. multiple use protected areas in reducing tropical forest fires: a global analysis using matching methods. *PLoS One*, 6, 1–14.
- Nigussie, Z., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Adgo, E., Cochrane, L., Floquet, A. y Abele, S. (2018). Applying Ostrom's institutional analysis and development framework to soil and water conservation activities in north-western Ethiopia. *Land Use Policy*, 71, 1-10.
- Ostrom, E. (2005 [2015]). *Comprender la diversidad institucional. México, D.F: FCE, UAM. Services Help Reduce Poverty? An Exploration of the Issues and the Evidence to Date from Latin America. World Development*, 33 (2), 237-253.
- Perevochtchikova, M. (2015). Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos en México: sus dimensiones socio-ecológicas e implicaciones territoriales. En A. L. Burgos, G. Bocco y J. Sosa (Coords.), *Dimensiones sociales en el manejo de cuencas* (pp. 59-74) México: CIGA-UNAM.
- Perevochtchikova, M. y Ochoa, A. M. (2012). Avances y limitantes del programa de pago de servicios ambientales hidrológicos en México, 2003-2009. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 3, 89-112.
- Perevochtchikova, M. y Vázquez, A. (2010). Programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH) en suelo de conservación del D.F., México. X Reunión Nacional de Investigación Demográfica en México Escenarios Demográficos y Política de Población en el Siglo XXI.
- Perevochtchikova, M., Negrete, I. R., Martínez, S. y Mariles, G. F. (2015). Información hidroclimatológica para la evaluación de los efectos del programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos. Caso de estudio de la comunidad de San Miguel y Santo Tomás Ajusco, México. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 11, 37-55.
- Pham, T. T., Loft, L., Bennett, K., Phuong, V. T., Dung, L. N. y Brunner, J. (2015). Monitoring and evaluation of Payment for Forest Environmental Services in Vietnam: From myth to reality. *Ecosystem Services*, 16, 220-229.
- Riascos, E. y González, Á. (2007). Panorama Latinoamericano del pago por servicios ambientales. *Gestión y Ambiente*, 10, 129-144.
- Robalino, J. y Pfaff, A. (2013). Ecopayments and deforestation in Costa Rica: A nationwide analysis of PSA's initial years. *Land Economics*, 89 (3), 432-448.
- Rodríguez-Robayo, K. J. y Merino-Perez, L. (2017). Contextualizing context in the analysis of payment for ecosystem services. *Ecosystem Services*, 23, 259-267.
- Rosa, H., Kandel, S. y Dimas, L. (2004). *Compensación por Servicios Ambientales y Comunidades Rurales. Lecciones de las Américas y Temas Críticos para Fortalecer Estrategias Comunitarias*. INE-SEMARNAT. PRISMA. CCMSS. México. 125 pp.
- Ruiz-De-Oña-Plaza, C. (2012). El Programa de Pagos por Servicios Ambientales de Costa Rica: claves institucionales para su éxito. Biodiversidad, energéticos y desarrollo sustentable.
- Saavedra, Z. y Perevochtchikova, M. (2017). Evaluación ambiental integrada de áreas inscritas en el programa federal de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos. Caso de estudio: Ajusco, México. *Investigaciones Geográficas*, 93, 76-94.
- Samii, C., Lisiecki, M., Kulkarni, P., Paler, L y Chavis, L. (2014). Effects of Payment for Environmental Services (PES) on Deforestation and Poverty in Low and Middle Income Countries: A Systematic Review. 95 pp.

- Sánchez, A. (2014). La pobreza en el contexto del desarrollo regional. En en S. Ávila-Foucat (coord.), *Pobreza y sustentabilidad. Capitales en comunidades rurales* (pp. 17-39), México: IIEC-UNAM.
- Sanchez-Azofeifa, G. A., Pfaff, A., Robalino, J. A. y Boomhower, J. P. (2007). Costa Rica's payment for environmental services program: Intention, implementation, and impact. *Conservation Biology*, 21(5), 1165–1173.
- Schomers, S. y Matzdorf, B. (2013). Payments for ecosystem services: A review and comparison of developing and industrialized countries. *Ecosystem Services*, 6, 16-30.
- Schomers, S., Sattler, C. y Matzdorf, B. (2015). An analytical framework for assessing the potential of intermediaries to improve the performance of payments for ecosystem services. *Land Use Policy*, 42, 58–70.
- Scoones, I. (1998). Sustainable Rural Livelihoods: A Framework for Analysis. IDS Discussion Paper 72. 22 pp.
- Scullion, J., Thomas, C. W., Vogt, K. A., Pérez-Maqueo, O. y Logsdon, M. G. (2011). Evaluating the environmental impact of payments for ecosystem services in Coatepec (Mexico) using remote sensing and onsite interviews. *Environmental Conservation*, 38(4), 426–434.
- Tacconi, L., Mahanty, S., y Suich, H. (2013). The Livelihood Impacts of Payments for Environmental Services and Implications for REDD+. *Society y Natural Resources*, 26 (6), 733-744.
- Trech, T. (2014). Desafíos para construir la democracia ambiental en la Cuenca Alta del Río el Tablon, Reserva de la Biosfera La Sepultura, Chiapas, México. En C. Legorreta, C. Márquez y T. Trech (Coords.), *Paradojas de las tierras protegidas en Chiapas: Democracia y política ambiental en reservas de biosfera en Chiapas* (pp. 61-105). México, D.F: CEIICH, UNAM, UACH.
- Urquiza, E.G. (2009). Análisis de capacidades nacionales para la conservación *in situ*. En CONABIO – PNUD, México: Capacidades para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad (pp. 51-94). México, D.F: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- Van Hecken, G., Bastiaensen, J. y Huybrechs, F. (2012a). Hacia un enfoque institucional de los Pagos por Servicios Ambientales: perspectivas sobre la oferta y la demanda de servicios ambientales a partir de dos estudios de caso en la frontera agrícola nicaragüense. *Encuentro*, 92, 29-52.
- Van Hecken, G., Bastiaensen, J. y Windey, C. (2015). Towards a power-sensitive and socially-informed analysis of payments for ecosystem services (PES): Addressing the gaps in the current debate. *Ecological Economics*, 120, 117–125.
- Van Hecken, G., Bastiaensen, J. y Huybrechs, F. (2017). Pagos por Servicios Ambientales en Nicaragua: ¿Mas allá del discurso neoliberal? En D. Ezzine de Blas, J.F. Le Coq y A. Guevara (coords.), *Los Pagos por Servicios Ambientales en America Latina: gobernanza, impactos y perspectivas* (pp. 263-301). Ciudad de México, México: Universidad Iberoamericana.
- Van Noordwijk, M., Leimona, B., Jindal, R., Villamor, G. B., Vardhan, M., Namirembe, S., Catacutan, D., Kerr, J., Minang, P. A. y Tomich, T. P. (2012). Payments for Environmental Services: Evolution Toward Efficient and Fair Incentives for Multifunctional Landscapes. *Annual Review of Environment and Resources*, 37, 389-420.
- Vatn, A. (2005). Rationality, institutions and environmental policy. *Ecological Economics*, 55, 203–217.
- Vatn, A. (2010). An institutional analysis of payments for environmental services. *Ecological Economics*, 69 (6), 1245–1252.
- Verschuren, P. y Doorewaard, H. (2010). *Designing a Research Project*. Second edition. Eleven International Publishing The Hague. The Netherlands.
- Wunder, S. (2005). Pagos por servicios ambientales: Principios básicos esenciales. Centro Internacional de Investigación Forestal. Occasional Paper 42(s):2.

14

Eliut López Toledo, M. en C. Jorge Miguel Saldaña Acosta, M en C.

Sistema de seguridad industrial con Arduino
 Universidad Tecnológica Gral. Mariano Escobedo
 Escobedo Nuevo León, México
eliutl@hotmail.com, 3010jmsa@gmail.com

Introducción

La seguridad industrial no se refiere solamente a la seguridad del personal que labora en áreas de riesgo; sino a una situación de bienestar del trabajador, la economía de los sistemas utilizados para tal fin y de una tecnología moderna y sustentable, sobre todo que al momento de desecharlos o simplemente reemplazar los sistemas de seguridad empleados ello sea de una manera segura y sin impactar al ambiente con residuos o materiales tóxicos.

Las tecnologías utilizadas para los sistemas de seguridad en la industria, en particular las que tienen el propósito de ser instalados en las líneas de trabajo para que, éstas, sean seguras para los profesionales que allí operan son las llamadas cortinas de seguridad, cortinas fotoeléctricas o rejilla de luz; sin embargo a pesar de que los costos de esta tecnología son elevados, no los exime de presentar errores o deterioros, y al desecharlos o reemplazarlos formarán parte de material contaminante al medio ambiente debido a su estructura y la variedad de partes que lo componen. Ver figura 1.

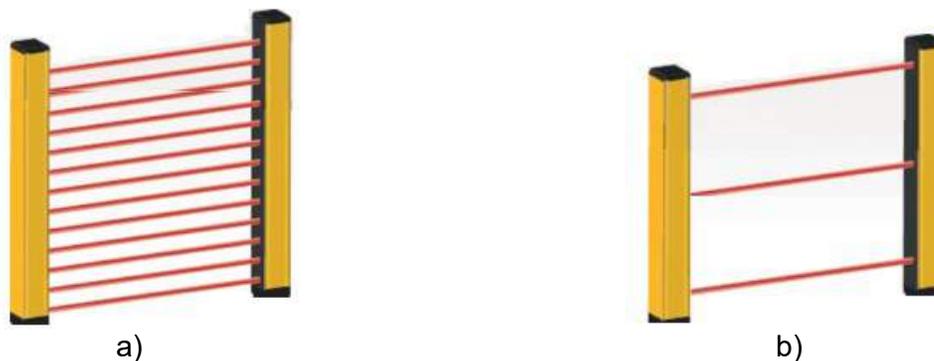


Figura 1. a) Cortina fotoeléctrica y b) Rejilla de luz.

Por lo anteriormente mencionado, en el presente trabajo se hace uso de una tecnología que ha estado siendo utilizada en una diversidad de sistemas vanguardistas que van desde el control de apertura y cierre de una puerta de acceso o el activar/desactivar un motor eléctrico, hasta la manipulación de drones. La tecnología de Arduino es una plataforma de electrónica abierta (open hardware) para la creación de prototipos basada en software y hardware libre [2].

Metodología y desarrollo

Para el Sistema de seguridad industrial con Arduino, se utilizó una tarjeta Arduino uno, una tarjeta Arduino mega, dos sensores de distancia por ultrasonidos, un teclado matricial, un servomotor, un altavoz y una computadora. Primeramente, en el controlador Arduino Uno se grabó el sistema que realizará el movimiento del servomotor que estará girando de 0 a 180 grados de manera continua. El servomotor tiene adherido a él dos sensores ultrasónicos, donde el sensor ultrasónico 2 es el encargado de detectar la posición o presencia de personal que llegase a estar presente en la sección delimitada de riesgo en el área de trabajo.

La región delimitada en esta ocasión es de hasta 4 metros, sin embargo puede ser modificada para adecuarse a la región que se requiera por medio del software. Ver figura 2.

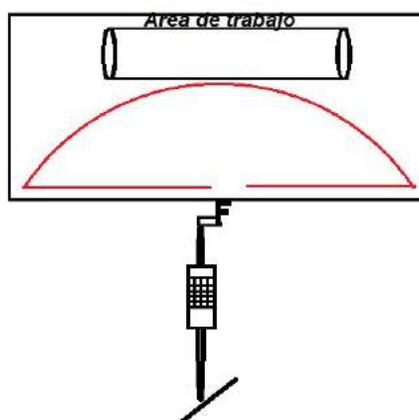


Figura 2. Espacio de monitoreo

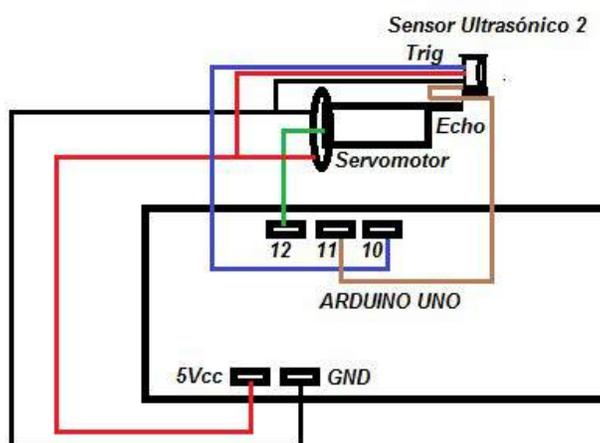


Figura 3. Hardware para el monitoreo del sistema

En la figura 3 se indican las conexiones y los componentes que integran el control del monitoreo en el sistema. Se cuenta con un servomotor que tiene

colocado en un extremo los dos sensores ultrasónicos; donde el sensor 2 es el encargado de enviar en todo momento el estado del área asegurada al controlador Arduino Uno, procesando la información y mostrándola al personal de seguridad para ser vista en la computadora como se muestra en la figura 4.

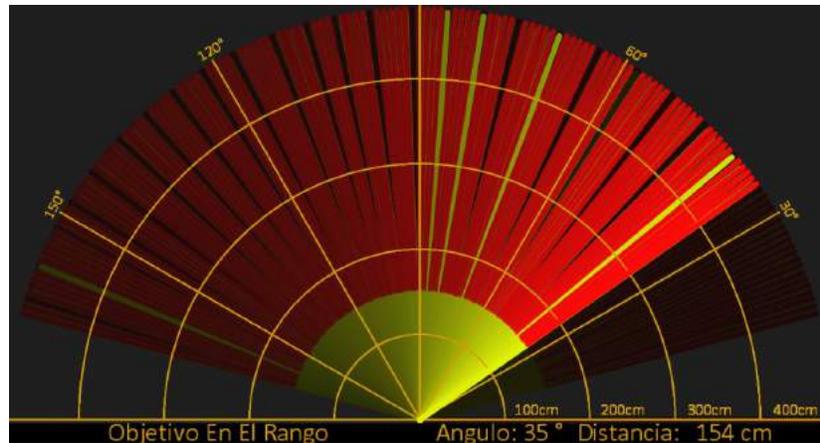


Figura 4. Espectro del área monitoreada hasta 4 metros.

Como se puede apreciar en la figura 4, se encuentra una persona u objeto detectado a una distancia de 154 cm. del sensor 2. El espectro indica en color amarillo el área libre de obstáculos y en rojo la zona de riesgo. Cabe mencionar que en esta ocasión, el área asegurada es de hasta 4 m. En la figura 5 se muestra una modificación del área a asegurar que es de hasta 40 cm.;

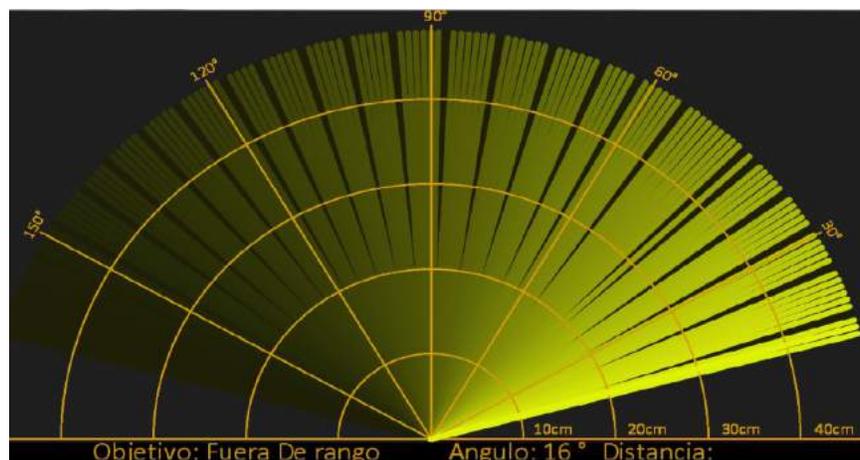


Figura 5. Espectro del área monitoreada hasta 40 centímetros sin obstáculo.

En la figura 5 no existe persona en el área de riesgo, es por ello que se encuentra en color amarillo y la alarma en estado desactivado.

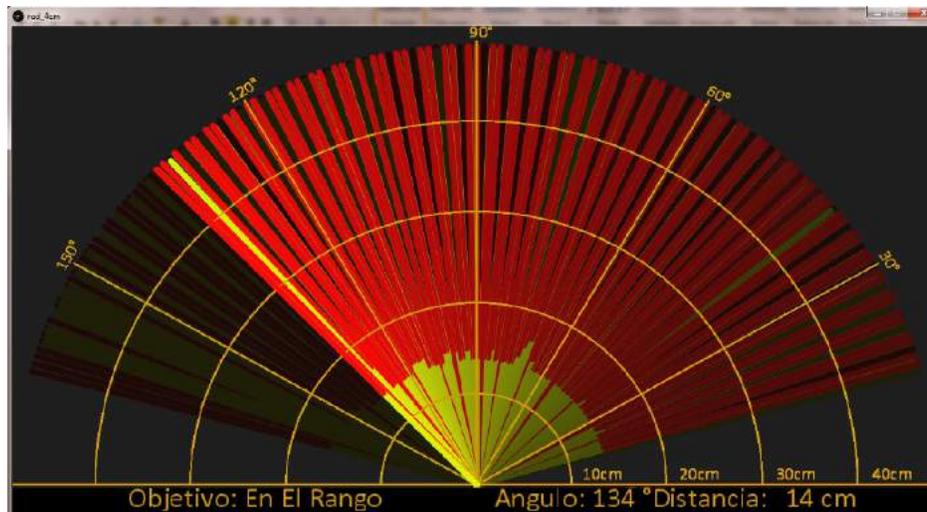


Figura 6. Espectro del área monitoreada hasta 40 centímetros con obstáculo.

En la figura 6 en un rango de monitoreo de hasta 40 cm., existe una persona en el área a una distancia de entre 10 y 20 cm.

Cuando se detecta una persona u objeto en el área monitoreada, al mismo tiempo de mostrarlo en el monitor, es activada una alarma para que el personal de seguridad o encargado de los equipos en operación se pueda percatar del riesgo existente.

La etapa de alarma es construida con una tarjeta Arduino Mega, un teclado matricial, un sensor Ultrasónico1, un LCD de 16 x 2, un potenciómetro y un altavoz como se puede apreciar en el circuito de la figura 7.

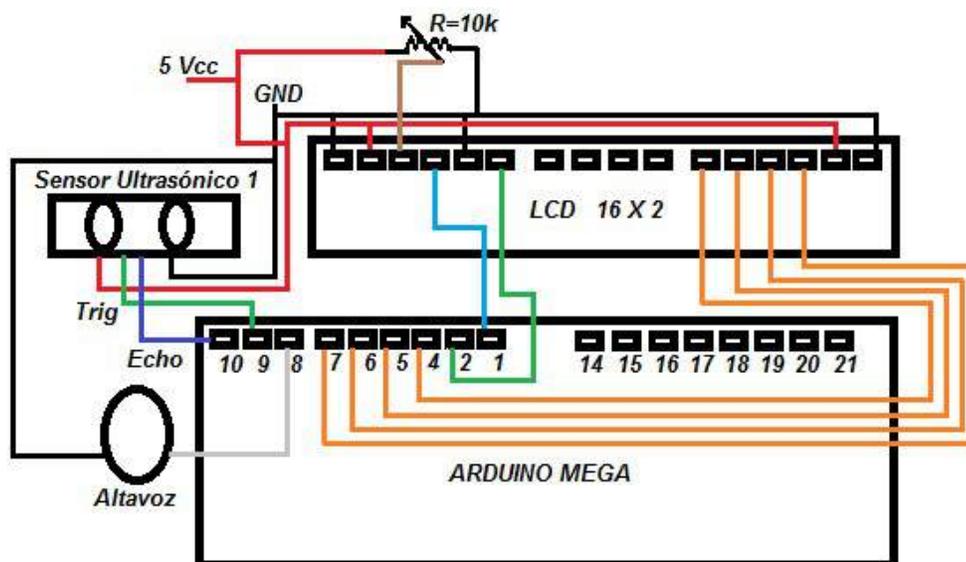


Figura 7. Etapa para la alarma del sistema.

La tarjeta de control Arduino Mega, contiene el software instalado para que cuando se detecte la presencia de personal en el área asegurada, la alarma sea activada emitiendo un sonido de alerta. La alarma es manipulada por el personal de seguridad mediante el teclado matricial que permite activarla (A) y establecer una contraseña (B) para la desactivación de la misma como se puede ver en la figura 8.



Figura 8. Teclado y pantalla del sistema.

Una vez activada la alarma, inicia un conteo de 10 segundos para que se ponga en funcionamiento el sistema como se puede ver en la figura 9.



Figura 9. Conteo para activación de la alarma.

El sistema fue instalado en el laboratorio de máquinas y herramientas de la Universidad Tecnológica Gral. Mariano Escobedo (ver figura 10) y muestra las partes que integran el sistema de seguridad (ver figura 11).



Figura 10. Área monitoreada por el sistema.

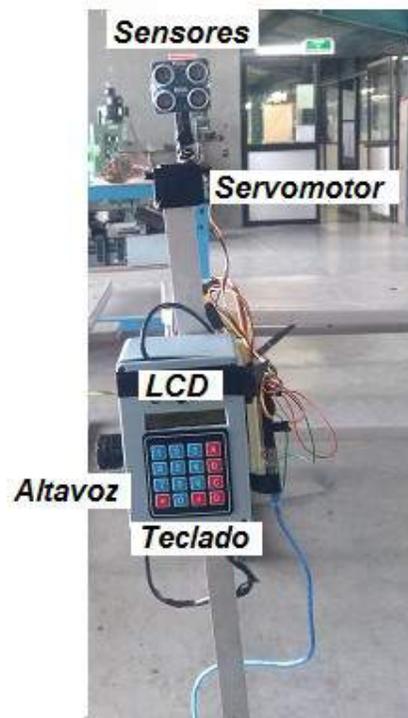


Figura 11. Sistema de seguridad integral.

Conclusiones

Si bien es cierto muchos casos de lesiones, accidentes o enfermedades pueden ser prevenidos y evitar que sucedan; sin embargo los accidentes de trabajo se deben entre otros aspectos, a las instalaciones o actos inseguros de los trabajadores. Si aunado a lo anterior, las empresas pequeñas e instituciones educativas no cuentan con los recursos económicos necesarios para implementar sistemas que prevengan los riesgos de accidentes, la propuesta que se presentó en este trabajo es una solución a ello. Los costos son económicos, el software es libre y su implementación es sencilla. Es decir, es una solución para quienes quieran establecer mecanismos que sirvan en la prevención de accidentes. Además su impacto negativo al ambiente es mínimo, ya que las lámparas de las barreras al terminar su vida útil generan un residuo de manejo especial, que al no ser dispuestas adecuadamente se convierten en residuo peligroso con posibilidad de contaminar el ambiente, debido a que contienen metales pesados como el Mercurio, que puede pasar al suelo y posteriormente por lixiviación a el agua ocasionando graves problemas de contaminación en estos dos ecosistemas.

Referencias

- [1] César Ramírez Cavassa. (2007). Seguridad Industrial. Un enfoque integral. México: Limusa.
- [2] Germán Tojeiro Calaza. (2015). Taller de Arduino. México: Marcombo.
- [3] Javier Arellano Díaz . (2013). Salud en el trabajo y seguridad industrial. México: Alfaomega.
- [4] Emilio Enríquez Palomino. (2015). Seguridad Industrial. España: FC Editorial.
- [5] Richard Blum. (2014). Arduino Programming in 24 Hours, Sams Teach. USA: Sams Publishing.
- [6] Laura Beatriz García Barajas. (2012). Ecología y medio ambiente. México: Pearson Educación.
- [7] Amos Turk. (2005). Ecología contaminación medio ambiente. España: MCGRAW-HILL INTERAMERICANA.
- [8] Leonel Corona. (2015). Sensores y actuadores. Aplicaciones con Arduino. México: Grupo Editorial Patria.
- [9] Eliut López Toledo. (Marzo 2017). Manipulación de motor Shunt, monitoreo de temperatura y vibración mecánica mediante App Virtuino y



COIRENAT



"Por el derecho
universal
mediambiente sano"



módulo Esp8266 vía wifi. Revista de Ingeniería Tecnológica. ECORFAN, Vol. 1., 29-38.

15

Estimación rápida y sencilla del carbono almacenado en la biomasa total de bosques alto-andinos y herbazales del Tolima y Boyacá, Colombia

Milena A. Segura¹; Hernán J. Andrade²; Astrid C. Sons³

¹ Docente, Universidad del Tolima, Facultad de Ingeniería Forestal. Grupo de Investigación PROECUT. masegura@ut.edu.co

² Docente, Universidad del Tolima, Facultad de Ingeniería Agronómica. Grupo de Investigación PROECUT. hjandrade@ut.edu.co

³ Facultad de Ingeniería Forestal, Universidad del Tolima. Grupo de Investigación PROECUT. acsonsa@ut.edu.co

Resumen

Los bosques juegan un papel fundamental en el ciclo del carbono porque contribuyen a mitigar el cambio climático al almacenar carbono en la vegetación y en el suelo. Los bosques alto-andinos son considerados ecosistemas estratégicos por su gran oferta de servicios ambientales entre los que se puede resaltar las reservas de carbono, igualmente los páramos son considerados como los ecosistemas más bellos y valiosos porque contienen tres veces más reservas de carbono orgánico que la biomasa vegetal y animal sobre la tierra y el doble de la atmósfera. Se propuso una metodología rápida para la estimación del carbono almacenado en la biomasa total de árboles con diámetro del tronco a la altura del pecho (dap) ≥ 10 cm para bosques alto-andinos de la Reserva Natural Semillas de Agua (RNSA) y Santa Isabel del departamento del Tolima y Santuario de Fauna y Flora Iguaque (SFFI) en el departamento de Boyacá; y para herbazales no arbóreos de hasta 4,5 m de altura, en páramos de la RNSA y SFFI. La biomasa se estimó con ecuaciones alométricas locales y de acuerdo a la especie y zona de vida. Se trabajó con un total de 234 parcelas de diferente tamaño entre 36 a 250 m² cada una. Luego se convirtió a carbono asumiendo que es el 47% de la biomasa. Posteriormente, se construyó modelos de regresión entre el carbono total en la biomasa y el área basal o la sumatoria de la altura por tipo de cobertura y lugar, lo cual fue la base para el desarrollo de la metodología rápida. El uso de esta herramienta será de gran utilidad porque permitirá que la población aledaña se capacite y de esa manera pueda saber cuánto carbono está almacenando sus parcelas o bosques, para que así logren realizar inventarios forestales de carbono y contribuir a la protección de estas superficies boscosas. Esta metodología también permitiría el monitoreo sencillo e inmediato del carbono en estos ecosistemas en proyectos de mitigación.

Palabras claves: Correlación, modelo, metodología, manejo, parcela.

INTRODUCCIÓN

En el ámbito mundial el cambio climático como consecuencia del aumento de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y otros de gases de efecto invernadero (GEI) es un problema a nivel mundial (Orrego, Del Valle, & Moreno, 2003). La reducción de

emisiones por deforestación y degradación de los bosques (REDD+) es una de las estrategias de mayor potencial e importancia ambiental para la mitigación del cambio climático y la conservación de la biodiversidad (MinAmbiente, 2012). Por lo tanto, conocer la dinámica del carbono en los ecosistemas o biomas es un elemento fundamental para la implementación de proyectos de mitigación (Gibbs et al. 2007; IPCC, 2007).

Los bosques juegan un papel fundamental en el ciclo del carbono global porque contribuyen a mitigar el cambio climático al almacenar carbono en la vegetación y en el suelo (Masera, 2001). Almacenan carbono en la vegetación y en el suelo, e intercambiar carbono con la atmósfera a través de los procesos fotosintéticos y de respiración (Gasparri & Manghi, 2004). Los bosques andinos son sensibles y se reducen rápidamente debido a fenómenos como el cambio climático, la degradación por la intervención del hombre, y la conversión de los bosques a tierras agrícolas (Quintero-Vallejo et al. 2017).

Quintero-Vallejo et al (2017) indican que estos bosques se caracterizan por su alta diversidad y endemismo y se distinguen principalmente por la importancia en los servicios ecosistémicos que prestan, como el almacenamiento de carbono. Los bosques alto-andinos almacenan gran cantidad de carbono en su biomasa, tanto en los componentes aéreos, como subterráneos, y acumula carbono orgánico en el suelo mediante el aporte de la necromasa (Hughes, Kauffman & Jaramillo, 1999). Razón por la cual son considerados sumideros de carbono, puesto que hacen transferencia neta de CO₂ del aire a la vegetación y al suelo, donde es almacenado (Hughes, Kauffman & Jaramillo, 1999). Los ecosistemas de páramo contienen alrededor de tres veces más reservas de carbono orgánico que la biomasa vegetal y animal sobre la tierra y el doble del contenido en la atmósfera (Sentis, 1994).

Existen una gran variedad de metodologías para el monitoreo del carbono almacenado en la biomasa de los bosques, tal como las propuestas por el IPCC (2003) y Hewson, Steininger y Pasmajoglou (2014). Sin embargo, estas metodologías son muy detalladas y requieren que los técnicos sean altamente capacitados, lo que hace que estas sean poco accesibles a las comunidades (Segura & Andrade, 2008). Esta investigación propone una herramienta sencilla y accesible al personal técnico, promotores y productores locales para poder monitorear el carbono almacenado en la biomasa de los bosques de sus comunidades. Éste será la base para la realización de inventarios de carbono y el desarrollo de estrategias para la conservación de bosques andinos y altoandinos y herbazales sin árboles en los páramos de Colombia.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en tres sitios representativos de ecosistemas de páramo en Colombia: Reserva Natural Semillas de Agua (RNSA) en Anaime en el municipio de Cajamarca y en Purima y La Yuca del municipio de Santa Isabel, ambos en el Departamento del Tolima y el Santuario de Fauna y Flora de Iguaque (SFFI) en el Departamento de Boyacá.

Las coberturas y usos del suelo en las zonas de estudio se definieron según la metodología de CORINE Land Cover adaptada para Colombia para el periodo 2010-2012 (IDEAM, 2010): Bosque denso bajo de tierra firme (BDBTF), Bosque denso alto de tierra firme (BDATF), Arbustal abierto (AA), Arbustal denso (AD), y Herbazal denso de tierra firme no arbolado (HDTFNA). En los sitios de estudio, la cobertura que presenta mayor área es el BDATF, seguido del HDTFNA, por último, los arbustales (A) que cuentan con un área menos representativa (IDEAM, 2010).

Tabla 1. Bosques y áreas semi-naturales muestreados, uso del suelo y número de parcelas establecidas en bosques alto-andinos y herbazales del Tolima y Boyacá, Colombia.

Sitio	Código	Cobertura	Siglas	Área total (ha)	Número de parcelas	Tamaño parcela muestreo (m ²)
Reserva Natural Semillas de Agua (RNSA)	31121	Bosque denso bajo de tierra firme	BDBTF	2589	9	150
	3222	Arbustal abierto	AA	1291	9	150
	3111	Bosque denso alto de tierra firme	BDATF	5370	9	150
	321111	Herbazal denso de tierra firme no arbolado	HDTFNA	3000	23	36
Santa Isabel	3111	Bosque denso alto de tierra firme	BDATF	1478	135	100
	3222	Arbustal abierto	AA	1228	9	250
Santuario de Fauna y Flora de Iguaque (SFFI)	3221	Arbustal denso	AD	595	5	250
	3111	Bosque denso alto de tierra firme	BDATF	1478	18	250
	321111	Herbazal denso de tierra firme no arbolado	HDTFNA	1756	17	36

En total, se establecieron y midieron 234 parcelas de muestreo rectangulares, distribuidas de forma aleatoria con áreas entre 36 a 250 m² en las coberturas y en los

tres sitios (Tabla 1). En todas se midió el dap (diámetro a la altura de pecho, cm), excepto para la cobertura de herbazal denso de tierra firme no arbolado (HDTFNA), donde se midió la altura total de los frailejones.

En la estimación de la biomasa aérea de los árboles para BDATF, BDBTF, AA y AD en la RNSA y el SFFI, se empleó la ecuación alométrica desarrollada por Lerma y Orjuela (2014) (Tabla 2). En los bosques densos de Santa Isabel se utilizó la ecuación para *Quercus humboldtii* (Pérez & Díaz, 2010) y el modelo desarrollado por Álvarez et al. (2012) para bosque muy húmedo montano bajo (Tabla 2). En el caso de los HDTFNA, la biomasa aérea de los frailejones (*Espeletia* sp.) se estimó con la ecuación propuesta por Jaramillo (2014).

Tabla 2. Modelos alométricos utilizados para estimar biomasa aérea en bosques densos, arbustales y herbazales no arbolados en diferentes coberturas de RNSA: Reserva Natural Semillas de Agua (SFFI) y Santa Isabel en el Tolima y el Santuario de Fauna y Flora de Iguaque en Boyacá, Colombia.

Cobertura	Especie/detalle	Modelo	Fuente
AA AD BDATF BDBTF	<i>Baccharis</i> sp., <i>Miconia</i> sp., <i>Weinmannia auriculata</i>	$Ln(B) = -1,85 + 2,11 * Ln(dap)$	Lerma y Orjuela, 2014
	<i>Quercus humboldtii</i>	$B = (-5,864 + 0,906 * dap)^2$	Pérez y Díaz, 2010
	Modelo para bosque montano bajo	$Ba = \exp(1,836 + (-1,255 * Ln(dap)) + (1,169 * Ln(dap)^2) + (-0,122 * Ln(dap)^3) + (-0,222 * Ln(\rho)))$	Álvarez et al. 2012
HDTFNA	<i>Espeletia boyacensis</i> Cuatrec, <i>Espeletia tunjana</i> Cuatrec. <i>Espeletia cf. Incana</i>	$B = -0,19 + 1,43 * ht$	Jaramillo, 2014

BDATF: Bosque denso alto de tierra firme; BDBTF: Bosque denso bajo de tierra firme; AA: Arbustal abierto; AD: Arbustal denso; HDTFNA: Herbazal denso de tierra firme no arbolado; B: Biomasa aérea (kg/árbol); dap: diámetro a la altura del pecho (cm); Ln: Logaritmo natural; ρ : Densidad de la madera (g/cm^3); ht: Altura total del frailejón (m).

La biomasa bajo suelo se estimó utilizando la ecuación desarrollada por Cairns et al. (1997) y recomendada por el IPCC (2003). La biomasa total se determinó con la

sumatoria de la biomasa arriba y abajo del suelo. El carbono total se estimó utilizando la fracción de carbono de 0,47 recomendada por el IPCC (2003).

$$Bb = e^{(-1,0587+0,8836*\ln(Ba))} \quad R^2_{\text{adj.}} = 0,84$$

Donde:

Bb: Biomasa bajo suelo (t/ha); Ba: Biomasa aérea (t/ha); $R^2_{\text{adj.}}$: Coeficiente de determinación ajustado.

Posteriormente, se realizó un análisis de correlación de Pearson entre el carbono en la biomasa total (variable dependiente) y el área basal, en el caso de los bosques, o la altura acumulada (variable independiente) en los HDTFNA. Seguido, se probaron modelos de regresión lineal, por cada zona de estudio y tipo de vegetación, entre las variables mencionadas. Se generaron ecuaciones alométricas por ecosistema, de tal manera que permita la estimación del carbono en la biomasa total con base en las mediciones de dap de los árboles o altura total de los frailejones. Posteriormente, se podrían construir tablas que relacionan el número de individuos de cada clase diamétrica o de altura en una parcela rectangular de 200 o 400 m² para Santa Isabel y el carbono total en biomasa que contendrían en una hectárea.

RESULTADOS

En las coberturas estudiadas, el dap de los árboles varió de 13,6 a 28,0 cm, ambos límites se presentaron en los arbustales (Tabla 2). Los bosques presentaron dap entre 14,5 y 26,0 cm, lo que corresponde a 18,5 y 39,0 m²/ha, respectivamente (Tabla 2). Los herbazales presentaron frailejones con alturas totales promedio de 1,3 m. Las coberturas con mayor carbono en biomasa total resultaron ser los BDATF de Santa Isabel, los cuales superaron ampliamente a los herbazales (176,2 vs 4,7 t/ha, respectivamente).

Se encontró una relación similar entre el carbono en biomasa total y el área basal en los BDATF, BDBTF, AA y AD de todos los sitios con excepción de los encontrados en Santa Isabel (Figura 1). Esto indica que es posible encontrar modelos lineales que estimen el carbono con base en el área basal, herramienta indispensable para la formulación de este método (Figura 1). En el caso de Santa Isabel, fue necesaria la construcción de un modelo independiente. Los R^2 fueron muy altos (0,97 y 0,99). Se diseñó la metodología común para los BDBTF, BDATF, AA y AD y otra exclusiva para los de BDATF de Santa Isabel.

Tabla 3. Estimación de diámetro a la altura del pecho, área basal, biomasa y carbono total en coberturas de tres sitios en el Tolima y Boyacá, Colombia.

Sitio	Tipo de cobertura	Abundancia (individuos/ha)	dap promedio (cm)	Área basal (m ² /ha)	Biomasa total (t/ha)	Carbono total (t/ha)
-------	-------------------	----------------------------	-------------------	---------------------------------	----------------------	----------------------

RNSA	BDBTF	1000	14,5	18,5	61,9	29,1
	AA	933	28,0	78,2	279,2	131,2
	BDATF	1133	23,5	61,3	213,9	100,5
	HDTFNA	3333	1,5*	n/a	8,1	3,8
Santa Isabel	BDATF	600	26,0	39,0	374,9	176,2
	AA	720	13,6	12,5	41,9	19,7
	AD	800	13,6	13,4	44,7	21,0
SFFI	BDATF	1080	16,1	27,7	94,0	44,2
	HDTFNA	6666	1,1*	n/a	11,7	5,5

* Corresponde al promedio de altura total (m). RNSA: Reserva Natural Semillas de Agua; SFFI: Santuario de Fauna y Flora de Iguaque. BDBTF: Bosque denso bajo de tierra firme; AA: Arbustal abierto; BDATF: Bosque denso alto de tierra firme; HDTFNA: Herbazal denso de tierra firme no arbolado; AD: Arbustal denso.

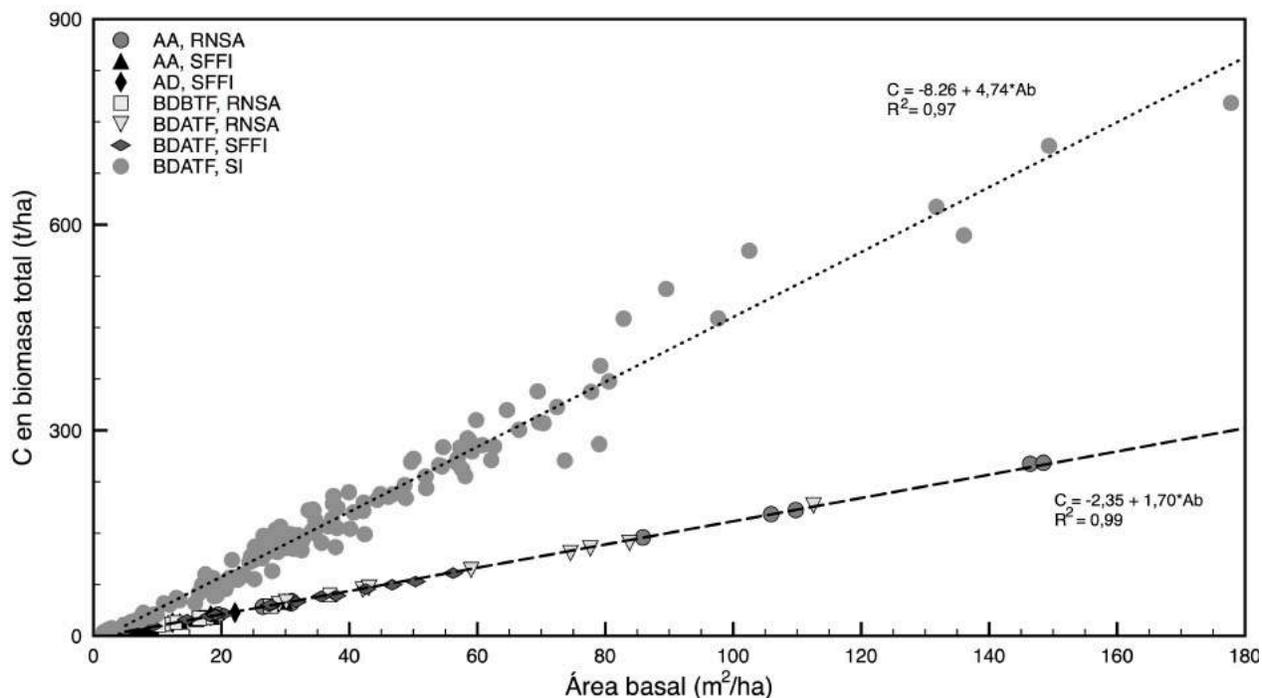


Figura 1. Relación entre el área basal y el carbono almacenado en la biomasa total en coberturas de la Reserva Natural Semillas de Agua (RNSA) y Santa Isabel (SI) en el Tolima y el Santuario de Fauna y Flora de Iguaque (SFFI) en Boyacá, Colombia. AA: Arbustal abierto; AD: Arbustal denso; BDBTF: Bosque denso bajo de tierra firme; BDBTF: Bosque denso alto de tierra firme.

De igual forma que con los bosques y arbustales, los HDATFNA de la RNSA y del SFFI presentaron una relación muy similar entre el carbono en biomasa y la altura acumulada de los frailejones (Figura 2), esto permitió que se construyera un solo modelo de regresión lineal común para ellos y una sola metodología. El modelo generado presentó un excelente ajuste ($R^2 = 0.99$), esto debido a que la altura total es la única variable independiente de los modelos de biomasa empleados, ya que son plantas en las cuales su biomasa depende solamente de su altura.

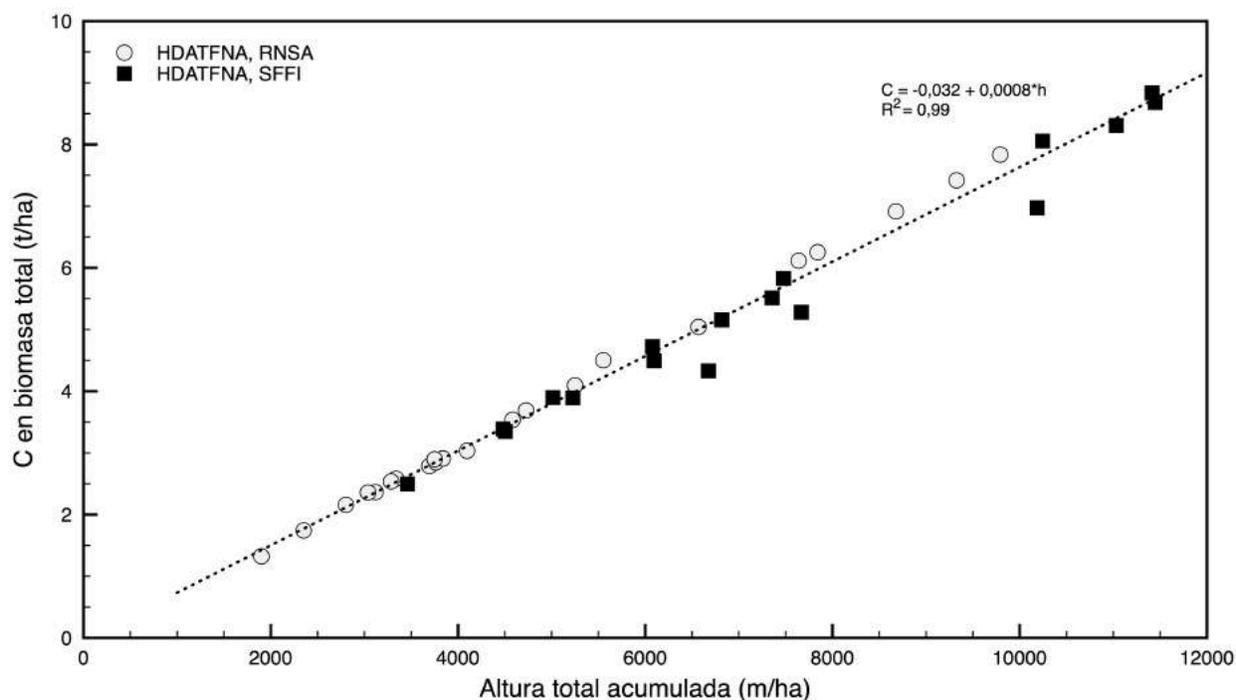


Figura 2. Relación entre la altura total acumulada y el carbono almacenado en la biomasa total en Herbazal denso de tierra firme no arbolado (HDTFNA) (frailejones) de la Reserva Natural Semillas de Agua (RNSA) en el Tolima y el Santuario de Fauna y Flora de Iguaque (SFFI) en Boyacá, Colombia.

De acuerdo a la abundancia encontrada en las diferentes coberturas, se definió el tamaño óptimo de parcela en 200 m² para la RNSA y el SFFI y de 400 m² para los BDATF de Santa Isabel. Este tamaño permite obtener entre 12 y 27 individuos en las coberturas estudiadas, número suficiente para tener una buena representatividad y resultados confiables. De esta forma, con el establecimiento de la parcela, la medición de las plantas y el uso de los modelos de la respectiva metodología se podrá hacer estimados con aceptable precisión del almacenamiento de carbono en biomasa total en el mismo sitio.

Estas ecuaciones de regresión lineal permiten estimar el carbono almacenado midiendo solo el dap, en el caso de los sitios de cobertura de bosques y arbustales y con la altura total en los herbazales. Éstas consideran una constante por uso de suelo, la cual fue de -8,26 para BDBTF, BDATF, AA y AD de la RNSA y del SFFI y -2,35 para la cobertura de BDATF en Santa Isabel (Figura 1). Las coberturas con frailejones (HDTFNA) de Anaimé y Boyacá, el valor de la constante por uso del suelo fue de -0,032 (Figura 2).

Esta metodología rápida y sencilla es posible aplicarla a bosques andinos, altoandinos y páramos (denominados en la metodología de CORINE land cover como bosques, arbustales y herbazales) del departamento del Tolima y Boyacá. Sin embargo, esta propuesta es posible emplearse en otros sitios donde se realice una previa validación o empleando los modelos de biomasa más ajustados a esas situaciones en particular. En caso de no poderse aplicar, es posible desarrollar los estudios detallados para estimar

el carbono y proponer este tipo de métodos que esté al alcance de técnicos, promotores y productores locales.

DISCUSIÓN

Como lo plantea Segura y Andrade (2008) y Mayorca y Murillo (2016), el desarrollo y la aplicación de estas metodologías rápidas para la estimación del carbono almacenado en los ecosistemas provocará un impacto positivo en términos de beneficios a la comunidad. Estas herramientas al ser proporcionadas a los productores y promotores locales contribuyen a que las mismas comunidades realicen el monitoreo y verificación de las reservas de carbono almacenado en sus ecosistemas, generando así un manejo y uso sostenible de los recursos naturales los cuales contribuyen como mitigadores al cambio climático global. Actualmente, el Proyecto Páramos, iniciativa entre el Ministerio del Medio Ambiente, el IGAC, el IDEAM el Instituto Humboldt y la Unión Europea que pretende estimar el carbono almacenado en estos tipos de ecosistemas, para lo cual esta herramienta podría ser fundamental para el cumplimiento de sus objetivos.

Las metodologías rápidas y sencillas como la que se propone en este estudio, han sido muy poco planteadas y casi inexistentes en Colombia, lo cual representa un avance en este tema. En América Latina, estas herramientas han sido desarrolladas en Pueblo Nuevo, Durango, México para *Pinus cooperi* Blanco (Pimienta et al. 2007), para rastrojos (bosques secundarios jóvenes) y sistemas agroforestales en Talamanca, Costa Rica (Segura & Andrade, 2008) y para bosques muy húmedos tropicales en el Valle del Cauca, Colombia (Mayorca & Murillo, 2016).

CONCLUSIONES

La metodología de este estudio se ha elaborado para estimar el carbono almacenado, la cual debe de ser empleada para bosques densos altos de tierra firme (BDATF), bosques densos bajos de tierra firme (BDBTF), arbustales abiertos (AA), arbustales densos (AD) y herbazales densos de tierra firme no arbolados (HDTFA) (frarilejones) siempre y cuando se cumplan todos los requisitos dados para el tamaño de parcela. Este método rápido de estimación de carbono se debe aplicar para fustales con dap \geq 10 cm y para herbazales no arbolados (frailejones) de hasta 4,5 m de altura.

La relación entre el carbono en la biomasa total con el área basal y con la suma de alturas totales en los dos ecosistemas (bosques y páramos) analizados fue estrecha, facilitando así el diseño de la herramienta para el desarrollo de la estimación rápida. Esto posibilita la estimación del carbono almacenado que se encuentre en los bosques y páramos de Tolima y Boyacá, dependiendo del uso que este tenga, esto se logra hacer de una forma simple y práctica.

AGRADECIMIENTOS

A la oficina de investigaciones de la Unviersidad del Tolima por el apoyo económico recibido al Grupo de Investigación Producción Ecoamigable de Cultivos Tropicales (PROECUT) de la Universidad del Tolima para el desarrollo de los proyectos códigos

380120516, 440212, 530114, 680213. A Parques Nacionales Naturales de Colombia, en especial al personal del Santuario de Fauna y Flora de Iguaque, a la Corporación Semillas de Agua y a las Alcaldías de los municipios de Cajamarca y Santa Isabel y a los propietarios de los predios privados por los permisos concebidos para el ingreso y la realización de la recolección de información.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, E., Duque, A., Saldarriaga, J., Cabrera, K., De Las Salas, G., Del Valle, I., Lema, A., Moreno, F., Orrego, S., Rodríguez, L. (2012). Tree above-ground biomass allometries for carbon stocks estimation in the natural forests of Colombia. *Forest Ecology and Management*, 267, 297-308.
- Cairns, M., Brown, S., Helmer, E., & Baumgardner, G. (1997). Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecología*, 111(1), 11.
- Gasparri, I., & Manghi, E. (2004). Estimación de volumen, biomasa y contenido de carbono de las regiones forestales argentinas. Informe final. *Dirección de Bosques, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal, Argentina*, 26.
- Gibbs, H., Brown, S., Niles, J., & Foley, J. (2007). Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: making REDD a reality. *Environmental Research Letters*, 2(045023), 13.
- Hewson, J., Steininger, M., & Pesmaiolou, S. (2014). *REDD+ Measurement, Reporting and Verification (MRV) Manual Version 2.0*. Washington, DC, USA: USAID-supported Forest Carbon, Markets and Communities Program.
- Hughes, R., Kauffman, J., & Jaramillo, V. (1999). Biomass, Carbon, and Nutrient Dynamics of Secondary Forests in a Humid Tropical Region of México. *Ecology*, 80(6), 1892-1907.
- IDEAM. (2010). Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá D.C.*, 72.
- IPCC. (2003). *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*. Institute for Global Environmental Strategies (IGES). Obtenido de https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf_files/GPG_LULUCF_FULL.pdf
- IPCC. (2007). *Climate Change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability*. Cambridge University Press, UK: Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Jaramillo, A. (2014). Modelos alométricos para estimar biomasa aérea del frailejón (*Espeletia hartwegiana* Cuatrecasas) del páramo de Anaimé, Cajamarca, Tolima, Colombia. *Tesis de pregrado. Universidad del Tolima, Facultad de Ciencias*, 86.
- Lerma, M., & Orjuela, E. (2014). Modelos alométricos para la estimación de la biomasa aérea total en el páramo de Anaimé, departamento del Tolima, Colombia. *Tesis de pregrado. Universidad del Tolima. Facultad de Ingeniería Forestal*, 79.
- Masera, O. (2001). Carbon sequestration dynamics in forestry projects: The CO2FIX V.2. Model approach. *Institute of Ecology, UNAM, Mexico*, 13.
- Mayorca, M., & Murillo, L. (2016). Propuesta de método rápido y sencillo para estimar el almacenamiento de carbono en la biomasa total del bosque muy húmedo tropical

- (bmh-T) del Bajo Calima, Buenaventura, Valle del Cauca. *Tesis de pregrado. Universidad del Tolima, Facultad de Ingeniería Forestal*, 69.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). Construcción Colectiva de la Estrategia Nacional REDD+. *Cartilla Redd Construccion Colectiva. Sección: Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos*, 44. Obtenido de http://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/Reed_/110213_cartilla_redd_construccion_colectiva.pdf
- Orrego, S. A., Del Valle, J. I., & Moreno, F. H. (2003). Medición de la captura de carbono en ecosistemas forestales tropicales de Colombia: contribuciones para la mitigación del cambio climático. *Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín*.
- Pérez, M., & Díaz, J. (2010). Estimación del carbono contenido en la biomasa forestal aérea de dos bosques andinos en los departamentos de Santander y Cundinamarca. *Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Ingeniería Forestal*, 87.
- Phillips J.F., Duque A.J., Yepes A.P., Cabrera K.R., García M.C., Navarrete D.A., Álvarez E., Cárdenas D. 2011. Estimación de las reservas actuales (2010) de carbono almacenadas en la biomasa aérea en bosques naturales de Colombia. Estratificación, alometría y métodos analíticos. Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales -IDEAM-. Bogotá D.C., Colombia. p. 37.
- Pimienta, D., Domínguez, G., Aguirre, Ó., Hernández, F., & Jiménez, J. (2007). Estimación de biomasa y contenido de carbono de *Pinus cooperi* Blanco, en Pueblo Nuevo, Durango. *Madera y Bosques*, 13(1), 35-46.
- Quintero-Vallejo, E., Benavides, A., Moreno, N., & González-Caro, S. (2017). *Bosques Andinos, estado actual y retos para su conservación en Antioquia*. Medellín, Colombia: Fundación Jardín Botánico de Medellín Joaquín Antonio Uribe-Programa Bosques Andinos (COSUDE).
- Sanabria, Y., & Puentes, D. (2017). Evaluación de la biomasa y captura de carbono en bosques altoandinos mediante patrones florísticos, estructurales y funcionales en la Cordillera Oriental, Cundinamarca. *Tesis de pregrado. Universidad Francisco José de Caldas. Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Ingeniería Forestal*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, 74 p.
- Segura, M., & Andrade, H. (2008). ¿Cómo estimar rápidamente el carbono almacenado en la biomasa aérea de los sistemas agroforestales indígenas de Talamanca, Costa Rica? *Agroforestería en las Américas*, 46, 97-103.
- Sentis, L. (1994). Materia orgánica y la degradación y erosión de suelos en el trópico. En Memoria del VII Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo. (pp. 38-47). Bucaramanga, Colombia.

16

Agrobiodiversidad de los huertos familiares en paisajes culturales de las tierras bajas tropicales de Tabasco, México.

Alejandro Alcudia-Aguilar¹, Hans van der Wal², Juan Suárez-Sánchez³, Pablo Martínez-Zurimendi⁴, María Mercedes Castillo-Uzcanga⁵

¹Centro del Cambio Global y la Sustentabilidad A.C., Villahermosa, Tabasco, México.

^{2,4}Departamento de Agricultura Sociedad y Ambiente, El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Villahermosa.

³Laboratorio de Medio Ambiente, Facultad de Agrobiología, Universidad Autónoma de Tlaxcala.

⁵Departamento de Ciencias de la Sustentabilidad, El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Villahermosa.

Correo electrónico: alejandro.alcudia@ccgss.org

Resumen

Estudiamos si la agrobiodiversidad en los huertos familiares refleja los paisajes culturales en los que se encuentran inmersos. Comparamos la composición florística, biomasa y cobertura de los árboles en los huertos familiares entre paisajes culturales en laderas de montaña (LM), lomeríos (LS) y planicies fluviales (PF) en un segmento de la cuenca Grijalva-Usumacinta en las tierras bajas tropicales de Tabasco, México. Caracterizamos los paisajes culturales a partir de la información obtenida a través de los cuestionarios, identificado especies y medidas de altura y diámetro de árboles a la altura del pecho en muestras aleatorias de huertos familiares de dos localidades en cada caso. Los paisajes culturales mostraron distintas combinaciones del uso de la tierra: LM comprendía agricultura de subsistencia, pastizales y bosques, LS de pastizales, algunos campos de vegetación secundaria y agricultura industrial; y PF principalmente campos de agricultura industrial y pastizales. La riqueza total de especies fue mayor en LM que en LS y PF. La riqueza promedio de especies fue mayor en LM y LS (22.4 y 15.8 respectivamente) que en PF (7.2), al igual que el número promedio de individuos por huerto familiar (98.2, 94.1 y 20.4). Las especies dominantes en huertos familiares en PF y LS incluyeron especies secundarias particulares para cada paisaje, mientras que las ocurrencias individuales o dobles de especies de bosques maduros fueron distintivas de huertos familiares en LM. La biomasa media fue mayor en LM que en LS y PF (37.1, 28.2 y 23.7 Mg C ha⁻¹), al igual que la cobertura arbórea (1.06, 0.95 y 0.76 m²/m²). Concluimos que la agrobiodiversidad varía considerablemente entre paisajes culturales y recomendamos el diseño de políticas específicas para mejorar su conservación en cada uno de ellos.

Palabras clave: Riqueza de especies, Biomasa, Geomorfología, Agroecología, Cuenca Grijalva-Usumacinta

Introducción

Los huertos familiares son asociaciones intencionales de árboles, arbustos, cultivos herbáceos y/o animales dentro de los límites de la propiedad de las familias rurales (Fernandes y Nair 1986), contienen alta agrobiodiversidad. Esto permite proporcionar una amplia gama de productos, incluidos alimentos, plantas ornamentales, medicinales, leña, madera, materiales para la construcción, forrajes y otros, para su uso doméstico, obsequios, intercambio y comercialización (Nair 1991).

La riqueza de los huertos familiares varía ampliamente entre las áreas de estudio con un rango reportado de 27 a 602 especies (Kumar and Nair 2004). Esta variación, así como la estructura de la vegetación, se asocia con el contexto y los procesos ambientales, socioeconómicos y culturales (Idohou et al., 2014; Das y Das, 2015). La globalización y el cambio rural inducen estrategias económicas más allá de la producción primaria y cambian la organización del trabajo. Ambos procesos influyen en la agrobiodiversidad de los paisajes culturales, es decir, áreas con características que resultan de la acción e interacción de procesos naturales y sociales (Zimmerer 2014).

La agrobiodiversidad en paisajes culturales es el resultado de combinaciones particulares de expresiones de globalización, cambio rural y naturaleza. Por lo tanto, es imposible explicar su nivel – medido por la riqueza de especies o variables similares – por factores individuales. Un buen ejemplo es el acceso al mercado, que a menudo se identifica como una causa de la producción intensificada de una gama limitada de especies que crecen rápidamente y necesitan de más exposición de luz solar en los huertos familiares (Michon y Mary, 1994; Abebe, Sterck, Wiersum, y Bongers, 2013). Esto estimularía a los propietarios a eliminar los estratos superiores, reduciendo así tanto la agrobiodiversidad planificada como la asociada en los huertos familiares tradicionales (Perfecto y Vandermeer 2008). Aunque este proceso ciertamente puede ocurrir, no parece ser general: el acceso al mercado se asocia con alta y baja agrobiodiversidad de los huertos familiares. En las comunidades rurales de la Península de Yucatán, la distancia a un importante mercado urbano regional no influyó en la riqueza de especies observadas de árboles y arbustos en los huertos familiares (Rico-Gray et al. 1990). Aunque la riqueza promedio de especies arbóreas disminuyó a lo largo de un gradiente rural – semi-rural – peri-urbano, asociado con la disminución del tamaño del huerto familiar, la riqueza total observada en muestras de árboles de igual tamaño fue la misma en las tres condiciones (Poot-Pool et al. 2015). En Etiopía, una mayor accesibilidad a los mercados urbanos se asoció con una menor agrobiodiversidad (Abebe et al. 2013). Mientras que los huertos de la Amazonía peruana la riqueza de especies era baja en pueblos aislados, en ausencia de incentivos para introducir especies con un potencial de mercado y la amplia disponibilidad de productos de consumo en los bosques cercanos (Wezel y Ohl 2005). Por lo tanto, el acceso al mercado debe contextualizarse para contribuir a la comprensión de los niveles de la agrobiodiversidad.

La agrobiodiversidad en los huertos familiares involucra los procesos sociales y naturales que juegan un rol en la configuración de los paisajes culturales más amplios (Perfecto y Vandermeer 2008; Tschardt et al. 2012). Sin embargo, hasta

la fecha, pocos estudios han comparado la agrobiodiversidad entre paisajes culturales (Plieninger ay Bieling 2013; Idohou et al. 2014).

En el presente estudio, comparamos la composición y la riqueza de especies, la biomasa y la cubierta arbórea en los huertos familiares en tres paisajes culturales en la cuenca hidrográfica Grijalva-Usumacinta, en las tierras bajas tropicales de Tabasco, México. Nuestra hipótesis es que la composición y la riqueza de especies arbóreas, la biomasa y la cubierta arbórea en los huertos familiares expresan el paisaje cultural en el que se encuentran inmersos.

Métodos

Área de estudio

El área de estudio se ubicó en la cuenca hidrográfica Grijalva-Usumacinta, en el sureste del estado de Tabasco, México. En esta área, prevalecen tres paisajes culturales, la geomorfología influye fuertemente en los principales usos:

- Paisaje de laderas de montaña (LM), donde los bosques naturales residuales quedan después de la extracción de maderas duras tropicales, encierran grupos pequeños campos agrícolas con cultivos para el consumo doméstico y pastizales. Los suelos son fértiles y permeables, desarrollados a partir de rocas sedimentarias de piedra caliza (West et al. 1987), retienen la humedad durante todo el año, también en la corta estación seca de marzo a mayo.
- Paisaje de planicies fluviales (PF), donde la ganadería extensiva se combina con la agricultura industrial, en medio de abundantes cuerpos de agua y marismas y escasos bosques. El material geológico consiste en depósitos sedimentarios fluviales. Los huertos familiares situados en los diques de los ríos muestran un nivel freático elevado y con frecuencia se inundan, especialmente hacia final de la temporada de lluvias (octubre y noviembre).
- Paisaje de Lomeríos (LS), donde los pastizales se alternan con fragmentos de bosque secundario y pequeños campos de agricultura industrial. El área fue colonizada en la década de 1960 a través de la modernización agrícola del gobierno y los planes de migración. Los lomeríos están formados por depósitos de caliche sedimentarios del Pleistoceno, en los que se han desarrollado suelos arcillosos pesados. Las bajas tasas de infiltración causan anegamiento en las depresiones durante la temporada de lluvias (Tudela 1989) (Figura 1).

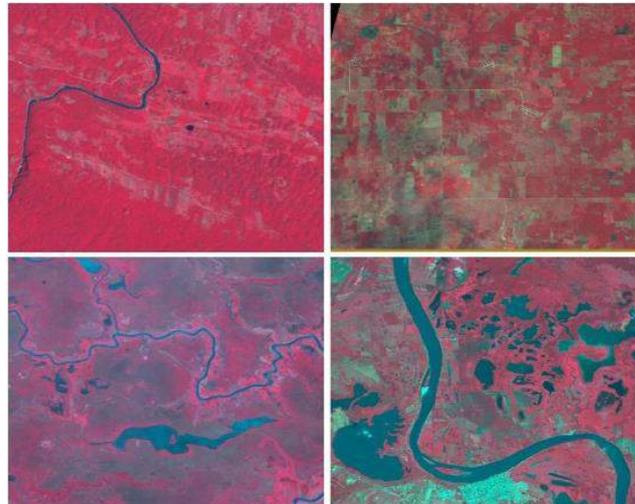


Figura 1. Fragmentos de ladera de montaña (arriba a la izquierda), lomeríos (arriba a la derecha) y planicie fluvial (abajo a la izquierda y a la derecha), paisajes culturales en la cuenca Grijalva-Usumacinta en Tabasco, México. Cada fragmento tiene un tamaño de 100 km².

Selección de los huertos familiares

Se seleccionaron dos localidades en cada uno de los tres paisajes culturales. El ejido Bitzales en el municipio de Macuspana y el ejido Emiliano Zapata en el municipio del mismo nombre representan PF; los ejidos Ramonal y Capulín en el municipio de Balancán representan LS; y los ejidos Corregidora y Niños Héroes en el municipio de Tenosique representan a LM. Utilizando imágenes satelitales de alta resolución, se seleccionaron 30 huertos familiares de LS y LM, y 60 de PFL, lo que se explica por la baja cantidad de árboles en los pequeños huertos familiares en este paisaje. Numeramos huertos familiares en cada localidad y luego usamos números aleatorios para seleccionarlos. Usamos un GPS para registrar las coordenadas de los vértices en cada huerto familiar.

Características de los paisajes culturales

Se aplicó un cuestionario detallado a los propietarios de los huertos familiares, recopilando y contrastando datos sobre las tierras a las que acceden para la agricultura, cultivos específicos, pastoreo de ganado y productos forestales.

Composición y estructura florística

Se inventariaron árboles, arbustos y plantas herbáceas perennes (plátanos), en el 2013 y 2014, registrándolos por sus nombres de especies vernáculas. Se colectaron muestras de plantas desconocidas para la identificación en el herbario. Los nombres botánicos y las autorías fueron revisados consultando a Ochoa et al. (2012), Tropicos (www.tropicos.org, Tropicos 2016), el Índice internacional de nombres de plantas (www.ipni.org, IPNI 2012) y The Plant List (www.theplantlist.org, The Plant List 2013). Se midió el diámetro a la altura del pecho (DAP), el diámetro de copa y la altura total de todos los árboles, este último utilizando un clinómetro Brunton. Se

calculó la biomasa utilizando la fórmula propuesta por Cairns et al. (2003) para árboles en bosques de tamaño mediano, semi-caducifolios:

$$Y = \exp \left\{ -2.13 + 0.86 \ln(D^2TH) + \frac{0.0939}{2} \right\}$$

Y es biomasa arbórea (kg), D = diámetro a la altura del pecho (cm) y TH = altura total (m). Se convirtió la biomasa del árbol calculada a kg C, utilizando un factor de conversión de 0.5. Se calculó la cobertura del árbol como una fracción, dividiendo la suma de las proyecciones de la corona por el área de superficie de cada huerto familiar.

Análisis de los datos

La riqueza de especies, el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') y el índice de similitud de Sørensen (S) (Magurran 1988) se determinaron utilizando el programa PAST (Hammer et al. 2001). Se utilizó el análisis de similitud (ANOSIM) y la medida de distancia de Dice para evaluar las diferencias en la composición de los huertos familiares entre los tres paisajes culturales. Utilizamos la rarefacción y el análisis de regresión para comparar la riqueza de especies en muestras con el mismo número de individuos de árboles de cada paisaje.

Se calculó la abundancia relativa y el área basal relativa de la especie en los huertos familiares en cada paisaje. La abundancia relativa se refiere a la proporción de individuos que pertenece a una especie; área basal relativa a la fracción del área basal aportada por una especie en particular. Se utilizó ANOVA de una vía y pruebas post hoc HSD de Tukey para determinar las diferencias en el área basal, la altura del árbol y la cobertura de la corona entre los huertos familiares de los tres paisajes culturales. Si las variables no mostraron una distribución normal, usamos las pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis y Mann-Whitney.

Resultados

Características culturales

En el paisaje PF, los principales usos de la tierra fueron los pastizales y cultivos mecanizados de sorgo, y pequeñas áreas cultivadas con chile y maíz y palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq.). En LM donde las áreas cubierta de selva ocupan la mayor superficie, rodeados por pequeños campos de maíz, chiles, camote y yuca y campos más grandes para el pastoreo de ganado. En el paisaje de LS, las tierras de pastoreo están intercalados con pequeños cultivos mecanizados de chihua (*Cucurbita* sp.), maíz y sorgo, orientados al mercado. Varios agricultores mantuvieron extensiones de vegetación secundaria en sus tierras.

Riqueza y abundancia de especies

El área total de muestreo de todos los huertos familiares fue de 12.61 ha: 1.91 en planicie fluvial, 5.03 en lomeríos y 5.71 en las laderas de las montañas. De los 6674 individuos de árboles y arbustos registrados, 1003 se encontraron en PF, 2848 en LS y 2823 en LM. La riqueza total observada fue de 160 especies. Las familias con la mayoría de las especies fueron Fabaceae (23), Rutaceae (9) y Rubiaceae (8). La

riqueza total observada fue de 68, 79 y 127 especies para PF, LS y LM (Fig. 2). El índice de similitud de Sørensen (S) fue de 0,59 para LM y LS; 0,55 para PF y LS y 0,51 PF y LM.

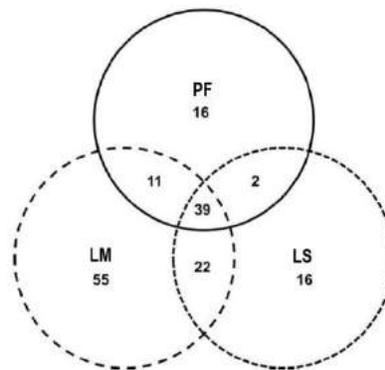


Figura 2. Diagrama de Venn de la cantidad de especies comunes y exclusivas en los huertos familiares en tres paisajes culturales en la cuenca Grijalva-Usumacinta en Tabasco, México.

La cantidad promedio de árboles por huerto fluctuó según el paisaje (Kruskal-Wallis, $P = 0.001$). Fue más bajo en PF que en LS y LM (Mann-Whitney, $P = 0.001$ y 0.001), sin diferencias significativas entre LS y LM (Mann-Whitney, $P = 0.335$) (Fig. 3). Las diferencias se debieron principalmente a la variación en el área del huerto familiar, que se correlaciona con el número de árboles (Spearman $r = 0.75$, $P < 0.001$). El área variaba fuertemente entre las tres condiciones geomorfológicas (Kruskal-Wallis, $P = 0.001$). El área promedio fue de 357 m^2 en PF, significativamente menor que los 1831 m^2 en LS y 1967 m^2 en LM (Mann-Whitney, $P = 0.000$ para ambas comparaciones). Los huertos caseros en LM y LS eran de tamaño similar (Mann-Whitney, $P = 0,46$).

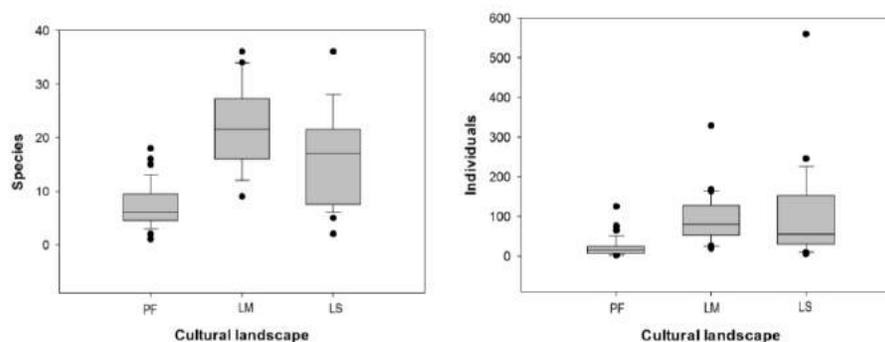


Figura 3. Número de árboles y especies arbóreas en huertos familiares en la planicie fluvial (PF), lomeríos (LS) y laderas de montaña (LM) en paisajes culturales en un segmento de la cuenca Grijalva-Usumacinta en Tabasco, México. Las cajas indican 25th y 75th percentiles en el extremo superior; los bigotes indican 10th y 90th percentiles y las líneas horizontales dentro de las cajas indican las medianas.

La riqueza promedio de especies por huerto familiar también varió entre los paisajes (Kruskal-Wallis, $P = 0.001$). Fue menor en PF que en LS y LM (Mann-Whitney, $P = 0.001$ y 0.001), asociado con el número de árboles (Spearman $r = 0.89$, $P < 0.001$). También fue más bajo en el LS que en LM (Mann-Whitney, $P = 0.02$). El índice H' medio fue 2.50 para LM, 1.55 para PF y 2.01 para LS, lo que representa diferencias significativas entre los paisajes (Kruskal-Wallis, $P < 0.001$, Mann-Whitney, $P < 0.001$ en las tres comparaciones).

La riqueza total de especies observada para un número idéntico de individuos de árboles en cada paisaje (1003) fue de 68.0 especies en PF, 62.6 en LS y 92.3 en LM (Fig. 4). LM tenía mayor riqueza que PF y LS, y PF tenía mayor riqueza que LS ($P < 0.01$ en cada caso).

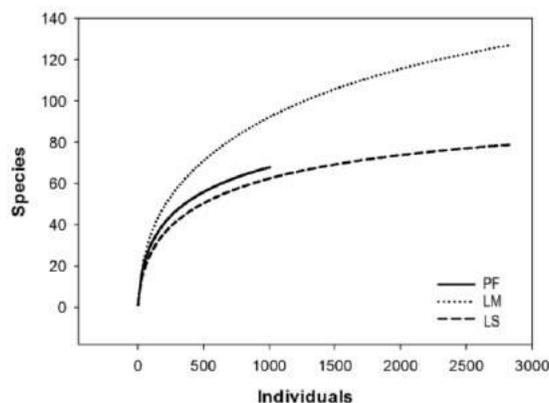


Figura 4. Número de especies arbóreas en función del número de individuos observados en los huertos familiares en laderas de montaña (LM), lomeríos (LS) y planicie fluvial (PF) en un segmento de la cuenca Grijalva-Usumacinta en Tabasco, México.

Composición florística

El análisis de similitud (ANOSIM) mostró diferencias pequeñas pero significativas en la composición florística de los huertos familiares entre paisajes ($R = 0.15$, $P < 0.001$), con diferencias entre LS y LM ($P = 0.000$) y entre PF y LM ($P = 0.02$).

Considerando el área basal, las especies dominantes en LM fueron *Cedrela odorata* L., *Musa balbisiana* Colla., *Mangifera indica* L., *Cocos nucifera* L. y *Swietenia macrophylla* King. Los primero tres fueron también las especies más abundantes en LS y *Tamarindus indica* L. y *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC. ocuparon el cuarto y quinto lugar. Las especies más abundantes en PF fueron *M. indica*, *Musa paradisiaca*, *Salix humboldtiana* Will., *T. indica* y *Guazuma ulmifolia* Lam. (Fig. 5). Considerando la abundancia relativa, las especies dominantes en LM fueron *M. balbisiana*, *C. odorata*, *Musa paradisiaca* L., *S. macrophylla* y *C. nucifera*. Las especies más abundantes en LS fueron *Colubrina ferruginosa* Brong., *M. balbisiana*, *T. rosea*, *C. odorata* y *G. ulmifolia*, *M. paradisiaca*, *M. balbisiana*, *Muntigia calabura* L., *Citrus aurantium* L. y *Annona muricata* L. en el paisaje de PF (Fig. 5).

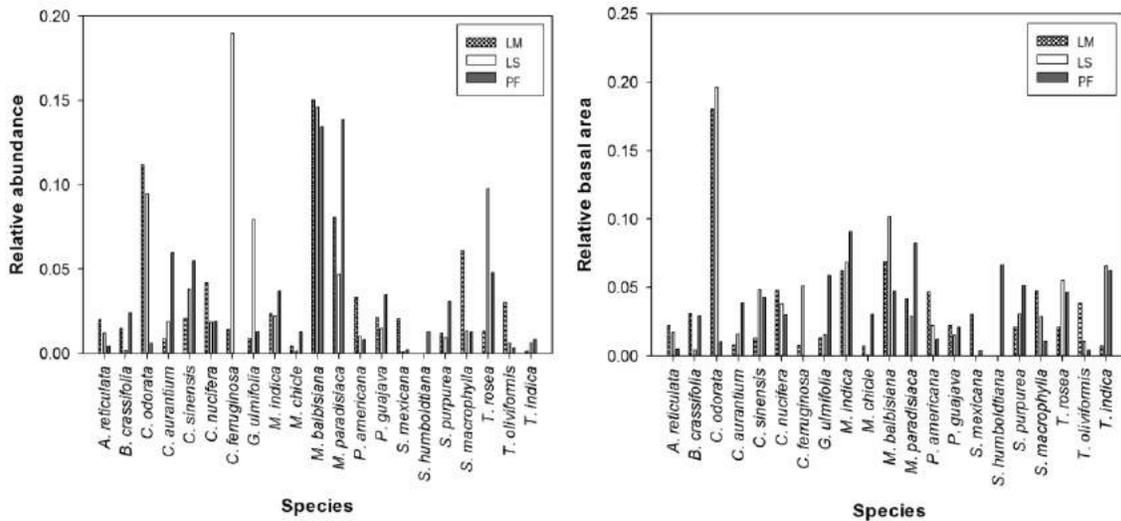


Figura 5. Abundancia relativa de especies (izquierda) y área basal relativa (derecha) en huertos familiares en laderas de montaña (LM), lomeríos (LS) y planicie fluvial (PF) en un segmento de la cuenca Grijalva-Usumacinta en Tabasco, México.

Especies exclusivas ocurrieron en cada paisaje (Fig. 2), pero estas solo incluyeron dominantes en PF. Este fue el caso de *S. humboldtiana*, una especie ribereña adaptada a las condiciones de inundación, y *M. calabura*, una especie secundaria común de las áreas alteradas. Las dominantes en LS incluyeron las especies secundarias *C. ferruginosa* y *G. ulmifolia*.

Los huertos familiares en LM presentaron 32 especies únicas, es decir, especies con un solo individuo y 17 especies con solo dos individuos. De estas 49 especies, 30 ocurren de forma natural en la selva. Hubo 14 especies con un individuo y nueve con dos individuos en LS; 15 de estas especies ocurren naturalmente en la vegetación local. De las 17 especies con un individuo y nueve con dos individuos en PF, 14 ocurren naturalmente en la vegetación local.

Estructura de los huertos familiares

El área basal por hectárea varió entre los tres paisajes culturales (Kruskal-Wallis, $P = 0.03$), con valores de 16.1, 12.5 y 11.7 m² por hectárea en LM, LS y PF, respectivamente. El área basal en LM fue significativamente más alta que en PF ($P = 0.01$), mientras que no se encontraron diferencias significativas entre LS y PF ($P = 0.30$) y entre LM y LS ($P = 0.07$). El área basal en LM coincidió con un menor número de árboles por hectárea (475.2) que en LS (570.6) y PF (538.3). La biomasa promedio fue 37.1, 28.2 y 23.7 Mg C ha⁻¹ en LM, LS y PF (Fig. 6), variando significativamente entre paisajes (Kruskal-Wallis, $P = 0.000$). La biomasa en LM fue mayor que en PF y LS (Mann-Whitney, $P = 0.000$ y 0.04), y mayor en LS que en PF (Mann-Whitney $P = 0.046$).

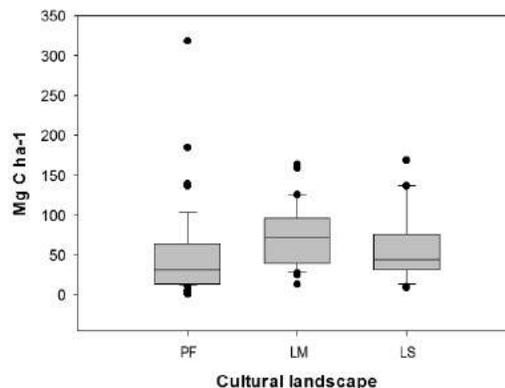


Figura 6. Cuadro de cajas de biomasa (Mg C ha^{-1}) de huertos familiares en planicies fluviales (PF), laderas de montañas (LM) y lomeríos (LS) en un segmento de la cuenca Grijalva-Usumacinta en Tabasco, México. Las cajas indican 25th y 75th percentiles en el extremo superior; los bigotes indican 10th y 90th percentiles y las líneas horizontales dentro de las cajas indican las medianas.

La cobertura del árbol por unidad de área también varió entre los tres paisajes culturales (Kruskal-Wallis, $P = 0.004$). En LM fue mayor que en PF ($1.07 \text{ m}^2/\text{m}^2$ y $0.70 \text{ m}^2/\text{m}^2$) (Mann-Whitney, $P = 0.001$). No hubo diferencias significativas entre LS ($0.92 \text{ m}^2/\text{m}^2$) y LM, y tampoco hubo diferencias entre PF y LM (Mann-Whitney, $P = 0,18$ en ambos casos). La altura promedio de los árboles y el DAP también variaron entre los paisajes (Kruskal-Wallis, $P = 0.000$). La altura promedio fue 7.17, 6.23 y 4.90 m para LM, LS y PF respectivamente, con diferencias significativas en todas las comparaciones ($P < 0.000$). La media del DAP fue de 15.3, 12.7 y 13.5 cm para LM, LS y PF, nuevamente con diferencias significativas para todas las comparaciones ($P < 0.001$).

Discusión

Los paisajes culturales muestran características que están determinadas por la acción e interacción de los factores naturales y humanos (Zimmerer 2014). En el caso de los paisajes culturales LM, LS y PF en Tabasco, distintas combinaciones de usos del suelo relacionados con la geomorfología, que rigen los límites de usos potenciales a través de pendientes, pedregosidad y exceso o falta de agua, así como estrategias culturales y económicas de la población local. Esto dio lugar a huertos familiares de características notablemente distintas entre los paisajes.

LM se caracteriza por una extensa cubierta forestal, pequeños campos con cultivos de subsistencia y pastizales. En esta área, los huertos familiares se forman con frecuencia alrededor de árboles de especies forestales útiles que se dejan en pie a medida que los propietarios enriquecen el área con árboles de otras especies útiles. Como las comunidades estudiadas en LM están ubicadas en un área natural protegida, se han llevado a cabo varios programas de conservación de la biodiversidad. Estas actividades pueden haber catalizado el mantenimiento de la riqueza de especies en áreas agrícolas (Kiss 2004).

Esto contrasta con el contexto de los pueblos que se establecieron a través de los esquemas de colonización en la década de 1970 en el paisaje de LS, donde las familias, que no estaban familiarizadas con la vegetación natural, establecieron

huertos familiares después de su remoción. También contrasta con los huertos familiares en las riberas de los ríos, donde las familias elevan los diques llevando tierra, y luego plantan algunos árboles útiles. Las diferencias en las génesis de los huertos familiares, relacionados con el medio ambiente y los aspectos sociales en cada caso, son una explicación de la mayor riqueza de especies observadas en los huertos familiares en LM en comparación con LS y PF.

La composición de las especies arbóreas en los paisajes culturales, así como los ensamblajes de gremios de las comunidades de aves, son un factor socioecológico adicional que influye en las características de los huertos familiares. La riqueza de especies arbóreas en fragmentos bosques pequeños, principalmente secundarios en PF y LS es relativamente baja (Martínez-sánchez y Cabrales 2012) en comparación con LM (González-valdivia et al. 2012). Adicionalmente, los especialistas forestales como son las comunidades de aves son escasos en LS y PF (Arriaga-Weiss 2008), lo que compromete la dispersión de las semillas de árboles. La menor riqueza de especies en huertos familiares puede ser, en parte, consecuencia de menos especies útiles que se establecen por mecanismos naturales. Investigaciones recientes en Comalcalco, Tabasco, indican que hasta el 30% del número total de árboles en los huertos familiares son establecidos a través de la dispersión y luego fueron tolerados por los propietarios (Rooduijn 2016). Este factor puede jugar un papel considerable en la definición de la agrobiodiversidad en los paisajes culturales, aunque se necesita más investigación para determinar su influencia en la riqueza de especies en las condiciones de paisajes culturales particulares.

Aunque la composición de las especies en los huertos familiares en el entorno de los tres paisajes se solapó ampliamente, también mostro diferencias con respecto a las especies dominantes. En los huertos familiares de LM, el cedro y la caoba se encontraban entre las especies dominantes. En LS, dos especies secundarias ampliamente distribuidas (*C. ferruginosa* y *G. ulmifolia*) se encontraban entre los dominantes, y en PF *S. humboldtiana*. El predominio de la caoba/cedro en los huertos familiares en LM, las especies secundarias en los huertos familiares en LS y el sauce Humboldt en PF responden a factores distintos, relacionados con el paisaje cultural circundante. Los árboles de caoba y cedro son cultivados y/o tolerados en el caso de la descendencia de árboles en los huertos familiares circundantes en LM, principalmente porque se han vuelto raros en el medio ambiente natural (González-Valdivia 2010) después de la explotación insostenible desde el siglo XIX (de Vos 1994). Las especies secundarias en LS provienen de la dispersión natural de los árboles en parches de vegetación en recuperación, que son tolerados ya que proporcionan madera dura, leña, medicina, carbón, forraje, así como flores y semillas para el consumo. El dominio del sauce de Humboldt en PF es atribuible al hábitat natural y la facilidad de propagación a partir de estacas y semillas. Protegen a las playas ribereñas de la erosión, beneficiando así a los huertos familiares ribereños y producen leña, forraje, madera para la construcción, postes para cercas y medicinas. Interacciones similares en el noreste de Brasil (Albuquerque et al. 2005), donde los huertos familiares compartían un núcleo de especies abundantes con su entorno. En general, las interacciones entre el paisaje y la composición de las especies de los huertos familiares permiten o motivan a los

propietarios de los huertos salvaguardar las especies deseadas y usar lo que la naturaleza les brinda.

En los tres paisajes, la biomasa estuvo muy por debajo del rango reportado para agroforestales complejos de 65 a 118 Mg C ha⁻¹ (IPCC 2007) y por debajo del promedio de 50 Mg C ha⁻¹ en sistemas agroforestales en regiones húmedas reportadas por Montagnini and Nair (2004). En LM estaba en la parte inferior del rango de 30-123 Mg C ha⁻¹ reportado para huertos familiares en Indonesia (Roshetko et al. 2002), y en PF y LS estaba por debajo de ese rango. En LM, la biomasa fue 30% de la biomasa promedio en vegetación secundaria neotropical de 20 años, 23% en LS y 18% en PF (Poorter et al. 2016) Por lo tanto, los huertos familiares en la región de estudio contribuyen menos de lo esperado, debido a una combinación de factores naturales y la gestión por parte de los propietarios de huertos familiares. Las diferencias detectadas entre los paisajes estudiados siguieron a los de biomasa de tipos de vegetación local. La vegetación en LM tiene una biomasa estimada de 200 Mg C ha⁻¹, contra aproximadamente 50 Mg C ha⁻¹ en LS y PF.

Nuestro estudio muestra que las distintas condiciones socio-ecológicas de los paisajes culturales estudiados se relacionan con la conservación de la agrobiodiversidad de los huertos familiares. Esto proporciona un punto de partida para el diseño de iniciativas de conservación que responden a cada paisaje cultural particular y apunta a una sostenibilidad en el contexto (Manuel-Navarrete et al. 2006). De hecho, la escala de paisajes culturales parece adecuada para abordar la biodiversidad, la producción agrícola y los medios de vida en estrategias integrales (Perfecto et al. 2009; Plieninger y Bieling 2013).

Referencias

- Abebe T, Sterck FJ, Wiersum KF, Bongers F (2013) Diversity, composition and density of trees and shrubs in agroforestry homegardens in Southern Ethiopia. *Agrofor Syst* 87:1283–1293. doi: 10.1007/s10457-013-9637-6
- Albuquerque UP, Andrade LHC, Caballero J (2005) Structure and floristics of homegardens in Northeastern Brazil. *J Arid Environ* 62:491–506. doi: 10.1016/j.jaridenv.2005.01.003
- Arriaga-Weiss S (2008) Avifauna en un paisaje antropizado en el parque estatal de la sierra. *Biodiversity Conservation*. El Colegio de la Frontera Sur, Villahermosa, p 110
- Cairns M a, OLSted I, Granados J, Argaez J (2003) Composition and aboveground tree biomass of a dry semi-evergreen forest on Mexico's Yucatan Peninsula. *For Ecol Manage* 186:125–132. doi: 10.1016/S0378-1127(03)00229-9
- Das T, Das AK (2015) Conservation of Plant Diversity in Rural Homegardens with Cultural and Geographical Variation in Three Districts of Barak Valley, Northeast India. *Econ Bot* 69:57–71. doi: 10.1007/s12231-015-9299-6
- De Vos J (1994) Oro verde la conquista de la selva lacandona por los madereros

tabasqueños 1822–1949. Fondo de Cultura Económica, Ciudad de México

Fernandes ECM, Nair PKR (1986) An evaluation of the structure and function of tropical homegardens. *Agric Syst* 21:279–310. doi: 10.1016/0308-521X(86)90104-6

González-valdivia N, Ochoa-gaona S, Ferguson BG, et al (2012) Análisis comparativo de la estructura, diversidad y composición de comunidades arbóreas de un paisaje agropecuario en Tabasco, México. *Rev Mex Biodivers* 83:83–99.

González-Valdivia NA (2010) Conservación de biodiversidad y sustentabilidad en un paisaje cultural del Sureste mexicano., *Ciencias en Ecología y Desarrollo Sustentable*. El Colegio de la Frontera Sur, Villahermosa

Itoh R, Fandohan B, Salako VK, et al (2014) Biodiversity conservation in home gardens: traditional knowledge, use patterns and implications for management. *Int J Biodivers Sci Ecosyst Serv Manag* 10:89–100. doi: 10.1080/21513732.2014.910554

IPCC (2007) Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Pachauri, R.K. Y Resinger, A., Ginebra, Suiza

Kiss A (2004) Is community-based ecotourism a good use of biodiversity conservation funds? *Trends Ecol Evol* 19:232–7. doi: 10.1016/j.tree.2004.03.010

Kumar BM, Nair PKR (2004) The enigma of tropical homegardens. *Agrofor Syst* 61:135–152.

Magurran AE (1988) *Ecological Diversity and Its Measurement*. Springer Netherlands, Dordrecht

Manuel-Navarrete D, Slocombe S, Mitchell B (2006) Science for place-based socioecological management: Lessons from the Maya forest (Chiapas and Peten).

Martinez-sanchez JL, Cabrales LC (2012) Is there a relationship between floristic diversity and carbon stocks in tropical vegetation in Mexico? *African J Agric Reseach* 7:2584–2591. doi: 10.5897/AJAR11.599

Michon G, Mary F (1994) Conversion of traditional village gardens and new economic strategies of rural households in the area of Bogor, Indonesia. *Agrofor Syst* 25:31–58.

Montagnini F, Nair PKR (2004) New Vistas in Agroforestry: A Compendium for 1st World Congress of Agroforestry, 2004. In: Nair PKR, Rao MR, Buck LE (eds). Springer Netherlands, Dordrecht, pp 281–295

Nair PKR (1991) State-of-the-art of agroforestry systems. *For Ecol Manage* 45:5–29. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0378-1127\(91\)90203-8](http://dx.doi.org/10.1016/0378-1127(91)90203-8)

- Ochoa GS, Zamora CLF, Cabrera PS, et al (2012) Flora leñosa útil de la sierra de Tenosique, Tabasco, México., 1a edn. Villahermosa, Tabasco. México.
- Perfecto I, Vandermeer J, Wright A (2009) Nature's matrix: linking agriculture, conservation and food sovereignty. Earthscan, London
- Perfecto I, Vandermeer J (2008) Biodiversity conservation in tropical agroecosystems: A new conservation paradigm. *Ann N Y Acad Sci* 1134:173–200. doi: 10.1196/annals.1439.011
- Plieninger T, Bieling C (2013) Resilience-based perspectives to guiding high-nature-value farmland through socioeconomic change. *Ecol Soc* 18:20. doi: 10.5751/ES-05877-180420
- Poorter L, Bongers F, Aide TM, et al (2016) Biomass resilience of Neotropical secondary forests. *Nature* 530:211–214.
- Poot-Pool WS, Wal H, Flores-Guido S, et al (2015) Home Garden Agrobiodiversity Differentiates Along a Rural-Peri-Urban Gradient in Campeche, México. *Econ Bot* 69:203–217. doi: 10.1007/s12231-015-9313-z
- Rico-Gray V, Garcia-Franco JG, Chemas A, et al (1990) Species composition, similarity, and structure of mayan homegardens in tixpeual and tixcacaltuyub, yucatan, Mexico. *Econ Bot* 44:470–487. doi: 10.1007/BF02859784
- Rooduijn B (2016) Tropical homegardens: crucial sinks of wild native trees in fragmented landscapes. M.Sc. thesis, MSc Forest & Nature Conservation. Wageningen University, Wageningen
- Roshetko JM, Delaney M, Hairiah K, Purnomosidhi P (2002) Carbon stocks in Indonesian homegarden systems: Can smallholder systems be targeted for increased carbon storage? *Am J Altern Agric* 17:138–148. doi: 10.1079/AJAA200116
- Tscharntke T, Clough Y, Wanger TC, et al (2012) Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. *Biol Conserv* 151:53–59. doi: 10.1016/j.biocon.2012.01.068
- Tudela F (1989) La modernización forzada del trópico: El caso de Tabasco., 1 ra. edic. México D.F.
- West RC, Psuty NP, Thom BG (1987) Las tierras bajas de Tabasco en el sureste de México., Gobierno d. Villahermosa, Tabasco. México.
- Wezel A, Ohl J (2005) Does Remoteness from Urban Centres Influence Plant Diversity in Homegardens and Swidden Fields?: A Case Study from the Matsigenka in the Amazonian Rain Forest of Peru. *Agrofor Syst* 65:241–251. doi: 10.1007/s10457-005-3649-9
- Zimmerer KS (2014) Conserving agrobiodiversity amid global change, migration, and nontraditional livelihood networks: the dynamic uses of cultural landscape knowledge. *Ecol Soc*. doi: 10.5751/ES-06316-190201

17

Ministerio de Educación Superior
Universidad Hermanos Saiz Montes de Oca
Facultad de Ciencias Forestales y Agropecuaria
República de Cuba

Autora: Dr. María Teresa Martínez Echevarría. (Ponente oral)

Universidad “Hermanos Saiz Montes de Oca”, de Pinar del Río, Martí No. 272 e/
27 de Noviembre y González Acosta, Pinar del Río, Cuba.

- Categoría científica o docente: Auxiliar
- Dirección particular y teléfono: Calle Emilio Núñez No 77^a. Pinar del Río. Telf. 53(48)713419

E-mail: maritem@upr.edu.cu

Coautores:

Dr. Angel Leyva Galan, MSc Sorenia Chala Morales, MSc Avilio A Martínez Seara,
Lic. Luis Javier Acanda Barrizonte. MSc. Yamilka Hernandez Acosta, Idalma de la
Caridad Betancourt Guerra

Universidad “Hermanos Saiz Montes de Oca”, de Pinar del Río, Martí No. 272 e/
27 de Noviembre y González Acosta, Pinar del Río, Cuba.

Título: Índice general de sostenibilidad, herramientas que facilitan el
establecimiento de especies análogas en agroecosistemas.

Title: General index of sostenibilidad, tools that facilitate the establishment of
similar species in agroecosistemas.

RESUMEN

Se realizó una evaluación agroecológica de la especie *Cordia collococca* L., en décadas precedentes jugó un rol importante en muchas comunidades agrarias de Cuba, la sucesión natural y restauración de esta especie provee de alimento a aves, cerdos y humanos. El análisis del Índice General de Sostenibilidad (IGS) permitió conocer la vegetación original e introducir la especie a escala de agroecosistema, mostró rápido crecimiento y fortalecimiento del agrobiodiversidad y en lo práctico, aportó una propuesta estratégica para su establecimiento en los agroecosistemas locales del Municipio Pinar del Río.

Palabras clave: *Cordia collococca* L, sucesión natural, Índice General de Sostenibilidad, propuesta estratégica.

Ponencia

Ministerio de Educación Superior
Universidad Hermanos Saiz Montes de Oca
Facultad de Ciencias Forestales y Agropecuaria
República de Cuba

Autora: Dr. María Teresa Martínez Echevarría. (Ponente oral)
Universidad “Hermanos Saiz Montes de Oca”, de Pinar del Río, Martí No. 272 e/
27 de Noviembre y González Acosta, Pinar del Río, Cuba.

- Categoría científica o docente: Auxiliar
- Dirección particular y teléfono: Calle Emilio Núñez No 77^a. Pinar del Río. Telf. 53(48)713419

E-mail: maritem@upr.edu.cu

Coautores:

Dr. Angel Leyva Galan, MSc Sorenia Chala Morales, MSc Avilio A Martínez Seara, Lic. Luis Javier Acanda Barrizonte. MSc. Yamilka Hernandez Acosta, Universidad “Hermanos Saiz Montes de Oca”, de Pinar del Río, Martí No. 272 e/
27 de Noviembre y González Acosta, Pinar del Río, Cuba.

Título: Índice general de sostenibilidad, herramientas que facilitan el establecimiento de especies análogas en agroecosistemas.

Title: General index of sostenibilidad, tools that facilitate the establishment of similar species in agroecosistemas.

Introducción

La agroforestería análoga se basa en la fuerza del paradigma tradicional, mediante la sucesión natural de especies que se encuentra en la vegetación de los bosques locales, en el diseño de agroforestería análoga los árboles y las plantas son similares a los de los ecosistemas nativos. Proporcionarán alimentos o micro hábitats para las especies nativas, pero también suplen necesidades de los humanos. Esto requiere una cuidadosa selección de especies análogas.

La especie *C. collococca* L cuya domesticación comenzó hace muchos años, puede servir de ilustración para una tradición ejemplar que exponga cómo el hombre desde los comienzos de la agricultura y a lo largo de los siglos, supo utilizar con discernimiento, recursos vivos de la naturaleza. Según (Roig, 1988; Martínez, 2017), la especie *Cordia collococca*, se utiliza como alimento animal para aves y cerdos. Las experiencias de producción del cultivo en diferentes agroecosistemas han evidenciado que es una opción viable para promover la seguridad alimentaria y, al mismo tiempo, conservar la biodiversidad.

Obtener las características de un agroecosistema natural es el reto de un agroecosistemas sostenible. El flujo de energía puede ser diseñado para depender menos de insumos no renovables, de modo que exista un balance entre la energía que fluye dentro del sistema y la que abandona el sistema (Altieri, 2000).

Los sistemas tradicionales de manejo de los recursos naturales han propuesto como modelos de sustentabilidad a los sistemas agroforestales (Amo *et al.*, 2008). Estos sistemas agroforestales tienen un enfoque sistémico y ecológico que pueden hacer viable la producción ganadera y el ambiente (Chavarría *et al.*, 2011) Prescott, (2006), contribuye a la búsqueda de herramientas y reflexiones para medir la sostenibilidad a través de procedimientos, el uso principal es la

combinación de indicadores que permitan a sus usuarios arribar a conclusiones como una herramienta de comunicación.

Los indicadores de sostenibilidad se pueden definir como variables que apuntan o dirigen la atención hacia procesos, estados o tendencias asociadas con la sostenibilidad de un sistema. Estos indicadores pueden basarse en las medidas de variables cuantitativas o cualitativas y deben cumplir con la operatividad, funcionalidad del modelo, marco conceptual adoptado, el nivel de actuación definido y con los objetivos de la evaluación (Venegas, 2004), el uso de indicadores permite observar claras tendencias en la sostenibilidad general de los agroecosistemas en el tiempo y fortalecer procesos de capacitación y concientización de sus habitantes en los temas que se detecten (Moreno *et al.*, 2006).

Los indicadores utilizados para evaluar la sostenibilidad deben construirse y adaptarse a la situación en análisis y adecuarlos a los objetivos propuestos, (Zinck *et al.* 2005), plantean que el grado de desarrollo sostenible puede expresarse en términos de clases de probabilidad: fuertemente sostenible (>0.70), débilmente sostenible ($0.59-0.70$) y no sostenible (<0.59). Duarte, (2005) señala, que la sostenibilidad debe ser analizada en las tres dimensiones que la componen, calcular un Índice de Sostenibilidad para cada una de ellas y determinar un Índice General de Sostenibilidad (IGS) a partir de la integración de las dimensiones económica, ecológica y social.

Desarrollo

Diagnóstico específico del agroecosistema

El diagnóstico tiene como propósito conocer las posibles limitantes para la especie que se quiere desarrollar y el rol que puede jugar entre los actores locales; por ello, se siguieron los pasos siguientes. (i) contactos con los decisores para realizar un taller donde se mostró la importancia de la especie y posibilidades de poderla introducir en el agroecosistemas señalado y la disposición colectiva de participar en la labor de introducción (ii) taller participativo con actores directos e indirectos (iii) análisis del nivel de aceptación (iv) propuesta de iniciación del programa de investigación. Se procedió a tomar la información más detallada del agroecosistema, para lo cual se procedió a recopilar toda la información escrita y en entrevistas con actores, decisores y facilitadores de del agroecosistema y de la localidad. Se obtuvo toda la información necesaria de los problemas socioeconómicos, tecnológicos y medioambiental del agroecosistema en estudio (según el IDA herramienta diseñada por Leyva y Lores, (2008). Es una herramienta de uso práctico para evaluar el grado de acercamiento a la sostenibilidad del indicador supremo del agroecosistema que es la Agrobiodiversidad. $IDA = FER + FE + IAVA + ICOM / 4$ (El análisis considera a los cuatro subíndices el mismo nivel de importancia $IDA = 0.7$ se considera sostenible. El IDA determina los déficits y excesos de las especies presentes en el agroecosistema, según sus valores utilitarios y en función de las necesidades humanas, de los animales, del suelo y restantes seres vivos.

$V_r =$ Valor real; $V_{max} =$ Valor deseado; $V_{sb} =$ Valor de la subvariables; $V_v =$ Valor de la variable y $V_i =$; Valor del indicador.

El valor de cada indicador depende del valor de la variable (V_v/V_{imax}) y esta a su vez de los valores de las sub variables, (V_{rsb}/V_{imax}) por tanto el IDA informa

cuales son los indicadores que se deben priorizar en base el valor de la sub variable. La característica de este indicador es que tiene en cuenta cuatro sub indicadores referidos a: (I) Alimentación humana, (índice FER), (II) Alimentación animal (índice FE); (III) Alimentación del suelo (índice AVA) y un índice complementario (ICOM) que hace referencia a las especies no alimenticias que contribuyen al equilibrio del agroecosistema.

Cada subíndice tiene sus propias variables y sub variables igual que el IGS: así FER (especies formadoras energéticas y reguladoras) deben encontrarse en niveles productivos o de proyección en correspondencia con el número de comensales locales y territoriales según los compromisos que tenga el agroecosistema con la vida social, las potencialidades del agroecosistema y debe contarse con un valor máximo deseado que surge participativamente, del colectivo después de un taller, donde se define cuales son los rendimientos posibles en la localidad de cada especie y ese valor es el que se asume como valor máximo (10) en contraposición con el menos deseado (1).

Así el valor del IDA = $\sum_i^n (Vri/Vimax)/N$ donde Vri es el valor real del indicador y $Vimax$ es el valor máximo deseado. N es el número de indicadores (tabla 1).

Tabla 1. Escala estandarizada del valor de importancia (V_i) de la biodiversidad

Grupos de especies	Componentes
Alimentación humana total (IFER)	Formadores (vegetal y animal) Energéticos Reguladores IFER
Alimentación Animal total (IFE)	Formadores Energéticos IFE
Alimentación del suelo Total (IAVA)	Abonos verde Coberturas vivas Arvense IAVA
Complementarias (Total) (ICOM)	Condimentosas Ornamentales y flores Animales libres Medicinales Maderables (árboles y arbustos)
Índice de agrobiodiversidad	IDA

A partir de los valores de los indicadores de las variables de las dimensiones se determinó el Índice general de sostenibilidad (IGS) de la finca "La Ceiba", (tabla 2).

Tabla 2. Determinación del Índice General de Sostenibilidad (IGS)

Dimensión (d)	Indicadores (V_i)	Variables (V_v)
Ambiental	Biodiversidad	Fer, Fe, IAVA, ICOM
	Agua	Disponibilidad, calidad, acceso
	Suelo	Disponibilidad, calidad, acceso
	Fauna libre	Diversidad y Presencia,
Económica	Rendimientos	compromisos
	Costos	Controles de gastos totales
	Tecnologías	Creatividad y dominio
	Recursos humanos	Acceso, calidad, cantidad
	Recursos financieros	Disponibilidades, acceso
	Independencia	Creatividad, innovaciones
	Rentabilidad	ganancias, deudas, estímulos
	Comercialización	Disponibilidad, flexibilidad, acceso, conformidad
Sociocultural	Actualización	Capacitación, cursos, talleres
	Alimentación	FER, acceso Disponibilidad.
	Salud	Acceso, atención, satisfacción,
	Educación	Acceso, atención, satisfacción
	Vivienda	Calidad, confortabilidad, conformidad
	Comunicación	Acceso, disponibilidad, conformidad
	Recreación	Apropiada, conformidad, atención
Fuerza de trabajo	Disponibilidad, acceso, conformidad	

El IGS = Σ de las dimensiones (d) entre el total de dimensiones (Td). El valor de (d) es igual al Valor del indicador (V_i) entre el No. de Indicadores, correspondiente a cada dimensión. El $V_i = \Sigma (V_v)/N$ donde N es el número de variables y estas a su vez, dependen de los valores de las sub variables (V_{sv}).

Cuando los valores de IGS alcanzan una cifra inferior a 0,6 expresan que un sistema no es sostenible, cuando alcanza 0,70 es sostenible, cuando este alcanza valores mayores de 0.70.; valores entre 0.8 y 1.0, se considera como la situación óptima del sistema (Zinck et al., 2005; Zinck, 2006, Sarandón, 2006, Leyva y Lores 2008, Lores 2009; Leyva y Lores, 2012; Leyva y Gaviria, 2012; González, 2016), se procedió a caracterizar el agroecosistema, asumiéndose un total de 20 indicadores y 54 variables.

Luego $IGS = \Sigma (V_i / VMI) / N$ donde V_i es el valor que corresponde al indicador, VMI es el valor máximo posible de un indicador y N es el número de indicadores. Los valores de V_{sv} de una variable cualquiera corresponde al valor de juicio (V_j) que se le atribuye a una escala de valores ponderados, preferiblemente del 1 al 4 siendo 4 el valor máximo deseado, aunque puede ser 1-10 para facilitar el análisis.

Resultados

Uno de los indicadores supremos de la sostenibilidad de los agroecosistemas es la biodiversidad, (Altieri, 1998) de la cual depende la vida rural; por ello se aplicó a la

diversidad registrada el Índice de Agrobiodiversidad (IDA) una herramienta que indica el grado de acercamiento a la sostenibilidad (Leyva y Lores, 2008).

El índice de agrobiodiversidad (IDA) es insostenible, con un índice bajo (0.37) considerando que un valor de IDA es deseado si $IDA \geq 0,7$ (Tabla 3)

Tabla 3. Valores del Índice de Agrobiodiversidad (IDA) y sus componentes determinantes.

Grupos especies	Componentes	Año (2013)
Alimentación humana total (IFER)	Formadores (vegetal y animal)	0.08
	Energéticos	0.16
	Reguladores	0,20
	IFER	0.40
Alimentación Animal total(IFE)	Formadores	0,20
	Energéticos	0.16
	IFE	0.30
Alimentación del suelo Total (IAVA)	Abonos verdes	0,20
	Coberturas vivas	0,16
	Arvenses	0,12
	IAVA	0.5
Complementarias (ICOM)	Condimentosas	0.08
	Ornamentales y flores	0.16
	Animales libres	0.20
	Medicinales	0.12
	ICOM	0.30
Índice de	de	agrobiodiversidad (IDA)
0.37		

El resultado está indicando la necesidad de elevar la biodiversidad en el agroecosistema para alcanzar un mayor acercamiento a la sostenibilidad.

En la figura 1, se muestran los resultados de las dimensiones, la dimensión económica (I) no alcanzó valores sostenibles en ninguno de los indicadores utilizados (todos estuvieron con valores inferiores a 0,6) pero además fue el más deficiente de las tres dimensiones de la sostenibilidad. La dimensión ecológica (II) estuvo expresada en los recursos naturales (suelo, agrobiodiversidad, fauna libre y agua). Como se aprecia en la figura el agua alcanzó el máximo valor, favorecido por las disponibilidades de agua en la localidad y las instalaciones existentes, establecidas para el regadío del cultivo de exportación, que es el tabaco. Los restantes indicadores, poseen valores de IGS bajos, consecuencia de

la falta de un programa de actualización para elevar el nivel de conocimiento de los actores locales de beneficio integral.

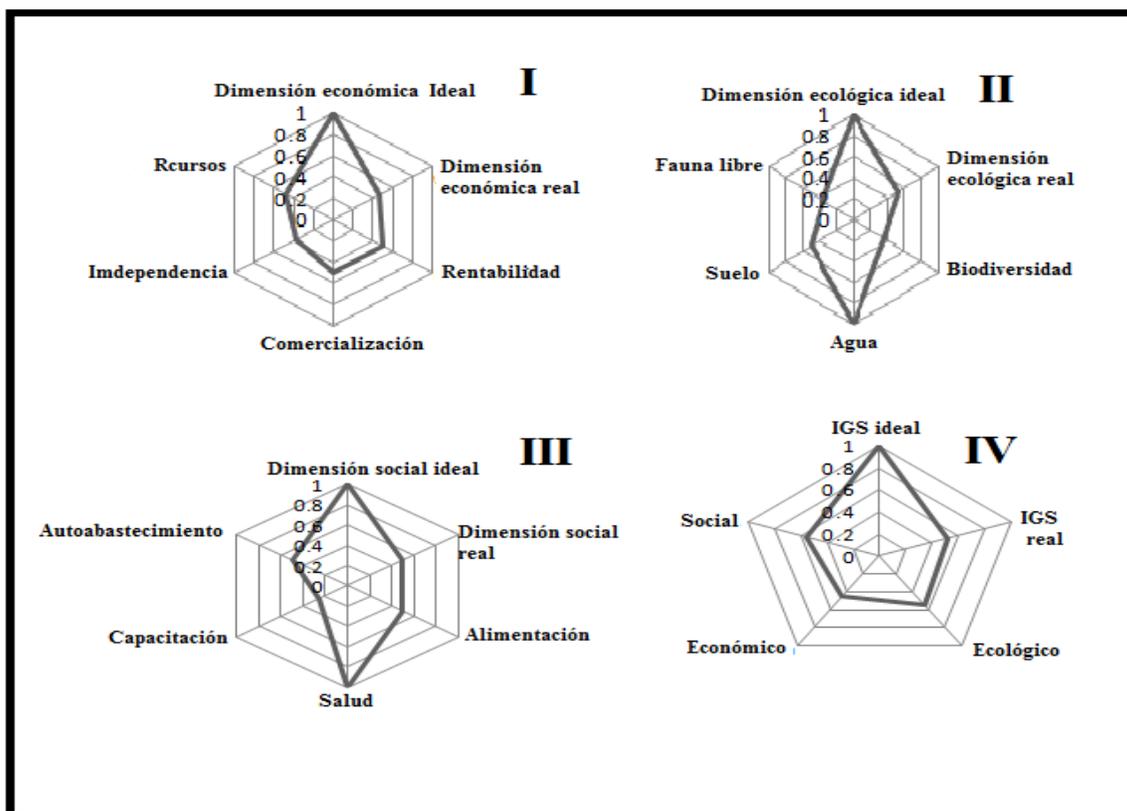


Figura 1. Determinación del IGS por dimensiones. I-Indicadores de la dimensión económica; II- Indicador de la dimensión ecológica; III- Indicador de la dimensión social IV- Índice General de Sostenibilidad (IGS) por Dimensión.

La dimensión sociocultural (III) muestra sus mejores resultados en los indicadores que el proceso transformador de la sociedad ocurrido hace 60 años favoreció a todos los cubanos, (salud), sin embargo los que dependen directamente de la creatividad de los actores y decisores locales continúan con valores insostenibles. La capacitación resultó ser el indicador crítico del IGS cuya solución pudiera repercutir en los restantes indicadores (autoabastecimiento y alimentación) dentro de los problemas activos del agroecosistema, según los criterios que emanan de la aplicación de la matriz de Vester, (1983). el agua alcanzó el máximo valor, favorecido por las disponibilidades de agua en la localidad y las instalaciones existentes, establecidas para el regadío del cultivo de exportación, que es el tabaco. Los restantes indicadores, poseen valores de IGS bajos, consecuencia de la falta de un programa de actualización para elevar el nivel de conocimiento de los actores locales de beneficio integral.

Del análisis se concluye que el IGS aporta valores que indican insostenibilidad (0,52) aun lejos de la sostenibilidad según las consideraciones de Zinck *et al*, (2006), por tanto se necesita accionar para transformar el agroecosistema hacia la elevación de la sostenibilidad al menos superior al valor 0,6.

El análisis de la restauración de la especie *C. collococca* en el agroecosistema, mostró aceptación casi total. El 90 % de los participantes, manifestaron su apoyo irrestricto a la idea, y destacaron los antecedentes históricos del hábitat de la especie, comentado por los actores mayores de 60 años. Este dato permite entender las bases de la selección del estudio de caso realizado.

Restaurar los agroecosistemas de las localidades del Municipio Pinar del Río con nuevas especies arbórea, es una actividad atractiva para los actores y productores rurales que la promueven con la esperanza de elevar su calidad de vida. La nueva propuesta consiste en un diseño en función de objetivos productivos ecológicos a través de una especie que ocupa un solo nicho dentro del agroecosistema, para lo cual se necesita disponer de semillas y plántulas, para realizar la plantación.

Esta especie además de proporcionar sombra para los períodos de máxima incidencia de la luz solar para animales, su ubicación dentro de un diseño como planta doméstica, también juega un rol de protección de la vivienda a la vez que suministra sin gastos energéticos adicionales, el alimento a los animales domésticos en el entorno de la vivienda.

Por otra parte, como se registran cambios importantes en las variables del clima esta planta puede ser utilizada en las áreas protegidas. La hojarasca producida por los árboles y en todo el agroecosistema, dan cobertura a la superficie y aportan materia orgánica, lo que contribuye a mitigar los impactos de la lluvia, mejorar la estructura y la capacidad de infiltración del agua en el suelo y de llenado de los acuíferos subterráneos. Se puede aprovechar e instalar colmenas y simultáneamente la siembra de la especie de la familia de las cucurbitáceas intercaladas, a favor de la polinización y la producción de miel.

La propuesta de un diseño agroecológico funcional, eleva la biodiversidad e incrementa la carga animal (aves) existente en el agroecosistema, por ser una solución económicamente viable de proporcionar alimento alternativo natural a bajo costo; por eso, el establecimiento de la especie *C. collococca*, constituye una práctica de provecho para los campesinos.

Propuesta estratégica para establecer la especie *C. collococca* en los Agroecosistemas de Pinar del Río .

I. Primera fase de la propuesta sugiere: el diagnóstico está dirigido a obtener una visión integral del sistema a través de una caracterización general, donde se recopila y analiza toda la información disponible. Está enfocada al desarrollo de las tres dimensiones de la sostenibilidad.

II Fase de la propuesta: se diseñan acciones y operaciones enfocadas a la introducción conservación y manejo de la especie *C. collococca*. Las acciones están enfocadas a definir líneas estratégicas tales como: implementar y evaluar, estas acciones que se ajustan a determinados procedimientos, dentro de ellos; la selección de técnicas para introducir la especie *C. collococca* en los agroecosistemas y la selección de técnicas a aplicar en sistemas productivos con o sin arreglos en surcos y /o manejo de la especie *C. collococca*, de acuerdo a la selección de animales y necesidades ecológicas y económicas del sistema o para sistemas dirigidos a el desarrollo de la agroforestería en sus diferentes formas organizacionales.

Para evaluar la estrategia en su contribución a la sostenibilidad, se debe tener en cuenta las dimensiones ecológicas, productivas y socio económicas según criterio de medida establecidos en esta investigación y finalmente se debe confeccionar el modelo de compromisos de las partes (facilitadores de la información y directivos del agroecosistema).

III. Fase de la propuesta. Priorización de acciones, que den visibilidad a la propuesta.

Dado el ciclo vegetativo de la especie en estudio, es necesario que los actores puedan realizar de acciones que escenifiquen la importancia de la nueva propuesta, las que deben ser conducidas a través de prioridades, donde los cultivos de ciclo corto intercalados entre las plantas *C. collococca*, es fundamental. La priorización de acciones según los resultados de la investigación dentro del agroecosistema se generó en el diagnóstico realizado y se relaciona a continuación: a) Incrementar una alimentación balanceada; b) Incrementar la agrobiodiversidad; c) Incrementar la diversidad mercantil; d) Uso y conservación de los recursos naturales haciendo mayor uso de los recursos propios del agroecosistema d) Medidas de capacitación

IV. Fase de la propuesta. Esquema imaginario de uso del espacio para desarrollar una nueva especie dentro del agroecosistema.

Interrumpir el proceso de desarrollo de cualquier programa puede ser fatal según la opinión de los actores locales y sus decisores; por ello, es fundamental incrementar la nueva propuesta al programa de desarrollo existente (Figura 2).

El esquema supone un agroecosistema cuya superficie (en blanco) está comprometida con los programas de desarrollo existentes. La idea debe ser cubrir todos los espacios libres que no estén comprometidos con los programas de desarrollo (en gris) y que no impidan la aplicación de la técnica moderna, es decir, sin obstaculizar los campos organizados para aplicar la maquinaria que regularmente se mantiene a favor de una mayor productividad, pero que requiere del análisis energético, con menores gastos energéticos, que el que sustenta el agroecosistema en la actualidad.

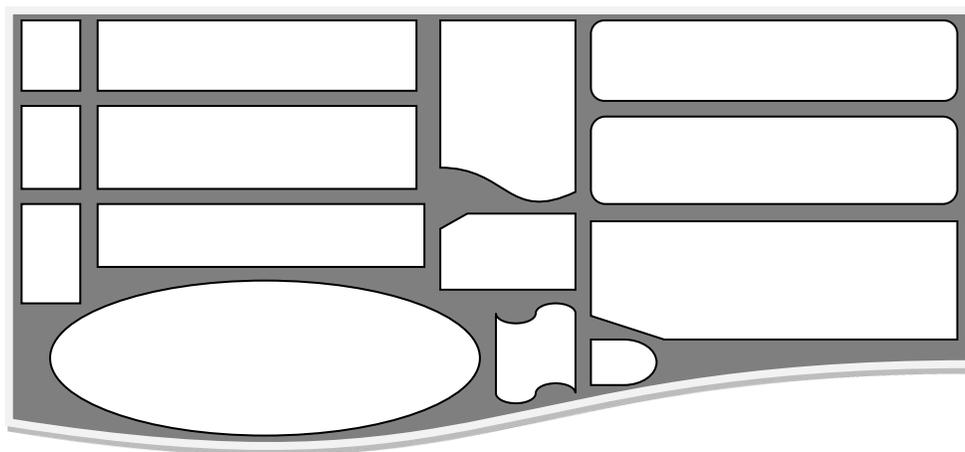


Figura 2. Esquema imaginario de uso del espacio para desarrollar una nueva especie.

Conclusiones

- ❑ La aplicación de los Índices de Agrobiodiversidad (IDA) y General de Sostenibilidad (IGS) son herramientas que facilitan el proceso de establecimiento de nuevas especies en los agroecosistemas.
- ❑ Las propuestas para incorporar una nueva especie en los agroecosistemas tuvo su mayor aceptación porque su diseño no compromete los programas ya establecidos para el desarrollo agrario local vigente.

Referencias bibliográficas

1. Roig, J. (1988). Diccionario botánico de nombres vulgares cubanos de la LI - Z, Tomo 2. Editorial Científico - Técnica, La Habana. Tercera reimpresión. p. 607-1142.
2. Martínez. M.T et al., 2017. Potencialidades del fruto de *Cordia collococca* para su uso en la alimentación de aves .Revista Cultivo Tropical, vol. 38, no. 3, ISSN: 0258-5936 pp. 86-93
3. Altieri, M.A. (2002). Agroecología: principios y estrategias para diseñar sistemas agrarios sustentables. En: Sarandón, S. (Ed.) *Agroecología: El Camino hacia una Agricultura Sustentable*. Ediciones Científicas Americanas, Buenos Aires, pp. 49-56.
4. Amo R. S. del, M. C. Vergara, J. Ramos, y L. Porter B. (2008). Community Landscape Planning for Rural Areas: A Model for Biocultural Resource Management. *Journal of Society & Natural Resources*.
5. Chavarría, A., Detlefsen, G., Ibrahim, M., Galloway, G. & de Camino, R. (2011). Análisis de la productividad y la contribución financiera del componente arbóreo en pequeñas y medianas fincas ganaderas de la subcuenca del río Copán, Honduras. *Agroforestería en las Américas*. 48:146.
6. Prescott, R. (2006). The Barometer of Sustainability. Consultado [4-2015]. Disponible en: < <http://www.iucn.org/>>
7. Venegas, V. R. (2004). Indicadores de Sostenibilidad Predial. CLADES: Revista de Agroecología y Desarrollo. Número Especial 11/12.
8. Moreno, G. T, Palacios, V .O, Guzmán, R.J.L., Masera, O y López, R. (2006). Evaluación de la sustentabilidad de los sistemas agrosilvopastoriles del Sur de Sinaloa. *Sustentabilidad y Sistemas campesinos: Cinco experiencias de Evaluación en el México Rural* .México Mundi-prensa.2006.1:36 p.
9. Zinck, J. A.; Berroterán, J. L.; Farshad, A.; Moameni, A.; Wokabi, S.; Van Ranst, E.(2005). La sostenibilidad agrícola: un análisis jerárquico. En *Gaceta Ecológica*. no 76. p53-72
10. Duarte, N.S. (2005) . Sostenibilidad socioeconómica y ecológica de sistemas agroforestales de café (*Coffea arabica*) en la microcuenca del Río Sesesmiles, Copán, Honduras. [Tesis de Maestría]. CATIE.
11. Sarandón, J .S., Zuluaga, S.M., Cieza,R. Gómez, C, Janjetic, L. y Negrete,E.(2006). Evaluación de la sostenibilidad de sistemas agrícolas de fincas en misiones ,Argentina , mediante el uso de indicadores .revista de Agroecología.1:19-28.

12. Leyva, G. A. y Lores, P.A (2012). Nuevos índices para evaluar la agrobiodiversidad. Instituto nacional de Ciencias Agrícolas. Universidad de Guantánamo. Agroecología. 7:109-115.
13. Lore, A. (2009). Propuesta metodológica para el desarrollo sostenible de los agroecosistemas. Contribución al estudio de la agrobiodiversidad. Estudio de caso: Comunidad "Zaragoza", Tesis presentada en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas La Habana, Cuba.
14. Gravina, H.B.A y Leyva, G.A.(2012) Utilización de nuevos índices para evaluar la sostenibilidad de un agroecosistema en la República Bolivariana de Venezuela. Cultivos Tropicales. 33(3):15-22
15. González, Y. (2016). El funcionamiento de un agroecosistema pre montañoso y su orientación prospectiva hacia la sostenibilidad: rol de la agrobiodiversidad. Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias agrícolas. Instituto de investigación de ciencia agropecuarias INCA. Cuba p-50
16. Vester, F.(1985). Unsere Welt. Ein Vernetztes Systems. Munich:Edit.DTV.177p.

19

AISLAMIENTO E IDENTIFICACION DE BACTERIAS Y HONGOS EN EL PROCESO DE LIXIVIADOS DE SUELO VERMICOMPOSTADO EN TRES MEDIOS DE CONTAMINACION POR HIDROCARBURO

Ana Cristal Gómez Morales¹, F. de Jesús Rodríguez-Flores¹, Luis Ordaz Díaz², Carlos Alvarez Alvarez³, Angelica Rivera Montoya⁴, Maribel Madrid del Palacio⁵, Fabiola Luisillo-Quñones⁶,
¹²³⁴⁵⁶Alumna y Profesores de Universidad Politécnica de Durango, Carretera Durango-México Km. 9.5, C.P 34300, Durango, Dgo. ¹Alumna de la Universidad Tecnológica de Rodeo-Durango, Carretera Federal Panamericana Km. 159.4, México 45 SN, 35760 Rodeo, Dgo
Correo: jesu_rgz@hotmail.com

RESUMEN

El manejo inadecuado de los materiales y residuos peligrosos ha generado a escala mundial, un problema de contaminación de suelos, aire y agua. Entre las más severas contaminaciones se destacan las que se produjeron y todavía se producen a causa de la extracción y el manejo del petróleo en todos los países productores de hidrocarburos. Según SEMARNAT, (2001) en México el porcentaje de suelos contaminados por derivados de hidrocarburos es de más del 65% lo que indica que nuestro país tiene un grave problema en relación al manejo de los desechos derivados de combustibles fósiles. Existen diversas tecnologías para biorremediar los suelos contaminados, en estudios realizados por La eficiencia de las tecnologías de Atenuación Natural y Bioestimulación, ha sido evaluada en el tratamiento de suelos contaminados con derivados del petróleo, aceites minerales y compuestos orgánicos policíclicos, en el caso del diesel, se han obtenido porcentajes de remoción del 36.86 y 50.99%, respectivamente, durante 4 meses de tratamiento y específicamente, de la técnica de lombricultura para el tratamiento de hidrocarburos, se logra dar valor agregado al suelo, transformándolo en un material aprovechable. El humus de lombriz posee una gran variedad de microorganismos, de los cuales varios de ellos trabajan en simbiosis con la lombriz, ayudando a la degradación de la materia orgánica y a la aportación de los nutrientes característicos de la vermicomposta. Se ha demostrado que existen microorganismos los cuales reducen la concentración de contaminantes como es el caso de *Trichoderma spp*, *Coniothyrium minitans* (Whipps *et al.*, 2008). En el proceso de vermicompostado se identifica una gran variedad de hongos y bacterias que degradan la materia orgánica en conjunto con la lombriz roja californiana. Los microorganismos que viven en el suelo intervienen activa y directamente en ciclos geoquímicos del C, N, P y S, además de ayudar a la fertilidad, retención de humedad del suelo incrementando las actividades económicas y ambientales del sistema suelo. Para llevar a cabo este proyecto de investigación se realizaron prácticas de aislamiento, ordenamiento y análisis de datos, que permitió identificar hongos y bacterias en el laboratorio de química de la Universidad Politécnica de Durango. En los resultados se identificaron 17 hongos, el que más predominó fue *T. Harzianum*. La identificación de bacterias con el método de tinción de Gram se observaron 5 bacterias de Gram positivo y 13 en Gram negativo. Las bacterias más dominantes fue Bacilos sp, *Estafilococos sp.*, *Streptococo*, *Espirilos*, según Buritica, *et al* (2013) las bacterias Gram negativo son las que más se encuentran en suelo.

Palabras claves: Hongos, bacterias, vermicompostado, hidrocarburo

Introducción. Los problemas de contaminación en el ámbito local, nacional e internacional son parte de nuestra vida cotidiana; es preocupante la manera en cómo se han ido degradando los ecosistemas de nuestro planeta. La actividad industrial ha ocasionado uno de los problemas más serios en materia de contaminación de suelos, donde el derrame de hidrocarburos ocupa uno de los primeros lugares. El humus de lombriz posee una gran variedad de microorganismos, de los cuales varios de ellos trabajan en simbiosis con la lombriz, ayudando a la degradación de la materia orgánica y a la aportación de los nutrientes característicos de la vermicomposta. Se ha demostrado que existen microorganismos los cuales reducen la incidencia de una gran variedad de enfermedades en el suelo, como es el caso de *Trichoderma spp.* y *Coniothyrium minitans* (Whipps et al., 1993). Sin embargo, también puede llegar a desarrollarse, si se cuenta con ciertas condiciones, gran variedad de microorganismos patógenos, los cuales no actúan simbióticamente, sino al contrario, afectan el desarrollo de la lombriz, alimentándose de ella y cambiando las propiedades de la vermicomposta, lo que afecta de manera negativa a su eventual utilización como abono. Para este trabajo de investigación se utilizó la lombriz roja californiana (*Eisenia fóetida*) como agente descontaminante, y suelo arcilloso contaminado con diésel, con el propósito de determinar su adaptabilidad en el medio y su simbiosis con microorganismos (Hongos y bacterias). Además de considerar que en los lixiviados, tienen una gran abundancia y diversidad de microorganismos benéficos, además existe una competencia entre microorganismos por espacio, alimentación y su sitio de infección en caso de patógenos. Otros, contienen químicos antimicrobianos que producen la inhibición del crecimiento de hongos.

Metodología. Este estudio se realizó en el área experimental de lombricultura de la Universidad Politécnica de Durango. El procesamiento de muestras, el ordenamiento y análisis de datos, se desarrolló en el laboratorio de química. Se consideraron los lixiviados de un sustrato contaminado con diésel con concentraciones de 1, 5, 10 % respecto a un litro de diésel.



Fig. 1. Toma de muestras para cultivos de hongos y bacterias

Las muestras se recolectaron con guantes estériles y se depositaron en frascos de vidrio también esterilizados, se refrigeraron a 4°C durante su transporte, hasta su análisis microbiológico. Para el procesamiento del análisis se mezcló y homogenizó

la muestra, se preparó una solución madre tomando 10mL de muestra y se suspendió en 90mL de agua destilada estéril, agitando vigorosamente para lograr homogenización completa. Posteriormente se realizaron diluciones en base 10, para esto se emplearon tubos cada uno con 9mL de agua destilada estéril, al primer tubo se le adicione 1mL de la solución madre, quedando de esta manera preparada la dilución de 10⁻¹, luego, se transfirió del primer tubo al siguiente 1mL y así sucesivamente hasta alcanzar la dilución de 10⁻⁴. Para el cultivo de las bacterias en las placas se considero realizar una esterilización de placas y del material que se iba a utilizar. Se esterilizaron 18 placas con diluciones decimales hasta 10⁻⁴ en PDA. Posteriormente se realizó el aislamiento de las colonias con agar nutritivo con una posterior tinción de Gram para la diferenciación bacteriana. Una vez identificadas por coloración de Gram se realizaron siembras para bacterias Gram positivas y Gram negativas. Posteriormente se incubaron durante 48 horas. Para la identificación de los hongos se consideró los siguientes criterios: a) aspectos del micelio (algodonoso, aterciopelado, denso, polvoroso), b) forma de la colonia, c) coloración y pigmentación y d) presencia de fructificaciones. Se trabajó con diluciones 10⁻¹ hasta 10⁻¹⁰, se inoculó 0,1mL en Agar Papa Dextrosa, se incubó a 24°C durante 3 días y se realizó el recuento de UFC. La identificación se realizó a través del microscópico y se utilizó la clave ilustrada de hongos imperfectos de Barnett y Hunter (1998).

Resultados y discusión. La cuantificación de los microorganismos presentes en los lixiviados frescos se reportan en la Tabla 1. Los lixiviados reportaron un pH de 6.75 a 24°C

Tabla. Identificación de cepas por método de Gram

Muestra	Origen	Tinción Gram
AB001	Lixiviado	Negativa
AB002	Lixiviado	Negativa
AB003	Lixiviado	Negativa
AB004	Muestra de suelo	Negativa
AB005	Muestra de suelo	Negativa
AB006	Muestra de suelo	Negativa
AB007	Lixiviado	Negativa
AB008	Lixiviado	Negativa
AB009	Muestra de suelo	Positiva
AB010	Muestra de suelo	Positiva
AB011	Muestra de suelo	Positiva
AB012	Lixiviado	Negativa
AB013	Lixiviado	Negativa

Las muestras de lixiviado con hidrocarburo, presentaron diferentes poblaciones microbianas, en la Grafica 1 se registra los microorganismos aislados en las diferentes muestras. Las bacterias con mayor porcentaje de incidencia en los tratamientos fueron Bacilos con 44, seguido por *Diplobacilos* con 22% y *Espirilos* con 11%. Las bacterias de menor incidencia *Streptococos*, *Estraptobacilos* y *Estafilococos* con 6

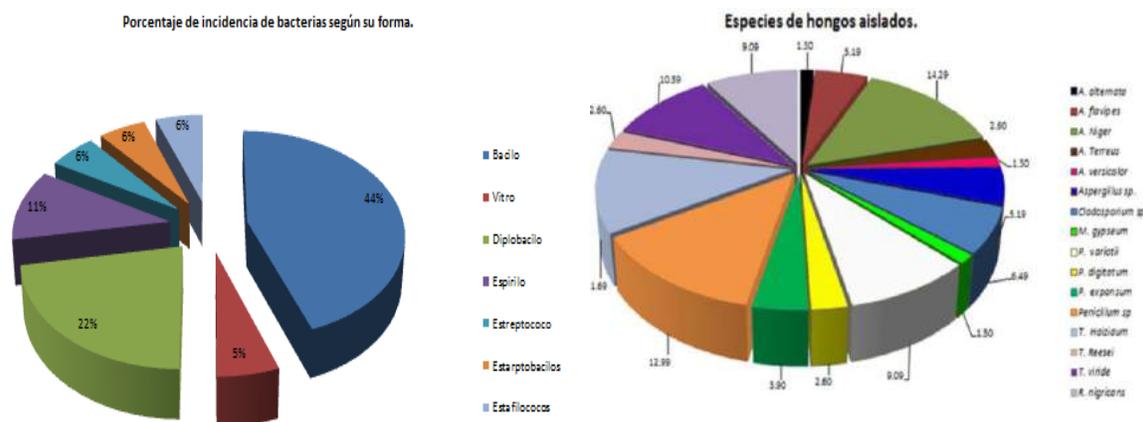


Figura2. Microorganismos aislados en lixiviado con hidrocarburo

Las bacterias Gram negativo son que más se presentan en suelo contaminado. Existen muchos trabajos relacionados con la biorremediación con lombrices, sin embargo todavía falta por investigar cual es la simbiosis que existe entre esos organismos para saber la función que tiene cada uno en la degradación del contaminante, según Flores y Alvira 1988, este anélido caracterizado por ser hermafrodita puede llegar a producir grandes cantidades de lombrices por año, el abono producto de sus deyecciones contiene una gran riqueza bacteriana (2×10^{12} bacterias/g), desarrollando su ciclo biológico en pequeños espacios ($50 \times 10^3 \text{ cm}^3$ de sustrato), se adapta a un amplio rango de condiciones edafoclimáticas. Las bacterias que mas abundaron fueron Bacilos Gram negativos rectos, su tamaño oscila entre 1 a $5 \mu\text{m}$ de largo y $0,5$ a $1 \mu\text{m}$ de ancho, no forman esporas. Se consideran como agentes patógenos oportunistas, (Figura 2) en la que encontraron también la *Pseudomonas aeruginosa*, es un bacilo Gram-negativo, oxidasa positivo, está clasificada como aerobio obligado, sin embargo en ciertas condiciones ambientales, la bacteria actúa como un anaerobio facultativo, otras de las bacterias identificadas y de importancia dentro de la remediación de suelos esta la *Acinetobacter* es un género de bacterias Gram-negativas que pertenece al filo Proteobacteria. Las especies de *Acinetobacter* son bacilos o cocos estrictamente aerobios no fermentantes, no móviles, oxidasa-negativos que se presentan en pares al microscopio, posiblemente esta aparece por la mezcla de descomposición de la materia orgánica agregada al proceso de vermicomposteo. Entre hongos se identificaron 8 especies de hongos importantes aparte de otros con menos presencia. Los que más predominaron fue *Aspergillus niger* con 14.29 %, seguido por *Penicillium sp.* con 12.99 %, *Trichoderma haizium* con 11.69%, *Trichoderma viride* con 10.39 %, seguido por *Rhizopus nigricans* y *Pacelomyces variotii* con 9.09 %. Los hongos con menor frecuencia fueron *A. alternata* y *M. gypseum* con 1.29 % seguido por *A. Terreus*, *P. digitatum* y *T. Reesei* con 2.29% La presencia del género *Trichoderma* es favorable para los suelos, debido a que son hongos que controlan el desarrollo de microorganismos patógenos como *Botrytis sp.* o *Botryna*. Estos resultados estudios realizados por Radwan et al.(1995) en zonas petroleras donde encontraron en un cultivo de tomates contaminado con petróleo hongos de los

géneros mencionados. Por su parte, April *et al.* (2000) identificaron varias especies de los géneros *Trichoderma*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Gliocladium* en pastos de suelos contaminados con petróleo en el oriente y sureste de Canadá. En donde se demuestra la incidencia de estudios con esta investigación.

Conclusiones y recomendaciones. Ningún hongo y bacteria dentro de los que fueron identificados es una amenaza para la lombriz roja californiana, la mayoría de ellos ayudan a degradar la materia orgánica. Sin embargo Aguilera (2004), menciona que es necesario prestar atención al desarrollo de *Alternaria alternata* y *Botrytis sp.*, los cuales son hongos patógenos que representan amenaza. La presencia del género *Trichoderma* es favorable para los suelos, debido a que son hongos que controlan el desarrollo de microorganismos patógenos como *Botrytis sp.* o *Botryna*. Las bacterias identificadas en su mayoría fueron Gram negativas, no es posible saber con exactitud si dichas bacterias afectan el desarrollo de la lombriz y de la vermicomposta, por lo que es necesario realizar otros estudios. Se propone como alternativa para que la empresa que tienen problemas con derrames de hidrocarburos pueden utilizar este tratamiento biológico que es económico y rentable para recuperar el suelo contaminado. Se sugieren estudios en tiempos mayores de almacenamiento de los lixiviados, que permitan comprobar la reducción de la microbiota patógena a través del tiempo, por parte de aquellos microorganismos benéficos presentes, con capacidad de degradación de materiales orgánicos.

Agradecimiento. Este trabajo se realizó con apoyo financiado del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Durango, los autores agradecen este apoyo, en donde alumnos de la Universidad Politécnica y Universidad Tecnológica de Rodeo-Dgo que se benefician con las actividades de esta investigación.

Referencias bibliográficas

- April, T., Foght, J & Currah, R. (2000). Hydrocarbon-degrading filamentous fungi isolated from flare pit soils in northern and western Canada. *Can. J. Microbiol.* 46: 38-49
- Aguilera L., D., A., 2004. Evaluación del efecto de a densidad poblacional inicial y dos ambientes sobre el crecimiento de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) en la IX Región. Universidad católica de Temuco. Fac. de Ciencias Agropecuarias y forestales. Chile. 75 pg.
- Barnett, H. L., & Hunter, B. B. (1998). Illustrated genera of imperfect fungi. St. Paul, Minnesota, USA: The American Phytopathological Society
- Flores MT, Alvira P. The earthworm (*E. foetida* Sav. And *L. rubellus* Hoff.). Biology and uses. *An. Edaf. Agrobiol.* 1988;7-8: 771-778.
- Whipps, J.M., Hand, P., Pink, D.A.C. and Bending, G.D. (2008) Human pathogens and the phyllosphere. *Adv Appl Microbiol* 64, 183–221.
- Radwan, S., Sorkoh, N. & El-Nemr, I. (1995). Oil biodegradation around roots. *Nature.* London. 376: 302.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Programa Nacional de Medio Ambiente 2001-2006, Semarnat, México, 2001.

Eje Temático II

Conservación y Restauración del Medio

Mesa 1

*Conservación de la Vida Silvestre; Manejo y
Administración de Áreas Protegidas*

Presidente: Biól. Alejandra Flores Pérez
*Consejo Internacional de Recursos Naturales y
Vida Silvestre AC. México*

Co Presidente: MSc. Milena A. Segura Madrigal
Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia.



1

Análisis sobre prioridades en el estudio y la conservación de los vertebrados en la Cuenca del Río Lerma, Estado de México

Babb Stanley Kathleen . Ann. y Noé Pacheco Coronel
Laboratorio de Vertebrados, Depto. Biol. Comparada, Fac. de Ciencias, UNAM
CdMx, México kbabbstanley@gmail.com y ojodejaguar@hotmail.com

Resumen

En este trabajo se actualiza y analiza la información recabada en el campo y por información bibliográfica, sobre la diversidad del recurso vertebrados terrestres presente en los distintos tipos de ambientes (acuáticos y terrestres) en la Cuenca del Lerma, en el Estado de México y con ella se analiza los patrones de riqueza total, endemismos, especies en riesgo y aquellas consideradas como muy raras y vulnerables, por tipo de vegetación y hábitat, y se aplicaron puntajes a las especies con lo que se obtuvo un índice que permite determinar el grado de rareza-vulnerabilidad de cada una de las especies registradas para esta parte de la cuenca. Como una medida directa del estatus de la comunidad faunística, se obtuvo el Índice de Valor de Conservación por hábitat (IVCH) y así obtener prioridades por hábitat y por especies. El 59 % de las especies de vertebrados del estado, se encuentran en la cuenca, siendo el bosque de pino encino el más rico y diverso, con el mayor número de especies raras y vulnerables y endémicas. EL 15.2% son especies de vertebrados muy raros y vulnerables y con requerimientos muy diversos como: *Ambystoma lermaense*, *Pseudoeurycea leprosa*, *Micrathene whitneyi*, *Ridgwayia pinicola*; *Cratogeomys tylorhinus* y *Cryptotis alticola*. En las lagunas y áreas cenegalesas y en las boscosas, es donde se ha tenido una marcada reducción de su superficie y en donde se obtuvieron los valores más altos de IVCH) y por subcuenca es la porción alta con un valor de fragilidad más elevado (6 puntos). Este enfoque tiene que ver con el diagnóstico global del estado y uso actual de los distintos ecosistemas terrestres y acuáticos de esta cuenca, así como con la generación de conocimiento ecológico y de historia de vida de los vertebrados, en especial, de aquellas especies muy raras y vulnerables y endémicas presentes en la cuenca del Lerma, una de las cuencas hidrológicas más pobladas y contaminadas del país.

Palabras claves: vertebrados, evaluación, Lerma, rareza vulnerabilidad

Introducción

Las tendencias sobre la riqueza, diversidad y abundancia a lo largo de los años de las especies de fauna silvestre, se pueden usar como indicador de la salud ambiental de los ecosistemas, tanto naturales como aquellos transformados para las actividades agrícolas y ganaderas. El monitorear y evaluar la riqueza de especies de vertebrados terrestres a escala de cuencas y subcuencas hidrológicas es relevante, ya que tienden a representar la diversidad beta (Villa *et al*, 2008). y permiten contar con las bases científicas para seleccionar áreas, hábitats y especies prioritarias a conservar dentro de estas cuencas en las que se tiene una amplia representación de ecosistemas acuáticos y terrestres, con una gran variedad de servicios ambientales que influyen directamente en el mantenimiento de la biodiversidad.

El Estado de México posee una gran riqueza de vertebrados terrestres, de las que el 5.6% se encuentran en alguna categoría de riesgo dentro de la NOM-059, a pesar de sólo contar con el 1% del territorio nacional (INEGI, 2003; Ceballos y List 2009). En general el estudio de esta fauna silvestre en el estado se ha enfocado a registros de especies en diversas partes y ecosistemas, careciendo aún de la información necesaria para tener las bases para su manejo y conservación (Martínez *et al*, 2014 y Babb y Pacheco 2013). A lo largo de todo el territorio estatal, se tiene un valioso acervo de recursos faunísticos, seriamente amenazados por la pérdida de su hábitat por cambios en el uso del suelo, por la tala inmoderada y por efectos de la contaminación (INEGI 2009). Se requiere conocer hoy en día las respuestas de la fauna a las condiciones antropogénicas, y a los atributos biológicos de los ambientes, a través del uso de especies claves e indicadoras y de índices biológicos integrales, que nos permitan evaluar los requerimientos de las especies y su relevancia, conocimiento necesario para asegurar la sobrevivencia de las especies y un adecuado manejo y conservación de estas y de sus hábitats (Hartzell, 2001).

Se aplica un método por puntajes que incluye varios criterios generales, regionales y locales, para determinar el grado de sensibilidad o de rareza-vulnerabilidad, de cada una de las especies de vertebrados y usar estos valores en la obtención de un índice que refleje el valor de conservación de los vertebrados por hábitat, y esto nos permita el análisis y la confrontación de algunas prioridades en la conservación de las especies y por cada uno de los distintos ecosistemas presentes en la Cuenca del Lerma en el Estado de México. Con ello se pretende determinar la importancia de esta porción inicial de la Cuenca del Lerma para un manejo adecuado, para , conservar la biodiversidad, restaurar los ecosistemas acuáticos y terrestres y de sus especies de vertebrados y mantener sus bienes y servicios que nos proporcionan.

Método

Este trabajo comprende el análisis de los vertebrados de la Cuenca del Lerma, que se localiza en la porción oeste del Estado de México, entre los 19° 15' y 20° 05' de latitud norte y los 99° 25' y 100° 15' de longitud oeste; con una longitud de 133 kilómetros, abarcando 35 municipios. Presenta una variedad de topoformas y dentro de los límites estatales se divide en tres cursos: el alto, desde el Nevado de Toluca, hasta la entrada a la presa J. A. Alzate en los municipios de Toluca y Temoaya; el medio va de Alzate hasta los límites de los municipios de San Felipe del Progreso, Jocotitlán y Atlacomulco y el curso bajo que abarca los municipios de El Oro, Temascalcingo y Acambay (Montes Hernández *et al*, 2011).

La riqueza, y diversidad de los vertebrados en toda la cuenca se obtuvo por la consulta de la literatura respectiva y por monitoreos realizados principalmente en su porción sureña, de 1989 a 2017. Se obtuvieron datos sobre la riqueza por grupo de vertebrado terrestre, por hábitat (lagunas, campos agrícolas, vegetación de rivera, bosque de encinares, pino encino y abies). Se consideró la riqueza total por vertebrado, el número de especies

consideradas en riesgo, las introducidas y aquellas consideradas como muy raras .y vulnerables.

Para la cuantificación del valor de rareza y vulnerabilidad, se utilizaron diferentes atributos tanto de sensibilidad, distribución general y local, y regionales (la concentración de la especie y la selección del hábitat). Siendo la concentración de la especie: el número de localidades en las cuales está registrada la especie para la cuenca en el estado y la selección del hábitat, se refiere al número de tipos de vegetación en la cual de encuentra la especie en esas localidades asignándoles un puntaje (0-4). La suma de cada uno de estos atributos, corresponde al valor de rareza de la especie; de tal forma que el puntaje máximo esperado era de 24 puntos, correspondiendo éste a una especie muy rara y altamente sensible u vulnerable. Y. siguiendo las recomendaciones; Canteburry *et al*, (2000) y Smith *et al*, (2003); una vez determinado el valor de rareza por especie y como una medida directa del estatus o distinción de la comunidad faunística, se realizó la cuantificación por puntajes del Índice del valor de conservación de los vertebrados por hábitat, considerando la riqueza por grupo (herpetofauna, aves y mamíferos), total, por número de especies muy raras y vulnerables, por especies en riesgo, las endémicas y las exclusivas con un puntaje máximo de 13.

Resultados

Los vertebrados terrestres de la Cuenca del Lerma en el Estado de México. representan el 59% (466 especies del total de especies reportadas para el estado. Y es en la porción inicial y más sureña en el curso alto, donde se registra el 55.6% de estas especies, lo que se considera relevante dado que esta subcuenca representa menos del 30% del área total de la cuenca en el estado (Figura 1).

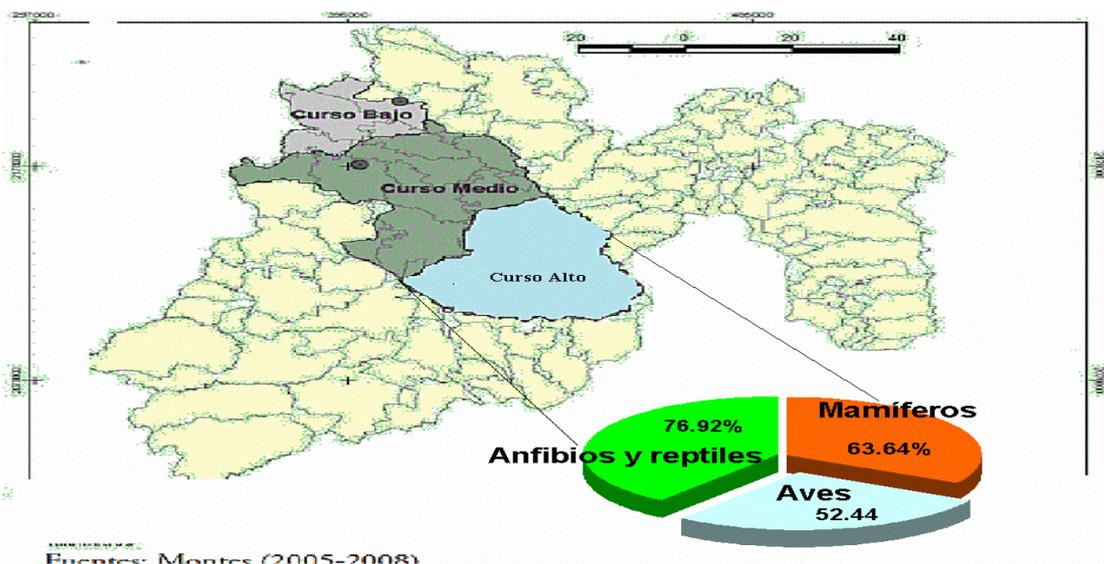


Figura 1. Porcentaje de especies por grupo de vertebrado en el curso alto del Lerma, Estado de México.

Por hábitat resalta que es en pino encino donde se registra el mayor porcentaje de especies y es en la vegetación de ribera donde en especial se tienen más del 50% de las especies de aves. En la laguna se encuentra el ajolote y diversas especies de aves cinegéticas y es en estos dos hábitats

donde se tienen el mayor porcentaje de especies exclusivas (50% de las especies). El mayor porcentaje de endemismos concentra principalmente en las porciones elevadas y de pino encino (Figura 2).

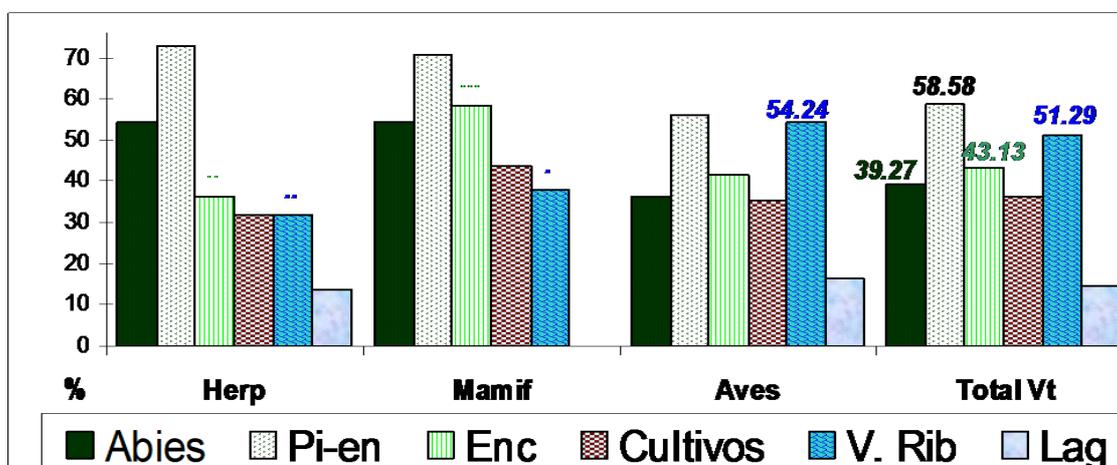


Figura 2. Porcentaje de especies de herpetofauna (Herp); Mamíferos (Mamif) Aves, y total (Vt) por hábitat (Abies, pino encino (Pi-en); encinos (Enc), cultivos agrícolas; vegetación ribereña (V.Rib) y en las lagunas (lag).

Analizando los atributos de rareza vulnerabilidad, resultado que el 15.2% de las especies se consideran como muy raras y vulnerables, todas con requerimientos muy diversos como: *Ambystoma lermaense*, *Pseudoeurycea leprosa*, *Micrathene whitneyi*, *Ridgwayia pinicola*; *Cratogeomys tylosinus* y *Cryptotis alticola*, entre otras. Destaca que las especies de anfibios y reptiles son las que resultaron con el mayor porcentaje de especies muy raras y vulnerables por hábitat, en particular en laguna (Figura 3).

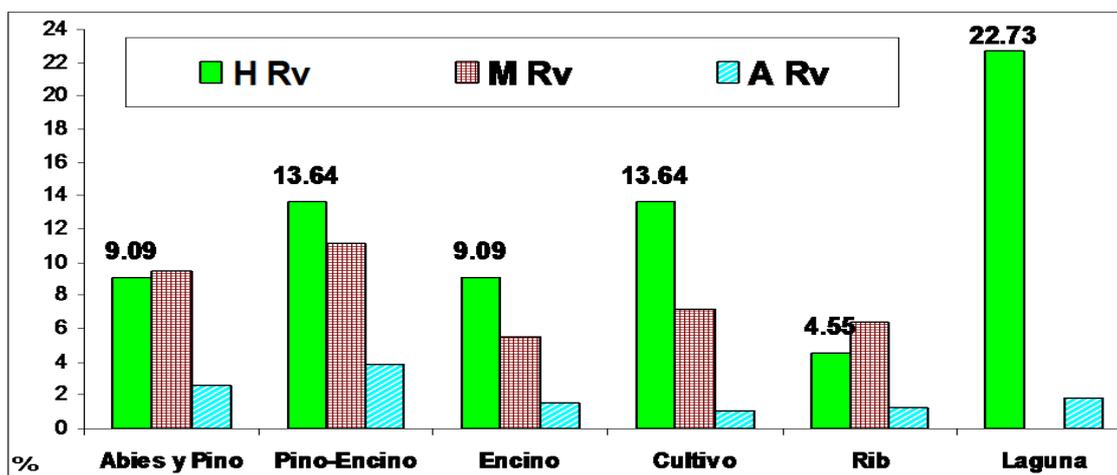


Figura 3. Porcentaje de especies muy raras y muy vulnerables (Rv) por grupo de vertebrado y hábitat.

El índice del valor de conservación por hábitat (Figura 4) se observa que en donde se obtuvieron los valores más altos de IVCH, fue en pino encino, cuyo porcentaje de cambio ha sido de 3.5% en los últimos años. Por subcuencia es la porción más alta e inicial, la más rica en especies pero con un valor de fragilidad elevado (6 puntos) y en la cual se ha perdido más del

50% de su cobertura de árboles. Y en donde en las áreas con agua y cenegales también se ha tenido una marcada reducción de su superficie.

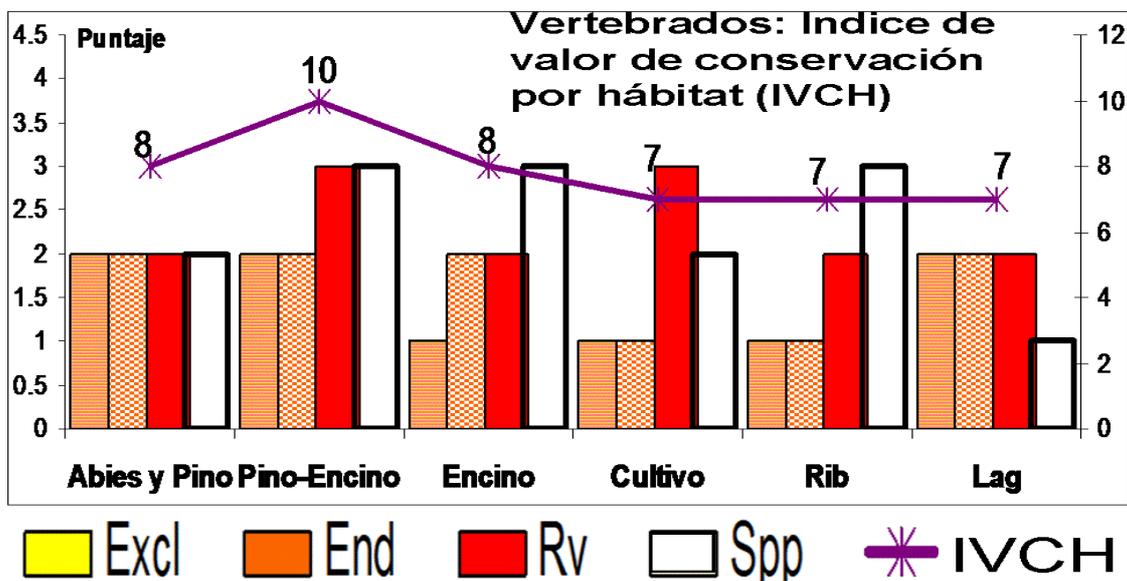


Figura 4. Puntaje por hábitat considerando riqueza total (Spp); especies exclusivas (Excl); las endémicas (End) y las muy raras y vulnerables (RV) y el índice de valor de conservación total por hábitat (IVCH).

Algunas de la especies muy raras y vulnerables, consideradas como prioritarias son: el ajolote (*Ambystoma lermanense*) especie paraguas para acuáticas; el tlaconete dorado (*Pseudoerycea leprosa*); la víbora endémica y amenazada (*Crotalus ravus*) las musarañas como *Cryptotis alticola*; los ratones del género *Reithrodontomys* (*R. chrysopsis*, endémico al Eje Neovolcánico y *R. microdon*, amenazada) y como especie paraguas, la zorra (*Urocyon cinereoargenteus*) y de aves destacan: para ambientes acuáticos y ribereños, la garza (*Botaurus lentiginosus*); como especie paraguas de bosque para especies que anidan en cavidades, el carpintero endémico (*Picoides arizonae*), y el búho (*Asio flammeus*) y como especies paraguas del interior del bosque: el mirlo endémico (*Ridgwayia pinicola*); el vireo castaño endémico y en peligro (*Vireolanius melitophrys*);

Discusión y Conclusiones

Aún cuando existe un fuerte proceso de cambio en el uso del suelo con fines agrícolas, urbanos e industriales; una marcada reducción de las lagunas y su vegetación ribereña y un fuerte deterioro ambiental a lo largo de la cuenca del Río Lerma, en el Estado de México, esta es una región de alta diversidad faunística por presentarse en ella más del 55% de las especies de vertebrados reportadas en el Estado de México (Aguilar *et al.*, 2009 Y Sría. De Medio ambiente, 2010). Esta riqueza se relaciona con la presencia de un gradiente altitudinal en la zona, la topografía local, así como de la presencia de diferentes ambientes naturales, terrestres y acuáticos y de aquellos transformados con fines agrícolas y urbanos, lo que proporciona una gran variedad de hábitats y microhábitats para las diversas especies de fauna silvestre, muchas de cuales hoy en día enfrentan además impactos negativos por el cambio climático (Martínez *et al.*, 2014).

Son las porciones de bosque de pino encino en donde se tiene la mayor riqueza de vertebrados y de especies exclusivas, endémicas y de especies muy raras y vulnerables, por lo que el índice del valor de conservación por hábitat (IVCH) es el más elevado (10), haciendo por ende evidente la importancia de manejar y conservar este ecosistema, que en la porción más sureña, elevada e inicial, del curso alto de la cuenca, de 1989 al 2017, ha perdido alrededor del 55% de sus árboles.

El porcentaje de especies muy raras y vulnerables, se considera elevado, dado tanto por el área que abarca este municipio, en el estado y dentro del Eje Neovolcánico, como por la pérdida de vegetación, que se ha dado. El Índice de rareza-vulnerabilidad, considerando los atributos analizados, nos permitió detectar aquellas especies prioritarias para su conservación y obtener el Índice de conservación de la fauna, que permite identificar las prioridades en el manejo y conservación del área boscosa y de las ciénegas y las áreas circundantes; más si se considera la drástica transformación con diversos fines, que a lo largo de esta región hidrológica se ha está dando desde tiempo atrás, en particular en su curso alto.

Este enfoque sobre prioridades de conservación tiene que ver con el diagnóstico global del estado y uso actual de los distintos ecosistemas terrestres y acuáticos de esta cuenca, así como con la generación del conocimiento ecológico y de historia de vida de los vertebrados, en especial, de aquellas especies muy raras y vulnerables y endémicas presentes en la cuenca del Lerma, una de las cuencas hidrológicas más pobladas y contaminadas del país.

Literatura Citada:

Babb, S. K. y N. Pacheco. 2013. Riqueza y estructura poblacional de las aves acuáticas de la laguna de Chiconahuapan, Cuenca Alta del Lerma durante otoño e invierno. Memorias XXI Congreso Nacional de Zoología. En extenso. 690-694. Ags, México.

Ceballos, G. y R. List. 2009., La diversidad biológica del estado de México. Estudio de Estado. Sría. Del Medio Ambiente, Gobierno del estado de México, México..

Hartzell, D. 2001. An Evaluation of an Index of Biological Integrity for Depressional Wetlands in Central Oklahoma. Tesis Science in Environmental Science. Kutztown Univ. Pennsylvania, EUA.

Martínez-Meyer, E., Sosa-Escalante, J.E. y F. Álvarez. 2014. El estudio de la biodiversidad en México: ¿una ruta con dirección? Revista Mexicana de Biodiversidad, Supl. 85: S1-S9.

Montes-Hernández, R., Romero-Contreras, A., Solís-Morelos, C., Rivera-Herrejón, M.G. y S- Zamorano-Camiro. 2011. Las galerías filtrantes del Alto Lerma: usos y manejos sociales. Sociedad y Territorio, Economía, Sociedad y Territorio, XI (36): 455-485.

Sría. De Medio Ambiente. 2007. Situación de la flora y fauna del Estado de México respecto a la NOMN-059 -SEMARNAT-2001. Gobierno Estado de México, México. 22pp.

2

Lilia Gama Campillo, Dra., Hilda Díaz López, M. en C., Ricardo Collado Torres, M. en C., Ena Mata Zayas, Dra., Stefan Arriaga Weiss, Dr., Coral Pacheco Figueroa, Dra. y Juan de Dios Valdez Leal, Dr. Áreas Naturales Protegidas alternativa de resiliencia para la costa de Tabasco. División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México. lillygama@yahoo.com

Resumen

Asociado al calentamiento global se tiene evidencia del incremento en la temperatura de los océanos que altera la trayectoria, frecuencia e intensidad de eventos tropicales y genera deshielo en las zonas polares, resultando en la potencial elevación del nivel del mar. Los cambios esperados por este incremento, están generando ya efectos importantes en los procesos costeros de diferentes partes del mundo, como son cambios en la geomorfología por la erosión de playas especialmente en zonas arenosas bajas. Las investigaciones más recientes describen escenarios de incremento que van de treinta centímetros a dos metros de variación para finales de siglo. Tabasco se ubica en una llanura de inundación costera y de acuerdo con el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), es una de las zonas más vulnerables a impactos relacionados con el cambio climático en México, particularmente por el incremento del nivel del mar. Además, la mayoría de las modificaciones de los paisajes naturales del estado, muestran un alto deterioro resultante de la intensidad de uso desde hace décadas, que se percibe en la degradación particularmente de las zonas de humedales. Esta degradación de los ecosistemas, disminuye los beneficios que generan los diferentes servicios ambientales que estos nos proporcionan y que regulan la dinámica y funcionalidad de sus procesos, ante amenazas como la elevación del nivel del mar. Utilizando los escenarios potenciales propuestos de elevación del nivel del mar, imágenes satelitales y un modelo digital de terreno, se identificaron zonas donde se presentarán los mayores cambios en el estado y se propone como alternativa para generar resiliencia el decreto de Áreas Naturales Protegidas (ANPs) costeras, que fortalezcan los servicios ambientales de protección ante los impactos esperados por el incremento del nivel del mar. Las actividades y estrategias implementadas en este sistema de adaptación basado en ecosistemas, pueden ser costo-efectivas y generar además beneficios sociales, económicos, ambientales y culturales. Además, esta alternativa adaptativa, contribuye a la conservación de la biodiversidad como una forma de aprovechamiento de los recursos naturales, que es accesible a las poblaciones rurales pobres dada su interacción y en muchos casos dependencia de los ecosistemas. Al mismo tiempo, contribuye también a mantener el conocimiento tradicional y local respecto a los recursos de la región, así como los valores culturales. Por otro lado, el establecimiento de ANPs se vincula con la mitigación del cambio climático, al fortalecer bosques tropicales y humedales saludables con un aprovechamiento adecuado que tendrán el potencial de secuestrar y almacenar carbono. Este análisis aporta datos de los sitios amenazados por cambios en la costa y permite contar con criterios para fortalecer la resiliencia a estos cambios a través de la implementación de zonas naturales de protección costera, aportando al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible relacionados con salud y bienestar, y reducción de desigualdades para las comunidades de la región, además de contribuir a mitigar el cambio climático y fortalecer la protección de los ecosistemas costeros.

Palabras Clave: Elevación del mar, erosión costera, manglar, dunas, ordenamiento.

Introducción

Actualmente en la agenda de la mayoría de los países, se considera al calentamiento global como un problema de seguridad nacional debido a la frecuencia de eventos naturales con capacidad de generar desastres, que hoy en día sufrimos en diferentes partes del mundo. Sin embargo, no es la única amenaza global que enfrentamos, en el reporte de Rockström *et al.* (2009) se mencionan nueve límites planetarios entre los que se encuentra el calentamiento global, señalando que mientras no sobrepasemos los valores especificados para cada uno de ellos, tendremos como especie la posibilidad de seguirnos desarrollando con bienestar. Por otro lado, también se menciona que particularmente en lo que se refiere a la tasa de pérdida de la biodiversidad, de acuerdo a los registros actuales, estaríamos en una zona de riesgo. Al respecto, hace casi 50 años, Meadows y colaboradores (Meadows *et al.*, 1972) escribieron un reporte relacionado con los límites de crecimiento, que debiéramos mantener para poder lograr una capacidad de desarrollo estable y bienestar, señalando los peligros de la sobrepoblación y de no generar compromisos ambientales al respecto. Reportes como los mencionados, junto con el avance científico en el conocimiento de nuestros recursos naturales, nos muestran hoy como las interacciones o procesos que se dan en la naturaleza, son los generadores de condiciones (servicios ambientales), que nos permiten no solo mantener lo que conocemos, sino garantizar la «salud» del planeta.

Mantener las posibilidades de desarrollo, requiere que podamos identificar las amenazas potenciales naturales y antrópicas a las que estamos expuestos. El en caso particular de los impactos esperados por cambio climático, de acuerdo con el Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018 (PECC, 2013), el Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático es el instrumento que permite a nivel nacional, identificar los posibles impactos, al conocer cuál puede ser el origen del problema, quienes son los afectados y donde se localiza este problema. Este instrumento toma como base cuatro potenciales «amenazas»: incremento de la temperatura, disminución o incremento de la precipitación e incremento del nivel del mar, las que se considera pueden afectar diferentes sectores detonado cambios negativos dependiendo de la región en que se identifiquen.

Tabasco se localiza en una planicie en la zona costera del Golfo de México, con un relieve principalmente plano de altitudes entre 0 a 20 msnm. Por su ubicación geográfica, se considera que un alto porcentaje del mismo tendrá impactos importantes en zonas costeras. Sus suelos son en su mayoría Gleysoles, generalmente poco fértiles y característicos de áreas bajas inundables por su escaso potencial de drenaje. Debido entre otras cosas a ser una región de importancia petrolera y la vía de conexión al sureste de México, las acciones para su desarrollo han transformado drásticamente la mayor parte del territorio. De acuerdo con el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, por la localización geográfica del estado y sus características geomorfológicas lo ubican en una región vulnerable a impactos asociados con el

cambio climático (INECC, 2010). De igual forma la cartografía del Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático (INECC, 2018), y estudios en la región han identificado, que las principales amenazas climatológicas están relacionadas con el incremento en la temperatura media (1 a 2°C en los próximos 30 años y hasta 4 para 2100 dependiendo del escenario utilizado), incremento de los eventos hidrometeorológicos extremos (lluvias con potencial de generar inundaciones o sequías), variación en la cantidad de precipitación de hasta 400 mm al año (Gama *et al*, 2010), y afectaciones por el incremento en el nivel medio del mar.

Particularmente las zonas costeras asociadas a la planicie costera inundable son susceptibles a sufrir pérdida de territorio por la elevación media del nivel medio del mar debido a la poca altitud que se presenta en la región. En ese sentido, se ha proyectado que el incremento del nivel medio del mar a escala global sería de entre 9 y 88 cm para finales de siglo (IPCC, 2007). Este potencial incremento causará cambios en la geomorfología asociada a la erosión costera en importantes extensiones de Tabasco (Hernández-Santana *et al.*, 2008).

Las zonas costeras son un ambiente dinámico que está sujeto al efecto de diferentes factores como el viento, las olas, las mareas y el agua dulce proveniente de la descarga de los ríos con la entrada de sedimentos, entre otros. En general se espera que los posibles cambios en el ambiente por la elevación del nivel medio del mar puedan parecer graduales. Por otro lado, las estrategias de adaptación costera involucran muchas acciones dependiendo del caso, como el fortalecimiento de infraestructura de protección, la reubicación de infraestructura como faros, o poblados, el fortalecimiento de defensas naturales como sería la restauración de humedales, o la combinación de varias. En ese sentido es recomendable tener estrategias que consideren varias alternativas acordes a los costos y los beneficios posibles.

En general, tener estrategias efectivas de adaptación requiere de un conocimiento particularizado del sitio y los efectos del cambio climático en el mismo, que permita tener una planificación e incluir procesos de gestión. Entender las respuestas adaptativas de los ecosistemas a los cambios que se estén presentando, sin duda ayudará al manejo de los mismos. Actualmente todavía existe mucha incertidumbre de los posibles efectos asociados a los impactos esperados por el cambio climático, sin embargo la gran cantidad de investigaciones que se están llevando a cabo así como desarrollo de tecnologías nos obliga a tener enfoques de planificación flexible y susceptible de adaptarse a los resultados que se estén generando.

Debido a que algunos ecosistemas costeros como el manglar ha mostrado su capacidad para resistir eventos climáticos estresantes, reducir los factores antropogénicos que favorecen el fortalecimiento de los impactos, y permitir a la naturaleza actuar como barrera a través de sus servicios ambientales, es considerada como una medida de adaptación costo beneficio accesible en muchos casos. Por otro lado se sabe que las dunas costeras son barreras naturales que ayudan a atenuar los efectos de tormentas, vientos y huracanes, ya que la vegetación de las dunas ayuda a fijar la arena y con esto a evitar el movimiento a causa de vientos y mareas, al constituirse como un dique natural. Sin embargo, esto también requiere de trabajar para

reducir las posibles fuentes de estresores terrestres de estos ecosistemas que actúan como barreras de protección, estresores como la contaminación de nutrientes estructuras como malecones, que interrumpen el transporte de sedimentos y actúan como impedimentos el funcionamiento de los ecosistemas costeros.

Este enfoque natural tiene muchos beneficios, ya que no solo actúan como barreras naturales de protección costera, sino que favorecen la recuperación de las reservas costeras y marinas al reducir los factores estresantes fortaleciendo la resiliencia ante los impactos del cambio climático. De acuerdo con Stein y colaboradores (2014) esta estrategia costera de «resistencia» se enfoca en busca preservar y fortalecer las condiciones ecológicas existentes a pesar de los posibles factores estresantes y el cambio climático que se espera afecte a los ecosistemas. Este enfoque permite evitar que los sistemas sobrepasen los umbrales de cambio promoviendo la resistencia, mejorando la resiliencia ecológica, protegiendo a los ecosistemas del estrés y restaurándolos después de grandes disturbios. Acciones que reduzcan factores estresantes como la incidencia de contaminantes, restauración del hábitat degradado, control de especies no nativas competidoras, sería considerado como una respuesta de resistencia adaptativa si se realiza para resistir los impactos esperados por el cambio climático.

Por otro lado, las áreas naturales protegidas son consideradas como una estrategia de adaptación al cambio climático ya que nos dan como se señaló protección a eventos extremos, pero además contribuyen a la captura de carbono. Además son refugio de una importante representación de la megadiversidad de nuestro país. Actualmente, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas promueve el desarrollo y la implementación de Programas de Adaptación al Cambio Climático (PACC) en las áreas naturales protegidas federales de nuestro país, particularmente en Tabasco en la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla así como en sus zonas de influencia, una región vulnerable a la elevación media del nivel del mar. El objetivo de este trabajo es promover el establecimiento de un corredor de áreas naturales protegidas en la zona costera de Tabasco que se conecten con la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla y la Zona de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos para detonar acciones de protección de ecosistemas que actúen como barrera protectora los cambios en la zona costera asociados a los impactos del cambio climático.

Metodología

Con base en los datos de estudios de vulnerabilidad costera relacionados con la potencial elevación media del mar y erosión (Hernández-Santana, 2008; Mata-Zayas, 2017; Núñez-Gómez, 2016; Ortiz, 1999; Ortiz *et al.*, 2010; Ramos-Reyes, 2016), incluyendo información referente a la ubicación de las áreas naturales protegidas, zonas prioritarias de conservación propuestas por la Comisión Nacional de Biodiversidad y datos de distribución de ecosistemas costeros como el manglar, se generó con ayuda de un sistema de información geográfico, una regionalización para el fortalecimiento de ecosistemas costeros con acciones de conservación y de aprovechamiento de bajo impacto, que facilite las acciones de adaptación y fortalezca la

resiliencia de los habitantes de esta región, acordes a la dinámica que se presente. La regionalización permitirá generar junto con los sectores involucrados opciones de adaptación específicas y dinámicas para disminuir el riesgo al que podrían estar expuestos las personas, sus bienes y el entorno natural.

Resultados

Tabasco tiene un litoral costero de casi 200 km con cinco municipios donde se esperan impactos directos o indirectos por la posible elevación del nivel medio del mar: Cárdenas, Centla, Comalcalco, Huimanguillo y Paraíso. En ellos se realizan principalmente actividades productivas asociadas a la agricultura, ganadería, pesca y extracción minera. De acuerdo con los análisis de vulnerabilidad es muy alta, asociado a la fragilidad de los ecosistemas presentes y a los estresores sobre los mismos como es la disminución en el aporte de sedimentos, la erosión marina y la infraestructura como carreteras que rompe con la dinámica natural. La zona más vulnerabilidad se ubica en el frente del sistema lagunar de Mecoacán, sin embargo la zona asociada al sistema lagunar Carne-Pajonal Machona ha enfrentado también dinámicas importantes. En toda esta zona se pueden encontrar zonas importantes de manglar así como remanentes de dunas costeras.

Conclusiones

Fortalecer el frágil equilibrio ecológico como es la estabilización de costas, proponiendo estrategias de conservación de los recursos naturales con acciones de gestión de riesgo basadas en un enfoque de resiliencia, implica una visión de sostenibilidad. Estas acciones deben incluir capacidades para enfrentar los cambios relacionados a los impactos esperados en el futuro. Hoy muchos países están buscando soluciones que consideren el «Construir con la Naturaleza» como una opción para contribuir a la reducción de los riesgos de inundación y al mismo tiempo incrementar los valores ecológicos y socio-económicos en las zonas costeras, tiene como objetivo combinar la disminución del riesgo a los impactos asociados por cambio climático en las zonas costeras así con la conservación sostenible de otros servicios ambientales y los valores (ecológicos y recreativos) de los ecosistemas y playas. Actualmente se promueve que considerar un enfoque de pensamiento resiliente, permite construir una mejor forma para solventar las necesidades de forma sustentable y lograr capacidades de desarrollo y bienestar.

Referencias

L. Gama, E. M. Ordoñez, C. Villanueva-García, M. Arturo Ortiz-Pérez, H. D. López, R. C. Torres & M. E. M. Valadez. 2010. Floods In Tabasco Mexico History And Perspectives. En: Flood Recovery, Innovation and Response II. Ed. D. de Wrachien, D. Proverbs, C.A. Brebbia, and S. Mambretti. Transaction Series. WIT Transactions on Ecology and the Environment Transaction Vol. 133: 25-33.

Gobierno de la República. 2013. Programa especial de Cambio Climático 2014-2018. 150 p.

Hernández, J. R.; Ortiz, P. M. A.; Méndez, A. P. y Gama, C. L. M. 2008. Morfodinámica de la línea de costa del estado de Tabasco, México: tendencias desde la segunda mitad del siglo XX hasta el presente. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). 65:7-21.

INECC. 2010. Municipios vulnerables al cambio climático. Consultado en: <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/vulnerabilidad-al-cambio-climatico-en-los-municipios-de-mexico>

INECC. 2018. Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático. Consultado en: http://mapas.inecc.gob.mx/apps/vulnerabilidad_inundacion.html

IPCC. 2007. Climate Change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of working group II to the fourth assessment report of the IPCC. Parry, M. L.; Canziani, O. F.; Palutikof, J. P.; van der Linden P. J. and Hanson, C. E. (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, UK. 976 p.

Mata-Zayas, E.E., L. Gama, H. Díaz López, J. M. Figueroa Maheng y J. Rincón Ramírez. 2017. Vulnerabilidad de los Servicios Ecosistémicos en la zona de influencia costera de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, ante la elevación de nivel medio del mar asociada al Cambio Climático. En: Vulnerabilidad de las zonas costeras de Latinoamérica al cambio climático. (Botello. Eds.)

Meadows D. H., D. L. Meadows, J. Randers, W. W. Behrens II. 1972. The limits to growth. Universe Books. New York. 210 pp.

Núñez Gómez, J. C., R. Ramos Reyes, E. Barba Macías, A. Espinoza Tenorio, L. M. Gama Campillo. 2016, Índice de vulnerabilidad costera del litoral tabasqueño, México. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM ISSN 2448-7279, núm. 91, 2016, pp. 70-85, dx.doi.org/10.14350/rig.50172

Ortiz, P. M. A. y Linares, A. P. 1999. Escenarios por ascenso del nivel del mar en la costa mexicana del Golfo y el Mar Caribe. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). 39:68-81.

Ortiz, P. M. A.; Hernández, J. R.; Figueroa, M. E. J. M. y Gama, C. L. M. 2010. Tasas del avance transgresivo y regresivo en el frente deltaico tabasqueño: en el periodo comprendido del año 1995 al 2008. In: vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el Cambio Climático. Botello, A. V.; Villanueva-Fragoso, S.; Gutiérrez, J. y Rojas Galaviz, J. L. (Eds.). SEMARNATINE, UNAM-ICMyL, Universidad Autónoma de Campeche. 305-324 pp

Ramos Reyes, R., Gama Campillo, L., Núñez Gómez, J., Sánchez Hernández, R., & Ruíz Álvarez, O. (2017). Adaptación del modelo de vulnerabilidad costera en el litoral tabasqueño ante el cambio climático. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, (13), 2551-2563. <https://doi.org/https://doi.org/10.29312/remexca.v0i13.478>

Rockström, J., W. Steffen, K. Noone, Å. Persson, F. S. Chapin, III, E. Lambin, T. M. Lenton, M. Scheffer, C. Folke, H. Schellnhuber, B. Nykvist, C. A. De Wit, T. Hughes, S. van der Leeuw, H. Rodhe, S. Sörlin, P. K. Snyder, R. Costanza, U. Svedin, M. Falkenmark, L. Karlberg, R. W. Corell, V. J. Fabry, J. Hansen, B. Walker, D. Liverman, K. Richardson, P. Crutzen, and J. Foley. 2009. Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society* 14(2): 32.

Stein, B. A., P. Glick, N. A. Edelson, y A. Staudt (eds.). 2014. *Climate-Smart Conservation: Putting Adaptation Principles into Practice*. National Wildlife Federation, Washington, DC. Consultado en:
https://www.nps.gov/subjects/climatechange/upload/CASH_2016_Chapter4_508v2.pdf

3

Nayeli García Juárez, Bióloga*. Salvador Lozano Trejo, Dr., Ernesto Castañeda Hidalgo, Dr. y Gisela M. Santiago Martínez, Dra.
Bienes y servicios ecosistémicos de la cuenca del Río Copalita, Oaxaca.
División de estudios de posgrado e investigación. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Oaxaca de Juárez, Oaxaca, México.
contacto: NAY_gj@hotmail.com

RESUMEN

El cambio climático y los efectos negativos de las actividades antropogénicas han afectado de manera crítica a los ecosistemas en los últimos 65 años. Por esta razón, los sistemas naturales que brindan bienes y servicios ecosistémicos, se han modificado en su estructura y función; lo cual pone en riesgo el nivel de beneficios directos e indirectos que la humanidad creciente, recibe del funcionamiento de los ecosistemas. Por lo anterior, el presente estudio tiene como objetivo identificar los bienes y servicios ecosistémicos de la cuenca Río Copalita, Oaxaca. Para ello se utiliza la metodología del Millenium Ecosystem Assesment (MEA). La técnica de investigación fue la investigación documental mediante la generación de información secundaria. El estudio se realizó en 2018 en la cuenca del Río Copalita, ubicada en la Región Hidrográfica 21, Costa de Oaxaca, en 19 municipios y una superficie aproximada de 153,000 ha. Se identificaron 13 bienes y servicios ecosistémicos (BSE) de los 24 que reporta MEA. Estos se clasifican en 4 categorías: 1. Soporte: hábitat, producción primaria, ciclos de nutrientes y formación de suelos. 2. Regulación: clima, escurrimientos, infiltración y purificación de agua. 3. Aprovechamiento: producción de alimentos y fibras, extracción de agua y madera. 4. Culturales y estéticos: turismo de naturaleza y culturales. Para cada uno de ellos se requiere del diseño de estrategias de manejo sustentable, para garantizar la permanencia de dichos BSE y asegurar la subsistencia de más de 36,000 habitantes directos y satisfacer la demanda continua de agua y otros servicios del complejo turístico de Bahías de Huatulco.

Palabras clave: ecosistemas, subsistencia, beneficios, manejo sustentable.

ABSTRACT

Climate change and the negative effects of anthropogenic activities have critically affected ecosystems in the last 65 years. For this reason, the natural systems that provide ecosystem goods and services have been modified in their structure and function; which puts at risk the level of direct and indirect benefits that growing humanity receives from the functioning of ecosystems. Therefore, the present study aims to identify the ecosystem goods and services of the Copalita River basin, Oaxaca. To do this, the Millenium Ecosystem Assesment (MEA) methodology is used. The research technique was documentary research through the generation of secondary information. The study was conducted in 2018 in the Copalita River basin, located in Hydrographic Region 21, Costa de Oaxaca, in 19 municipalities and an area of 153,000 ha. 13 ecosystem goods and services (BSE) of the 24 reported by MEA were identified. These are classified into 4

categories: 1. Support: habitat, primary production, nutrient cycles and soil formation. 2. Regulation: climate, runoff, infiltration and purification. 3. Procurement: food, food and fiber production, wood and water. 4. Cultural and aesthetic: nature and cultural tourism. For each one of them, sustainable management strategies are required to guarantee the permanence of said BSEs and ensure the subsistence of more than 36,000 direct inhabitants and satisfy the continuous demand for water and other services of the Bahías de Huatulco tourist complex.

Key words. ecosystems, subsistence, benefits, sustainable management.

INTRODUCCIÓN

Los efectos del cambio climático y las actividades antropogénicas en los ecosistemas se han podido observar de manera crítica, a través de los últimos 65 años (MEA, 2005). Es por ello, que los ecosistemas que brindan BSE están siendo alterados en estructura y función poniendo en riesgo una gran biodiversidad de flora y fauna (SEDAFPA y SAGARPA, 2014). En los abordajes territoriales destacan los modelos socio ambientales a escala de cuencas hidrográficas, así como el de bienes y servicios ecosistémicos (Maass y Cotler; Balvanera y Cotler, 2011). De igual manera, Chaves y Alipaz (2007) conceptualizan a la sustentabilidad en las cuencas hidrográficas como un manejo dinámico y holístico, en función de su hidrología, ambiente, vida y política de recursos hídricos; es decir, las personas que dependen de su medio natural y políticas de los recursos hídricos, para satisfacer sus necesidades y mejorar la calidad de vida.

El manejo integrado de cuencas significa la oportunidad de los mexicanos, para una planeación del desarrollo sustentable, que la Ley de Aguas Nacionales destaca en su artículo 3, en el sentido de que “la cuenca es la unidad básica de planeación para la gestión de los recursos hídricos y sus ecosistemas vitales” (DOF, 1992).

Por consiguiente, resulta fundamental evaluar la sustentabilidad de cuencas hidrológicas, para generar datos sobre funcionalidad como un elemento clave para su recuperación, gestión y mantenimiento. El manejo sustentable de las cuencas depende de la capacidad que se tenga para distinguir sus puntos críticos (Maser et al, 2000) y las propiedades naturales que señalan Conway (1985) y Pretty (2008). Por lo que resulta relevante verificar si es aplicable la conceptualización generada, al ámbito de cuencas.

En el estado de Oaxaca la cuenca más estudiada es la del Río Copalita, desde el año 2004, al ser la proveedora de agua y servicios ecosistémicos al complejo turístico de Bahías de Huatulco y el Parque Nacional Huatulco por más de 30 años (González et al., 2009; Ontiveros, 2018).

La cuenca del río Copalita ha experimentado procesos acelerados de cambio de uso del suelo en los últimos 50 años según los habitantes de la misma, que en condiciones de una alta fragilidad natural del territorio ha sido utilizada para producir grano de maíz y frijol, bajo condiciones de agricultura de roza-tumba y quema (Bautista, 2014), donde los suelos han ido perdiendo fertilidad y se ha estimado una tasa de 17 tn/ha/año de pérdida

de suelo en la cuenca alta (Ramírez *et al.*, 2015). Consecuentemente los ecosistemas de bosques templados, han sido fragmentados y alterados en estructura y función; por lo tanto, una gran biodiversidad de flora en 12 formaciones vegetales diferentes y fauna de 30 Especies ubicadas en algún estatus de riesgo (NOM-059-SEMARNAT-2010; CITES; IUCN) (SEDAFPA y SAGARPA, 2014).

El presente estudio tiene como objetivo identificar los bienes y servicios ecosistémicos de la cuenca Río Copalita que han estado proporcionando beneficios directos e indirectos a la población.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área de estudio. La cuenca de estudio forma parte de la subcuenca Río Copalita y Otros (Figura 1), la cual pertenece a la Región Hidrográfica 21 denominada Costa de Oaxaca, con una superficie aproximada de 153 mil hectáreas; concurren 19 municipios correspondientes a los Distritos de Pochutla y Miahuatlán, ubicados en las regiones socioculturales de la Costa y Sierra Sur (SEMARNAT, 2016). En las figuras 2 y 3 se muestra la calidad ecológica y fragilidad natural de la cuenca que supera el 54% del territorio (SAGARPA, 2014).

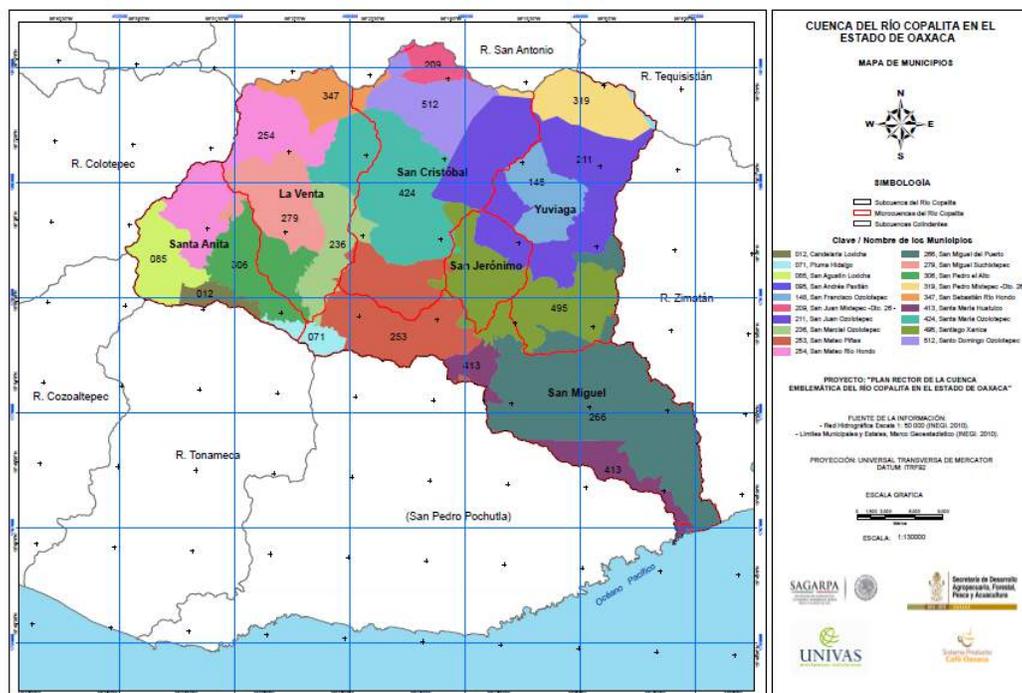


Figura 1. Localización de los municipios de la Cuenca Río Copalita (SEDAFPA y SAGARPA, 2014).

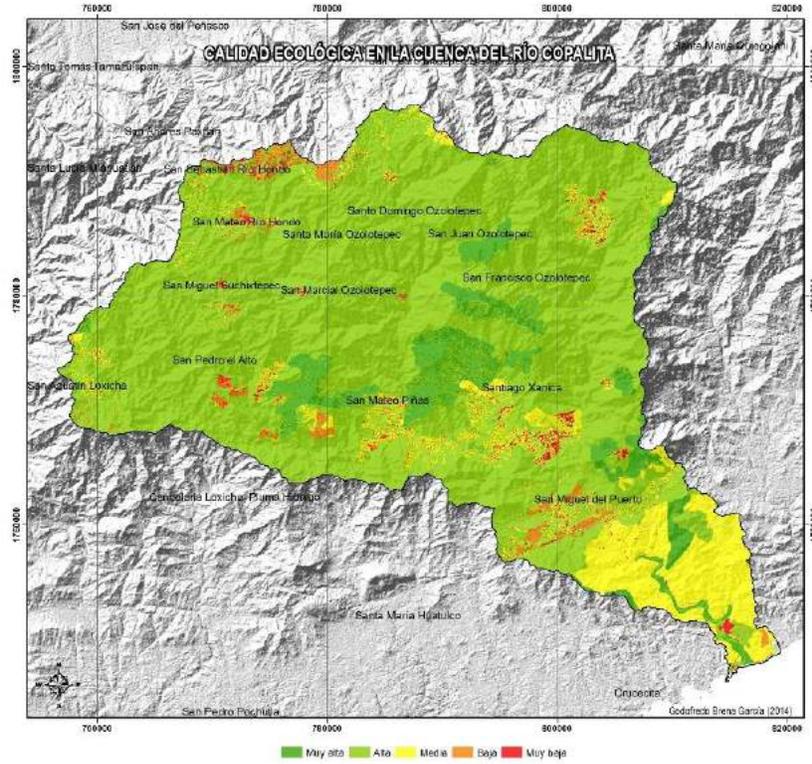


Figura 2. Calidad ecológica en la cuenca del Río Copalita.

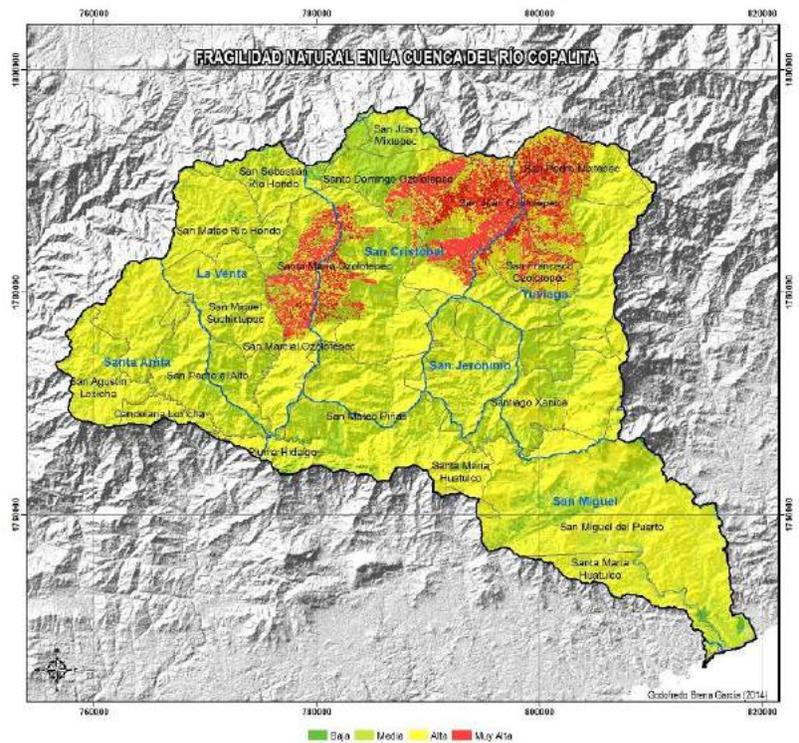


Figura 3. Fragilidad natural de la cuenca Río Copalita.

Metodología. Este estudio se realizó mediante la metodología de Millenium Ecosystem Assesment (MEA, 2005) con la técnica de investigación documental para la generación de información secundaria.

RESULTADOS

En la cuenca del Río Copalita se identificaron 13 bienes y servicios que se muestran en el siguiente cuadro 1:

Cuadro 1. Bienes y servicios ecosistémicos de la cuenca Río Copalita.

Clasificación de BSE	Bienes y servicio ecosistémicos	Indicadores
Soporte	Hábitat (Biodiversidad)	*12 formaciones vegetales ¹ (108 mil 880 hectáreas superficie aproximada).
	Producción primaria	Calidad ecológica alta 77.57 % del territorio
Aprovisionamiento	Ciclos de nutrientes	**17 tn/ha/año
	Formación de suelos	*24,000 a 41,000 ha
	Producción de alimentos y fibras	* < 16,000 ha y tala clandestina
	Extracción de Madera	***Dnma > 20,000 m ³ /hab/año
Regulación	Agua	****6 variantes climáticas
	Clima	****20 a 77%
	Escurrimientos	****16.4 a 156.96 L/h/m ²
	Infiltración	
Culturales y estéticos	Purificación	
	Turismo de naturaleza	* < 2000 hectáreas
	Culturales	****2 etnias (chatinos y zapotecos)

¹Formaciones vegetales: agricultura, asentamientos urbanos, bosque de encino-pino, bosque de pino, bosque de pino-encino, bosque mesófilo de montaña, cuerpos de agua, manglar, pastizal inducido, selva de galería, selva mediana caducifolia, selva mediana subcaducifolia, selva mediana subperenifolia, sin vegetación aparente y vías de comunicación. Calculada a través de SIG, con vectoriales 2010 de USV INEGI. Estimada con digitalización de imágenes de satélite Landsat (2010). ** Modelo hidrológico *Soil and Water Assessment Tool* (SWAT, versión 2009). Ramírez (2015). ***Shiklomanov y Rodda (2003). ****Simulador de lluvias. Horton (1941). ***** SAGARPA, SEDAPA (2014).

CONCLUSIÓN

En la cuenca Río Copalita se identificaron principalmente 13 bienes y servicios ecosistémicos de los 24 que reporta Millenium Ecosystem Assesment. Cuatro de soporte: hábitat, producción primaria, ciclos de nutrientes y formación de suelos. Aprovisionamiento producción de alimentos para autoabasto, extracción de madera y agua. En regulación con 6 variantes climáticas, escurrimientos permanentes por más de 500 millones de m³ por año e infiltración estimada total de 20.7 a 196.5 millones de L en eventos de lluvia de 100 L/h/m²; culturales y estéticos turismo de naturaleza y culturales, los cuales se encuentran en degradación progresiva dada la fragilidad natural de más del

50 % de su territorio. Por lo tanto, es prioritaria la generación de estrategias sustentables de manejo, ya que si los ecosistemas disminuyen su capacidad para seguir brindando los BSE identificados, los más de 36, 000 habitantes y la demanda continua de agua del complejo turístico de Bahías de Huatulco, se verán afectados en su nivel de bienestar.

LITERATURA CITADA

- Bautista, J. C. 2014. Sustentabilidad del sistema de manejo R-T-Q en la cuenca del Río Copalita, Oaxaca. Maestría en ciencias en productividad de Agroecosistemas. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Ex Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca. 145 p.
- Balvanera, P., Cotler, H. 2011. Los servicios ecosistémicos. CONABIO. Biodiversitas, 94:7-11.
- Chávez, H. y Alipaz, S. 2007. An Integrated Indicator for Basin Hydrology, Environment, Life, and Policy: The Watershed Sustainability Index. Journal of Water Resources Management, 21:883-895.
- Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). 2013.. Base de datos de especies de la CITES.
- Conway, G. R. 1985. Agroecosystem analysis. Agricultural administration. 20(1):31-55.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 1992. Ley de Aguas Nacionales, 1 de diciembre. México.
- González, I. D., De la Lanza, G. y Sánchez, R. 2009. Memoria del Taller: propuesta de caudal ecológico en la cuenca Copalita-Zimatán-Huatulco. Manejo del agua en cuencas hidrográficas: desarrollo de nuevos modelos en México. WWF / Fundación Gonzalo Río Arronte, I.A.P., México, D.F. 19 p.
- Horton, R. E. 1941. An approach toward physical interpretation of infiltration capacity. Soil Science Society of America. Proceedings. 5:399-417.
- Maass, J.M. y Cotler, H. 2007. Protocolo para el manejo de ecosistemas en cuencas hidrográficas En: Cotler H. (Comp.). El manejo integral de cuencas en México: estudios y reflexiones para orientar la política ambiental (Segunda Edición). Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología. México D.F. Pp:41-58

- Masera, O., Astier, M. y López-Ridaura., S. 2000. Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS). Grupo interdisciplinario de tecnología rural apropiada. México, D. F. Mundiprensa. 109 p.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and human wellbeing: a framework for assessment. Island press. Washington, DC. 138 p.
- Ontiveros, M. M. M., Cordero, J. C. M. y Aldecua, M. J. F. 2018. Impactos sociales del turismo en el centro integralmente planeado Bahías de Huatulco, México. Gestión turística, 15:47-73.
- Pretty, J. 2008. Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences, 363:447-465.
- Ramírez, H., Fernández, D. S., Martínez, M. R., González, M. J., Romero, A., Luna, M. y Lozano, S. 2015. Aplicación del modelo swat para el análisis del flujo base en una cuenca mexicana del Pacífico Sur. En: 1er. Congreso Iberoamericano sobre sedimentos y ecología. Querétaro, México. 1-8 p.
- SAGARPA, SEDAPA. 2014. Plan Rector de la Cuenca Emblemática del Río Copalita. Informe final. Ciudad Judicial, Reyes Mantecón San Bartolo Coyotepec Oax. Edificio Gral. Heliodoro Charis Castro, archivo de la Secretaria de Desarrollo Agropecuario, Pesca y Acuicultura, versión digital.
- SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana. NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación.
- SEMARNAT. 2016. Atlas del agua en México. México, D.F. pp: 20-58.
- Shiklomanov, I.A. and Rodda, J.C. 2003. World water resources at the Beginning of the 21st century. Cambridge University Press. UNESCO. pp: 436.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). 2013. The UICN Red List of Threatened Species. <http://www.iucnredlist.org/>

4

Gisel Gayosso Hernández¹, Lucila Herrera Reyes², Gustavo Jesús Islas Valverde²;
¹estudiante de Diseño Industrial, ²profesores de Licenciatura en Diseño Industrial.
 Diseño para la biodiversidad como estrategia de conservación, caso de estudio:
 Tecolote Llanero, en el Centro Universitario UAEM Valle de Chalco, Estado de
 México, México. giselgahe@gmail.com

Introducción

El presente trabajo tiene como propósito el desarrollo de una madriguera artificial que ofrezca seguridad y resguardo al Tecolote Llanero (*Athene cunicularia*), con fines de conservación debido a que es una especie vulnerable que se ha visto rezagada a espacios cerrados como la zona escolar en la colonia “El Agostadero”, ya que representa un espacio seguro y con buena disponibilidad de alimento. Sin embargo la demanda del crecimiento estructural de los planteles, reduce la disponibilidad de espacios que les permita desenvolverse de manera segura. A partir de la metodología biomimética se proyecta el aprovechamiento científico de la biología para conocer los datos característicos de esta ave como su comportamiento y manera en que se ha adaptado, para traducirlos a requerimientos sobre formas, colores, texturas y patrones que *Athene* puede identificar en este espacio, favoreciendo su estancia y los servicios ecológicos que presta al regular las plagas de roedores que están presentes dentro del contexto universitario Valle de Chalco.

Biodiversidad en México

Científicamente México ha sido objeto de estudio por su gran diversidad biológica y genética, mediante investigaciones que no solo contabilizan, clasifican o describen sino que también hacen hincapié en el valor ecológico que representan diversas especies a través de los servicios que aportan en el entorno. Actualmente ocupa uno de los primeros cinco lugares en biodiversidad a nivel mundial, con una gran variedad de ecosistemas que permiten la población abundante de flora y fauna.

Como se citó en Martínez- Meyer (2014), el número de órdenes presentes en el país representa aproximadamente 30 y 50% de especies conocidas en el mundo -Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad -(Conabio, 2015, p.194). Tal y como se muestra en la figura 1, un aproximado del conocimiento de la biodiversidad por lo tanto la población de organismos como a vertebrados, las 5 714 especies registradas en México equivalen a cerca del 10%.

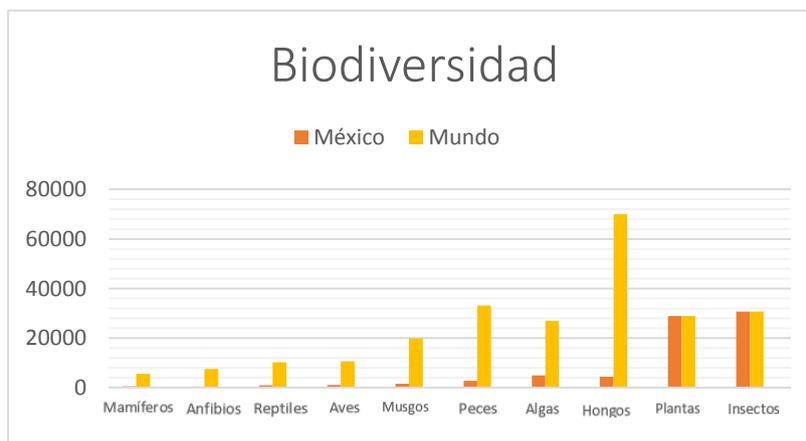


Figura 1: Datos estadísticos comparativos de la biodiversidad de México a nivel mundial.
 Fuente: Coordinación de Información y Servicios Externos. CONABIO, (2015).

Entre los grupos más estudiados se encuentran las aves “diversos estudios demuestran que las aves son un importante indicador de la situación ambiental ya que su distribución es amplia por sus periodos de migración, anidación, tamaños poblacionales y sobre todo los servicios ambientales que proveen” (Feria, Sánchez, Ortiz, Bravo, Calixto, Dale, Duberstein, Iillodi, Lara y Valencia, 2013, parr.3).

Cabe señalar que las poblaciones con altos índices de servicios ambientales y notable presencia son las aves rapaces; estas se caracterizan por “presentar ojos bien desarrollados, picos adaptados para desgarrar, garras fuertes para la sujeción y un plumaje adecuado que les permite un vuelo silencioso” (Rau, 2014, p. 5).

Valle de Chalco y su avifauna

El municipio de Valle de Chalco ubicado al oriente del Estado de México, representa un sitio relevante para diversas especies de flora y fauna, principalmente por los cuerpos de agua del antiguo lago del Valle de México, el cual era conformado por cinco lagos: Zumpango, Xaltocan, Texcoco, Xochimilco y Chalco.

El territorio de Valle de Chalco de acuerdo con los registros del Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Chalco (2014, p. 90) “originalmente se conformaba por tres paisajes naturales que caracterizaban la región: el área lacustre conformada por el lago del mismo nombre; la llanura y la zona montañosa. Razón por la cual los estudios que muestran los datos sobre la fauna del municipio tienen mayor relevancia en la zona lacustre, sin embargo como los asentamientos urbanos irregulares y la invasión para tierras agrícolas ha modificado drásticamente el hábitat de flora y fauna. Asimismo los registros que se han obtenido son principalmente por estudios antropológicos y evaluación de contaminación en la laguna.

En relación con las aves los principales trabajos ofrecen un acercamiento sobre la avifauna común que se localiza en los cuerpos de agua del lago compartido Xico-Tláhuac, brindando información sobre sus características físicas, hábitos y grado de conservación, como por ejemplo investigaciones estructurales de la zona como lo es el llamado “Plan Hídrico” hace mención de la avifauna de las lagunas del Canal de la Compañía y Tláhuac-Xico véase tabla 1.

Tabla 1. Aves con mayor presencia en Valle de Chalco

Pato trigueño	Garza blanca	Playero alza colita
Cerceta canela	Garza ganadera	Pinzón mexicano
Pato cucharón norteco	Ibis ojos rojos	Gorrión doméstico
Pato golondrino	Monjita	Zanate mayor
Pato tepalcate	Verdugo americano	Paloma doméstica
Gallareta americana	Tórtola cola larga	Huilota común
Gallineta de frente roja	Costurero pico largo	Colibrí berilo
Garza morena	Chorlo tildío	Aguililla rojinegra
Zopilote aura	Cernícalo americano	Aguililla cola roja
<i>Tecolote</i>	Aguililla de cooper	Aguililla de Harris
Tordo rojo	Canario	Lechuza

Fuente: Tabla realizada con base en: F. Rosales, (2009); Quiñonez, (2005); Plan Hídrico de las Subcuencas Amecameca, la Compañía y Tláhuac-Xico, (2011); Aves de la Ciénega de Tláhuac, (s.f).

La presencia del Tecolote Llanero

Presenta una amplia distribución continental que va desde el oeste de Canadá hasta Centro América y distribución variada en Sudamérica; de acuerdo con Enríquez (2015), en México *Athene cunicularia* es una de las especies más abundantes con poblaciones residentes y de movimientos migratorios latitudinales.

Mientras que en Valle de Chalco los avistamientos de algunas aves rapaces han revelado la presencia de dos ejemplares conocidos como búho café (*Ciccaba virgata*) y principalmente el tecolote llanero (*Athene cunicularia*), ver figura 2; quienes proporcionan servicios ecológicos a través del consumo de roedores, insectos de gran tamaño e incluso otras aves, al igual que reptiles.



Figura 2: Tecolote Llanero
Fuente: Gayosso, (2018).

Dichas apariciones son constantes en espacios educativos como lo son el Colegio de Bachilleres 04 y el Centro Universitario UAEM Valle de Chalco al igual que en la Plaza comercial Patio, principalmente porque son terrenos amplios que les permite sobrevolar y habitar de manera segura para cazar y, obtener refugio. Sin embargo el crecimiento de la mancha urbana trae consigo la demanda de más espacios requeridos para la enseñanza, por ellos los planes estructurales de las instituciones deben crecer en favor de cubrir necesidades de lugar; lo cual repercute en el desplazamiento de las especies que habitan estos sitios.



Figura 3: Tecolote Llanero en Colegio de Bachilleres
Fuente: Gayosso, (2018).



Figura 4: Tecolote Llanero en el CU UAEM
Fuente: Gayosso, (2018).

Aunque su presencia se ve reducida, esta ave se encuentra en la cima de la cadena trófica por ser un depredador que determina la estructura y organización de las comunidades biológicas que se encuentran en el centro, dado su consumo de

roedores, insectos y algunas aves; por ende provee servicios ecológicos benéficos al reducir la población de esta fauna que podría representar una plaga.

Como lo señala Rau (2014), las aves rapaces contribuyen al desparasitamiento y confinación de enfermedades al interior de los sistemas ecológicos, permitiendo el control biológico de plagas.

El Centro Universitario UAEM Valle de Chalco

Es un espacio universitario que surgió ante las demandas de planteles educativos de educación superior para la creciente población estudiantil en aras de profesionalizarse; este centro formado con una visión de progreso, identidad y sueños por los que habría que luchar ante las carencias económicas, políticas y hasta climatológicas es la universidad que se mantiene al frente como una de las mejores.

En 1996 nacimos en Valle de Chalco, un municipio recién creado por la migración proveniente del interior de la República, ello nos coloca en una estructura que delimita e influye en un proceso de interacción constante, de dialéctica e intercambio no sólo en los ámbitos social, económico y político, sino también en el orden de la naturaleza, (Soto, 2015, p.8).

Lo cual ha incrementado la demanda en las licenciaturas que se imparten, del mismo modo los programas son actualizados en búsqueda de abordar aspectos tecnológicos, humanísticos y ambientales que permitan un mejor desempeño en la apertura del trabajo con otras ciencias favoreciendo el enriquecimiento cultural y manejo sustentable de los recursos; permitiendo el desarrollo de proyectos de conservación de los mismos y favorecer la convivencia con otras formas de vida, ver figura 5.



Figura 5: Edificio principal del CU UAEM Valle de Chalco
Fuente: cuvalledechalco.com

Respecto a espacios, cuenta con algunas áreas verdes, canchas deportivas, explanadas, puntos de reunión y una extensa zona de llano en la que habitan algunas especies de mamíferos, reptiles y es constantemente visitada por aves; sin embargo esta área es utilizada como vertedero por su escaso mantenimiento; no obstante estas condiciones han favorecido el desarrollo de organismos que las especies residentes pueden consumir y les permite desarrollarse en este espacio “cierto es que compartimos el espacio con pequeños animales como ardillones, loros, mochuelos, víboras y en algún año hasta hubo chapulines” (Soto, 2015,p.8).

En este sentido es importante mencionar que debido a la construcción de espacios que para la comunidad representan oportunidades de una formación cultural y deportiva, también representan una reducción del hábitat para la fauna residente; por ello es importante generar alternativas que promuevan la conservación de estos.

Estrategia de conservación una propuesta desde el Diseño Industrial

Tomando en cuenta que el aprovechamiento de los recursos naturales que en un principio representó el medio por el cual el ser humano mejoro su calidad de vida, se ha convertido en sobreexplotación y consecuentemente los cambios son desfavorables, principalmente por la desaparición de ejemplares tanto de flora como fauna, notablemente por la degradación de hábitats, y extracción de los mismos.

Para enfrentar estas problemáticas se han realizado estudios a la fauna como una alternativa en la medición del impacto ambiental a través de las características, hábitos y servicios ecológicos que proporcionan las especies; uno de los principales grupos estudiados son las aves, al ser un alto indicador circunstancial por su amplia distribución.

Es importante mencionar que Valle de Chalco presenta un alarmante problema de plaga de roedores, al igual que una importante sobrepoblación de insectos que dañan la flora de esta localidad ya que tampoco su población es consumida por aves cuya distribución es importante en esta zona; debido a que han sido desplazadas por otras que también representan una plaga. Por lo que respecta al tecolote llanero tiene una amplia distribución en casi toda la República Mexicana, como lo menciona CONABIO (2015), es una de las aves rapaces residentes y migratorias que prestan importantes servicios ecológicos, entre los cuales destaca la cualidad del control biológico de plagas (Figura 6). A pesar de que su presencia en este municipio es importante no solo por ser ave depredadora de fauna que podría afectar la salud de la comunidad sino también por formar parte de la riqueza biológica que integra la avifauna del mismo.

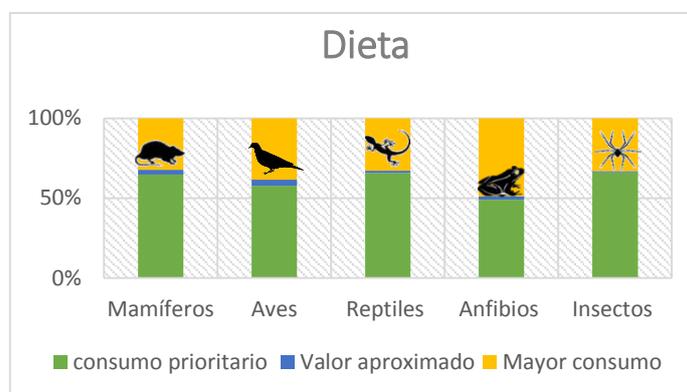


Figura 6: Dieta del tecolote llanero.
Fuente: Adaptación de datos de Naturalista, (2017).

Observando los datos de la figura anterior es necesario crear un hábitat para Tecolote Llanero (*Athene cunicularia*) como alternativa para que tenga un lugar de refugio al cual acudir durante sus actividades de vuelo y caza; permitiéndole tener libertad y continuar con su ciclo de vida en un espacio seguro; como lo es el centro universitario.

A través de la mimesis como base conceptual en el proceso de diseño se plantea su aplicación mediante la abstracción de elementos como colores, texturas, patrones de formas, entre otros que se encuentran en el entorno, semejantes a los del medio donde se desenvuelve el ave, para que sea atraída por el hábitat artificial y lo utilice.

La ausencia de espacios para que el Tecolote Llanero (*Athene cunicularia*), se refugie lo hace vulnerable a factores de riesgo como colisiones con automóviles y descargas eléctricas, lo cual reduce crecientemente su población e indiscutiblemente el

desarrollo de plagas se hace incontrolable, afectando a la población local social, ambiental y sanitariamente; como consecuencia negativa que podría decirse aparentemente “pasa desapercibida”, pero es una realidad presente.

Por ello a través del caso de estudio del Tecolote Llanero (*Athene cunicularia*) y el desarrollo de un sitio de descanso se aborda la conservación de una especie benéfica, como reguladora del control de plagas en el espacio que habita. Es decir se aborda la estrecha relación entre el ser humano como modificador-ambiente-diseño a través de una metodología de diseño como herramienta para generar un producto óptimo y seguro para un usuario ornitológico como lo es este tecolote para ofrecerle un hábitat de resguardo como posibilidad para que lleve a cabo sus funciones biológicas.

Metodología

A través de la metodología de la biomimética, retomada de la “Espirale Biomimética del Diseño” del Instituto de Biomimetismo; quienes promueven el aprendizaje a través de la emulación a partir de formas naturales y procesos para generar diseños más sanos; se dieron los fundamentos en siete etapas:

- Identificar la necesidad: Desarrollar un diseño breve de necesidad.
- Trasladar: Generar una pregunta a partir de la biología, es decir como la naturaleza lleva a cabo la función.
- Descubrir: Buscar las soluciones para responder a los cambios.
- Abstractar: Encontrar los modelos y procesos dentro de la naturaleza para tener éxito.
- Emular: Desarrollar ideas y soluciones basadas en modelos y procesos naturales.
- Evaluar: Cómo desarrollar ideas para compararlas de modo adecuado acorde con la naturaleza.
- Redefinir: Determinar de manera breve las lecciones aprendidas obtenidas en la naturaleza para evaluar los principios que hacen funcionar la propuesta.

Se pretende utilizar esta metodología ya que se ajusta más a las características y hábitos comunes del usuario para generar una alternativa apta a partir de pruebas sobre su estructura y forma; lo cual facilitara la interacción con el producto durante su desarrollo y posterior uso. Es por ello que esta metodología auxiliara de manera eficiente en el análisis, abstracción y generación de la propuesta, muy próxima al usuario (figura 7).

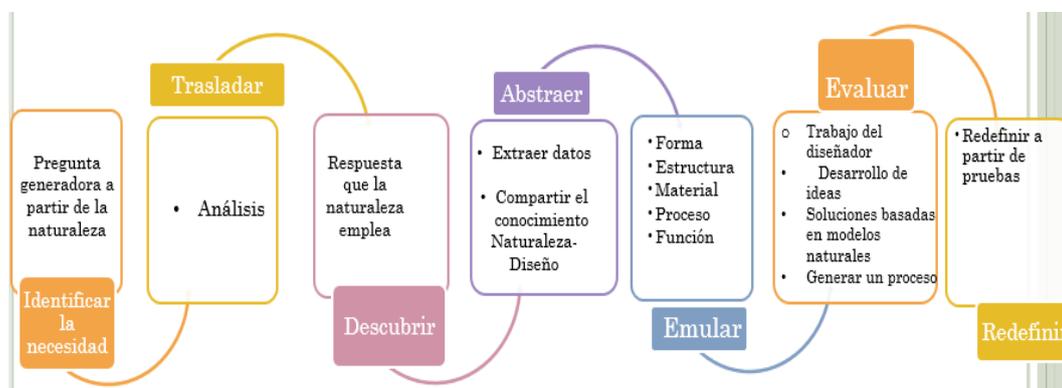


Figura 7: Metodología Biomimética
Fuente: Adaptación de la Espiral biomimética

Materiales y métodos

Al tratarse de un caso de estudio que parte de una base teórico-práctica para llevar a cabo el desarrollo e implementación de pruebas sobre formas, es de suma importancia tener acceso a espacios en los cuales el ave resida; por lo tanto el centro universitario es el escenario en el cual se lleva a cabo la investigación de campo que va desde la búsqueda de elementos que representen una sólida fuente de información hasta la interacción directa con el ave.

Área de estudio: Centro universitario UAEM Valle de Chalco, en sitios como las áreas verdes y principalmente la zona del llano; el terreno está ubicado en la colonia “El Agostadero”, coordenadas centrales 19.2976706”N, -98.95579529999998”O, entre la AV. Acapol y Hermenegildo Galeana; en una zona escolar que comparte como punto de interés la Plaza Patio.

El área está dividida en los edificios que funcionan como espacio de enseñanza, biblioteca, áreas verdes, áreas deportivas y la zona de llano (Figura 8), la sección más estudiada es la parte de llano, espacios deportivos y áreas verdes; las cuales presentan diferencias de tamaño y cobertura vegetal.

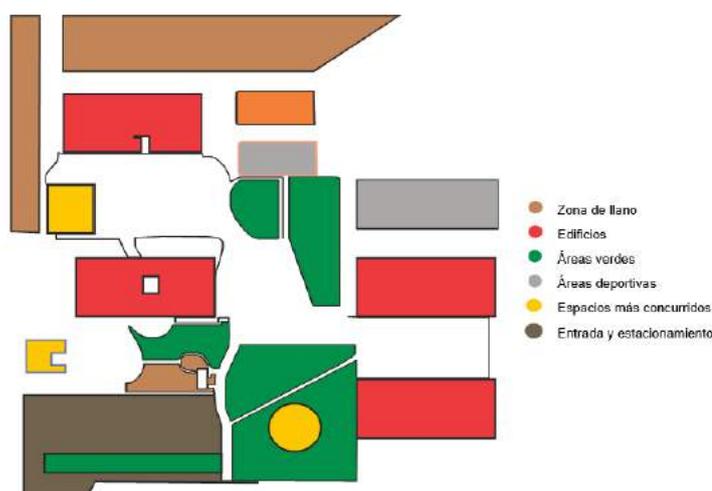


Figura 8: Adaptación del C.U. Valle de Chalco- UAEM
Fuente: Campusvirtual.uaemex.mx

La flora del lugar está compuesta principalmente por herbáceas y arbustos, las que tiñen principalmente de colores terrosos y por temporadas, con ayuda de un buen clima de lluvias algunos colores cálidos; también se encuentran algunas flores, arboles de palma y pino.

Si tienen un par de minutos por delante, vean al área detrás de la biblioteca y hallarán el horizonte del Centro Universitario. Entre su mirada y el muro que delimita el campus, antes del canal, hay un espacio a veces de color verde, otras ocre tostado y hasta negro ceniza, que se antoja latente (Soto, 2015, p.7).

Por lo que respecta a la fauna se encuentran algunos mamíferos como conejos de cola blanca, ardillones, tuzas y perros salvajes; también se encuentran serpientes cincuates. Por lo que respecta al grupo de las aves que se registraron dentro del centro se tienen aproximadamente 24 especies, de las cuales la población del Tecolote Llanero tiene muy pocos individuos al igual que el colibrí.

El clima de la zona es de acuerdo con Amaro (2017), se trata de tiempos de ‘secas’, representados por fuertes remolinos y el levantamiento intenso de polvo; al igual que temporadas de lluvia espesa en toda la región de Xico.

Toma de datos

De octubre de 2017 a noviembre del mismo año se realizaron visitas por la tarde cubriendo un tiempo de dos a tres horas, hasta el anochecer en la búsqueda del Tecolote Llanero, principalmente en el colegio de bachilleres por los avistamientos declarados por la comunidad que forma parte de esta institución. A partir de febrero del 2018 a marzo la búsqueda del ave fue constante hasta que tuvo apariciones diurnas en el centro universitario.

Cada visita se realizó a pie, identificando y contabilizando las aves que se encuentran en la zona, con el uso de binoculares (10x50) y el uso de un telefoto (75-300) para la documentación de las mismas; cubriendo las primeras tres etapas de la metodología biomimética, a partir de las apariciones del tecolote en el centro.

Dentro de este espacio se registraron dos individuos en la parte posterior de la biblioteca y canchas deportivas, de actividad diurna y principalmente nocturna, los datos sobre las apariciones y cantidad de tecolotes fueron registrados en la plataforma de ebird como aportación de ciencia ciudadana al Programa de Aves Urbanas (PAU).

Una vez ubicados los individuos y sus sitios de refugio, se procedió a la toma de medidas de las entradas, alturas y profundidad de los mismos, así como de diferentes puntos estratégicos en los que se desenvuelve el ave, como lo son lámparas, coladeras, rejas y tubos en los que suelen percharse, véase tabla 2 y 3. En ellas se pueden observar los datos más representativos como altura, anchura y distancias de separación así como el espacio adicional en el contorno de las entradas.

Tabla 2: Medidas de sitios de percha

Objeto	Altura	Anchura	Distancia de separación
Lámparas	9m	16Ø	11m-13m
Tubos	1 ½ m	16Ø	5m
Montículo de hierba seca	2m	3m	4m

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3: Medidas de los sitios de refugio

Atributo	Refugio 1	Refugio 2	Refugio 3
Largo	2m	105cm	Diámetro de 18cm
Ancho	23.5 cm	105cm	
Profundidad	33cm-17cm	71cm	5m
Contorno	12cm	6.5cm	5cm
Forma de la entrada	Rectangular	Cuadrada	Redonda

Fuente: Elaboración propia

Con base en las tablas anteriores se tuvieron los primeros resultados sobre las dimensiones que aplican para el diseño de la madriguera y percha artificial, asimismo se documentaron las formas y colores que tiene del espacio del área a partir de las necesidades del ave, extrayéndose una primer gama de colores para el desarrollo de las propuestas.

La composición en la figura 9, corresponde una gama de colores y formas presentes en el refugio 1; los contornos de los hexágonos en el esquema hacen referencia a dicha gama, mientras que las fotografías muestran los patrones de figuras principalmente geométricas y elementos que se hallan cercanos al sitio de resguardo.

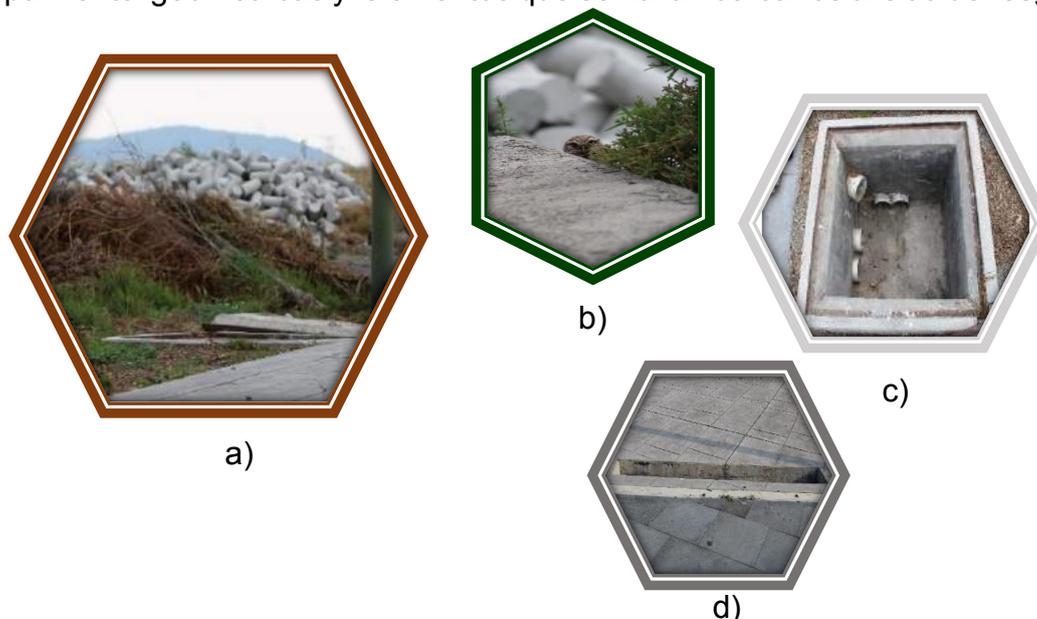


Figura 9: Gama de colores y formas del refugio 1
Fuente: Elaboración propia

En la figura 10 se muestra la vegetación de la que se vale el tecolote para ocultarse y refugiarse, asimismo se presenta la segunda gama de colores representativos, ubicando tres tonos verdes.

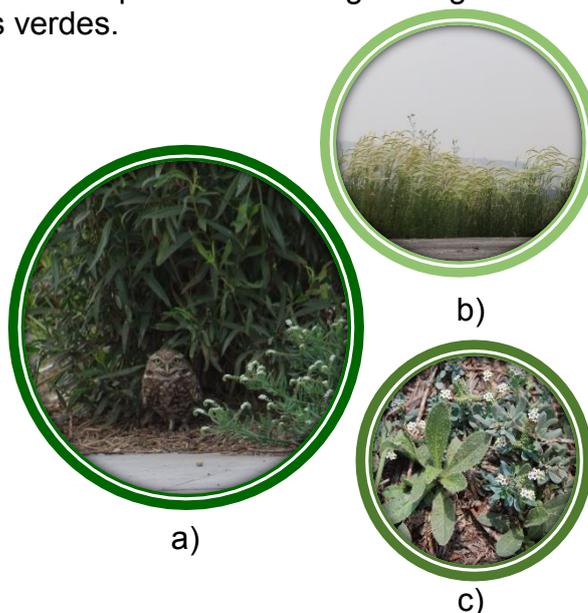


Figura 10: Vegetación encontrada en el refugio 1 y 2.
Fuente: Elaboración propia

Mientras que en la figura 11 se puntualizan las entradas del segundo refugio, correspondiente a una madriguera, revelando tres colores, las dimensiones de esta; al igual que una muestra de formas orgánicas.

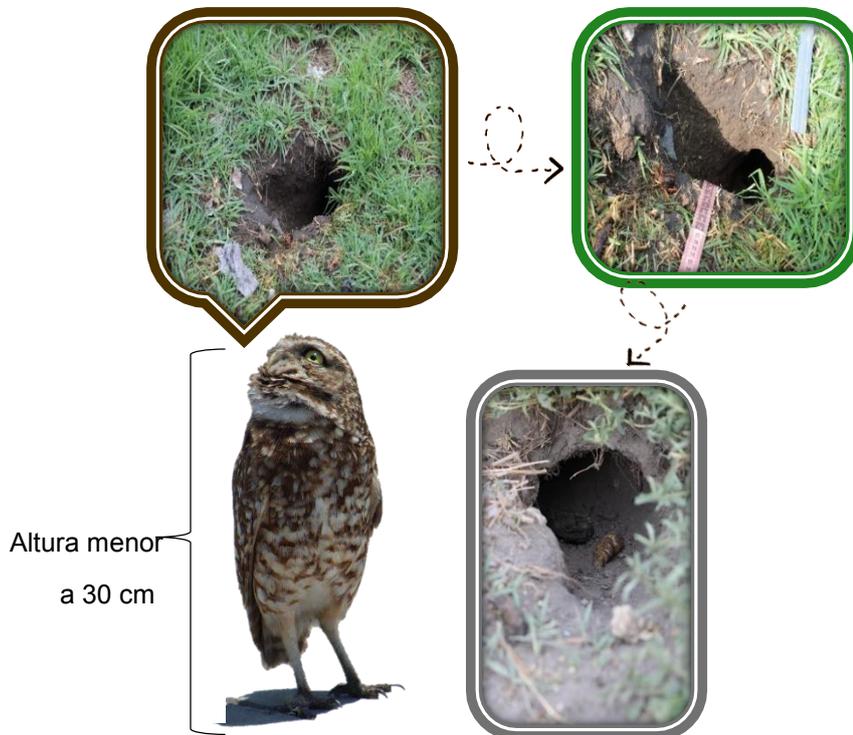


Figura 11: Entrada del refugio 2.
Fuente: Elaboración propia

Finalmente la figura, 12 permite apreciar las formas, colores y contexto en el que se encuentran las perchas, también dan una idea de las dimensiones que tienen y el tipo de estructura más cómoda.

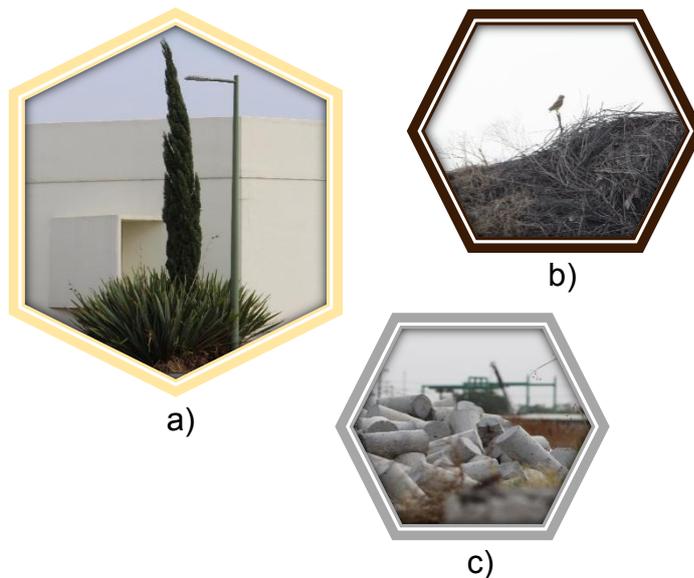


Figura 12: Perchas más utilizadas
Fuente: Elaboración propia

Interpretación, sintetización y propuestas

Un aspecto interesante es que el desarrollo de madrigueras artificiales se ha llevado a cabo en un principio para el estudio de esta especie, actualmente se propone como una alternativa de conservación y protección para esta ave; como el que llevaron a cabo Luevano, Delgadillo y Montes (2015), en Puerto Peñasco, Sonora consistió en la construcción de estructuras metálicas y de concreto para beneficiar la reproducción del gavilán pescador (*Pandion haliaetus*) y tecolote llanero (*Athene cunicularia*), debido a que la fragmentación de su hábitat provocó descensos en sus poblaciones.

El tecolote llanero, contó con cavidades naturales y artificiales, reportando ocho parejas; de las cuales tres utilizaron los espacios artificiales, sin embargo el bajo número de parejas que las ocuparon se puede decir es resultado de la apariencia que tiene el cajón “el porcentaje tan bajo puede deberse al diseño de la estructura” Luevano et al. (2015).

De acuerdo con lo descrito en la investigación de campo se obtuvieron cinco colores base (figura 13), para la gama de colores que conformaran las piezas de la entrada como primer punto, mientras que las formas y texturas seran implementadas en el cuerpo del acceso a la madriguera, al igual que en la percha que la acompañara. Es importante llevar a cabo este tipo de analisis pensados en el usuario, para que la propuesta sea funcional, practica y segura; y sobre todo no limite sus actividades innatas al momento de acceder a una madriguera.

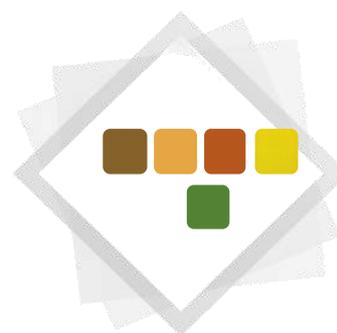


Figura 13: Gama de colores propuesta
Fuente: Elaboracion propia

En las las figura 14 se puede apreciar una propuesta a partir de la abstraccion de las formas geométricas y orgánicas registradas en los sitios de los refugios. Las piezas constan de una base simetrica y una percha en la que el ave pueda posarse. con la silueta del usuario de acuerdo a sus dimensiones aproximadas. Mientras que la figura 15, es una propuesta para entrada de la madriguera inspirada en la forma de las suculentas, ofreciendole un espacio mimetico que le permita ocultarse y vigilar.



Figura 14: Propuesta 1
Fuente: Elaboración propia

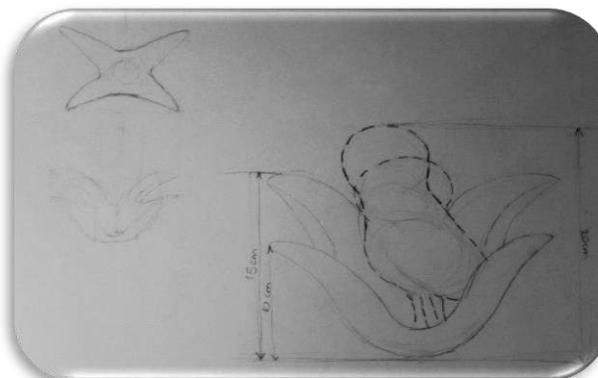


Figura 15: Propuesta 2
Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

El principio de esta investigación se basó en la idea de: <<proteger a un ave>> establecida en una metodología que facilite la comprensión de información biológica de un organismo en vida silvestre, no obstante requirió más que una base teórica sobre información característica de la especie.

Para conocer al usuario fue necesario estar en contacto con él y su ambiente, conocer las características de uso de hábitat y asociaciones con el paisaje, son las bases que permiten llevar a cabo el proceso creativo e interpretación de requerimientos del usuario.

Otro punto es el conocimiento sobre proyectos antecedentes en la arquitectura aviaria ya sea para estudio o conservación de especies revela que, la interpretación humana dista de la percepción que tienen otros organismos sobre su entorno y las características espaciales que requieren. Es decir existe el conocimiento sobre el comportamiento y aceptación que tienen las aves sobre sus hábitats y que están adaptadas en ello, sin embargo su percepción visual requiere de formas menos geométricas para asegurar su permanencia e incremento poblacional en espacios artificiales.

Sin embargo al pensar en la palabra industria, el individuo puede asimilar un contexto productivo en masa que en términos de impacto ambiental tiene un alto impacto negativo. No obstante el diseño industrial se trata de una disciplina que si bien cuenta con bases para desarrollar productos en serie, también cuenta con conocimientos sobre maneras alternativas de producción que promueven el ahorro económico, esfuerzo humano y cantidad de recursos; a través de metodologías inclusivas, ecológicas y una perspectiva sustentable.

Actualmente la promoción del uso sostenible de los recursos naturales es una búsqueda para detener la degradación de hábitats, reducir la pérdida de biodiversidad, enfrentar el cambio climático, entre otros aspectos que son mermados por la intervención antrópica. Razón por la cual es importante sumar el conocimiento entre ciencia y ciudadanía, para adoptar medidas que detengan la pérdida de ecosistemas, proteger las especies amenazadas y conservar aquellas que aún no están bajo una categoría de riesgo.

Por lo tanto este caso de estudio representa un punto de oportunidad en donde el diseño industrial también es participe de poner en practica estrategias y productos que promuevan el cuidado y conservación de otros organismos con quienes compartimos espacio; través del el manejo de requerimientos en la producción de espacios artificiales que proporcionen una alternativa de refugio, permita llevar a cabo los ciclos biológicos de los seres vivos y facilite la labor del investigador.

Bibliografía

- Attia, Dona. (2015). *Biomimetry In Eco- Sustainable Interior Design: Natural Ventilation Approach*. International Design Journal. Recuperado de: <http://www.journal.faa-design.com/pdf/5-2-doaa.pdf>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2015). Informe de la Situación del MEDIO AMBIENTE EN MÉXICO (NIH Publicación No. En trámite. Recuperado de: <http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe15/>
- Feria, Arroyo, Teresa; Sánchez, Rojas, Gerardo; Ortiz, Pulido, Raúl; Bravo, Cadena, Jessica; Calixto, Pérez, Edith; M. Dale, Jon; N. Dubersteln, Jennifer; Illoldl, Rangel, Patricia, Lara, Carlos & Valencia, Herverth, Valencia, Jorge. (desconocido, 2013). Estudio del cambio climático y su efecto en las aves en México: enfoques actuales y perspectivas futuras. Divulgación de la ciencia ornitológica en México, 14(1). Recuperado de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/huitzil/v14n1/v14n1a9.pdf>
- Luevano, Esparza, Jaime; Delgadillo, Vásquez, Ana, María & Montes, Ontiveros, Omar. (enero-junio, 2015). Huitzil, Revista Mexicana de Ornitología: *Estructuras artificiales para la anidación y su relación con el éxito reproductivo del gavilán pescador y del tecolote llanero durante ocho temporadas reproductivas en el estero La Pinta, Puerto peñasco, Sonora, México*, 16 (1). Recuperado de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/huitzil/v16n1/v16n1a2.pdf>
- Monroy, Hermosillo, Oscar. (2011). PLAN HÍDRICO DE LAS SUBCUENCAS AMECAMECA, LA COMPAÑÍA Y TLÁHUAC-XICO. Recuperado de: <http://centli.org/biblioteca/planhidrico.pdf>
- Naturalista. (23 de octubre de 2017). Tecolote llanero (*Athene cunicularia*). [Una comunidad para naturalistas Naturalista]. Recuperado de <http://www.naturalista.mx/taxa/19975-Athene-cunicularia>
- Quiñonez, A. C.T.M. (2005). Chinampas y Chinamperos: Los horticultores de San Juan Tezompa. (Tesis doctoral). Recuperada de: www.bib.uia.mx/tesis/pdf/014615/014615.pdf
- Rau, Acuña, J. (2014). PAPEL ECOLÓGICO DE LAS AVES RAPACES: DEL MITO A SU CONOCIMIENTO Y CONSERVACIÓN EN CHILE. Departamento de Ciencias Biológicas y Biodiversidad, Universidad de Los Lagos, Campus Osorno, Chile. 10 (2). Recuperado de: http://www.pichimahuida.info/birds-aves_files/Texto_papel%20ecolo%CC%81gico%20de%20las%20aves%20rapaces_del%20mito%20a%20su%20conocimiento%20y%20conservacio%CC%81n.pdf
- S.A. (Abril, 2014). PLAN MUNICIPAL DE DESARROLLO URBANO DE CHALCO ESTADO DE MÉXICO. [Plan que describe la estructura general del municipio de Chalco, Edo. Mex.] S/n. PLAN MUNICIPAL DE DESARROLLO URBANO DE CHALCO ESTADO DE MÉXICO Actualización 2014. Recuperado de



http://seduv.edomexico.gob.mx/planes_municipales/chalco/PMDUChalco14.pdf

Soto, Casasola, Luis, B. (2015). DEL ORIGEN Y LA MEMORIA 19 AÑOS DE UAEM VALLE DE CHALCO. [Memoria del cronista]. Recuperado de: http://web.uaemex.mx/identidad/docs/cronicas/TOMO_XIV/49_DICIEMBRE.pdf

5

Sara Daniela Solís Ceron¹, Lucila Herrera Reyes²; ¹estudiante de Diseño Industrial, CU UAEM Valle de Chalco, ²profesor de Licenciatura en Diseño Industrial. Estrategia de conservación del *Ambystoma Mexicanum* a través del diseño de joyería, Estado de México, México. zara.sc9@gmail.com

Introducción

La vida en la Tierra tiene una presencia aproximada de 3,800 millones de años y en ese transitar, ésta ha encontrado diversos caminos para sobrevivir y permanecer ante una evolución constante. Aproximadamente existen 1,700,000 especies conocidas y presentes en la actualidad. Las respuestas de la vida a su entorno han cambiado tanto como este y han generado infinidad de mecanismos, procesos, biológicos, ecológicos, evolutivos, patrones y conductas, etcétera, que aún se siguen descubriendo, interpretando y difundiendo. El presente trabajo tiene como objetivo desarrollar una colección de joyería que promueva el conocimiento del *Ambystoma Mexicanum*, mejor conocido como Ajolote cuyo organismo es endémico de México.

Con el fin de generar una revaloración y re-significación de esta especie, así como la conservación de las lagunas de Xochimilco como hábitat natural, iniciando así sensibilización y concientización-acción en el cuidado de las diferentes variedades de organismos que interactúan. El ajolote, se ha visto gravemente amenazado por acciones antrópicas como la introducción de especies invasoras, el cambio de uso de suelo y la urbanización, lo que ha reducido en gran medida su población.

La estrategia dentro del diseño industrial, que se define como un servicio profesional que crea y desarrolla conceptos y especificaciones que optimizan la función, el valor y la apariencia de productos y sistemas para el mutuo beneficio de usuario y fabricante (BCIDA,2012). Así, la optimización de las funciones de un producto o un sistema es uno de los principales objetivos de la búsqueda en soluciones de los seres vivos, obviamente la optimización de las funciones conlleva un incremento en el valor del producto o del proceso.

En este sentido, se trabaja con un proceso conceptual de biomímesis, método que se basa en la inspiración en la naturaleza en el que se retoman características físicas y estructurales del organismo como color, forma, textura y funciones que en conjunto y a partir de una sintonización generan una idea de interés e identificación del *Ambystoma* y el ecosistema que lo rodea

El siguiente escrito expone el desarrollo del propósito de la investigación, resaltando temáticas de interés como la importancia de la diversidad biológica en el contexto socio-ambiental donde se visualiza la problemática. Expresa las características del ajolote, para comprender cuál es su dinámica dentro del ecosistema y de lo sorprendente capacidad de regeneración de algunas de sus partes. Finalmente se señala el lenguaje a través del diseño industrial como función y sentido clásico de un objeto de representación como es el diseño de joyería y su re-significación e inspiración en el *Ambystoma Mexicanum*.

Biodiversidad

En México existe una gran diversidad de especies animales y vegetales, a la fecha se conocen 5500 de vertebrados representando el 10% del mundo, y el cuarto en anfibios en donde se destacan por su endemismo ya que el 48% de estas especies solo habitan en México (SEMARNAT, 2011) como se muestra en la figura 1.

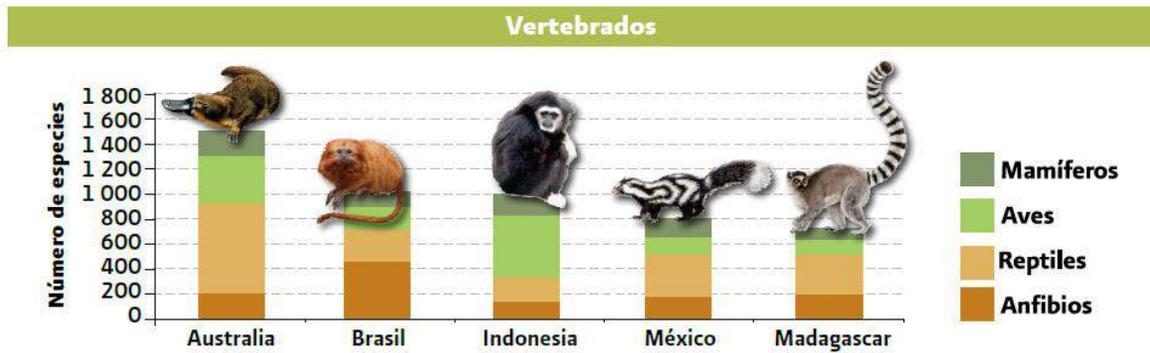


Figura 1: Datos estadísticos comparativos de especies endémicas en México y el mundo
Fuente: Coordinación de Información y Servicios Externos. CONABIO, 2011.

Entre los anfibios más importantes, sobresale el *Ambystoma Mexicanum* (Figura 2), mejor conocido como Ajolote Mexicano especie endémica de las lagunas de Xochimilco, que se localiza dentro de las 16 especies de salamandra *Ambystoma* de México, en donde 15 de ellas se encuentran en amenaza o peligro crítico de extinción, (Vida Silvestre Coatl Asociación Civil, 2016), sinónimo de la gran diversidad biológica del territorio mexicano y del importante descuido y desconocimiento de estas especies.

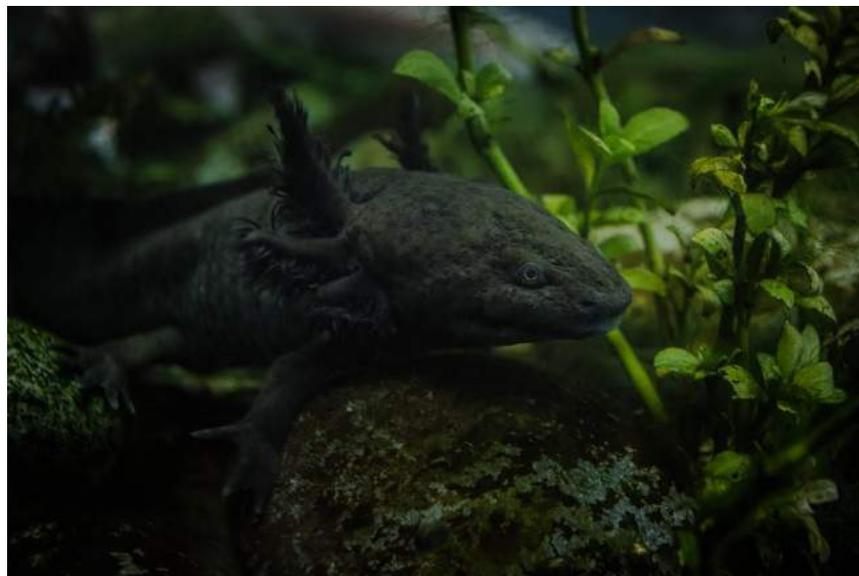


Figura 2: *Ambystoma Mexicanum pardo*.
Fuente: Dennis, 2018.

Contexto del problema socio-ambiental.

En la actualidad en los remanentes lagunares de Chalco y Texcoco, la especie ha desaparecido completamente y por la reducción de su población en Xochimilco “ha sido clasificada dentro de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001 como especie sujeta a protección especial”, (Quiroz, 2013, p. 191).

A causa de la falta de conocimiento de la especie por la población y al descuido de la zona lacustre de Xochimilco se han generado altos niveles de contaminación que con el tiempo se ha convertido en un problema ambiental significativo relacionado estrechamente con el saneamiento del recurso hídrico mencionado en uno de los objetivos de la agenda 2030 de desarrollo sostenible de la ONU, en donde las acciones antrópicas como la introducción de especies invasoras, el cambio de uso de suelo y la urbanización, apoyan al deterioro del hábitat natural de este y otros organismos que habitan ahí, debido a la mala calidad del agua lo cual tiene un impacto negativo directo sobre el ajolote. Algunas “características que los hacen más vulnerables a cambios ambientales como lo son su piel “desnuda” (por la carencia de escamas, pelo o plumas), glandular y permeable”, (Quiroz, 2013, p.191) cualidades que permiten que esté en contacto directo en el medio que lo rodea y que lo posicionan como especie indicadora de la calidad del ambiente, en este caso del agua y que lo han obligado a vivir en cautiverio, ver figura 3.



Figura 3: *Ambystoma Mexicanum* pardo y leucístico en cautiverio
Fuente: Solís, 2018.

En la actualidad el deterioro de los cuerpos de agua y la delicada situación de la especie es una realidad indiscutible, hoy, se trabaja desde distintos sectores y organismos académicos en la conservación del ajolote, desde pequeñas acciones que posibiliten cambios que puedan ayudar al sistema, además de promover una responsabilidad social de lo que está sucediendo en el entorno y que se ha ignorado a lo largo de los años pero que hoy por hoy obliga a la sociedad a tomar medidas resilientes para salvaguardar un icono de identidad cultural como lo es el *Ambystoma*.

Características físicas del Ajolote

El *Ambystoma Mexicanum* (figura 4) posee una apariencia básica de un renacuajo gigante, con patas y cola. Su piel es lisa y en ocasiones puede llegar a ser ligeramente rugoso. Su cabeza es robusta, ancha y plana, mientras que el resto del cuerpo es más alargado y aplastado por los lados. Tiene ojos pequeños y sin párpados, una de las características que lo distinguen es que tiene tres pares de branquias externas y ramificaciones que salen hacia atrás de la cabeza, a la altura de las branquias tiene una membrana que se extiende por el torso hasta la cola formando una aleta. Sus patas tienen dedos finos y puntiagudos que no desarrollan uñas, posee cuatro dedos en las patas anteriores y cinco en las posteriores (CONABIO, 2011).



Figura 4: Ajolote leucístico
Fuente: <http://www.animalesextincion.es>, 2009.

Una de las características más sorprendentes es su capacidad de regeneración de algunas partes de su cuerpo como el corazón, la médula espinal y el cerebro lo cual ha permitido realizar “más de tres mil investigaciones, particularmente sobre biología del desarrollo, regeneración, metamorfosis, endocrinología, cultivos, radiación, trasplantes y anatomía” (Casas, Cruz & Aguilar, 2004, p. 305).

Lenguaje a través del Diseño Industrial

Tradicionalmente el diseño industrial se refiere a “la producción de objetos que respondan a demandas (necesidades, deseos o aspiraciones) de la sociedad, teniendo en cuenta, además de las características exteriores, la relaciones funcionales y estructurales que hacen del objeto un todo coherente” (Aguiles, 2007, p. 11), con el tiempo y el panorama actual de la producción desmedida de objetos, la explotación de recursos naturales y la contaminación, se ha buscado generar diseños que impliquen procesos de producción menos nocivos para el medio,

sustitución de materiales que busquen un menor impacto ambiental dando origen al biodiseño, ver figura 5, tendencia que busca el desarrollo de nuevos productos y sistemas en correlación con la ecología y la sustentabilidad en un área de trabajo interdisciplinario, sirviéndose de los principios básicos de la biología aplicados en el diseño (Villareal, 2012), que han dado como resultado un compromiso para con la sociedad y el desarrollo de productos honestos que puedan generar un cambio positivo en la búsqueda de conservar recursos y disminuir desechos en objetos de uso cotidiano.



Figura 5: Sistema para cría de peces en el hogar
 Fuente: Revista Clarín, 2013.

El lenguaje a través del diseño industrial comienza a partir de la función y sentido clásico de un objeto que posteriormente se traduce en un sistema estético relacionado en el campo emocional y sensorial, es decir lo que proyecta a través de sus formas, texturas y colores, características que lo posicionan como un vector de comunicaciones (Espinel, 2013) generando tres tipos de funciones que se muestran en la figura 6.

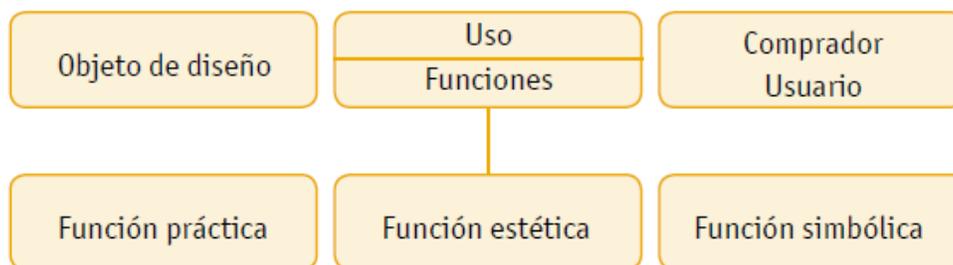


Figura 6: Funciones de los productos industriales
 Fuente: Löbach, 1981.

Funciones que se traducen de la siguiente forma:

- Función práctica: uso real del objeto, para que sirve.
- Función estética: emociones y sensaciones que produce a partir de su conformación formal.
- Función simbólica: cuando el objeto genera una remembranza de experiencias y sensaciones ya vividas, lo cual está relacionada directamente con aspectos estéticos y formales del producto.

Finalmente es evidente que el diseño de objetos puede generar cierta influencia cognitiva positiva si se trabaja de forma correcta relacionando entre si los tres tipos de funciones que se mostraron anteriormente haciendo un análisis de información que permita organizar para proporcionar un mensaje claro y conciso al usuario.

Inspiración en la naturaleza en el diseño de Joyería

La joyería a lo largo de los años ha sido utilizada como elementos de adorno, signo de posición social e incluso como símbolo de creencias religiosas, que les dan identidad a los usuarios y que además sirven como reflejo de una época, guardando para siempre el espíritu de una emoción, (Galton, 2013).

Según Castmay (2012) la joyería es la rama de la orfebrería, que engloba una serie de objetos específicos que dan culto al cuerpo, comprende los diferentes tipos de materiales utilizados para realizar objetos, estos pueden ser orgánicos e inorgánicos como cabello, piel, plumas, escamas, conchas, hueso, madera, barro, metal o mineral, (figura 7). Posteriormente comenzó a hacer referencia a la utilización de piedras preciosas y semipreciosas, realizadas con materiales como oro, plata, platino y latón. Ésta se ha utilizado a lo largo de la historia en adornos para la cabeza, cara, cuello, pecho brazos y piernas.



Figura 7: Collar Azteca de cuentas de barro
Fuente: <https://cultura-azteca.com/joyeria/>, 2017.

Una pieza de joyería puede ser de gran significado para las personas debido a que son segmentos de fácil manipulación, distribución y adquisición, que pueden llegar a reflejar jerarquía, poder, amor (figura 8), e incluso protección en la utilización como amuletos, estas siempre han sido objetos de comunicación y significación entre las personas.



Figura 8: Sortijas de matrimonio

Fuente: Centro de Arte y Diseño de Joyería, Damien Rohrbach, (2015).

Cuando se realizan ornamentos de este tipo, se toman en cuenta distintos conceptos que dan origen a la joyería contemporánea la cual retoma la técnica de la joyería tradicional como los procesos de cera perdida y calado manual en láminas finas en metales preciosos y semipreciosos, y que agrega ciertos valores como el diseño, el vínculo que se crea entre la joya y el cuerpo que lo porta, el uso de materiales no convencionales dentro del área como tela o la madera, poniendo en primer plano al diseñador y el contenido que quiere transmitir a partir de modos diferentes de pensar, crear y producir ideas y lenguajes (Cabral, 2014), siendo estas características las que determinan la belleza y uso de las piezas.

Actualmente existen distintos procesos conceptuales para el desarrollo de joyería, estos pueden provenir de ideas de carácter narrativo, icónico, geométrico, numérico o generativo, abstracto u orgánico (ver figuras 9 y 10), estos últimos inspirados en la naturaleza que busca la inspiración en conceptos, materiales y herramientas abordados a partir del término biomímesis, que es la "ciencia que se basa en el estudio de los modelos, sistemas, procesos y elementos naturales con el propósito de imitarlos y así encontrar soluciones prácticas a necesidades humanas" (Rangel, García, Peña, & Hernández, 2012), por otro lado Villareal (2012, p. 88) menciona que se trata de una "inspiración más que imitación" (ver figura 11) para desarrollar productos de cualquier tipo con una innovación en la naturaleza.



Figura 9: Dije de plata, proceso de impresión 3D, concepto numérico
Fuente: Ocampo, 2018.



Figura 10: Collar, madera de bambú, concepto geométrico.
Fuente: Concurso internacional de joyería contemporánea, 2018.



Figura 11. Brazaletes con estructura de alambre tejido de plata, concepto biomimético
Fuente: Sowon Joo, 2010.

Metodología

A través de la combinación de dos metodologías, el Desing Thinking y el método Textual / contextual de Jordi Llovet se logró obtener un proceso que permitiera desarrollar de la forma eficiente todos los objetivos a desarrollar. En cuanto al primero se enfoca en solucionar mediante la creatividad problemas de diseño de producto, bajo los siguientes pasos.

1. **Empatizar:** observar al usuario y empatizar con él ver lo que realmente ocurre.
2. **Definir:** analizar y resumir la información obtenida, es decir, definir un problema concreto que será el que se pretende solucionar.
3. **Idear:** dar solución al problema a partir de la conceptualización de formas.
4. **Prototipar:** hacer tangible cada idea.
5. **Probar:** entregar el prototipo de la idea seleccionada al cliente o usuario para comprobar.

Por otra parte Jordi Llovet hace referencia en su metodología textual/ contextual, fundamentada en la teoría de los objetos y afirma que la metodología del diseño no puede limitarse al ordenamiento meramente científico ya que cada objeto adquiere y manifiesta su complejidad en el entorno (Vilchis, 2002), Llovet argumenta su aproximación metodológica al diseño desde la semiología y a través de los siguientes puntos.

- Los objetos portan significación, una innovación que les permite entablar vínculos entre si y conformar el llamado sistema de los objetos.
- El sistema de los objetos es enmarcable en el esquema de comunicación
- El análisis semiológico se lleva a cabo a partir de considerar al objeto de diseño como equivalente a un texto que se puede hablar y escribir.

En esta se afirma que un diseño posee dos tipos de elementos:

1. **Textuales:** aquellos inminentes e imprescindibles, necesarios y suficientes para que un objeto tenga entidad como tal.
2. **Contextuales:** aquellos que se derivan del conjunto de hechos, datos y situaciones que rodean al objeto.

Por lo anterior se retomarán los primeros cuatro pasos del Desing Thinking, anexando la puntual importancia del significado de los objetos de la metodología Textual/ contextual en el paso de “idear” de tal forma que se propone el siguiente modelo metodológico como se muestra en la figura 12.



Figura 12: Adaptación de Desing Thinking y metodología textual/contextual
Fuente: propia, 2017.

Como resultado de la adaptación de ambas metodologías, se logra obtener un proceso apto para recopilar y resumir la información adecuada para la infografía y el desarrollo conceptual de las piezas de joyería a realizar, para el cual se emplearon instrumentos de evaluación para el desarrollo gráfico de la infografía influyendo directamente en la toma de decisiones en aspectos específicos del proyecto para dar solución a problemas estéticos y de mercado. Es importante mencionar que, debido al acomodo del proceso, permite obtener los aspectos teóricos necesarios para el desarrollo de un concepto basado en la biomimesis del *Ambystoma Mexicanum* y por medio de estos poder diseñar una colección de joyería con un valor conceptual importante favoreciendo a la valoración y resignificación de la especie.

Materiales y métodos

La joyería es un área del diseño que se caracteriza por su versatilidad en cuanto a formas, colores, materiales y conceptos, los cuales llegan a ser tan diversos que no existe un límite en cuanto a la creatividad y combinación de los mismos lo cual permite poder representar piezas con alto contenido estético y visual.

La inspiración en la naturaleza especialmente en el *Ambystoma*, es el principal concepto a desarrollar dentro de la colección, por lo que para llevar a cabo un adecuado proceso de diseño es de suma importancia tener conocimiento suficiente sobre el objeto de estudio, determinar las piezas que se van a generar para la colección, además de definir los procesos y técnicas que se van a emplear para la concepción diseñística, que está conformada por pendientes, colgantes, anillos y pines, es importante mencionar que las formas de cada pieza se proponen de acuerdo a la zona corporal en la que va a estar colocada, esta zona determinara el peso de la pieza, mecanismos y acabados.

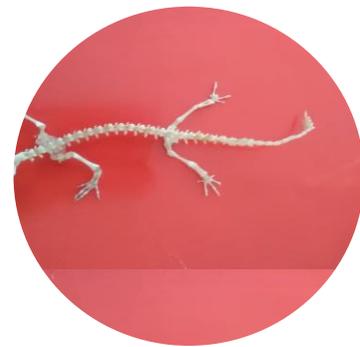
En este caso la investigación teórica que se realizó ayudo a arrojar datos importantes sobre las características que se deseaban obtener, en este caso coloración, formas y estructuras.



A)



B)



C)

- A) Coloración parda oscura
- B) Formas orgánicas, ondulantes y suaves
- C) Estructuras óseas definidas

Figura 13: Gama de colores y formas
Fuente: A) Axolotlitan por Dennis, B) y C) Solís, 2018.

A estas tres características se le agrega la capacidad de regeneración del anfibio haciendo una analogía estructural entre ambos.

Una vez definiendo las características principales que se tomaran en cuenta para la concepción de las piezas se definen las técnicas de conformación adecuadas

para lograr las formas deseadas, en este caso se utilizaran las técnicas de cera perdida en adición y sustracción (ver figuras 14 y 15) de la misma para obtener volúmenes y estructuras con espesores mayores a 1 mm y menores a 5 mm, para tal propósito se propusieron los siguientes requerimientos de diseño:



Figura 14: Técnica de adición de cera
Fuente: Solís, 2016.



Figura 15: Técnica de sustracción de cera
Fuente: Barba de Plumas, 2018.

De uso

- Fácil uso.
- Acabados adecuados.
- Ergonómico para la parte del cuerpo seleccionada.

De función

- Mecanismos apropiados.
- Resistentes.
- versatilidad de las formas.

Estructurales

- Espesores mínimos de 1mm máximos de 5 mm.
- Peso máximo por pieza de 7 gr.

Técnico – productivos

- Técnicas de modelado en cera.
 - Sustracción.
 - Adición.
- Utilización de la técnica de lapidaria básica en piedras.
- Utilización de plata.
- Acabados envejecidos para la plata.

Formales

- Formas inspiradas en el *Ambystoma Mexicanum*.
- Utilización de una paleta de color determinada.
- Contrastes en texturas y tonalidades.
- Conceptos aplicados a la conformación de un todo por medio de piezas.

Una vez teniendo clara la técnica y los requerimientos de diseño pertinentes para el desarrollo de estas se propuso la sustitución de materiales de alto impacto ambiental como el caucho de silicona y la cera convencional de joyería por alginato dental y cera de abeja que por su composición estos ofrecen características físicas y mecánicas similares y suficientes para el desarrollo eficiente de la técnica, favoreciendo a una disminución considerable del impacto ambiental dentro del proceso de producción.



Figura 16: Molde de alginato y comparación de ceras de joyería (azul, morada y roja) y de abeja (amarilla)
Fuente: Solís, 2018.

Finalmente, la figura 16 permite visualizar el molde de alginato que debido a la forma compleja del anillo y a la velocidad del fraguado soportó cinco vaciados de cera en punto de fusión, en la comparación de las ceras se puede ver que la resistencia, detalles obtenidos en el vaciado y la conformación del anillo con cera de abeja es igual y suficiente para su uso en el proceso de cera perdida.



Figura 17: Vista frontal de la comparación de ceras
Fuente: Solís, 2018.

Interpretación, sintetización y propuestas

Es relevante saber que existen distintos productos que suscitan el conocimiento del *Ambystoma Mexicanum*, pero que han pasado de largo algunas características particulares de él encontrándose en estado silvestre, una muy importante su coloración gris parda. Una de las labores más significativas es la que ha trabajado Axolotitlan, organización que tiene como objetivo dar a conocer al *Ambystoma Mexicanum* creando un refugio y poniendo a la venta productos (ver figura 18), con la imagen del anfibio promoviendo así el conocimiento de la naturaleza mexicana en colaboración con diseñadores, artistas, ilustradores, etc. bajo la frase “No se puede defender lo que no se conoce”.



Figura 18: Anillo de *Ambystoma Mexicanum* en impresión 3D
Fuente: Solís, 2018.

De acuerdo con la investigación y los referentes de abstracción en formas, texturas y colores se determinó que para lograr el acercamiento semiológico que se busca la utilización de formas orgánicas y tonalidades dentro de la paleta de color que se muestra en la figura 19 es muy importante ya que se busca transmitir la belleza del *Ambystoma Mexicanum* a través de las piezas de joyería, para así lograr el propósito que es el dar a conocer a la especie y difundir información relevante sobre la misma a la población por medio de un producto de diseño.



Figura 19: Paleta de color
Fuente: elaboración propia.

En la figura 20 se pueden apreciar propuestas a partir de formas orgánicas, que muestran movimiento y rigidez, conformadas todas por dos partes, una de metal definida como el cuerpo y otra con piedras proporcionando el atractivo visual.

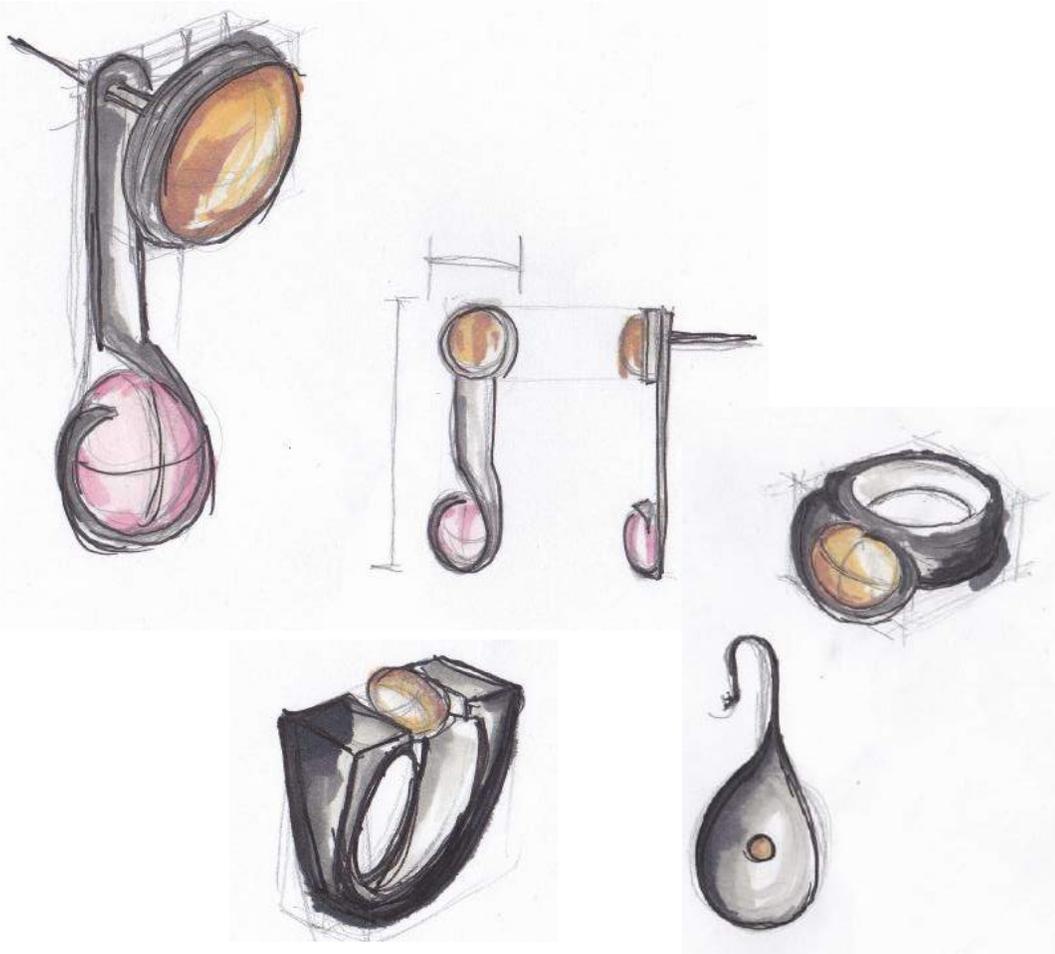


Figura 20: Propuestas de pendientes y anillos
Fuente: Solís, 2018.

La figura 21 muestra una de las primeras pruebas reales en el desarrollo de la colección de joyería, las cuales fueron inspiradas en la leyenda del Quinto sol en la que interviene Xólotl convirtiéndose en maíz, texturas que se retomaron en los detalles del anillo, el cual tuvo una buena aceptación debido al contraste de texturas y la comodidad de sus formas.



Figura 21: Experimentación de formas y materiales reales, Anillo calado en lamina y vaciado en latón, Fuente: Solís, 2018.

Es impórtate mencionar que el *Ambystoma Mexicanum* al tener gran relevancia dentro del ámbito cultural, social y ambiental permite desarrollar un sinnúmero de alternativas conceptuales que se ve reflejado en la versatilidad de formas, texturas y estilos que se muestran en las propuestas anteriores.

Conclusiones

Desde un principio la investigación se basó en la idea de querer acercar información relevante sobre especies endémicas en peligro de extinción en este caso el *Ambystoma Mexicanum* para poder generar un interés y valoración de la naturaleza mexicana, para este proceso no solo bastó con una investigación teórica del organismo para dar origen a las piezas de joyería si no que fue de suma relevancia el poder observar su comportamiento real para detallar características físicas y dimensionales que no se pueden apreciar en una base teórica de investigación del anfibio.

Para representar de manera asertiva las estructuras y formas deseadas fue crucial la observación detallada del ajolote en visitas a refugios y ajolotarios que pudieran brindar ese acercamiento visual que se busca en el proceso de conceptualización a partir de la biomímesis.

Un punto de gran relevancia es saber que en el mundo de la producción de objetos y del *Diseño* existen posibilidades de poder aprovechar el alcance que puede tener un producto para generar una influencia positiva en la población, es innegable que al escuchar el término *Diseño Industrial* pensamos directamente en la producción en masa y el gran impacto negativo que generan las industrias en el medio ambiente, sin embargo, es importante mencionar que al ser una disciplina que se encuentra en constante evolución en busca de satisfacer necesidades básicas y de gran impacto, también está dotada de conocimientos en alternativas de sustitución y reducción de materiales, generando infatigablemente cambios en los procesos productivos favoreciendo al entorno que rodea al producto como sinónimo del compromiso que tenemos como diseñadores para con el medio que nos rodea.

En la actualidad pareciera que el término sostenibilidad se ha convertido en un pretexto de venta, sin embargo, es una constante que se tiene siempre presente para concientizar, informar e interesar al usuario respecto a temas medioambientales que están causando grandes problemas de desequilibrio en zonas no ajenas a nuestra vida cotidiana y que con un poco de visión y trabajo colaborativo se puede dar solución de forma eficiente y de alto impacto.

Por lo anterior, este estudio representa una oportunidad para el diseño industrial y de joyería en donde puede ser fuente de estrategias para la educación ambiental con productos que puedan facilitar información haciéndose llegar al usuario de forma novedosa con la que se pueda sentir identificado aprovechando el vínculo que se genera entre la joya y el cuerpo que lo porta, favoreciendo a la valoración y re-significación de esta y otras especies.

Referencias

- Aquiles, G.L.S. (2007). El diseño industrial en la historia. Argentina: EDICIONES tec.
- Cabral, A.C.A.M. (2014). La joyería contemporánea como arte. Un estudio filosófico (Tesis doctoral). Universidad autónoma de Barcelona, España.
- Casas, A.G., Cruz, A.R. & Aguilar, M.X. (2004) Un regalo poco conocido de México al mundo: El ajolote o axolotl. *Ciencia Ergo Sum*, 10(003), 304
- Castmay, F. (2012). *Diseño de joyería: Un arte para el deleite de los sentidos*. Obtenido de <http://catsmay.com/>
- CONABIO. (2011). Fichas de especies protegidas. Ajolote Mexicano (*Ambystoma Mexicanum*). Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F.
- Espirel, C.F. (2013). La semiótica en el estudio de los objetos de diseño. *ICONOFACTO*. 9(23), 109- 122.
- Galton, E. (2013). *Diseño de joyería: Manuales de diseño de modas*. España: Gustavo Gili.
- Quiroz, M. H., Soto, J. H., Callejas, F. R., Mendoza, C. R., & Hill, C. P. (2013). Extracción asistida por microondas y limpieza en fase sólida como método de análisis para la determinación de plaguicidas organofosforados en *Ambystoma mexicanum*. *Rev. Int. Contam. Ambie.*, 29(2), 189-200.
- Rangel, E. R., García, J. A., Peña, E. M., & Hernández, J. L. (Mayo-Agosto de 2012). Biomimética: innovación sustentable inspirada por la naturaleza. *Investigación y ciencia de a Universidad Autónoma de Aguascalientes* (54), 56-61. Obtenido de http://www.uaa.mx/investigacion/revista/archivo/Revista_55/Articulo%207.pdf
- SEMARNAT. (2011). Biodiversidad conocer para conservar. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México D.F.
- Vida Silvestre Coatl A.C. (2016). Proyecto *Ambystoma*. Recuperado el 15 de agosto de 2017, de <https://vidasilvestrecoatl.com/ejes-de-accion/consultoria-para-la-conservacion-de-la-biodiversidad/proyecto-ambystoma/>
- Vilchis, L.C. (2002). *Metodología del diseño: fundamentos teóricos*. México: Designio
- Villareal, J. É. (2012). *Biodiseño*. México: Designio

6

Andrés Eduardo Estay Stange Dr., Álvaro Oidor Méndez MVZ., Investigación científica en centros de conservación de vida silvestre, una necesidad para la conservación. Centro de Conservación de Vida Silvestre “Konkon”, Facultad de Biología y Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, Pue. andres.estay@correo.buap.mx

Introducción

Los centros de conservación de vida silvestre en México, ya sea particulares o gubernamentales, se han establecido como una estrategia para lograr la conservación de la flora y fauna nacional. Sin embargo, a la par del desarrollo aplicado en la conservación ex – situ se ha manifestado la necesidad de desarrollar, producir y difundir el conocimiento generado, a través del trabajo académico y científico que permita establecer estrategias eficaces inicialmente en la solución de los problemas más comunes que presentan los ejemplares. En la ley general de vida silvestre, además del aprovechamiento extractivo se establece la importancia de la realización de proyectos de investigación en ejemplares de vida silvestre tanto en vida libre como en cautiverio con fines de conservación e incluso establece como uno de los objetivos específicos el de “Investigación” para dichos proyectos (SEMARNAT, 2000).

Dichos centros de conservación, en diferentes países del mundo han tenido un papel muy importante en la conservación de vida silvestre, recibiendo ejemplares de animales confiscados por los diferentes niveles de gobierno y trabajando para su rehabilitación y posterior liberación o mantenimiento en cautiverio con fines de educación ambiental, generación de conocimiento o reproducción para liberaciones y fortalecimiento de poblaciones naturales (Coon, 2015; Aprile y Bertonatti, 1996).

La conservación de vida silvestre ex – situ deriva en la aplicación y el desarrollo de una gran cantidad de técnicas que buscan contribuir a la recuperación y supervivencia de individuos y poblaciones fuera de su hábitat natural. Dentro de los objetivos de la conservación ex – situ, está el reducir la disminución de poblaciones

de animales de vida silvestre en vida libre a través del manejo en cautiverio y con esto reducir el riesgo de extinción (Lascuráin, 2009).

La conservación ex – situ representa una estrategia efectiva para la prevención de enfermedades, el desarrollo de vacunas, investigación sobre características específicas de las especies en distintas áreas, tanto conductual como en morfología, fisiología etc., así como procesos de rehabilitación efectivos para lograr mejores liberaciones en menor tiempo (Rees, 2015). Cabe resaltar que mantener ejemplares en cautiverio no implica que se estén logrando objetivos de conservación (Lascuráin, 2009). La difusión de los proyectos de investigación establecidos ex – situ debería ser considerada una necesidad primordial para lograr un mayor impacto en la conservación de diversas especies (Department of Environment and Conservation, 2008).

Esta estrategia de producción y difusión de conocimiento acerca de la vida silvestre en cautiverio, se ha puesto en marcha en diversos países (Chile, Argentina, Estados Unidos, España, Costa Rica, entre otros), desarrollando proyectos de investigación que involucran desde los procesos de rehabilitación y cirugía de ejemplares, hasta los procesos de liberación y monitoreo. Con la difusión de dichos procesos, se han puesto a debate las técnicas y metodologías y se ha logrado mejorar e incorporar nuevas estrategias para acelerar los procesos de rehabilitación y corregir los errores que se presentan (Hatcher y Somershoe, 2013; Miller, 2000; Fajardo et. al., 2000).

En México se realiza una gran cantidad de liberaciones anualmente, algunas conforman proyectos de reintroducción principalmente de ejemplares de la familia psittacidae. La gran mayoría de casos específicos de rehabilitación y éxito de liberación no se encuentran documentados para el posterior análisis metodológico y desarrollo de nuevas estrategias.

La mayor parte de la difusión de los éxitos logrados por programas específicos de conservación de vida silvestre en México, se realiza de manera informal en medios de comunicación masivos, para público general, sin profundizar en metodologías o técnicas y a la falta de objetivos de investigación y difusión de los proyectos de conservación ex - situ, se suma la dificultad de iniciar líneas de investigación en

áreas de rescate de vida silvestre. La difusión de estudios de caso sería un paso inicial para incentivar el análisis y discusión de técnicas específicas en casos aislados; sin embargo, la mayoría de revistas nacionales especializadas en veterinaria no aceptan estudios de caso y en ciencias biológicas se necesitan una cantidad mayor de casos para poder llegar a conclusiones consideradas como válidas.

Metodología

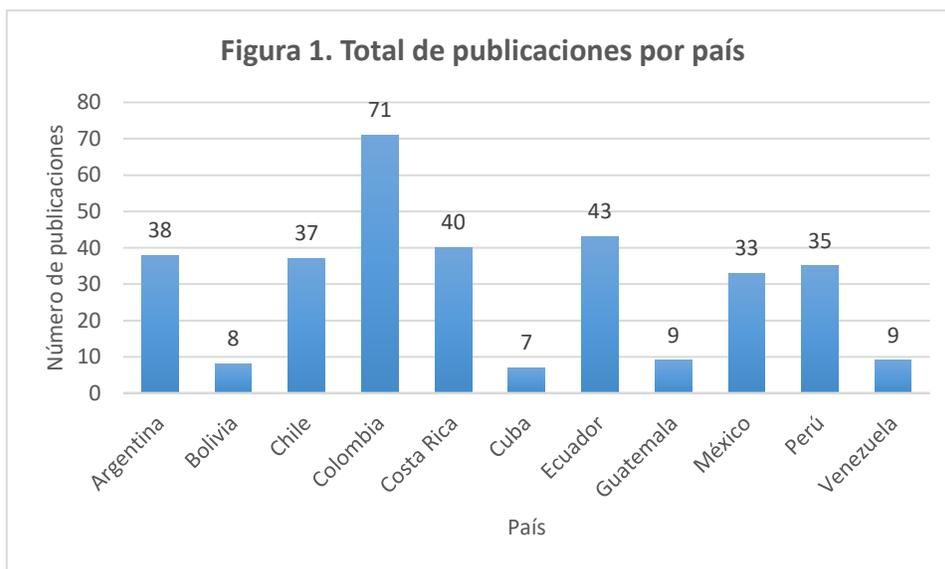
Se realizó una búsqueda intensiva en bases de datos de revistas científicas, así como en el buscador académico de google, de palabras clave para encontrar publicaciones relacionadas con el manejo de vida silvestre en cautiverio en México y América Latina, ya sea procedimientos de rehabilitación o quirúrgicos, técnicas de manejo en cautiverio, proyectos relacionados con la conservación de la especie, etc. Solamente se incorporaron artículos publicados en revistas indexadas, dejando fuera de la investigación libros, artículos de divulgación, tesis, memorias de congresos.

Se revisaron y registraron un total de 330 artículos de países de América Latina y el Caribe a partir del año 2000, sobre manejo en cautiverio de vida silvestre, identificando las clases y familias de los organismos estudiados y el año de publicación. No se incorporaron estudios que revisan las situaciones económicas y desafíos de los proyectos de vida silvestre en cautiverio, el estudio se enfocó únicamente en estudios de caso, técnicas de manejo, reproducción, alimentación, rehabilitación, liberaciones y su seguimiento y estudios parasitológicos, los artículos que abordaban estrategias para centros de rescate en general o para varias familias, se establecieron como generales, a manera de distinguirlos de los artículos específicos por familia.

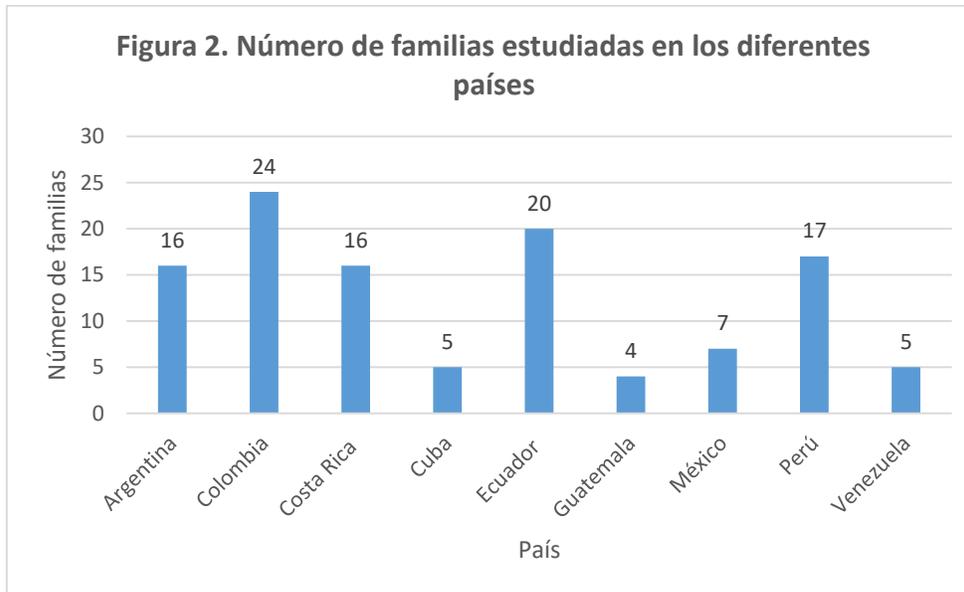
Resultados

Se revisaron 330 artículos de 11 países, Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, Guatemala, México, Perú y Venezuela, que estudian un total

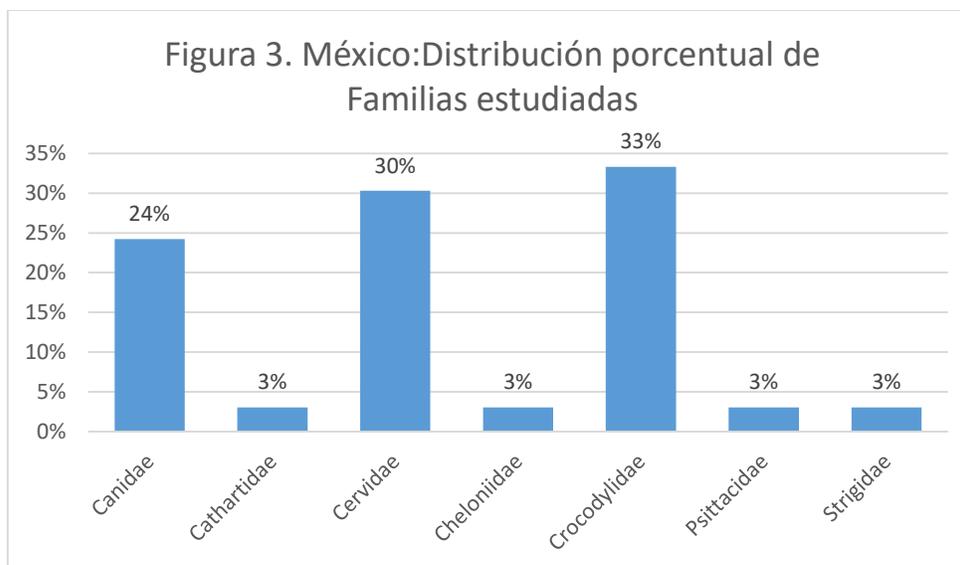
de 33 Familias, de las cuales 20 son mamíferos, 5 aves, 6 reptiles y 2 anfibios; el número de artículos publicados por país varía considerablemente siendo Colombia el que presenta más publicaciones (71) y Cuba el que presenta menos (7), México se ubica en séptimo lugar con un total de 33 publicaciones después de Colombia (71), Ecuador (43), Costa Rica (40), Argentina (38), Chile (37) y Perú (35) (Figura 1).



México presenta un número bajo de familias estudiadas en las publicaciones revisadas (Figura 2), ya que presenta un total de 7 familias estudiadas, lo cual contrasta al compararlo con Perú que solo tiene dos publicaciones más, pero presenta 17 familias estudiadas en sus artículos. El número de familias estudiadas en las publicaciones de México es más parecido a la variación de familias estudiadas en países donde se encontraron menos de 10 publicaciones (Bolivia, Cuba, Guatemala y Venezuela) a pesar de que México tiene más de 30 publicaciones.

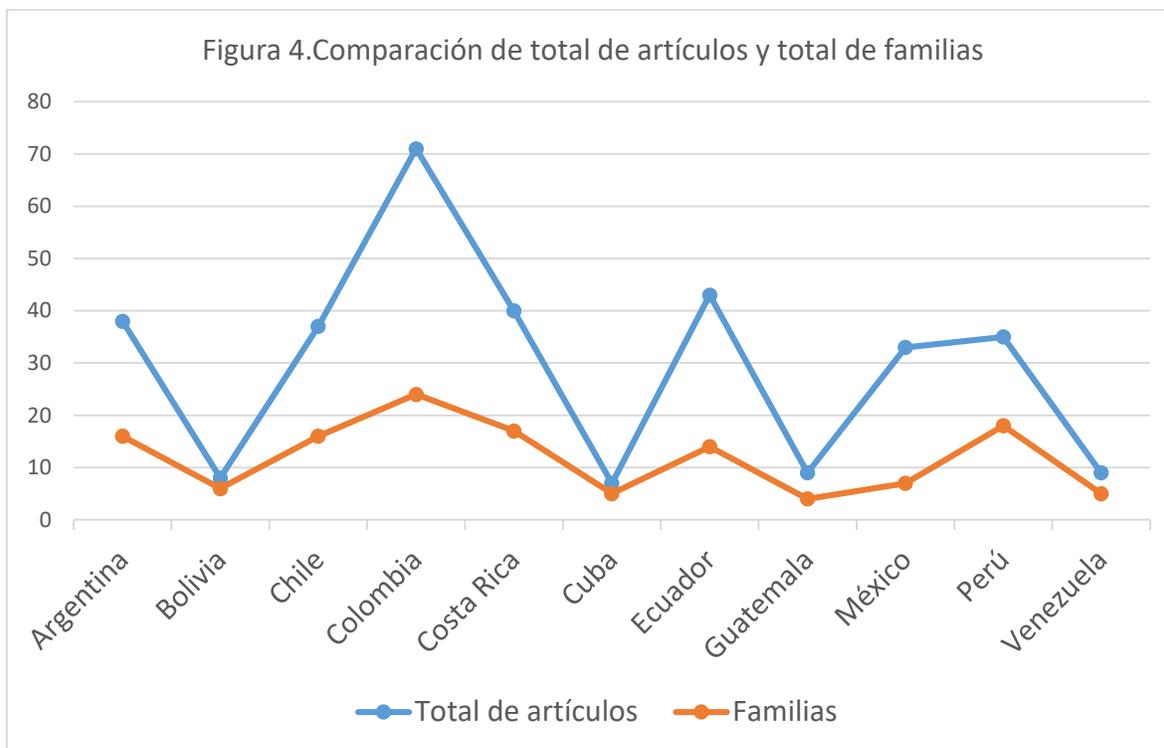


La preferencia de estudio por familias es muy notoria en México, siendo la mayor parte de las publicaciones referentes a las familias Crocodylidae (33%), Cervidae (30%) y Canidae (24%) y las demás familias Cathartidae, Cheloniidae, Psittacidae y Strigidae solo representan un 3% cada una, con un artículo publicado por cada familia (Figura 3), en otros países con un número similar de publicaciones también existe una notoria preferencia por algunas familias, sin embargo, los trabajos publicados abarcan una mayor cantidad de familias con mayores representaciones.



Las preferencias de familias en las publicaciones en México son entendibles si se consideran las especies en las que se ha puesto un mayor esfuerzo de conservación y/o de aprovechamiento en los últimos años, siendo el lobo mexicano (*Canis lupus baileyi*), el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) y el cocodrilo moreletii (*Crocodylus moreletii*) las especies más estudiadas en las publicaciones analizadas. Destaca la ausencia de publicaciones relacionadas con investigaciones de águila real, siendo una especie teóricamente muy estudiada en los últimos años con la creación del Centro Nacional del Águila Real (*Aquila chrysaetos*), el cual ha sido ampliamente difundido a través de medios de comunicación, de igual manera el caso reciente de las primeras crías de águila real logradas a través de inseminación artificial en México, entre otros proyectos que han sido difundidos.

Al hacer una comparación del total de artículos publicados por país y el número de familias estudiadas (Figura 4) se puede identificar con mayor claridad que las especies involucradas en los estudios de manejo en cautiverio en México corresponden más a lo observado en países con un número de publicaciones menor a 10 que, en los más cercanos al número de publicaciones de México.



Conclusiones

Los centros de conservación de vida silvestre han sido considerados en una gran cantidad de países como generadores de conocimiento en ciencias biológicas, con proyectos de morfología, fisiología, etología entre otros y en medicina veterinaria, a través de proyectos de rehabilitación, procesos quirúrgicos, medicación entre otros. Sin embargo, en México es poca la información que se difunde a través de medios académicos e investigación, a pesar de difundirse en medios de comunicación una gran cantidad de resultados y avances en proyectos de manejo y conservación.

Es necesario desarrollar el intercambio de información del conocimiento científico generado en proyectos de investigación en ciencias biológicas y medicina veterinaria sobre el manejo de vida silvestre en cautiverio y todas las posibilidades de trabajo que involucran, de manera que esos procesos que se publiquen como efectivos puedan ser comprobados y enriquecidos en otros centros de conservación para lograr un mayor impacto en las poblaciones naturales y su manejo.

BIBLIOGRAFÍA

- Aprile, G., y Bertonatti, C. 1996. Manual sobre rehabilitación de fauna. *Boletín técnico Fundación de Vida Silvestre Argentina*(31), 111.
- Coon, J., Atkin, M., Gabriel, L, y Pangle, W.M. (2015). Food choice of red-shouldered hawks (*Buteo lineatus*) in a rehabilitation setting: behavioral insights from novel methods. *Journal of Wildlife Rehabilitation*, 35(2): 15-22.
- Department of Environment and Conservation. 2008. *Minimum standards of wildlife rehabilitation in Western Australia*. Kensington: Department of Environment and Conservation.
- Fajardo, I., Babiloni, G., y Miranda, Y. 2000. Rehabilitated and wild Barn Owls (*Tyto alba*): dispersal, life expectancy and mortality in Spain. *Biological Conservation*, 94, 287-295.
- Hatcher, B., & Somershoe, S. (2013). Bald facts about Bald Eagles in Tennessee. Tennessee: Tennessee Wildlife Resources Agency.
- Lascuráin, M., et al. 2009. Conservación de especies ex situ, en Capital natural de México, vol. II: *Estado de conservación y tendencias de cambio*. Conabio, México, pp. 517-544.
- Miller, E.A., Ed. 2000. *Minimum Standards for Wildlife Rehabilitation*, 3rd edition. National Wildlife Rehabilitators Association, St. Cloud. 77p.
- Rees, Paul A. 2015. *Studying captive animals: a workbook of methods in behavior, welfare an ecology*. Wiley Blackwell. Reino Unido
- SEMARNAT. 2000. Ley General de Vida Silvestre. *Diario Oficial de la Federación*.

7

Mauricio Ricárdez Cabrera, Dr. en Urbanismo; La revaloración cultural a través de la identificación de relaciones socioambientales en paisajes hídricos, Sierra Norte de Puebla, México. Estancia posdoctoral de la línea de Procesos Políticos del Doctorado en Estudios Sociales de la UAM Iztapalapa, Ciudad de México, México. Mail: magland3@gmail.com

Este trabajo destaca la pertinencia de identificar relaciones socioambientales en territorios del país, que destacan por su importancia cultural y ecológica a través de prácticas locales, que desde la perspectiva biocultural y sociocultural enfrentan fuertes presiones por la extracción de recursos ambientales como el agua y los minerales.

En México, estos escenarios territoriales representan un desafío para el ordenamiento territorial y la sustentabilidad que han guiado la protección ambiental en los últimos años. En este contexto, la perspectiva de paisaje ha cobrado un mayor interés en el ámbito científico y de la administración pública nacional, por la posibilidad metodológica de vincular lo social y lo ambiental que convoca a diversas disciplinas interesadas en las relaciones sociedad-ambiente, particularmente en el diseño de estrategias de manejo que incluyan las cualidades culturales de arraigo ancestral en zonas específicas como los bosques de agua, para el mejor aprovechamiento de los recursos ambientales de estas áreas.

El estudio se desarrolla en el área de protección de recursos naturales: Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa en la Sierra Norte de Puebla, México, la cual además de incluir el primer complejo hidroeléctrico del país, representa una zona de transición cultural y ambiental entre el altiplano y la llanura costera del Golfo de México y cuyas características de riqueza hídrica y de biodiversidad enfrenta amenazas de deterioro y pérdida del volumen hídrico vinculadas a una desvaloración de las relaciones socioambientales locales en el contexto de una complejidad territorial, que reclama de estrategias integradas, pero incluyentes de participación local, regional y nacional.

Palabras clave: revaloración, patrimonio, relaciones hombre-medio.

DESAFIOS DE LAS RELACIONES HOMBRE MEDIO.

En los últimos años, los retos ambientales han mostrado un incremento aparejado de una mayor complejidad en lo académico, lo político y lo cultural. Desde finales del siglo pasado se esperaba que la propuesta sustentable guiara el desarrollo a una mayor congruencia del desarrollo económico y sus formas de consumo, con relación al ambiente (ya sea en términos de recurso o de patrimonio) y lograr mayor equilibrio entre las dimensiones económicas, sociales y ambientales. Sin embargo, esta búsqueda se ve limitada frente a la necesidad de mantener un ritmo económico creciente, lo que ha propiciado mayores contingencias e impactos, cuya suma se califica desde principios del siglo XXI como crisis civilizatoria (Beck, 2001; Segrelles, 2008).

Lejos de superar la polaridad hombre-naturaleza, el escenario actual ha generado una mayor complicación de términos e interpretaciones con pocos logros y acciones reales con efectos territoriales y prácticos en escenarios rurales o urbanos, los cuales manifiestan un enfrentamiento creciente de sus procesos como característica actual de una sociedad confrontada por sus propios logros.

¹ Estancia posdoctoral en la línea de procesos políticos del Doctorado en Estudios Sociales, de la UAM Iztapalapa, Ciudad de México. Mail: magland3@gmail.com

Algunos autores refieren que este escenario se acentúa por la prolongación de la modernidad, a través de una sobremodernidad, a través de nuevos formatos tecnológicos web, principalmente en las comunicaciones, los cuales, además de fragmentar las localizaciones, acelera las contradicciones que la modernidad anterior ha generado a un nivel de consumo, interacción y velocidad virtual nunca antes visto (Augé, 2000; Vásquez, 2007).

En este contexto, se esperaba que la propuesta sustentable hubiera logrado una sistematicidad capaz de invertir la polaridad sociedad-naturaleza que ha guiado no solo la fragmentación científica, sino también el sesgo en la visión utilitarista de la naturaleza frente a un materialismo que inhibe la producción social de los lugares.

Esto puede significar que la propuesta sustentable, también ha sido absorbida por la crisis discursiva de la sobremodernidad, pues tanto la inequidad social como los riesgos ambientales a cualquier escala no han disminuido, lejos de ello el escenario es complejo y de mayor desafío.

Esto se puede identificar con el incremento de indicadores de incertidumbre que enfrenta el desarrollo sustentable desde su aparición con el informe *Brundtland* en 1987, el cual buscó desahogar la presión de los límites del crecimiento publicado por el Club de Roma en 1972. Desde entonces, la sustentabilidad ha tenido que agregar (¿o enfrentar?), importantes perspectivas de impacto global entre los que destaca: La Huella Ecológica y el Cambio Climático. Mientras tanto, el establecimiento de una nueva era planetaria sin retorno, conocida como el Antropoceno ha cobrado mayor consenso (Fernández, 2011), por el impacto humano que ha modificado las características del Holoceno, periodo sobre el que se desarrolló la civilización humana, donde el actual modo de vida atenta contra la civilización misma. A escala planetaria la COP-21 celebrada en París, busca ya mantener la temperatura de la tierra en 1.5 grados promedio, después de que el año 2015 fuera el más caliente en el último siglo ¿Es esto una evidencia de la crisis de la sustentabilidad del actual desarrollo?

En este contexto, existen diversas propuestas que advierten la necesidad de ver los procesos sociales y ambientales de manera integrada y superen tanto posiciones antropocéntricas como ecocéntricas, que en el discurso sustentable aún se manifiestan. Entre los principales motivos de consenso científico, económico y político, destaca la complejidad con que se presentan impactos en el agua, aire y suelos, además de desastres y amenazas multifactoriales a diversas escalas, las cuales ya no es posible verlas aisladas. No obstante, los ámbitos favorecidos de la sustentabilidad funcionan por lo general destacando sólo ciertos aspectos de la relación medio-economía-sociedad, con manejos discrecionales desde la trinchera política como son los megaproyectos mineros y de infraestructura, fracking, el abastecimiento hídrico lejano, monocultivos, entre otros.

Una forma de advertir la persistencia de esta dualidad, es la que desde la administración pública se practica, al disociar los ordenamientos territoriales y urbanos de los ordenamientos ecológicos, los cuales, además de ser instrumentos que sólo pretenden integrar diversos ámbitos sociales y ambientales, pues no son vinculantes, sólo son indicativos en lo jurídico, además de que en términos técnicos, presentan

diversas diferencias de integración, que en suma debilita cualquier alcance sustentable (Sánchez M.T. y J.M. Casado, G. Bocco, 2013).

Este escenario ha motivado diversas reflexiones, que sugieren una forma distinta de ver de manera integrada y sistémica no solo la sustentabilidad, sino la vida misma a diversas escalas. Es el caso de la propuesta de racionalidad ambiental de Enrique Leff (2004), la cual define como la reapropiación social de la naturaleza como forma de invertir la oposición y efecto autorreferente de degradación del ambiente por la forma mercantilista de considerar a la naturaleza como recurso. El autor lo refiere como un paradigma alternativo fundado en un proyecto social a partir de la autonomía cultural de los pueblos.

Otro ejemplo corresponde a la exploración del metabolismo social por Víctor Toledo y Manuel González (2007), en una perspectiva para comprender el carácter abierto de los subsistemas energéticos del planeta, que se intercambian entre el quehacer humano, y la naturaleza (ecosistemas) y donde todos los flujos de materia y energía convergen y se determinan a través de cinco fases: la apropiación, la distribución, el consumo y la excreción.

Mientras tanto, desde la ecología se busca consolidar una perspectiva transdisciplinaria a través de la propuesta socioecosistémica, donde se puede leer en un artículo reciente de 36 investigadores latinoamericanos liderados por Tamara Ortega (et. al., 2014:125), sobre la búsqueda de hacer explícita la heterogeneidad, complejidad e incertidumbre resultante de la interacción entre el ser humano y el medio biótico y abiótico como un mismo todo natural.

A todo esto, la relación sociedad-naturaleza, ¿no es la que al fin y al cabo la geografía de Carl Sauer trato de integrar a través de su mirada cultural? ¿ No es el territorio el que en términos reales integra ambos componentes? ¿Hasta donde llegarán los esfuerzos para integrar lo que en la realidad esta unido? Son precisamente nuestras prácticas humanas, el modo de vida moderno que ya tenemos incorporado como chip de conducta y consumo, producto de una artificialización (confundida con bienestar) de la vida, donde el esquema urbano juega un papel determinante al lado de la hiperespecialización científica no socializada (quiero decir privada), la que reproduce este escenario. De tal forma que la suma de este proceso práctico continuo, opera de manera disociada y no acorde en la lógica de escalas planetarias como afirma Toledo (Ibíd.). En consecuencia, es en suma el conjunto de prácticas la que han modificado nuestra cultura. Entonces ¿Qué es la cultura?

LA CULTURA EN LOS PAISAJES HIDRICOS.

Precisamente, una de los impactos civilizatorios de la globalización actual se identifica en la crisis cultural. Esto implica que en términos conceptuales y prácticos este concepto se encuentra en un importante dilema por la banalización a la que ha sido objeto, principalmente por los esquemas de consumo en una economía capitalista (Tirzo, 2016).

Gilberto Giménez advierte que generalmente la cultura se define desde la perspectiva antropológica en un sentido etnográfico y relacionada a una idea de civilización, en la que se destaca el sentido complejo del término al incluir conocimiento, creencias, arte, moral, el derecho, costumbres y demás... del hombre, en cuanto miembro de una sociedad (Giménez, 2007:25).

El problema es que a partir de la reflexión desde la antropología y sociología, la transversalidad de la cultural, tanto en su contexto teórico como en el corpus de su praxis, ha sido absorbido por la perspectiva economicista de los bienes de consumo, lo cual genera confrontación con tópicos transversos como: el derecho, la noción de recurso, el desarrollo, la identidad y el patrimonio (Giménez, 2007; Tirzo, 2016; Rivero y Martínez, 2016).

Esta situación ha desarrollado un amplio debate no sólo en la reinterpretación de la cultura, sino también en torno a tópicos muy relacionados como el patrimonio y el territorio por los componentes de apropiación, pertenencia (correspondencia social), identidad y dominio que comparten estos conceptos. Con esto queremos advertir que en el contexto de la actual crisis civilizatoria, el grado de complejidad resultante de este entramado pueda estar obligando a retomar las nociones integradoras desde la cultura.

A pesar que el territorio puede referirse desde la perspectiva social, económica o ecológica, es el carácter político y de dominio humano lo que puede articular al mismo tiempo lo social y lo natural. Es decir, a través de la pertenencia a un individuo, grupo social o diversos grupos sociales que compartan determinado territorio, como es el caso de los grupos étnicos en México o como es el caso de municipios de la CDMX y del Estado de México que comparten el Valle de México.

Esta forma de articulación, también compete a la noción de patrimonio, que pasó a la largo del siglo pasado de ser un concepto de descripción histórica a uno de identidad y últimamente a una noción de recurso, es decir de lo intangible a lo tangible y a considerar ambos, en un redireccionamiento a la esencia de su significado, es decir, la tutela y la pertenencia de bienes individuales y sociales.

Este planteamiento será atendido en un artículo que ya se trabaja para explicar esta complejidad, mientras tanto, partimos de la idea de patrimonio cultural como una perspectiva que está caminando en la necesaria sensibilización social de la relación hombre-medio a diversas escalas y a través de diversas manifestaciones. Donde el cuidado del medio y prácticas socioculturales adquieren un papel de correspondencia a diversas escalas. Esta perspectiva puede ser integrada a través de la noción de patrimonio, como se identifica a través de las últimas propuestas de la UNESCO.

La estrategia de categorización del patrimonio universal toma su forma actual a partir de la aprobación en 1972 la Convención del Patrimonio Mundial. El patrimonio cultural y natural forma parte de los bienes inestimables e irremplazables no sólo de cada nación sino de toda la humanidad. A partir de los trabajos y resoluciones de la UNESCO, el patrimonio se define como el conjunto de bienes naturales y culturales generados localmente y de valor excepcional que incluye monumentos, conjuntos y lugares, así como monumentos o formaciones naturales y con un grado de conservación evidente (UNESCO, 2005).

En este sentido, México cuenta con una diversidad de bienes patrimoniales ya sea tangibles e intangibles y es a través de la cultura, como se puede asociar la condición humana y natural en un testimonio de valores y trabajo de generaciones antecesoras, para formar parte hoy de los bienes individuales o sociales que han merecido y merecen conservarse. En efecto, lo que unas generaciones transmiten a otras no son sólo cosas: son también ideas, conocimientos, representaciones del mundo, valores, costumbres y tradiciones, además de objetos, testimonios y documentos de otras épocas que quedan plasmadas en los lugares.

Este acercamiento en el contexto de una territorialidad ha permitido retomar la noción de paisaje cultural, después de que la escuela de Sauer lo hubiera planteado a partir de una geografía cultural norteamericana. Fue hasta 1992, que la UNESCO, reconoce e integra esta noción y la define como:

Conjunto de bienes culturales y representan las “obras conjuntas del hombre y la naturaleza” mencionadas en el Artículo 1 de la *Convención*. Ilustran la evolución de la sociedad y de los asentamientos humanos a lo largo de los años, bajo la influencia de las limitaciones y/o de las ventajas que presenta el entorno natural y de fuerzas sociales, económicas y culturales sucesivas, internas y externas.... El término *paisaje cultural* comprende una gran variedad de manifestaciones de la interacción entre la humanidad y su entorno natural... Los paisajes culturales reflejan a menudo técnicas concretas de utilización viable de las tierras, habida cuenta de las características y los límites del entorno natural en el que están establecidos, así como una relación espiritual específica con la naturaleza. La protección de los paisajes culturales puede contribuir a las técnicas modernas de utilización viable de las tierras, conservando al mismo tiempo o realzando, los valores naturales del paisaje. La existencia duradera de formas tradicionales de utilización de las tierras sustenta la diversidad biológica en numerosas regiones del mundo. Por consiguiente, la protección de los paisajes culturales tradicionales es útil para mantener la diversidad biológica (UNESCO, 2005: 11).

Esta revolución conceptual, ha permitido ver al territorio como un recurso cultural que trasciende la sola noción de recurso natural, donde el territorio adquiere una dimensión patrimonial que involucra a los habitantes y sus perspectivas de vida en un intercambio de procesos multiescala con otras lógicas territoriales. Sin embargo, cabe reconocer que este proceso también ha implicado una proliferación de términos y acercamientos por la necesidad de reinterpretar desde distintos frentes disciplinares la noción de paisaje como forma, contenido y significado cultural.

La disyuntiva emergente es ¿desde que perspectiva o desde que grupo social se define un paisaje cultural? La discusión se amplía frente a las nuevas formas de revaloración del territorio, particularmente en ámbitos que incluyen la cualidad de paisaje, pero también de recurso como los paisajes hídricos.

México es un país de montañas, sin embargo, alrededor de un tercio de estas se ubican en áreas desérticas y una quinta parte en ambientes semidesérticas, lo cual refiere una incompatibilidad con la distribución de ciudades y actividades humanas demandantes del recurso hídrico. Es sabido de la vulnerabilidad del elemento hídrico en el país tanto en el sentido del manejo que en los últimos 30 años padece el país como en el global con el cambio climático.

Esta situación exige ver nuestro territorio nacional desde perspectivas mas integradoras pero transversales con diversos tópicos de análisis, particularmente en estos momentos de crisis contagiosa. Es el caso de los paisajes hídricos, que en términos de eficiencia,

son pocas las cuencas que pueden tipificar como tal. La vertiente del sotavento del Golfo de México puede tipificar como un ámbito geográfico con una riqueza de paisajes hídricos. Un paisaje hídrico o paisaje del agua son los ámbitos territoriales, en los que a partir de condiciones favorables de fuentes de agua dulce o salda, o en combinación, que generan un producto cultural e histórico a partir del uso, apropiación y producción de formas de vida, asentamiento y reproducción conjunta sociedad-naturaleza a partir del elemento hídrico. Con esto decimos también, que el agua es un catalizador de la vida en los territorios (donde no hay agua no hay vida), donde algunos ámbitos territoriales destacan por la riqueza hídrica a partir de su extensión y caudal de escorrentía (Cotler, 2004).

Por lo general, estos ámbitos de abundancia hídrica coinciden con abundancia cultural. Esto es de mucho interés para categorías patrimoniales como aquellas Áreas Naturales Protegidas situadas en montañas húmedas. Es el caso del Área Natural Protegida de la Cuenca del Río Necaxa (APRNCHRN), su carácter estratégico, motivo al presidente Lázaro Cárdenas a declararla zona de veda forestal desde 1938.

Pasaron 64 años para que esta zona se decretara con la categoría de área de protección de recursos naturales, pero fue hasta el 2003 que se definió un polígono real en el marco de la normatividad de la LEGEEPA con una extensión de 41.973 hectáreas como Área de Protección de Recursos Naturales cuenca Hidrográfica del Río Necaxa (CONANP, 2014).

La importancia del área radica en que permitió el desarrollo del primer complejo hidroeléctrico del país y en consecuencia, el despegue industrial de la Ciudad de México desde los años 20 del siglo XX. El desarrollo del complejo hidroeléctrico, se compone de cinco presas escalonadas (Necaxa, Tenango, Nexapa, La Laguna y los Reyes) y cuatro plantas generadoras (Necaxa, Texcapa, Tepexic y Patla) que además integran las subestaciones del El Carmen y El Salto, se concretó a lo largo de la primera mitad del siglo XX.

Los vasos y las plantas generadoras, también incorporaron un conjunto de túneles, canales y galerías filtrantes para alimentar a las presas, que integraron en su momento, una obra de ingeniería sin precedentes en la industria hidroeléctrica a nivel mundial. Este proceso representó también la consolidación de la industria eléctrica nacional paralelo al movimiento revolucionario, que para 1914 derivó en el Sindicato Mexicano de electricistas (SME), no obstante que la nacionalización final de la Mexlight fue hasta 1960 cuando pasa a ser la Compañía de Luz y Fuerza del Centro (LyFC). La importancia histórica del complejo por su carácter pionero en la ingeniería eléctrica mexicana también permitió la consolidación de la primera empresa de electrificación de la Ciudad de México y el centro del país.

Para ubicar el APRNCHN, debemos situarnos al sur de la Sierra Norte de Puebla como sector de la Sierra Madre Oriental en una transición de la llanura costera del Golfo de México y el Altiplano Central, por lo que el conjunto de sierras están formadas por estratos plegados sobrepuestos entre rocas sedimentarias calcáreas y arcillosas de edad mesozoica, predominantemente de origen marino. La altitud es muy variada, dados los profundos valles y sistema de laderas como el que caracteriza a la zona de estudio, que va desde los 500 metros hasta los 2500 m.s.n.m.

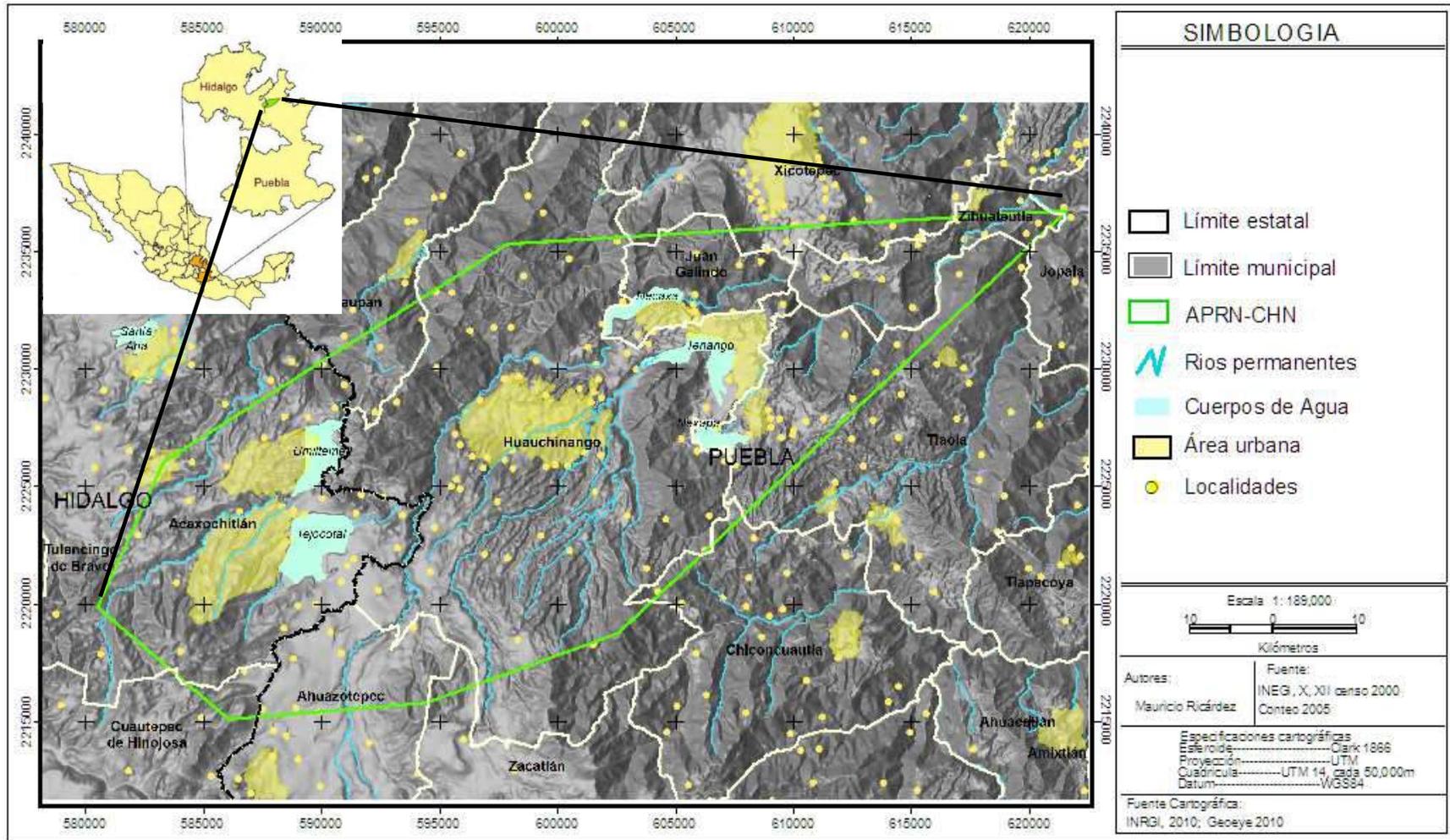
Se identifica en el mapa 1, el polígono que comprende el área de estudio con una superficie de 2.646 kilómetros cuadrados en el contexto territorial de 12 municipios, de los cuales 2 pertenecen al estado de Hidalgo (Cuautepéc y Acaxochitlán) y 10 al estado de Puebla (Zihuateutla, Zacatlán, Xicotepec, Tlaola, Naupan, Juan Galindo, Jopala, Huauchinango, Chiconcuautla, Ahuazotepec). Las características tanto biofísicas como culturales, que hacen de esta área protegida tan relevante, se resumen en las siguientes consideraciones:

En términos biofísicos:

- a) Transición ecosistémica entre 400 y 2300 m.s.n.m., que conserva seis ecosistemas (bosque de pino, pino-encino, de galería, selva alta perennifolia y el mesófilo de montaña). Fue a razón de la profundidad de sus cañadas asociado a los saltos del agua de sus ríos que en 1938 se decreto zona de veda, en la intención de proteger los cauces asociados al CHN.
- b) Se ubica en el intersticio de la región hidrológica prioritaria 76 y la región terrestre 102.
- c) Los cuerpos de agua del APRNCHN, tipifican como sitios RAMSAR desde 2006.
- d) Hábitat de 874 especies animales y vegetales relevantes, de las cuales 37 están amenazadas.
- e) Importante área de captación hídrica y regulación climática.

En términos socioculturales:

- a) Su circunscripción corresponde al área de operación del CHN como primer desarrollo hidroeléctrico del país.
- b) Se encuentra en una de las zonas bioculturales más importantes del país donde confluyen los pueblos originarios Nahuas y Totonacos, además de ser un corredor histórico-cultural que desde la época prehispánica ha sido conexión entre el Golfo y el Altiplano, actualmente el llamado corredor México-Tuxpan.
- c) Posee su propio código llamado de Cuaxicala, que aún no ha sido estudiado y reconocido en el contexto regional y nacional, considerando que muchos de los códigos se encuentran fuera del país.
- c) Conocimiento agroforestal nativo sobre la siembra escalonada en distintos pisos altitudinales asociada con ciclos temporales.



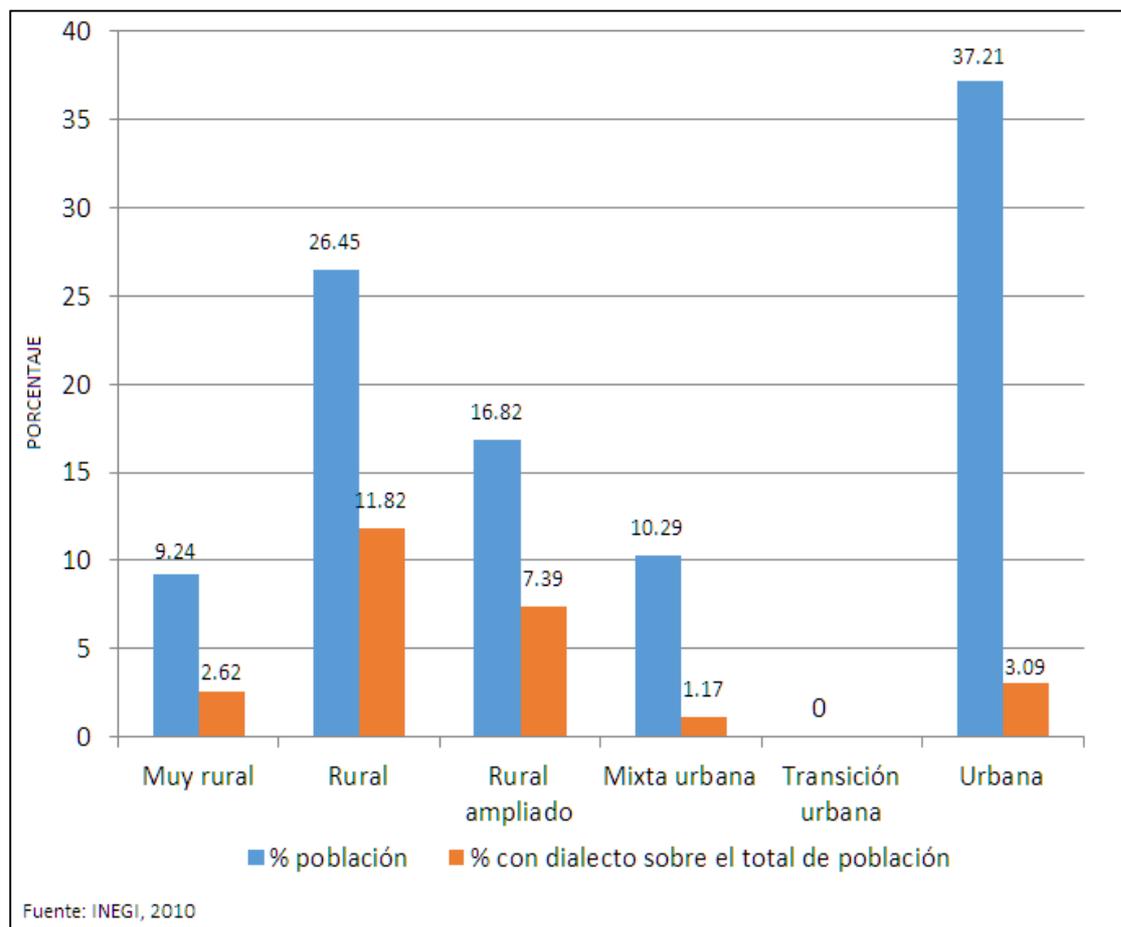
Mapa 1. Ubicación del APRNCHN en el contexto del estado de Puebla.

A pesar de la importancia y relevancia con la que se pueda catalogar a esta zona protegida, no cuenta con un plan de manejo que por ley debiera de operar como cualquier otra de su categoría. Esta circunstancia refiere ya una continuidad en la complejidad de circunstancias territoriales no resueltas que se abordan de manera sectorial, a pesar que se han desarrollado diversos estudios entre los que destacan el diagnóstico del sistema hidrológico (Barrios et. al, 2002), Saneamiento Integral de la Zona Hidrológica de Necaxa (UNAM, Luz y Fuerza del Centro, CONAGUA, 2000), Estudio de ordenamiento ecológico territorial de las cuencas hidrológicas de los ríos Necaxa y Laxaxalpan (UACH; INECOL, 2003), decreto RAMSAR (2008), todos ellos previos al estudio justificativo para la modificación de la declaratoria (CONANP, 2013) y el programa de manejo preliminar del área de protección de recursos naturales, zona protectora forestal vedada, Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa en 2014, que aún no ha logrado ser oficial.

El amplio interés en perspectiva de recurso natural en los estudios sobre el APRNCHN, que versan desde atender el enclave hidroeléctrico hasta los intereses de generar otro trasvase de agua para el centro de México, contrasta con la limitada perspectiva cultural. No obstante que hablamos de un lugar poseedor de dos códigos locales como son el Xolotl y el de Cuaxicala reconocido reciente mente como Memoria del Mundo por la UNESCO y que refieren además las fuertes relaciones políticas y económicas con la triple alianza, a través de peregrinaciones relaciones multiculturales y comerciales que desde entonces han caracteriza a esta zona con el altiplano mexicano (Offner, 2010).

La cualidad cultural originaria del área protegida se identifica en la población hablante de lengua indígena que representa 26.09% de la población total con 39,407 hablantes Sin embargo, la población indígena esta presente en el 83.3% de las localidades, particularmente en las rurales. En la gráfica 1 se puede identificar la distribución de la población indígena, respecto a la población total por tamaño de localidad, donde las localidades de 500 a 5000 habitantes, es decir las rurales y rural ampliadas agrupan el 73.63% de la población total indígena en la zona de estudio.

Significa que estas localidades, a pesar de ser pequeñas manifiestan un fuerte arraigo con patrones tradicionales de vida que se han mantenido al margen de la urbanización por sus condiciones de marginación topográfica. En este sentido, las localidades con más de 50% de población indígena son 39, de las cuales 19 son muy rurales y 20 son rurales. De este conjunto cinco manifestaron tener más de 90% de población indígena, Matlaluca y Xopanapa como localidades muy rurales en el municipio de Huauchinango, mientras que las localidades rurales de Tecpatán y Zihuateutla en el municipio de Zihuateutla y la localidad de Chachahuautla en el municipio de Naupan.



Grafica 1. Proporción de la población indígena por rango-tamaño de localidad en el APRNCHN, 2010.

Destaca también las localidades de habla indígena o dialecto en la localidad urbana de Huauchinango. Estas corresponden a la población de antiguas localidades que han sido absorbidas por el crecimiento urbano de Huauchinango, no obstante, es población con formas culturales muy arraigadas que mantienen alrededor de su lengua, diversas relaciones socioculturales con la propia localidad de Huachinango y con su entorno. En términos de toda el área de estudio representan 3.09%, pero para la localidad urbana de Huauchinango, esta población corresponden al 8.32%, lo cual es significativo si se toma en cuenta que es una ciudad de más de 50 mil habitantes.

LA IMPORTANCIA DE LA REVALORACIÓN CULTURAL. ¿POR DONDE EMPEZAR?

La valoración del paisaje ha tomado un gran auge en estudios del territorio en la perspectiva ambiental y de ordenamiento, así como el visual y con ello las propuestas metodológicas, dados los requerimientos de impacto cualitativo o cuantitativo sobre los componentes ambientales, no obstante que últimamente se buscan también los socioambientales. Al respecto los trabajos de Franch-Pardo & Cancero-Pomar (2016) y García-Romero (2014), hacen referencia tanto a la cuestión visual en el primer caso,

como a los enfoques desde la perspectiva ambiental y física en el segundo caso. Sin embargo, ya Urquijo y Barrera (2009), advertía sobre los escasos trabajos empíricos sobre el paisaje en México y en particular sobre paisaje cultural. De tal forma que la valoración cultural, generalmente se asocia a la perspectiva turística y visual del territorio en la búsqueda de una valoración económica del territorio.

En este contexto, la valoración que proponemos es primordial a cualquier valoración económica, dado que el valor de pertenencia está antes que el potencial económico, particularmente frente a diversas amenazas en las que se incluye la planeación sectorial y sesgada que muchas veces se promueve desde una lógica turística no adecuada y de fuerte corte político. La valoración cultural que se propone corresponde a la identificación de elementos endógenos, sociales, ambientales y culturales por parte de los actores locales y la población, que representen identidad, arraigo e importancia en la integración patrimonial local.

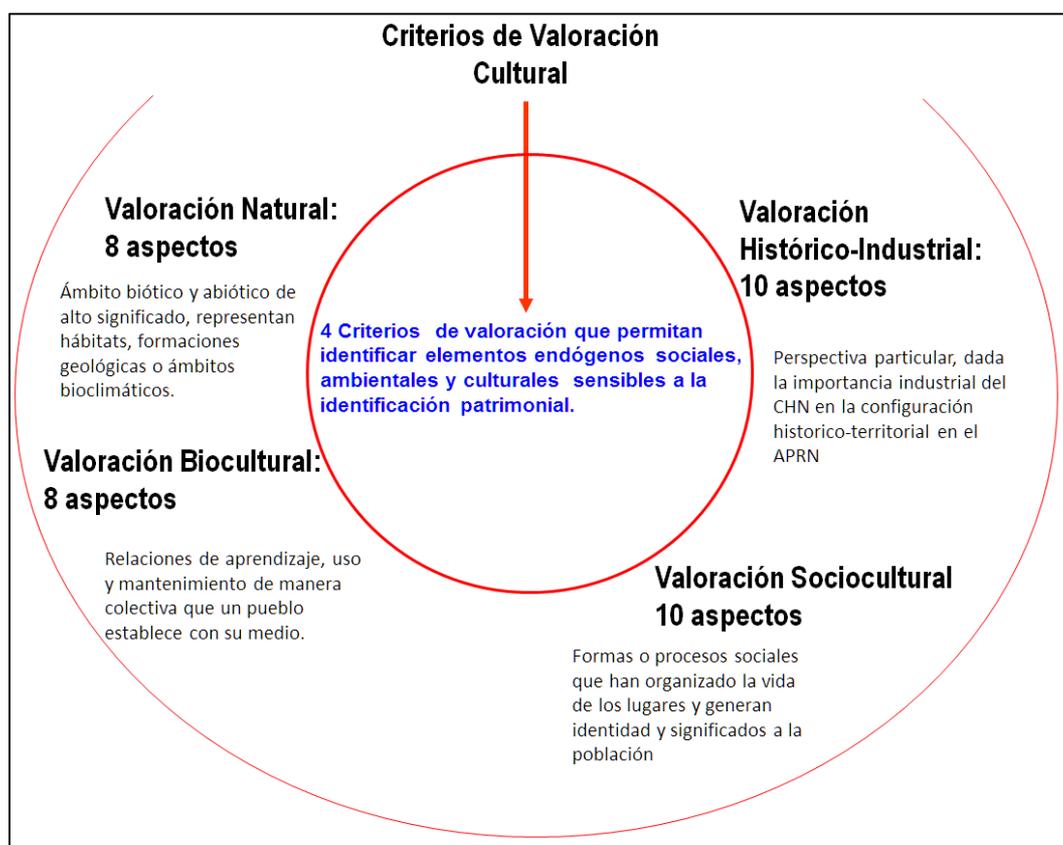
En términos generales, de no ser en la perspectiva turística, la valoración de las cualidades de los elementos señalados en el apartado anterior, se hace por individuos o intereses externos a los lugares, como en el caso del APRNCHN, donde la propia población no reconoce la trascendencia del Complejo Hidroeléctrico o de los bosques de agua, así como el conocimiento biocultural ancestral. No obstante es muy importante señalar, que se encontró a la población muy sensible a razón de lo que se conoce como proyecto turístico integral del corredor Huachinango que desde la administración de Moreno Valle se anunció, el cual refería una similitud al esquema de Valle de Bravo (campo de gol, malecón, esquí acuático y residencias a orilla de las presas), sin considerar siquiera, la capacidad de carga que en términos de urbanización ya presenta el área de las tres presas (Necaxa, Tenango y Nexapa), (El Sol de Puebla, 27 de diciembre de 2017; Regeneración, 28 de abril, 2017).

Esta circunstancia influyó en que los participantes del taller realizado pidieran una explicación amplia de los criterios de valoración a analizar, para aclarar y manifestar su preocupación. Esto influyó de manera definitiva en la ponderación de opiniones como se verá más adelante.

COMO SE HIZO.

Para tal efecto, se desarrolló una estrategia que vinculara la parte ambiental con la vivencia social, a partir del desarrollo de la integración de criterios de valoración cultural. El diseño, cubre cuatro rubros a partir de las experiencias de la CIFOR (1999), UNESCO (2014) y Cambón (2009), con objeto de integrar la perspectiva de los actores locales y no de los expertos, es decir de quienes viven el paisaje y forman parte de su sentir cultural.

La aplicación de la metodología multicriterio, requirió de la organización de un taller de valoración en la localidad Nuevo Necaxa en abril de 2017, a lo cual se desarrolló una convocatoria en las localidades aledañas a las presas Necaxa, Tenango y Nexapa en coordinación con la oficina del APRNCHN. Para esto se diseñó un instrumento con cuatro criterios de valoración con amplia inclusión de elementos territoriales para ponderarlos a través de prioridad e importancia, la definición de los criterios se resume en la figura 1.



Fuente: elaboración propia con base en CIFOR (1999), UNESCO (2014) y Cambón (2009).

Figura 1. Criterios de valoración cultural aplicados en el taller desarrollado en Nuevo Necaxa.

La evaluación multicriterio, comprende un conjunto de técnicas que permiten evaluar diversas alternativas de elección a la luz de múltiples criterios y prioridades. A partir de las necesidades de toma de decisiones, instituciones como la CIFOR han desarrollado herramientas multicriterio con objeto de dar solución a diversos conflictos ambientales, debido a que estas técnicas permiten integrar de manera sistemática y rigurosa información de cualquier tipo tangible e intangible, dado que los algoritmos en los que se basa hacen posible considerar en forma participativa y fundamentada cada uno de los factores, procesos y alternativas que son relevantes para alcanzar una meta previamente definida.

En términos preliminares, el taller organizó con 33 actores clave que acudieron a la convocatoria y se generaron tres grupos, uno por cada presa (Presa Necaxa, Presa Tenango y Presa Nexapa), de tal forma que no hubiera intervención en la decisión de participación, se registraron 8 expertos, para Tenango 10 expertos y para Nexapa 15 expertos (figura 2.). El diseño del taller comprendió dos partes: el ejercicio multicriterio a partir de la metodología de la CIFOR (1999). Los resultados parten de un análisis estadístico para identificar mediante la importancia y prioridad de los aspectos más importantes y con ello las características de valoración.



Figura 2. Aspecto del Taller desarrollado en Nuevo Necaxa.

Por lo general las metodologías de integración como las matrices Eisenhower o de Covey comparan lo importante con lo urgente. En nuestro caso comparamos la importancia con la prioridad, a partir del porcentaje ponderado. Para tal efecto, se integran cuatro matrices que resumen los aspectos de cada criterio de valoración con el objeto de identificar la relación importancia frente a prioridad a través del porcentaje de estos rubros para agrupar la alta o baja importancia y prioridad para cada uno de estos presupuestos, donde la importancia corresponde al peso que cada actor otorgó a cada aspecto respecto al conjunto en su criterio correspondiente. La prioridad correspondió al grado de atención que cada actor le asignó a cada aspecto respecto al conjunto en su criterio correspondiente.

DISCUSIÓN.

Cabe considerar que el carácter patrimonial del territorio deberá empezar por la sensibilización de la propia población como los actores sobre los que recae la presión por el cambio de uso de suelo y de actividades que se proponen en los lugares, como las que les preocupa a los pobladores del área de estudio. Se advierte en la zona una clara preocupación por la pérdida de características socioambientales singulares, particularmente las que han caracterizado a la zona.

Esto sitúa a la percepción social en una disyuntiva peligrosa: que la población pierda el sentido de pertenencia y vivencia cultural, particularmente cuando las nuevas generaciones desplazan hábitos y actividades tradicionales por los nuevos procesos de ocupación como los proyectos turísticos o generar una inflexión hacia el reconocimiento, defensa y revaloración de los elementos singulares del paisaje.

El área de estudio, incluye un enclave hidroeléctrico que a un siglo de edad, sigue activo y se ha vuelto estratégico, no sólo por su posición técnica en la red eléctrica nacional, sino también por manifestar características históricas y de reconocimiento industrial, pero que no se ha consolidado y socializado de forma satisfactoria. Significa que a razón de la disolución de la compañía Luz y Fuerza del Centro y su sindicato, la población le ha perdido sentido de pertenencia.

Esto se refleja en los resultados preliminares que mostramos como síntesis general de la primera fase este ejercicio, donde se muestran los aspectos más importantes de cada criterio, mostrando también el porcentaje respecto al total ponderado del criterio. Cabe volver a comentar que a razón del consenso en la preocupación de los asistentes sobre los proyectos en puerta para la zona, la inquietud sobre condiciones ambientales y la desvaloración de desapego con las infraestructuras hidroeléctricas, marcaron el común de los resultados del ejercicio.

De esta forma, se aprecia en los tres cuadros síntesis que los ríos, relieve, vegetación y especies nativas son las más importantes, es decir los componentes bióticos y abióticos, mientras que el ámbito de infraestructura relacionado al complejo hidroeléctrico, los actores no lo consideran importante. El consenso influyó de tal forma que para prioridad, de igual forma son los mismos componentes.

La revaloración de la población de esta zona del paisaje es a razón de amenazas del cambio de uso de suelo. Los elementos bióticos y abióticos como importantes para la población refieren el arraigo y la necesidad de conservarse, no así las infraestructuras que a pesar que han convivido a más de un siglo en la zona, no son importantes, probablemente porque la relación cultural con la población es casi inexistente, particularmente con la participación privada que opera ahora en la zona. Es una oportunidad para el desarrollo de una estrategia de rescate y recuperación ambiental pero participativa, paralelo a la sensibilización de las actividades hidroeléctricas como beneficiarias de las condiciones hídricas del área protegida. Implica una acción de política pública que se transforma en responsabilidad empresarial, dada la herencia histórica del lugar y su potencial para seguir produciendo electricidad.

	ALTA	BAJA
Importancia	A6. Ríos, humedales y cuerpos de agua con cualidades singulares 5.8 A7. Relieve (volcanes, montañas, cañadas o laderas, puertos orográficos), con geología o hábitats singulares (sitios fósiles) 4.9 A5. Especies vegetales o animales en peligro de extinción 4.8 A8. Sitios de singularidad bioclimática o meteorológica 3.9 B7. Medicina tradicional 3.8	D6. Caminos y líneas férreas 1.7 D4. Ductos hidráulicos, respiraderos y válvulas 1.7 D5. Infraestructura de maniobras (malacates y grúas) 1.7 D7. Líneas de cableado y estaciones eléctricas 1.6 D8. Campamento e instalaciones administrativas 1.4 D10. Registros, efemérides y documentos

	<p>C4. Gastronomía local (pueden estar asociadas a lugares, plazas o fechas) 3.8 A1. Especies vegetales nativas y endémicas 3.6 REPRESENTA 30.5%</p>	<p>históricos (arte, películas y reliquias industriales). 1.3 D9. Gremios y organizaciones sociales, o lúdicas (clubes y agrupaciones) 1.3 REPRESENTA 10.7%</p>
Prioridad	<p>A6. Ríos, humedales y cuerpos de agua con cualidades singulares 5.4 A5. Especies vegetales o animales en peligro de extinción 4.9 A7. Relieve (volcanes, montañas, cañadas o laderas, puertos orográficos), con geología o hábitats singulares (sitios fósiles) 4.5 A2. Especies animales nativas y endémicas 4.2 A1. Especies vegetales nativas y endémicas A8. Sitios de singularidad bioclimática o meteorológica 3.7 A3. Especies vegetales o animales de importancia ritual o tradicional 3.5 REPRESENTA 29.7%</p>	<p>D6. Caminos y líneas férreas 1.6 D5. Infraestructura de maniobras (malacates y grúas) 1.6 D7. Líneas de cableado y estaciones eléctricas 1.3 D10. Registros, efemérides y documentos históricos (arte, películas y reliquias industriales) 1.2 C2. Actos o efemérides que rememoren reubicaciones de asentamientos con algún acto o ceremonia 1.1 D9. Gremios y organizaciones sociales, o lúdicas (clubes y agrupaciones) 1.1 D8. Campamento e instalaciones administrativas 0.9 REPRESENTA 8.9%</p>

Matriz de resultados del grupo Necaxa

	ALTA	BAJA
Importancia	<p>A1. Especies vegetales nativas y endémicas 10.3 A2. Especies animales nativas y endémicas 8.0 A3. Especies vegetales o animales de importancia ritual o tradicional 6.3 A7. Relieve (volcanes, sierras, montañas, cañadas o laderas, puertos orográficos), con geología o hábitats singulares (sitios fósiles). 5.7 A6. Ríos, humedales y cuerpos de agua con cualidades singulares. 5.1 A5. Especies vegetales o animales en peligro de extinción 4.6 B7. Medicina tradicional. 4.4 REPRESENTA 44.4%</p>	<p>D6. Caminos y líneas férreas.0.9 D1. Centrales hidroeléctricas (casa de máquinas y talleres).0.8 D4. Ductos hidráulicos, respiraderos y válvulas.0.7 D10. Registros, efemérides y documentos históricos (arte, películas y reliquias industriales).0.7 D5. Infraestructura de maniobras (malacates y grúas (industriales). 0.6 D8. Campamento e instalaciones administrativas 0.6 D7. Líneas de cableado y estaciones eléctricas 0.5 REPRESENTA 4.8%</p>
Prioridad	<p>A1. Especies vegetales nativas y endémicas 8.5 A5. Especies vegetales o animales en peligro de extinción 6.9 A2. Especies animales nativas y endémicas 6.2 A3. Especies vegetales o animales de importancia ritual o tradicional 5.2 A7. Relieve (volcanes, sierras, montañas, cañadas o laderas, puertos orográficos), con geología o hábitats singulares (sitios fósiles) 5.2 A6. Ríos, humedales y cuerpos de agua con cualidades singulares.4.9 A8. Sitios de singularidad bioclimática o meteorológica 4.6 REPRESENTA 41.5%</p>	<p>D9. Gremios y organizaciones sociales, o lúdicas (clubes y agrupaciones). 0.9 D1. Centrales hidroeléctricas (casa de máquinas y talleres). 0.9 D10. Registros, efemérides y documentos históricos (arte, películas y reliquias industriales) 0.8 D4. Ductos hidráulicos, respiraderos y válvulas.0.5 D7. Líneas de cableado y estaciones eléctricas 0.5 D5. Infraestructura de maniobras (malacates y grúas).0.5 D8. Campamento e instalaciones administrativas 0.5 REPRESENTA 4.6%</p>

Matriz de resultados del grupo Tenango

	ALTA	BAJA
Importancia	<p>A6. Ríos, humedales y cuerpos de agua con cualidades singulares.7.6</p> <p>A5. Especies vegetales o animales en peligro de extinción 7.1</p> <p>A3. Especies vegetales o animales de importancia ritual o tradicional4.0</p> <p>B3.Formas productivas ancestrales o de manejo forestal y agrícola. 3.8</p> <p>A2. Especies animales nativas y endémicas3.7</p> <p>B6. Satisfacción de necesidades o recreación a partir de recursos ambientales locales (agua, fibras, materias primas, artefactos).3.7</p> <p>A7. Relieve (volcanes, sierras, montañas, cañadas o laderas, puertos orográficos), con geología o hábitats singulares (sitios fósiles).3.6</p> <p>REPRESENTA 33.4%</p>	<p>D4. Ductos hidráulicos, respiraderos y válvulas.1.7</p> <p>D2. Captación hídrica (túneles en piedra, canales y desfogues) 1.7</p> <p>C9. Áreas de manejo, protección o investigación científica (flora o fauna) 1.6</p> <p>C2. Actos o efemérides que rememoren reubicaciones de asentamientos con algún acto o ceremonia 1.6</p> <p>C1. Asentamientos o sitios originarios que conserven una expresión original (plazas, inmuebles, emblemas, monolitos, esculturas) 1.6</p> <p>D8.Campamento e instalaciones administrativas 1.6</p> <p>D5. Infraestructura de maniobras (malacates y grúas). 1.3</p> <p>REPRESENTA 11.2%</p>
Prioridad	<p>A5. Especies vegetales o animales en peligro de extinción 5.8</p> <p>A6. Ríos, humedales y cuerpos de agua con cualidades singulares.5.5</p> <p>A3. Especies vegetales o animales de importancia ritual o tradicional 4.7</p> <p>A1. Especies vegetales nativas y endémicas 4.6</p> <p>A7. Relieve (volcanes, sierras, montañas, cañadas o laderas, puertos orográficos), con geología o hábitats singulares (sitios fósiles) 4.1</p> <p>B4. Sitios naturales de importancia ritualista para la población (ojos de agua, grutas, árboles o especies animales) 4.1</p> <p>A4. Especies vegetales o animales de uso comercial 4.0</p> <p>REPRESENTA 32.8</p>	<p>C9. Áreas de manejo, protección o investigación científica (flora o fauna) 0.9</p> <p>D5. Infraestructura de maniobras (malacates y grúas) 0.9</p> <p>D7. Líneas de cableado y estaciones eléctricas. 0.8</p> <p>D8.Campamento e instalaciones administrativas 0.5</p> <p>D6. Caminos y líneas férreas. 0.5</p> <p>D9. Gremios y organizaciones sociales, o lúdicas (clubes y agrupaciones) 0.5</p> <p>D10. Registros, efemérides y documentos históricos (arte, películas y reliquias industriales) 0.5</p> <p>REPRESENTA 4.6%</p>

Matriz de resultados del grupo Nexapa

BIBLIOGRAFIA.

- Augé, M. (2000), Los no lugares, espacios del anonimato, Editorial Gedisa, quinta reimpresión, Barcelona España, 84 p.
- Barrios, J. y M.A. Martínez, B. Jiménez, A. Lara, R. Barocio, J.M. Franco (2002), Programa de manejo del sistema hidrológico de Necaxa: diagnóstico, implementación y financiamiento, en XXVIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (2002). Federación Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales; AIDIS. Gestión inteligente de los recursos naturales: desarrollo y salud. México, D.F, FEMISCA, Cancún, 27 al 31 de octubre, p.1-9, Disponible en: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/mexico26/viii-009.pdf>>
- Beck, U. and Guiddens, A., Lash, S. (2001), Modernización reflexiva, política, tradición y estética en el orden social moderno. Madrid, Alianza Universidad, 272 p.
- Cambón, E. (2009). Paisajes culturales como patrimonio: criterios para su identificación y evaluación, en revista de arquitectura y urbanismo, Vol. XXX, No. 1-2009, pp. 10-17
- CIFOR (1999), The CIFOR guidelines for applying Multicriteria analysis to the assesment of criteria and indicators tool box, series No. 2, Indonesia, 85 p.
- CONANP (2013), Estudio previo justificativo para la modificación de la declaratoria área de protección de recursos naturales Zona Protectora Forestal Vedada cuenca hidrográfica del río Necaxa, ubicada en los estados de Hidalgo y Puebla, SEMARNAT, México, 121 p. Disponible en: <https://issuu.com/antoniozone/docs/epj_aprn_necaxa_22_abril_2013_bis>
- CONANP (2014), Programa de manejo preliminar del área de protección de recursos naturales, zona protectora forestal vedada, Cuenca Hidrográfica del río Necaxa, SEMARNAT, México, 107 p.
- Cotler, E. (2004), El manejo integral de cuencas en México: estudios y reflexiones para orientar la política ambiental, Instituto Nacional de Ecología, 264 p.
- Fernández, R. (2011), El ANTROPOCENO. La expansión del capitalismo global choca con la biosfera, Virus editorial, Barcelona, 105 p.
- Franch-Pardo, I. Cancer-Pomar, L. (2016). El componente visual en la cartografía del paisaje. Aptitud paisajística para la protección en la cuenca del río Chiquito (Morelia, Michoacán), revista Investigaciones Geográficas, n. 93, disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0188461117300493>
- García-Romero, A. (2014), El orden natural del paisaje en la geografía actual, en Checa-Artasu, M. y A. García, P. Soto, P. Sunyer (2014). Paisaje y Territorio. Articulaciones teóricas y empíricas, Colección crónica, UAM-Iztapalapa y Tirant Humanidades, México, D.F., pp. 89-105
- Giménez, G. (2007), Estudios sobre la cultura e identidades sociales, CONACULTA-ITESO, México, D.F., 478 p.

- INEGI (2010), Marco geoestadístico nacional, disponible en: http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geoestadistica/m_geoestadistico.aspx
- Leff, E. (2004), Racionalidad ambiental: la reapropiación social de la naturaleza, Siglo XXI Editores, México D.F., 509 p.
- Offner, G. (2010), Un segundo vistazo al código de Xicotepec, revista itinerarios, Vol. II pp. 55-83
- Ortega, T. y M. Mastrangelo, D. Villarroel, A. Piaz, M. Vallejos, J. Saenz, F. Gallego, M. Franquesa, L. Calzada, N. Espinoza, J. Fiesta, L. Gill, Z. González, B. Luna, C. Martínez-Peralta, O. Ochoa, L. Pérez, J. sala, I. Sánchez-Rose, M. Weeks, D. Ávila, I. Bueno, A. Carmona, F. Castro, C. Ferrer, M. Frank, G. López, M. Núñez, R. Taboada, D. Benet, Y. Venegas, P. Valvanera, T. Mwampamba, E. Lazos, E. Noellemeyer, M. Mass (2014), Estudios transdisciplinarios en socio-ecosistemas: reflexiones teóricas y su aplicación en contextos latinoamericanos, revista investigación ambiental, Santiago de Chile, No. 6 (2), pp. 126-136
- RAMSAR (2008), Sistema de represas y corredores biológicos de la cuenca hidrográfica del río Necaxa, Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR) Versión 2006-2008, 31 p.
- Rivero, P. y V. Martínez (2016), Cultura e identidad. Discusiones teóricas-epistemológicas para la comprensión de la contemporaneidad, revista de antropología experimental, Universidad de Jaén (España) nº 16, 2016. Texto 8: 109-121.
- Tirzo, J. (2016), La cultura en México: entre la antropología y la estética. Cultura, artes y políticas interculturales en México, ediciones Colofón, 96 p.
- Toledo, V. M. y M. González de Molina, (2007), El metabolismo social: las relaciones entre la sociedad y la naturaleza. En: F. Garrido, M. González de Molina, J. L. Serrano y J. L. Solana (eds.), El Paradigma ecológico en las ciencias sociales. Ed. Icaria Antrazyt, Barcelona, España, pp. 85-112.
- Sánchez M.T. y J.M. Casado, G. Bocco (2013), La política de ordenamiento territorial en México: de la teoría a la práctica. Reflexiones sobre sus avances y retos a futuro, en Sánchez M.T. y G. Bocco, J.M. Casado (Coord.) (2013), La política de ordenamiento territorial en México: de la teoría a la práctica, IGg-UNAM, CIGA-UNAM, INECC-SEMARNAT, México, pp. 19-44.
- Segrelles, J. (2008), La ecología y el desarrollo sostenible frente al capitalismo: una contradicción insuperable, Revista NERA. Año 11, n. 12 (en.-jul. 2008). [online] <http://hdl.handle.net/10045/10882>
- UNAM, Luz y Fuerza del Centro, CONAGUA y Gobierno del Estado de Puebla (2000), Estudio del Saneamiento Integral de las Principales Localidades Comprendidas dentro del Sistema Hidrológico de Necaxa, en los Estados de Puebla e Hidalgo. Instituto de Ingeniería, UNAM. 2000, México
- UACH-INECOL (2003), Ordenamiento ecológico de las cuencas hidrológicas De los ríos Necaxa y Laxaxalpan, Universidad autónoma de Chapingo, documento

preliminar, disponible en:
http://www.inecc.gob.mx/descargas/ord_ecol/11_diag_cuarta_parte.pdf

UNESCO, (2005), Directrices prácticas para la aplicación de la conservación del patrimonio mundial, Centro del patrimonio mundial, París Francia, 205 p.

UNESCO, (2014). Textos fundamentales, 37ª reunión, Centro del patrimonio mundial, París Francia, 228 p.

Urquijo P. y N. Barrera (2009), Historia y paisaje. Explorando un concepto geográfico monista, Andamios. Revista de Investigación Social, Universidad Autónoma de la Ciudad de México, Vol. 5, Núm. 10, abril, pp. 227-252

Vásquez, A. (2007), El vértigo de la sobremodernidad: no lugares, espacios públicos y figuras del anonimato. Nómadas, revista crítica de Ciencias Sociales y Jurídicas, No. 16 (2),

NOTAS PERIODISTICAS.

Martínez, Aldo Miguel, 27 de diciembre de 2017, Retoman proyecto turístico en la presa Necaxa, El Sol de Puebla, <https://www.elsoldepuebla.com.mx/local/estado/retoman-proyecto-turistico-en-la-presa-de-necaxa-877148.html>

Ánimas, Leticia, 28 de abril, 2017, Regeneración, Prohíben megaproyecto en la presa Necaxa, Regeneración, <https://regeneracion.mx/prohiben-mega-proyecto-ecoturistico-en-la-presa-de-necaxa/>

8



Juvenal Esquivel Córdova Dr.^a, Raúl Castro Castañeda^b, Rosa Elena Pérez S. Dra.^c y Pedro Antonio García Saucedo^d Dr.

Resiliencia del bosque natural de pino ante los impactos de incendios en la Zona de Protección Forestal, municipio de Uruapan, Mich.

^aProfesor e Investigador de la Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez"-UMSNH, Uruapan, Mich., México. juvesco@gmail.com, ^bTesista, Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez"-UMSNH, ^{c,d}Investigadores de la Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez"-UMSNH.

RESUMEN

La investigación se realizó en 153 ha de bosque templado de pino, del área decretada en 1937 como Zona de Protección Forestal Vedada, localizada en la parte norte de la Ciudad de Uruapan, Mich., con régimen de propiedad comunal. El ecosistema cumple funciones importantes como bosque de protección de la ciudad por los bienes y servicios ambientales que brinda. Los incendios forestales son factores de disturbio recurrentes cada año, en abril de 2016 se registró uno de gran magnitud, reduciendo a cenizas cientos de árboles y animales de fauna menor, se dañaron 450 ha. Los objetivos propuestos fueron: 1) Caracterizar el medio físico y biológico del ecosistema de pino dañado, 2) Determinar el grado de afectación de los estratos arbóreo y arbustivo, 3) Evaluar la regeneración natural establecida a dos años del siniestro, 4) Estimar la pérdida de suelo y nivel de degradación en el área afectada. Los métodos utilizados consideran la delimitación de áreas afectadas a través de Bing Maps Arial Imagery web Mapping Service 2013, en el estrato arbóreo se aplicó un sistema de muestreo estratificado dirigido, con intensidad del 5% y sitios de 500 m²; se midió diámetro normal, altura total, estimación del coeficiente de forma; el Área basal/ha se calculó con la fórmula $AB = \frac{\pi D^2}{4} (NA)(20)$, expresado en m²; y el volumen con la fórmula $V = AB * ALT * CM/ha$; estado de salud, fenología, patrón de espaciamiento directamente en campo y la dominancia se basó en la clasificación de Kraft; para el nivel de erosión del suelo se usaron clavos y corcholatas clavados en tres rangos de pendiente a diferentes alturas de las áreas afectadas, (parte alta, media y baja). La tasa de erosión del suelo se calculó con la fórmula para microcuencas pequeñas $P = H * A * DAP$; en los sitios de monitoreo se establecieron unidades de 10 m², en los que se evaluó la regeneración natural establecida de 2016 a 2018, mediante el conteo de plántulas, estado físico y distribución por ha. Los daños de muerte de arbolado en el área uno fue en 28.31 ha, de 330.2 m³, en el área dos en 38.83 ha, de 175.67 m³ y área tres en 5.92 ha, de 271 m³. En el área uno la textura de suelo es de 1.3, la pérdida de suelo de 41.89 ton/ha (32.22 m³/ha), el área dos la textura de 1.2, la pérdida de suelo de 36.89 ton/ha (30.74 m³/ha) y en el área tres, la textura es 1.2, la pérdida de suelo de 39.11 ton/ha (32.59 m³/ha); La regeneración natural establecida a dos años del siniestro es de buenas características, muy suficiente

en el área uno con 5963 plántulas/ha (espaciamiento 1.3 x 1.3 m), suficiente en las áreas dos y tres con 2216 y 2339 plántulas/ha respectivamente y espaciamiento promedio 2.1 x 2.1 m.

Palabras clave: Incendio forestal, volumen de afectación, regeneración natural y nivel de degradación del suelo.

INTRODUCCIÓN

El área de estudio se localiza hacia la parte norte de la Ciudad de Uruapan en el Estado de Michoacán, comprende una superficie total de 906 ha, mismas que por Decreto Presidencial del 3 de febrero de 1937 y publicado en el Diario Oficial No. 39 del mismo año, se declara como parte de la “Zona Protectora Forestal Vedada”. Los ecosistemas forestales presentes corresponden al bosque mesófilo y el bosque de pino encino, estos cumplen funciones generadores de bienes y servicios ambientales de gran importancia para el bienestar social, como zona de amortiguamiento de la lluvia, captación de agua, retención del suelo, generación de oxígeno y recreación. La captación de agua es uno de los aspectos más importantes, ya que alimenta y recarga los mantos acuíferos aguas abajo y dan origen al río Cupatitzio. Año tras año ocurren factores de disturbio de alto impacto que degradan paulatinamente las condiciones naturales de estos ecosistemas, como el caso de los incendios forestales devastadores, la tala clandestina, el cambio de uso de suelo, procesos erosivos avanzados, plagas y enfermedades forestales. Rzedowski (1978), clasificó la cubierta vegetal de México en tipos, que equivalen aproximadamente a las formaciones vegetales, definió 10 tipos generales de vegetación, de los que dos están representados en el área. Esquivel (1989), la vegetación predominante del cerro “La Cruz” es de Pino-Encino con una fracción de Bosque Mesófilo de Montaña (BMM) en la parte más alta, las especies representativas son: *Alnus jorullensis*, *Bocconia arborea*, *Carpinus caroliniana*, *Clethra mexicana*, *Hedyosmum mexicanum*, *Fraxinus uhdei*, *Ilex tolucana*, *Oreopanax salvinii*, *Prunus serótina*. Bello y Madrigal (1996), las especies de pinos que dominan esta comunidad son: *P. michoacana*, *P. pringlei*, *P. oocarpa*, *P. douglasiana* y *P. lawsonii*. Entre los encinos se encuentran: *Q. castanea* y *Q. magnoliifolia*. Esquivel (2017), la vegetación se encuentra en un constante proceso de cambio por la resiliencia natural que realizan los ecosistemas para estabilizarse, producto de los impactos que frecuentemente producen los incendios. El área se encuentra en su mayor parte cubierta por vegetación joven como resultado de la regeneración natural que va cubriendo las áreas que año con año se van dañando. El estrato arbóreo las especies por su localización y distribución forman dos tipos de vegetación importantes, el bosque de pino, representado por 10 especies, de manera dispersa e irregular en lugares abiertos se encuentran 7 especies de encinos y 7 de otras hojosas en zonas de barranca, formando microhábitats del bosque mesófilo de montaña. COFOM (2016), en datos de incendios, Michoacán registró 826 incendios, con 18, 098 ha afectadas, ubicándose en el 5º lugar de estados con mayor cantidad de incendios en el país. CRICIF (2017), cubre los municipios de Charapan, Cherán, Chilchota, Nahuatzén, Nuevo Parangaricutiro, Paracho, Tancítaro, Taretan, Tingambato, Uruapan y Ziracuaretiro, en 2016 se registraron 185 incendios forestales y el municipio con mayor incidencia fue Uruapan con 68 convirtiéndolo en la entidad con mayor conflictos de este tipo. Los objetivos desarrollados en este trabajo fueron: 1) Caracterizar el medio físico y

biológico del ecosistema de pino dañado, 2) Determinar el grado de afectación de los estratos arbóreo y arbustivo, 3) Evaluar la regeneración natural establecida a dos años del siniestro, 4) Estimar la pérdida de suelo y nivel de degradación en el área afectada. Los métodos utilizados consideran la delimitación de áreas afectadas a través de Bing Maps Arial Imagery web Mapping Service 2013, en el estrato arbóreo se aplicó un sistema de muestreo estratificado dirigido, con intensidad del 5% y sitios de 500 m²; se midió diámetro normal, altura total, estimación del coeficiente de forma; el Área basal/ha se calculó con la fórmula $AB = \frac{\pi D^2}{4} (NA)(20)$, expresado en m²; y el volumen con la fórmula $V = AB * ALT * CM/ha$; estado de salud, fenología, patrón de espaciamiento directamente en campo y la dominancia se basó en la clasificación de Kraft; para el nivel de erosión del suelo se usaron clavos y corcholatas clavados en tres rangos de pendiente a diferentes alturas de las áreas afectadas. La tasa de erosión del suelo se calculó con la fórmula para micro cuencas pequeñas $P = H * A * DAP$; en los sitios de monitoreo se establecieron unidades de 10 m², en los que se evaluó la regeneración natural establecida de 2016 a 2018, mediante el conteo de plántulas, estado físico y distribución por ha. Los daños de muerte de arbolado en el área uno fue en 28.31 ha, de 330.2 m³, en el área dos en 38.83 ha, de 175.67 m³ y área tres en 5.92 ha, de 271 m³. Así mismo, en el área uno la pérdida de suelo es de 41.89 ton/ha (32.22 m³/ha), el área dos la pérdida de suelo de 36.89 ton/ha (30.74 m³/ha) y en el área tres, es de 39.11 ton/ha (32.59 m³/ha); La regeneración natural establecida muestra buenas características, muy suficiente en el área uno, suficiente en las áreas dos y tres, se evidencia que un año más será cubierta suficientemente el área, siendo innecesario hacer reforestaciones y menos del tipo masivas, la necesidad seguirá siendo realizar labores de protección para evitar que continúen presentándose los incendios.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área de estudio

El área de estudio se localiza en el Cerro de “La Cruz”, al Norte de la Ciudad de Uruapan, Mich., mismo que comprende una superficie de 906 ha y la investigación se realizó en 153 ha afectadas de bosque templado de pino-encino, situado entre las coordenadas extremas 19° 26' 27.01" y 19° 27' 10.99" Latitud Norte; y 102° 02' 30.0" y 102° 03' 42.51" Longitud Oeste, del Meridiano Central de Greenwich, Figura 1.

La ubicación y delimitación del área de estudio se realizó a través de la imagen de Google Earth, cartografía editada por INEGI y recorrido de campo.

Condición especial

El área forma parte de la Zona Protectora Forestal Vedada, decretada y publicada en el Diario Oficial de la Federación el 3 de febrero de 1937. El régimen de propiedad es comunal, el 1 de abril de 1980, se publicó la titulación de Bienes Comunales al Barrio de San Juan Bautista, beneficiando a 101 comuneros con una superficie de 283.19 ha y el 25 de enero de 1989, se publicó la titulación al Barrio de San Miguel, beneficiando a 180 comuneros con 565 ha, ambos del municipio de Uruapan, Mich.

UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO



Figura 1. Ubicación del área de estudio.

Características generales del medio físico y biológico

Las características del medio físico se describieron a través de cartografía editada por INEGI, CONABIO, imagen de Google Earth y verificación en campo. La división dasocrática de las áreas se realizó a partir del concepto de cuenca hasta el rodal como unidad mínima de manejo, con el apoyo de la carta hidrológica de INEGI. La descripción del medio biológico consistió en determinar la composición botánica de los estratos arbóreo y arbustivo en las unidades ambientales, mediante el uso de cartografía de vegetación

de INEGI, muestreo de campo y georreferenciación de los sitios con GPS, así como, la relación de fauna silvestre.

a) Fisiografía y relieve

La Provincia fisiografía corresponde al Eje Neovolcánico Transversal y Subprovincia Neovolcánica Tarasca, Estrato volcánico (X9S₁).

Las condiciones topográficas son muy variadas por ser un volcán extinto, en la parte norte se presentan pendientes más ligeras entre el 15 y 40 %, laderas más abruptas con pendientes hasta el 80%; el cerro de “La Cruz”, presenta una gran cantidad de barrancas muy profundas en toda direcciones, la extensión dominante de laderas es sur y las elevaciones van de la cota de 1750 a 2320 msnm, Figura 2.

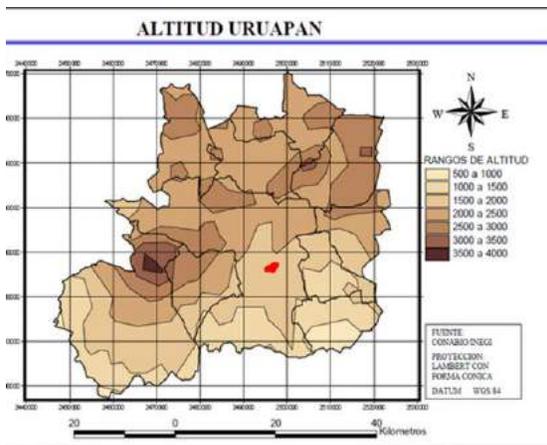


Figura 2. Fisiografía del área de estudio.

b) Geología

La formación del área (Demart *et al.* 1976), corresponde al Cenosóico Superior, estando representado en forma abundante por materiales extrusivos constituidos por rocas basálticas, cenizas volcánicas, arenas, lapilli y conglomerados volcánicos, los piroclásticos más recientes que existen son como resultado de la erupción del volcán Parícutín en los años de 1943 a 1950. Según la clasificación de Lobeck (cit. por García 1966), esta zona corresponde a una Unidad Geomorfológica de segundo orden del grupo

de los disturbados volcánicos, con un estado entre joven y maduro de región húmeda, con un modelo de drenaje dicotómico de alta densidad, (Fide Leavenworth cit. Por Madrigal y Zavala 1981, Chávez 1984 y Esquivel 1989).

c) Clima

El clima del municipio de Uruapan es uno de los más variados del estado de Michoacán pues se ve influenciado por las diferencias de altitud en el terreno, existen cinco tipos diferentes de clima. En la zona norte el clima es templado subhúmedo con lluvias en verano, en la zona central la más elevada, el clima es templado húmedo con abundantes lluvias en verano, en la misma zona otro sector tiene clima Semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano, hacia el sur se registra clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano y finalmente en el extremo sur el clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano.

Con base en los datos anteriores, la fórmula climática que se registra en el área de estudio es: (A) C (w₂) (w) b i g; cuya interpretación corresponde a un clima templado subhúmedo, semicálido, templado, con régimen de lluvias en verano, con sequía en invierno, presenta canícula (es decir, sequía de medio verano a sequía intraestival; el verano no se considera fresco y largo, (el mes más caliente se presenta antes del solsticio de verano), (Esquivel 1989), rango de temperatura de 12 a 20 °C; y precipitación media anual de 1,500 a 1800 mm, Figura 3.

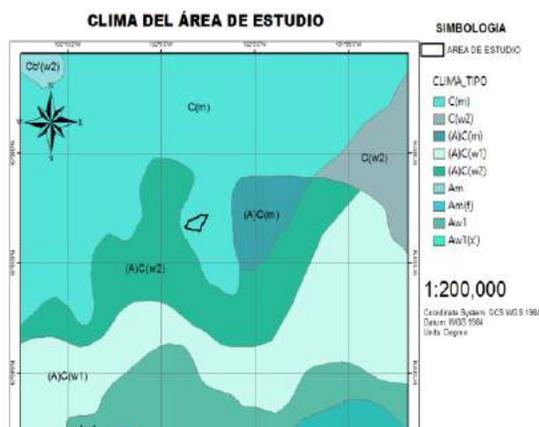


Figura 3. Distribución del Clima: Fuente propia.

d) Suelo

Son suelos jóvenes que se caracterizan por haberse formado de manera residual, en su mayoría a partir de cenizas volcánicas, rocas basálticas, arenas, lapilli y conglomerados, producto de las erupciones volcánicas más recientes, de poco desarrollo y de textura media.

La unidad más importante la constituyen el Andosol mólico, hórtico y ócrico en un 74.4%, distribuidos en la parte occidental, NW, NE y SE, de color pardo muy oscuros a pardo-rojizos,

oscuro en húmedo; en los horizontes superficiales el horizonte A presenta una capa rica en materia orgánica y nutrientes, de pardo oscuro a pardo rojizo oscuro en los sub superficiales y profundos; se caracterizan en su fracción mineral por la presencia de alofános que son materiales amorfos de alta capacidad de intercambio catiónico y retención de fósforo; son ligeramente ácidos; en general sus texturas se sitúan como gruesas, predominando el tipo migajón arenoso, también se presenta arena migajosa y franco; altos porcentajes de humedad aprovechable y con escasa roca presente.

En las pendientes más fuertes de la parte central se presenta Cambisol asociados con Andosol, son suelos con horizontes superiores pardo rojizo oscuro a pardo oscuro (en húmedo) y en los inferiores de pardo rojizo a pardo intenso; su textura general presenta partículas medias, siendo gruesas en el horizonte A (migajón arenoso) y finas en el horizonte B (migajón arcilloso) y en la parte suroriental se encuentra el Luvisol, caracterizándose por presentar un horizonte B sumamente arcilloso, de color rojo, de

permeabilidad baja y drenaje lento, subyacente a un horizonte A, medio en materia orgánica de color café, amarillento, con marcadas huellas de erosión hídrica hasta el grado de formar cárcavas; ligeramente ácidas; con una capacidad de intercambio catiónico y saturación de bases moderado, cit. por Chávez y Gómez Tagle (1985), Luján (1984), Síntesis Geográfica del Estado de Michoacán (1985) y Esquivel (1989), Figura 4.

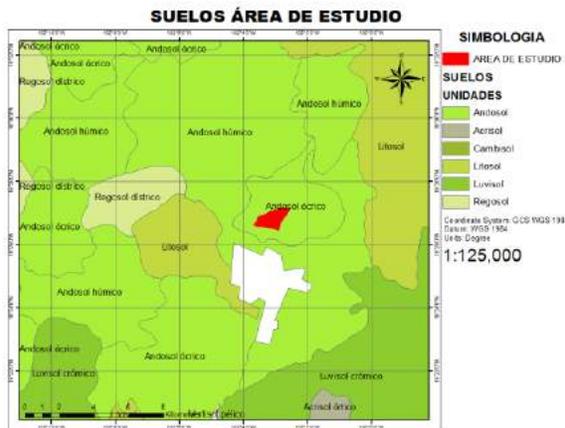


Figura 4. Distribución del suelo (Fuente: propia)

e) Hidrología

La hidrología corresponde a la RH 18; Cuenca Río Tepalcatepec; Subcuenca Río Cupatitzio; como microcuenca está formada por tres **Barrancas: Rancho de Costo, el Sauz y Barranca obscura**). Los escurrimientos son temporales, a excepción del paso del Sauz, que forma el ojo de agua permanente: Barranca al Rancho de Costo, Barranca del Sauz y Barranca obscura son afluentes del río Santa Bárbara y unión con el río Cupatitzio en la Subestación Hidroeléctrica Sumpimito, municipio de Uruapan, Figura 5.

Cupatitzio en la Subestación Hidroeléctrica Sumpimito, municipio de Uruapan, Figura 5.

f) Vegetación



Figura 5. Distribución de la hidrología (Fuente: propia)

La vegetación se encuentra en un constante proceso de cambio por la resiliencia natural que realizan los ecosistemas para estabilizarse, producto de los impactos que frecuentemente producen los incendios. El área se encuentra en su mayor parte cubierta por vegetación joven como resultado de la regeneración natural que va cubriendo las áreas que año con año se van dañando y la restauración a través de plantaciones se evidencia muy baja.

En el estrato arbóreo las especies por su localización y distribución forman dos tipos de vegetación importantes, el bosque de pino

donde las especies encontradas son: *Pinus douglasiana* Mtz, *P. lawsonii* Roetzl, *P. pringlei* Shaw, *P. oocarpa* Shiede, *P. devoniana* Lindleyi, *P. montezumae* Lamb., *P. patula* Schl, *P. greggii* Engelm, *P. leiophylla* Schl y *P. maximinoi* H. E., de las cuales las cuatro primera son las de mayor importancia por su distribución y abundancia. De manera dispersa e irregular en lugares abiertos se encontraron especies de encinos y otras hojosas como son: *Quercus obtusata*, *Q. candicans* Née., *Q. crassifolia* B.et al. *Q. resinosa*, *Q. castanea* Née., *Quercus rugosa*, *Q. crassipes* y *Acacia pennatula*, *Cupressus lindleyi* Klotsch, *Arbutus xalapensis* H.B.K. *Alnus spp.*, *Cornus disciflora*, *Abies religiosa*, *Carpinus*

carolineana, *Inga spuria*, *Clethra mexicana* y *Prunus capulí*, se localizan en zonas de barranca, formando microhábitats del bosque mesofilo de montaña.

g) Fauna silvestre

De acuerdo con la revisión bibliográfica y el trabajo de campo, se encontró la relación de especies de los Cuadros 1, 2, 3 y 4.

Cuadro 1. MAMÍFEROS

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
<i>Canis latrans</i>	Coyote	<i>Marmosa marina</i>	Tlacuache	<i>Sciurus sereogaster</i>	Ardilla
<i>Conepatus mesoleucos</i>	Zorrillo	<i>Mustela frenata</i>	Comadreja	<i>Sylvilagus floridanus</i>	Conejo
<i>Dasyus novemcinctus</i>	Armadillo	<i>Nasua narica</i>	Tejón mapache	<i>Thomomys umbrinus</i>	Tuza
<i>Lepus galliarndi</i>	Liebre	<i>Peromyscus hylocetes</i>	Rata	<i>Urocyon cinerearguen</i>	Zorra gris

Cuadro 2. AVES

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
<i>Corvus corax</i>	Cuervo	<i>Glaucidium californicum</i>	Tecolote	<i>Pipillo fuscua</i>	Mariquita
<i>Aimophya ruficeps</i>	Gorrión zacatero	<i>Hibundo lustica</i>	Golondrina	<i>Scardafella inca</i>	Conguitas
<i>Aphalocoma unicolor</i>	Azulejo	<i>Hylocichla ustalata</i>	Mirolincillo	<i>Spiza americana</i>	Gorrión
<i>Aslo sp.</i>	Lechuza	<i>Junco sp.</i>	Junco	<i>Tangavius melanicerus</i>	Tordo
<i>Butes sp.</i>	Aguililla	<i>Mimus polyglottus</i>	Zenzontle	<i>Tlaliomaster</i>	Chuparrosa
<i>Cassiculus melanictarus</i>	Galantina	<i>Myadastes obscurus</i>	Gilguero	<i>Turdus migratorias</i>	Primavera real
<i>Cassidix mexicanus</i>	Zanate	<i>Otus choliba</i>	Lechucita común	<i>Turdus rufopalliatu</i>	Primavera huertera
<i>Colibrí coruscans</i>	Colibrí vientre azul	<i>Pajarracus sp.</i>	Chapaturrín	<i>Toxostoma curvirostre</i>	Huitlatoche
<i>Columbina passerina</i>	Torito	<i>Parmoptila woodhousei</i>	Dominique	<i>Volantica jacarina</i>	Mulato
<i>Falco sp.</i>	Gavilán	<i>Pheucticus sp.</i>	Tigrillo	<i>Zonotriachia leucophrys</i>	Zacatero mixto

Cuadro 3. REPTILES

Cuadro 4. ANFIBIOS

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
<i>Crotalus sp.</i>	Víbora de cascabel	<i>Chisopta notrilon-chiroptarus</i>	Salamandra
<i>Conopsis sp.</i>	Culebras	<i>Scaphcopus bomblers</i>	Sapo común
<i>Loeptodaytylus sp.</i>	Ruin	<i>Microbatlanhytlas sp.</i>	Ranita común
<i>Sceloporus horridus</i>	Roño	<i>Rana moctezumae</i>	Rana
<i>Sceloporus sp</i>	Lagartija		
<i>Testudines</i>	Tortuga		

Fuente: Esquivel 1989; Esquivel 2017

Hábitos e importancia de las especies

Se revisó bibliografía para la clasificación taxonómica, descripción botánica de las especies, hábitos, importancia y usos locales. Para el estrato arbustivo y herbáceo se aplicó un muestreo por transectos, además se hicieron sitios de dimensiones fijas de 20 x 20 m (400 m²) con espaciamento de 300 m, se hicieron colectas botánicas para cotejar las características y monitoreo de aquellas con características especiales, se llevó los registros de fenología y evidencias de daños antrópicos.

Unidades de muestreo, datos dasométricos y epidométricos

Para el estrato arbóreo se aplicó un sistema de muestreo estratificado dirigido, con una intensidad del 5% y con base en las condiciones topográficas que presentan las áreas, se delimitaron sitios de 500 m², en los que se midieron los árboles en las variables dasométricas de diámetro normal, altura total, estimación de un coeficiente de forma, para posteriormente derivar el Área basal/ha mediante la fórmula $AB = \frac{\pi D^2}{4} (NA)(20)$, expresado en m²; y el volumen con la fórmula $V = AB * ALT * CM$ respectivamente, Figura 6.

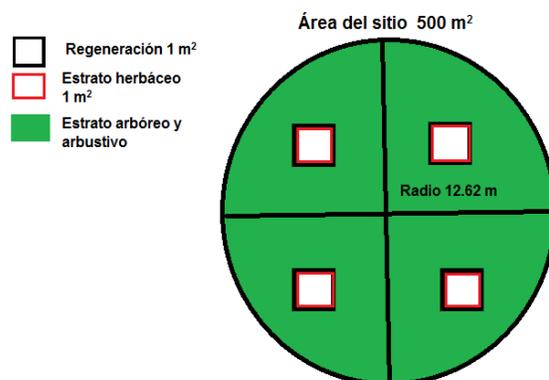


Figura 6. Diagrama de sitios de muestreo.

Donde:

V: Será el volumen en m³,
 AB: Será el área basal en m²,
 Alt: Altura de los árboles en metros,
 NA: Número de árboles del sitio,
 CM: Coeficiente mórfico de los árboles.

De los árboles medidos en el sitio se registró el estado de salud, fenología, patrón de espaciamento, fisonomía y dominancia, de acuerdo con la clasificación de Kraft.

Las variables epidométricas se obtuvieron en aquellos sitios que existe pino, con el taladro de Pressler se hicieron barrenaciones al árbol tipo de cada clase diamétrica registrada al DN (1.3 m) para determinar edad, tiempo de paso, incremento corriente anual y medio anual, a través del método de Loech y expresados por ha.

Evaluación de la regeneración natural

El comportamiento de la regeneración natural se determinó en 4 áreas de afectación por incendios: un área dañada en 2011 y tres que muestran diferente grado de impacto en 2016, definiéndose como Áreas de Impacto. En los sitios de muestreo se establecieron unidades de muestra de 4 m² y en los transectos se establecieron sitios de 4 x 4 m (16 m²), Figura 6, en los que se cuantificó el estrato herbáceo y evaluó la regeneración natural establecida en los años de 2016 a 2018, realizando el conteo de número de plántulas, estado físico (vigor), distribución espacial, diámetro al cuello de la planta y altura y los resultados se refirieron por ha.

Niveles de degradación del suelo en los ecosistemas estudiados

Para determinar los niveles de erosión del suelo se establecieron sitios de monitoreo con clavos metidos en corcholatas y clavados al suelo en tres rangos de pendiente a diferentes alturas de las Áreas de impacto, 3 muestras para pendiente que van de 0 a 20%, 3 para pendiente de 21 a 40% y 3 para pendiente de 41 a 60%, (parte alta, parte media y parte baja) y la tasa de erosión actual del suelo se calculó con la fórmula para microcuencas pequeñas siguiente:

$$P = H * A * DAP$$

Dónde:

P= pérdida de suelo

H= altura de la lámina perdida

A= área medida

DAP= densidad aparente

Factor (H) se determinó midiendo la altura de lo que se descubran las muestras (clavos) por efecto de la lluvia.

Factor (A) se determinó midiendo la microcuenca con el programa de Google Earth utilizando la herramienta, crear “polígono”, obteniendo el área total que permite realizar conversión a hectáreas.

Factor (DAP) se obtuvo a partir de la tabla de valores propuesta por Anaya *et al*, 1977.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Áreas de impacto por incendios

Las superficie dañada por incendio en 2011 fue de 79.90 ha y es considerada como el Área de impacto 4; en 2016 se siniestraron 450 ha, en diferentes grados de afectación de los estratos, mismas que se concentran principalmente en la Comunidad de San Miguel, de las cuales para fines de la investigación y por el grado de impacto se delimitaron tres áreas: Área de impacto 1 de 28.31 ha, Área de impacto 2 de 38.83 ha y Área de impacto 3 de 5.96 ha, sumando en total 153 ha, de bosque templado de pino y encino, Figura 7.

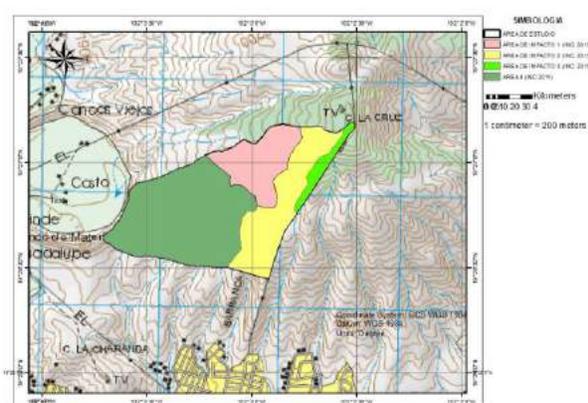


Figura 7. Áreas de impacto de incendios.

Impacto por incendio en el estrato arbóreo

Los resultados en el Área de impacto uno, se encuentran reflejados primeramente en los diámetros que van de 10 a 25 cm y alturas de 10 a 25 m, habiendo requerido los árboles este mismo tiempo en años para alcanzar estos valores; en segundo término, se encuentra el área basal afectada/ha y total y en tercer término y de mayor impacto se

presenta la pérdida del volumen de madera, que será reducida a materia orgánica, en el mejor de los casos los árboles utilizados como muros de troncos y ramas acomodadas para retención de la erosión del suelo o como leña para el consumo humano por los vecinos, Cuadro 5 y Figura 8.

Cuadro 5. ÁREA DE IMPACTO 1

VARIABLES	POR HECTÁREA			TODA EL ÁREA (28.31)		
	Vivo	Muerto	Total	Vivo	Muerto	Total
Estado de árboles						
Severidad del daño	133	28	161	3775	793	4567
Área basal (m2)	4.6642	1.1833	5.8476	131.9977	33.4884	165.4861
Volumen (m3)	64.521	11.668	76.189	1825.950	330.198	2156.148

En el área de impacto dos, los diámetros se concentran de 5 a 20 cm y alturas de 5 a 17 m, considerado el tiempo en años necesario para alcanzar estos valores, los árboles con diámetros mayores a 25 cm resistieron mejor la intensidad del fuego, en segundo

término, se tiene que el daño en área basal y volumen fue de mayor magnitud y por la superficie afectada las cantidades son muy importantes, Cuadro 6 y Figura 9.

En el área de impacto tres, sólo sobrevivió el 11.18% de los árboles, con diámetros promedio de 30 a 40 cm y alturas de 22 a 25 m, en segundo término, el daño se ve reflejado en el área basal y volumen/ha, aun cuando la superficie es menor, es el área de mayor daño y está ligada a la exposición y pendiente del terreno, Cuadro 7 y Figura 10.

Cuadro 6. ÁREA DE IMPACTO 2

VARIABLES	POR HECTÁREA			TODA EL ÁREA (38.83)		
	Vivo	Muerto	Total	Vivo	Muerto	Total
Estado de árboles						
Severidad del daño	122	38	160	4760	1464	6224
Área basal (m2)	6.1875	0.5523	6.7397	240.6927	21.4835	262.1762
Volumen (m3)	92.001	4.516	96.517	3578.833	175.674	3754.507

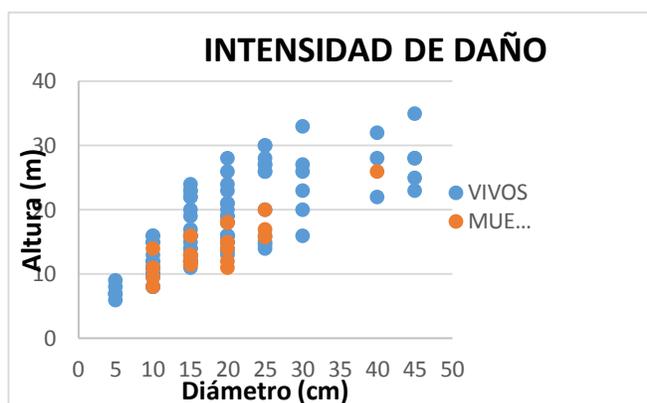


Figura 8. Impactos del fuego en el arbolado.

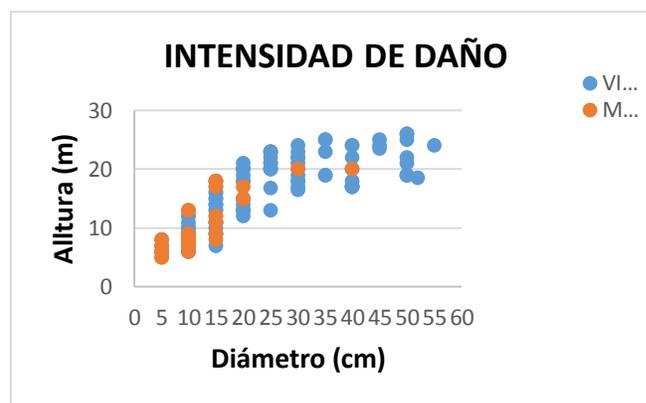


Figura 9. Impactos del fueco en el arbolado

Cuadro 7. ÁREA DE IMPACTO 3

VARIABLES	POR HECTÁREA			TODA EL ÁREA (5.96)		
	Vivo	Muerto	Total	Vivo	Muerto	Total
Estado de árboles						
Severidad del daño	50	397	447	298	2364	2662
Área basal (m2)	1.7884	4.9572	6.7455	10.6586	29.5448	40.2034
Volumen (m3)	22.972	45.470	68.442	136.910	271.002	407.912

Comportamiento en el establecimiento de la regeneración natural

En el área de impacto 1, la regeneración natural que se ha logrado establecer a dos años del siniestro presenta buenas características, muy suficiente, de 5963 plántulas/ha, con espaciamiento promedio de 1.3 x 1.3 m); en el área de impacto 2 y 3, es suficiente, con 2216 y 2339 plántulas/ha respectivamente y espaciamiento promedio de 2.1 x 2.1 m; los diámetros promedio de las plantas al cuello del tallo es de 10 mm y altura de 10 cm, Cuadro 8 y Figura 11.

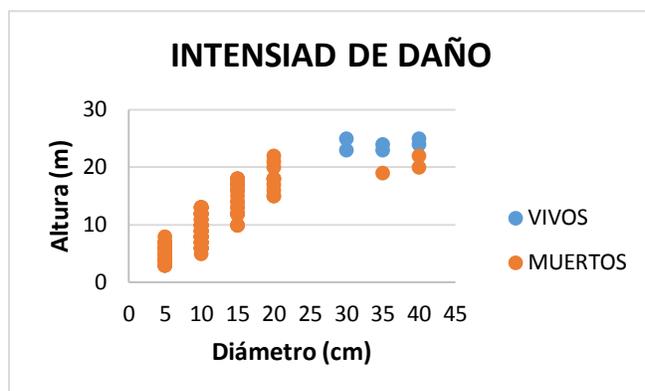


Figura 10. Impactos del fuego en el arbolado.

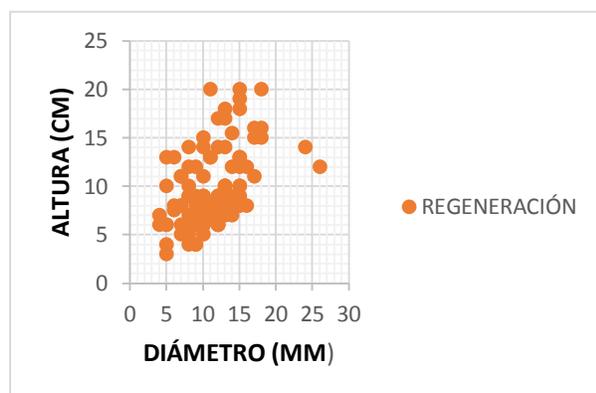


Figura 11. Distribución de la regeneración natural.

Cuadro 8. Resultados de la regeneración natural.

AÑO	ÁREA 1 Plántulas/ha	ÁREA 2 Plántulas/ha	ÁREA 3 Plántulas/ha
2016	894	619	117
2017	4028	1181	1875
2018	1042	417	347
TOTAL	5963	2216	2339

Niveles de degradación del suelo

En el área de impacto uno la textura promedio de suelo es de 1.3, la pérdida de suelo de 41.89 ton/ha (32.22 m³/ha), el área de impacto dos la textura promedio es de 1.2, la pérdida de suelo de 36.89 ton/ha (30.74 m³/ha) y en el área de impacto tres, la textura promedio es 1.2, la pérdida de suelo de 39.11 ton/ha (32.59 m³/ha), esta relación de pérdida de suelo está directamente relacionada por un lado por cobertura que presentan las áreas y el efecto de la pendiente, Cuadros 9, 10 y 11.

Cuadro 9. ÁREA DE IMPACTO 1

VARIABLES	ALTA	MEDIA	BAJA	TODA EL ÁREA (28.31 HA)			
LÁMINA DE SUELO (MM)	3.2	3.0	2.9	VARIABLES	ALTA	MEDIA	BAJA
PENDIENTE %	24.0	29.7	29.3	TON/HA	1185.9	1104.1	1063.2
COBERTURA %	33.3	43.3	40.0	M3/HA	912.2	849.3	817.8
TON/HA	41.9	39.0	37.6				
M3/HA	32.2	30.0	28.9				

VARIABLES	ALTA	MEDIA	BAJA	TODA EL ÁREA (38.83 HA)			
LÁMINA DE SUELO (MM)	3.6	3.1	2.6	VARIABLES	ALTA	MEDIA	BAJA
PENDIENTE %	29.0	31.0	30.7	TON/HA	1656.7	1449.7	1190.8
COBERTURA %	56.7	46.7	56.7	M3/HA	1380.6	1208.0	992.3
TON/HA	42.7	37.3	30.7				
M3/HA	35.6	31.1	25.6				

Cuadro 11. ÁREA DE IMPACTO 3

VARIABLES	ALTA	MEDIA	BAJA	TODA EL ÁREA (5.96 HA)			
LÁMINA DE SUELO (MM)	2.9	3.0	3.9	VARIABLES	ALTA	MEDIA	BAJA
PENDIENTE %	30.0	26.0	26.0	TON/HA	206.6	214.6	278.1
COBERTURA %	63.3	60.0	43.3	M3/HA	172.2	178.8	231.8
TON/HA	34.7	36.0	46.7				
M3/HA	28.9	30.0	38.9				

CONCLUSIONES

- *Pinus oocarpa*, en el área de impacto III, mostró mayor resistencia al fuego ya que se ha recuperado en 98.1 %; en cambio *Pinus douglasiana* es más susceptible al fuego ya que sobrevivió el 12.37 % del volumen y murió el 87.63 %. En la Unidad de impacto II, *Pinus oocarpa* tuvo una sobrevivencia del 97.3 % y muerte del 2.70% en volumen y *Pinus douglasiana* sobrevivió el 87.16 % y murió el 12.84% del volumen total.
- En la Unidad de impacto I, *Pinus oocarpa* presentó una sobrevivencia del 64.83 % y muerte de 35.17 %, en cambio *Pinus pringlei* mostró mayor resistencia ya que se recuperó el 98.93 % y murió el 1.07 %.
- Los datos de la regeneración natural fueron tomados en dos años del incendio, los resultados evidencian estar cubierta esta regeneración en dos terceras partes con buenas características de vigor, se espera que máximo en dos años más estará totalmente cubierta el área, considerándose innecesario hacer reforestaciones y menos del tipo masivas, la necesidad seguirá siendo realizar labores de protección para evitar que continúen presentándose los incendios.
- Existe una gran cantidad de barrancas profundas, originadas por los deslaves producidos a través del tiempo; en cuanto a las exposiciones registradas, en la exposición sur, son muy fuertes, en algunos casos hasta del 70%, los suelos en estas áreas son delgados y las precipitaciones altas, por lo que se crea una condición de alto riesgo a la erosión en cuanto se elimina la cubierta vegetal.
- Con la pérdida de la cubierta vegetal, los suelos son arrastrados por las lluvias, ocasionando graves problemas en la ciudad, ya que las inundaciones en estas zona bajas son frecuentes, es común el taponamiento de los drenajes y alcantarillado, daños a la

vivienda, la obstaculización vehicular, azolvamiento de obras de captación de agua, como presas y canales, además de un alto índice de contaminación.

AGRADECIMIENTOS

A la Coordinación de Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, por el apoyo económico asignado para la realización de este proyecto en 2017 y 2018.

LITERATURA CITADA

Bello González, M. A. y X. Madrigal Sánchez. 1996. Estudio florístico del Campo Experimental “Barranca del Cupatitzio”, Uruapan, Michoacán. Folleto Científico Núm 2, INIFAP.

Chávez, H. Y. M. y Gómez Tagle, R. A. 1984. Principales interacciones entre los suelos forestales y las coníferas del cerro “La Cruz”, Mich., Tesis Profesional UNAM, 75 p. México, D.F.

Comisión de Uso, Conservación, Recuperación de Áreas y Fomento a la Investigación Científica. 2016. Patronato del Parque Nacional Barranca del Cupatitzio, A. C, Uruapan, Mich., México.

CECIF Michoacán. 2017. Reporte semanal de incendios forestales [1 de enero al 8 junio del 2017]

COFOM. 2016. Estadística regional de incendios forestales 2017. Reporte semanal de incendios forestales del CECIF Michoacán.

INEGI. 2017. Anuario estadístico y geográfico (para cada entidad federativa). [Consulta: 09 de enero de 2018]

Esquivel, C. J. 1989. Crecimiento y Productividad de 5 especies de Pino, de los cerros “La Charanda” y “La Cruz”. Tesis de Ingeniero Agrónomo Especialista en Bosques, Facultad de Agrobiología “Presidente Juárez”-UMSNH., 94 p. México.

Estrada C. 1997. Evaluación de la regeneración natural en bosque de pino de la UCODEFO No. 4 de Durango, México. Tesis de Maestría Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales Subdirección de Postgrado.

Esquivel, C. J. Castro, C. R. 2017. Valor y sostenibilidad de ecosistemas forestales impactados por incendios forestales en la Comunidad Indígena Barrio de San Juan Bautista, municipio de Uruapan, Mich., México.

Gual-Díaz, M. y A. Rendón-Correa. 2014. Bosques Mesófilos de Montaña de México: diversidad, ecología y manejo. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 352 p.

Rzedowski. J. 1978. Vegetación de México. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. IPN Editorial Limusa. México, D.F.

Eje Temático II

Conservación y Restauración del Medio

Mesa 2

*Manejo y Desarrollo Forestal; Mitigación y
Adaptación al Cambio Climático*

Presidente: Dr. Miguel Caballero Deloya
Colegio de Postgraduados. México.

Co Presidente: Dr. Ladislao Ruiz Rengifo
*Universidad Nacional Agraria de la Selva,
Tingo María, Huánuco, Perú.*



10

ATRIBUTOS DE LA VEGETACIÓN EN PARCELAS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE 11 AÑOS EN LOS TUXTLAS, VERACRUZ, MÉXICO

Gamboa-Blanco, Eric*¹ y Martínez-Garza, Cristina¹

¹Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. 62209, Cuernavaca, Morelos, México.
eagb152@hotmail.com

Palabras clave: ecología de la restauración, historias de vida, niveles de intervención, vectores de dispersión.

La deforestación causada por actividades agropecuarias es la principal causa de pérdida de selvas húmedas (Aide, *et al.*, 1996; Fearnside, 2002; Pacheco, 2004). Ecosistema que es el principal sumidero terrestre de CO₂ (IPCC, 2003), uno de los principales gases que contribuyen al incremento de la temperatura atmosférica global (Garduño, 2004). En este ecosistema las especies arbóreas se agrupan en dos gremios cualitativamente distintos: pioneros y no pioneros (Swaine & Whitmore, 1988), siendo las no pioneras el gremio más abundante (Whitmore, 1989): Además del total de especies leñosas más del 80% dependen de vertebrados frugívoros para la dispersión de sus semillas (Howe & Smallwood,

En los trópicos muchas de las tierras deforestadas son abandonadas lo que ocasiona que inicie la sucesión ecológica (Finegan, 1996; Martínez-Ramos & García-Orth, 2007). Por lo cual el futuro de los ecosistemas tropicales está determinado por la relación entre deforestación y sucesión ecológica (De la Peña-Domene, Martínez-Garza & Howe, 2013). La sucesión ecológica, es el proceso de cambio en el tiempo de la estructura, composición y función del ecosistema (Prach & Walker, 2011; Whitmore, 1978). Su principal mecanismo es el reclutamiento (Ricklefs & Miller, 1999) que depende de la lluvia de semillas (Nepstad *et al.*, 1996; Wang & Smith, 2002) y del banco de semillas (Roberts, 1981) mismo que representa el potencial regenerativo de las comunidades vegetales (Henderson, *et al.*, 1988).

Después de un disturbio natural la composición del ecosistema rápidamente se asemeja a la del ecosistema conservado mientras que después de un disturbio antrópico (por ejemplo, un uso agropecuario) está cambia completamente quedando menor cantidad de especies y habiendo mayor dominancia de algunas de ellas (Boucher, *et al.*, 2001). Este fenómeno se puede explicar por qué en zonas agropecuarias el banco de semillas y plántulas es eliminado (Uhl, 1987), lo que hace que el reclutamiento este limitado por el número de semillas que llegan y la posterior mortalidad de semillas y plántulas (Schupp, *et al.*, 1989), sin embargo, en este tipo de ecosistema la lluvia de semillas es poco intensa (Martínez-Garza, *et al.* 2009), las condiciones abióticas son extremas (Fine, *et al.* 2004) y la depredación de semillas (Jones, *et al.* 2003) y plántulas es alta (Benítez-Malvido, *et al.* 2005). Todo lo cual ocasiona que la capacidad de regeneración natural sea

extremadamente lenta o se inhiba (Ceccon, 2014) dando lugar a un ecosistema totalmente distinto al original (Aide & Cavelier, 1994).

Cuando lo anterior ocurre se requieren acciones que permitan la recuperación de la trayectoria del ecosistema original (Martínez Ramos & García Orth, 2007). La restauración ecológica, proceso intencional de ayudar al restablecimiento de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido (SER, 2004), con el apoyo de la ecología de la restauración permite determinar las razones por las que las comunidades desarrolladas toman sus trayectorias (Howe & Martínez-Garza, 2014). Esta actividad involucra diferentes niveles de intervención que pueden ir desde una intervención mínima donde la principal acción es proteger el área de las perturbaciones (sucesión natural) (Ceccon, 2014) hasta una intervención máxima como en el caso de plantaciones mixtas de especies nativas (Martínez-Garza y Howe, 2003).

Para contribuir a la ecología de la restauración se realizó un experimento en la colonia ganadera Adolfo Ruiz Cortínez, en la sierra de los Tuxtlas, Veracruz, México. En un pastizal ganadero de aproximadamente 30 años se cercaron 24 parcelas de 30 x 30 m, mediante un cercado con alambre de púas a 3 niveles y estacas vivas de *Gliricidia sepium* (especie dispersada por viento) (De la Peña-Domene, 2010). Esto para diferentes combinaciones en dos niveles de intervención, mínimo, sucesión ecológica, y máximo, plantaciones de árboles cuyo mecanismo de dispersión es biótico (bióticas) u abiótico (abióticas). En este trabajo se evaluó el reclutamiento arbóreo a 11 años en las parcelas experimentales en la intervención mínima y en 2 combinaciones de intervención máxima. El objetivo era ver como cambiaban los atributos de la vegetación composición, densidad, riqueza y biomasa a 11 años. Para esto se identificaron todas las plantas reclutadas con un diámetro al pecho (DAP) mayor a 3 cm, se midieron el diámetro a la base (DAB) y el DAP de cada uno de ellos, se calculó la densidad y riqueza de individuos y especies por parcela y se tomaron muestras de madera para calcular la densidad de la madera por especie mediante el método empírico (Valencia Manzo & Vargas Hernández, 1997), información que posteriormente mediante el uso de ecuaciones alométricas generales para la zona de los Tuxtlas sirvió para estimar la biomasa mediante ecuaciones alométricas (Hughes, Kauffman & Jaramillo, 1999), uno de los métodos más precisos y no invasivos disponibles (Yerena-Yamallel et al., 2014).

Para el análisis de composición se construyeron 5 matrices con los datos de composición, abundancia y biomasa de las 24 parcelas experimentales. La primera matriz tomo en cuenta a todas las especies arbóreas censadas, las siguientes matrices solo consideraron subconjuntos de especies clasificadas por historia de vida y por vector de dispersión, es decir, una matriz para especies pioneras, otra para no pioneras, la siguiente para especies dispersadas bióticamente y la última para especies dispersadas abióticamente. Para conocer la similitud de la comunidad de reclutas en las 2 combinaciones de intervención máxima y en la intervención mínima se realizó un análisis factorial con cada matriz de datos. El análisis se realizó usando el programa STATISTICA 8 (StatSoft, Tulsa, OK, E.U.A.). En cuanto a Densidad, riqueza y biomasa se construyó una

base de datos con las siguientes variables independientes: parcela, nivel de intervención (en el caso de la intervención máxima se especifico el tipo de combinación), historia de vida-vector de dispersión (pioneros dispersados bióticamente, pioneros dispersados abióticamente, no pioneros dispersados bióticamente, no pioneros dispersados abióticamente(grupo que se eliminó de los análisis por representar una sola especie), densidad de individuos (número de individuos o biomasa en cada combinación de historia de vida y vector de dispersión por parcela), riqueza (número de especies o en cada combinación de historia de vida y vector de dispersión por parcela). Para observar diferencias entre las dos combinaciones de intervención máxima y la intervención mínima se probaron diferentes modelos lineares generalizados en el programa R (R Core Team, 2017), se realizó la simplificación de los modelos y se realizó una prueba de Tukey para identificar las divergencias.

En cuanto a la composición con la matriz con todas las especies se encontró que el promedio de los datos de la sucesión ecológica y las plantaciones son estadísticamente iguales mismo resultado se obtiene con las matrices de historia de vida y vector de dispersión. En cuanto a la densidad de individuos y riqueza de especies no se encontró diferencia estadística entre niveles de intervención o entre las combinaciones de intervención máxima cuando se tomaron en cuenta todos los individuos o las especies por historia de vida y por vector de dispersión, pero cuando se tomaron en cuenta las especies por historia de vida y vector de dispersión se encontró que para la sucesión ecológica la proporción de cada uno de los tres subgrupos de especies analizados fue igual, para la combinación de plantación biótica en la intervención máxima la proporción de no pioneras bióticas y pioneras bióticas fue igual entre ellas y mayor a la pionera viento y para la combinación de plantación abiótica se encontró que la proporción de individuos fue mayor en la combinación no pionero biótica, seguida de la pionera biótica y la pionera abiótica fue la que menos proporción de especies tuvo. Y cuando se analizó la densidad de individuos para la combinación de historia de vida-vector de dispersión de especies se encontró que la densidad de individuos es igual para los individuos de no pioneros bióticos y pioneros bióticos y en el caso de los pioneros abióticos es mayor la densidad de individuos en la intervención mínima. También se observo al agrupar a los individuos de todas las especies que la mayor proporción de individuos fueron dispersados por animales. En cuanto a la biomasa se encontró que el promedio de los datos de las plantaciones bióticas y abióticas son estadísticamente iguales y menores a la sucesión ecológica.

Bibliografía

- Aide, T. M. & Cavelier, J. (1994). Barriers to lowland tropical forest restoration in the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Restoration Ecology*, 2(4), 219-229.
- Aide, T. M., Zimmerman, J. K., Rosario, M. & Marcano, H. (1996). Forest recovery in abandoned cattle pastures along an elevational gradient in northeastern Puerto Rico. *Biotropica*, 28(4a), 537-548.

- Benítez-Malvido, J., Martínez-Ramos, M.M., Camargo, J. L. C. & Ferraz, I. D. K. (2005). Responses of seedling transplants to environmental variations in contrasting habitats of Central Amazonia. *Journal of Tropical Ecology* 21: 397-406.
- Boucher, D. H., Vandermeer, J. H., Granzow de la Cerda, I., Mallona, M. A., Perfecto, I. & Zamora, N. (2001). Post-agriculture versus post-hurricane succession in southeastern Nicaraguan rain forest. *Plant Ecology*, 156(2), 131-137.
- Ceccon, E. (2014). Restauración en bosques tropicales: fundamentos ecológicos, prácticos y sociales. Ediciones Díaz de Santos.
- De la Peña-Domene, M. (2010). Reclutamiento de plántulas en plantaciones jóvenes de especies arbóreas con diferente síndrome de dispersión. Tesis de Maestría. UNAM.
- De la Peña-Domene, M., Martínez-Garza, C. & Howe, H. F. (2013). Early recruitment dynamics in tropical restoration. *Ecological Society of America*, 23(5), 1124-1134.
- Fearnside, P.M. (2002). Can pasture intensification discourage deforestation in the Amazon and Pantanal regions of Brazil? En: C.H. Wood & R. Porro (Eds.), *Deforestation and Land Use in the Amazon*. (pp. 283-364). Gainesville, Florida, USA: University Press of Florida.
- Fine, P. V. A., Mesones, I & Coley, P.D. (2004). Herbivores promote habitat specialization by trees in amazonian forests. *Science*, 305: 663-665.
- Finegan, B. (1996). Pattern and process in neotropical secondary rain forests: the first 100 years of succession. *Tree*, 11(3), 119-124.
- Garduño, R. (2004). Qué es el efecto de invernadero. En: Cambio Climático: Una Visión desde México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) e Instituto Nacional de Ecología (INE). México. pp. 29-39.
- Henderson, C.B., Petersen, K.E. & Redak, R.A. (1988). Spatial and temporal in the seed bank and vegetation of a desert grassland community. *Journal of Ecology*, 76, 717-728.
- Howe, H. F. & Martínez-Garza, C. (2014), "Restoration as Experiment", *Botanical Sciences*, núm. 92, 1-10.
- Howe, H. F. & Smallwood, J. (1982). Ecology of seed dispersal. *Annual Review Ecology and Systematic*, 13(1), 201-228.
- Hughes, R. F., Kauffman, J. B. & Jaramillo, V. J. (1999), Biomass, carbon and nutrient dynamics of secondary forest in a humid tropical region of Mexico. *Ecology*, 80: 1892-1907.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2003). *Climate Change 2001: Synthesis Report*. Cambridge, UK: UNEP and WMO. Cambridge University Press.
- Jones, F. A., Peterson, C.J. & Haines, B.L. (2003). Seed predation in neotropical pre-montane pastures: site, distance, and species effects. *Biotropica* 35: 219-225.
- Martínez-Garza, C., Flores-Palacios, A., de la Peña-Domene, M. & Howe, H. F. (2009). Seed rain in a tropical agricultural landscape. *Journal of Tropical Ecology*, 25(05), 541-550.

- Martínez-Garza, C. & H. F. Howe. (2003). Restoring tropical diversity: beating the time tax on species loss. *Journal of Applied Ecology*, 40(3), 423-4.
- Martínez-Garza, C., Tobon, W., Campo, J. y Howe, H. F. (2011). Drought mortality of tree seedlings in an eroded tropical pasture. *Land Degradation and Development*. 24(3), 287-295.
- Martínez-Ramos, M. & García-Orth, X. (2007). Sucesión ecológica y restauración de las selvas húmedas. *Boletín de la sociedad botánica de México*, 80(suplemento), 69-84.
- Nepstad, D.C., Uhl, C., Pereira, C.A. & Cardoso da Silva J.M. (1996). A comparative study of tree establishment in abandoned pasture and mature forest of Eastern Amazonia. *Oikos*, 76(1), 25-39.
- Pacheco, P. (2004). *Las fronteras agrícolas en el trópico boliviano: entre las situaciones heredadas y los desafíos del presente*. Brasil: Centro de Investigación Forestal Internacional, Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazonia.
- Prach, K. & Walker, L. R. (2011). Four opportunities for studies of ecological succession. *Trends in Ecology and Evolution*, 26(3), 119-123.
- R Core Team (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Ricklefs, R.E. & Miller, G.L. (1999). *Ecology*. New York: W.H. Freeman and Company.
- Roberts, H.A. (1981). Seed banks in soils. In: Coaker, T.H.(ed.). *Advances in Applied Biology* 6, 1-55. London:Academic Press.
- STATISTICA 8 (StatSoft, Tulsa, OK, E.U.A.).
- Schupp, E. W., Howe, H. F., Augspurger, C. K. & Levey, D. J. (1989). Arrival and survival in tropical treefall gaps. *Ecology* 70:562-564.
- Society for Ecological Restoration (SER) International, Grupo de trabajo sobre ciencia y políticas. (2004). *Principios de SER International sobre la restauración ecológica*.
- Swaine, M. D. & Whitmore, T.C. (1988). On the definition of ecological species groups in tropical rain forest. *Plant ecology*, 75(1), 81-86.
- Uhl, C. (1987). Factors controlling succession following slash-and-burn agriculture in Amazonia. *Journal of Ecology*. 75(2), 377-407.
- Valencia Manzo, S. & Vargas Hernández, J. (1997). Método empírico para estimar la densidad de madera básica en muestras pequeñas de madera. *Madera y bosques*, 3(1), 81-87.
- Wang, C.B. & Smith, B.T. (2002). Closing the seed dispersal loop. *Trends in ecology and evolution*, 17, 377-384.
- Whitmore, T. (1978). Gaps in the forest canopy. En Tomlinson, P. & Zimmerman, M. (Ed.), *Tropical trees as living systems*. (pp. 639-655). Cambridge: University Press.

Whitmore, T. (1989). Canopy gaps and the two major groups of forest trees. *Ecology*, 70(3), 536-538.

Yerema-Yamallel, J. I., Jiménez Pérez, J., Alanís Rodríguez, E., Aguirre Calderón, O.A., González Tagle, M. A. & Treviño Garza, E. J. (2014). Dinámica de la captura de carbono en pastizales abandonados del noreste de México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17, 113-121.

11

ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE MANGLAR DE ÁREA COMPRENDIDA DE BARRA DE SAN JOSÉ Y SAN SIMÓN, CHIAPAS, MÉXICO

Ramírez Camacho R. y Lan Ramírez A. M. C. e Ing., estructura y composición de manglar de área comprendida de Barra de San José y San Simón, Chiapas, México, Universidad Autónoma de Chiapas, Facultad de Ciencias Agrícolas, Campus IV, Huehuetan, Chiapas. rausselrc@hotmail.com

Resumen:

Se realizó un estudio en el área de manglar que comprende el sistema lagunar de San José y San Simón, municipio de Mazatán, Chiapas, para evaluar variables dasométricas: Diámetro de pecho, altura total, altura de fuste, área basal, cobertura de dosel, composición y pérdida de manglar; así como también conocer el estado del bosque mediante índices estructurales que determina el desarrollo del bosque: índice de valor de importancia, índice de valor forestal y el índice de complejidad de holdridge, se registró la presencia de regeneración natural, extracción forestal, y mortalidad natural del bosque de manglar, teniendo presencia de cuatro especies de mangle: *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa*, *Avicennia germinans* y *Conocarpus erectus*. Para ello se estableció 50 UM en toda el área comprendido. Los datos obtenidos fueron analizados mediante varios métodos y programas. Los resultados obtenidos de los dos lugares fueron comparados para ver la variabilidad de acuerdo a las características de cada región.

PALABRAS CLAVE:

Manglar, variable dasométrica, estructura, composición, índice de complejidad de Holdridge, extracción forestal, regeneración y mortalidad natural.

INTRODUCCIÓN:

Los humedales costeros incluyen una gran variedad de tipos de ecosistemas: entre ellos ríos, lagunas costeras, manglares e incluso arrecifes de coral. Además, existen otras estructuras productivas como: humedales artificiales como viveros de peces y camarones, estanques acuícolas, tierras irrigadas para la agricultura, salinas, embalses, campos de aplicación fangos y canales. Dentro de los humedales

costeros, los bosques de manglar se encuentran entre los entornos más productivos del mundo (Tovilla H.C. 2006).

Los manglares son las formaciones boscosas más importantes de la zona costera del Pacífico Sur de México y Centroamérica, en la costa de Chiapas, asociados a ellos, existen áreas de vegetación acuática riparia, manchones de selva, bosque de zapotón, palmares y vegetación de dunas (Tovilla, 1998). México posee la segunda extensión de manglares en América y los manglares del Soconusco de Chiapas son los bosques más diversos, mejor desarrollados y medianamente conservados del Pacífico de América. Vegetación de la cual depende una riqueza faunística notable y poco estudiada (Landeros, 2005).

Desafortunadamente, el excesivo crecimiento de la población humana, el avance de las fronteras agropecuarias, la extracción de madera, la extracción faunística, contaminación ambiental, la pesca, la acuicultura, a mediano plazo amenazan la biodiversidad de este ecosistema (CONABIO, 2009).

En la actualidad, los ecosistemas de manglar de la costa de Chiapas se encuentran seriamente amenazados. Por el avance de las fronteras agropecuarias y la tala de bosques de mangle, la acuicultura del camarón, el turismo a gran escala y la construcción de infraestructura, ha determinado un acelerado proceso de alteración de este ecosistema causando graves daños ambientales y sociales. En muchas partes de la zona costera de Chiapas, los bosques de manglares están siendo destruidos y/o dañados a pasos alarmantes (Romero, 2006).

Los eventos naturales, así como la destrucción directa por vientos de tormentas y huracanes o la mortalidad secundaria debido a la sobre inundación y, el aumento de daños por plagas, enfermedades y la mortalidad debido a la exposición prolongada a temperaturas bajas también causan daños típicos a los manglares. Los manglares brindan beneficios económicos y servicios ambientales como: suministro de agua (cantidad y calidad); pesquerías (más de 2/3 partes de la producción pesquera del mundo están vinculadas a la salud de las zonas costeras y los manglares) (Orihuela, 2001).

Ante esta problemática es necesario realizar inventario de los recursos forestal, así como el estado que guardan en aspecto de estructura, composición, mortalidad natural, regeneración, extracción y pérdida los bosques de manglar a lo largo de la costa del Estado de Chiapas y en especial el sistema de Humedal de Barra de San José y San Simón, a fin de estimar el estado actual del manglar, el uso que las comunidades campesinas y pesqueras dan a estos sitios y así como su valoración económica y ambiental (Tovilla *et al.*, 2001).

La estructura de la vegetación, se define por el arreglo espacial que presentan las especies, tanto horizontal y verticalmente, y por la abundancia de cada una de ellas (Franco *et al.*, 1989). También nos indica su composición, el estado de desarrollo y la edad del arbolado que lo constituyen (Casas-Monroy *et al.*, 2001) denota la organización en el espacio, de los individuos que componen los rodales (Valdéz, 2004). Estos atributos se pueden inferir a partir de los valores de densidad, área basal e Índice de Valor de Importancia (IVI) (Casas-Monroy *et al.*, 2001). Finalmente, la estructura de los bosques de manglar refleja las características y tipos de crecimiento de las especies que lo integran (Cintrón y Schaeffer, 1985).

OBJETIVOS

Evaluar la estructura y composición del manglar, ubicado entre Barra San José y San Simón, Municipio de Mazatán Chiapas, México, con el fin de conocer el grado de conservación y deterioro de la cobertura forestal, provocado por las actividades humanas de las comunidades aledañas.

Objetivos Específicos

- Determinar las variables dasométricos como: el diámetro de altura de pecho (DAP), altura total, altura de fuste limpio, área basal, cobertura de dosel, densidad y la condición (recto, semirecto y chueco) de manglar en el área comprendida de Barra San José y San Simón.
- Estimar el índice de valor de importancia (IVI) de cada especie de mangle, encontrada en cada unidad de muestreo (UM).

- Evaluar el Índice de Valor Forestal (IVF), mediante la cuantificación de la altura de todos los árboles en la UM, tomando el 20% de los individuos medidos, considerando diferentes estratos arbóreos (alto, medio y bajo), así como la cobertura del dosel en la jerarquización de las especies de cada rodal.
- Conocer el Índice de Complejidad de Holdridge (ICH), mediante la riqueza y abundancia de especies en diferentes tipos de rodales.
- Evaluar la capacidad de regeneración y mortalidad natural del manglar.
- Estimar el grado de extracción de madera por especie y clase diamétrica del manglar de Barra San José y San Simón, Chiapas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se llevo a cabo en la franja costera de los municipios de Villa Mazatán Chiapas, desde Barra de San Simón en la desembocadura del río Coatán hasta las comunidades de Emiliano Zapata, Vadenia, Barra San José y Huayate (Huixtla) una franja de manglar que corre paralela al mar a lo largo de 33.6 km, el área comprende la parte sur y sureste de La Reserva de Biosfera la Encrucijada.

Se ubica en la parte NW por las coordenadas $15^{\circ} 02'00.06''N$ y $92^{\circ} 42'21.47''W$, y al sur $14^{\circ} 47'58.31''N$ y $92^{\circ} 30'40.05''W$. El humedal comprende unas 25,446.56 has, de las cuales el 82.3% comprende los pantanos de La Pampa La Cantileña. Está delimitado en la parte NW por el Océano Pacífico, presenta una anchura máxima en la zona de río Huixtla de 14.58km, con una altitud promedio de 2 m (Tovilla *et al.*, 2007).

Para evaluar el grado de desarrollo estructural del bosque de manglar, se establecieron 50 unidades de muestreo (UM) de 400m² (20 x 20 m), distribuidos al azar en toda el área de estudio, la cual comprende 3,197 has (humedal 25,446 has). Las 50 UM fueron distribuidas entre las áreas boscosas de manglar de Barra y Estero de San José, parte de la Pampa la Cantileña, laguna el Cabe, desembocadura Río Huixtla y -Barra San Simón. Se establecieron 34 UM en la parte

de Estero Barra de San José, Vadenia (2,922 has); mientras las otras 16 UM se ubicaron en Emiliano Zapata y Barra de San Simón, Chiapas (275 has).

Delimitación de las unidades de muestreos

En cada uno de los rodales se establecieron sitios de muestreo para estimar la zonación de las especies a lo largo y ancho de las franjas de manglar. Cada UM se ubicó con un georreferenciador (GPS MAP 76CSx) tomando las coordenadas geográficas del sitio, anotando el tipo de bosque de manglar a lo largo del recorrido y la vegetación asociada; así como el grado de deterioro provocado por las actividades humanas como presencia de basura, deforestación, contaminación y presencia de comunidades humanas cercanas.

Se delimitó cada UM, se utilizó hilo rafia y estacas de madera, todos los árboles de mangle, dentro de cada UM fueron enumerados con pintura acrílica e identificados por especie, para obtener la densidad y dominancia. De manera adicional se midió con una cinta diamétrica el diámetro a la altura del pecho (DAP), además en cada árbol se registró la condición del fuste: recto, semirrecto, o chueco.

Diseño experimental y tamaño de parcelas

El diseño utilizado fue muestreo completamente al azar en parcelas de forma cuadrangular, con una dimensión de 20 m x 20 m (400m²) dentro del sistema de bosque de manglar comprendido entre la zona estuarina de Río Huixtla, Barra de San José, Laguna el Cabe y Barra de San Simón, Chiapas; de acuerdo a la Metodología propuesta por (Cintron y Shaeffer, 1985) y (Tovilla, 1998); (Tovilla *et al.*, 2007).

Diámetro normal (DN)

Se utilizó una cinta diamétrica graduada. Y se midió el diámetro a la altura del pecho del fuste (DAP) en cada UM, fue una forma sencilla para caracterizar la estructura del bosque de acuerdo a (Cintron y Schaeffer, 1985). En *A. germinans*, *L. racemosa* y *C. erectus*, el DAP se tomó a una altura de 1.3 m sobre el nivel del suelo,

mientras que *R. mangle* a 30 cm por encima de la última raíz aérea donde inicia el fuste, de acuerdo a (Cintron y Schaeffer, 1985).

Altura total

Se evaluó la altura total de los árboles establecido en las diferentes parcelas, con las características requeridas; En cada UM se eligió el 20% del total de los árboles contabilizados, tomando partes iguales de árboles jóvenes contabilizados, tomando partes iguales de árboles jóvenes, maduros y viejos; a estos árboles se estimó con un hipsómetro vertex, formando un ángulo entre el observador y la copa del árbol a una distancia de 10-20 metros, donde se obtuvo la medición de la altura total del árbol.

Altura de fuste limpio

Se tomaron mediciones de la altura fuste limpio al 20% del arbolado dentro de cada UM, la altura del fuste limpio o altura aprovechable tomada desde el nivel del suelo hasta la ramificación del fuste. La estimación de la altura se realizó a 10 m de distancia de cada árbol cuando estos sean menores de 20 m o bien a 20 m cuando excedan los 30 m con un hipsómetro vertex.

Área basal

El área basal, es el espacio longitudinal y horizontal cubierto por el tallo de un árbol (Corella et al., 2001) es un parámetro descriptivo valioso. Se expresa usualmente en $m^2 ha^{-1}$. El AB es una buena medida del desarrollo estructural de un rodal y esta relacionado con el volumen de madera y biomasa (Cintrón y Schaffer, 1984).

El valor de área basal expresado en m^2 , como una función del DAP medido en centímetros, se calculó con la fórmula:

$$A = \pi r^2 = \frac{\pi(d)^2}{4} = 0.7854 (d)^2 \quad \text{donde:}$$

$$\hat{A} = \pi/4(DAP)^2, AB = \text{Área basal } (m^2)$$

$\pi = 3.1416$, $DAP =$ Diámetro Altura de Pecho

$r^2 =$ Radio al cuadrado

$0.7854 =$ Resultante de la división de $\pi/4$ $m^2 =$ Metro cuadrado

Cobertura forestal

Se cuantificó la cobertura de copa al 20% de los árboles dentro de cada (UM), tomando partes proporcionales de árboles grandes, medianos y chicos. La medición se realizó midiendo el diámetro de copa del árbol, con un hipsómetro Vertex midiendo los dos ejes, mayor y menor de la copa de cada árbol, pasando por el centro del árbol a fin de estimar el diámetro promedio de cada copa en cada UM. Con las medidas de los ejes, se cálculo el diámetro de copa, obteniendo el valor de cobertura al estimar el área de la elipse.

Se utilizaron dos fórmulas: para copas o coronas que se asemejan a un círculo: $\text{Área} = \pi r^2$, para las copas que se asemejan a una elipse: $\text{Área} = (e1+e2)/4\pi$.

Dónde: $e1 =$ longitud del eje 1, $e2 =$ longitud 2, $\pi = 3.1416$, $r^2 =$ radio al cuadrado

CÁLCULOS DE ÍNDICES ESTRUCTURAL FORESTAL

Índice de Valor de Importancia (IVI)

Para cada Unidad de Muestreo (UM), se estimaron tres índices estructurales Índice de valor de Importancia (IVI), es el índice sintético estructural desarrollado principalmente para jerarquizar la dominancia de cada especie en rodales mezclados. El índice de Valor de Importancia (IVI) es la suma del porcentaje de densidad, frecuencia y dominancia, puede estar en un intervalo entre 0 y 300 cuando se reporta en valores absolutos o sus fracciones. Es un método efectivo para indicar la importancia relativa de cada especie en una (UM), de acuerdo a (Cottam, 1949; Curtis y McIntosh, 1951), y se calcula de la siguiente manera:

IVI= (Densidad.rel.)+(Dominancia. rel.)+(frecuencia.rel de la Sp **X**)

La dominancia (estimador de biomas: área basal, cobertura del dosel, etc)

Donde:

Dr= densidad relativa

La cual se calcula:

$$Dr = \frac{\text{No. De individuos de la especie X}}{\text{El total de individuos de todas las especies}} \times 100$$

Donde, la densidad absoluta (Da) se obtiene así:

$$Da = \frac{\text{No. De individuos de la especie X}}{\text{Área muestreada}} \times 100$$

La dominancia relativa (Domr), (Estimador de biomasa: Área basal, cobertura).

Calculados de la siguiente manera:

$$Domr = \frac{\text{Área basal de la especie X}}{\text{Área basal total de todas las especies}} \times 100$$

Donde la dominancia absoluta (Doma) se calcula así:

$$Dma = \frac{\text{Área basal de la especie X}}{\text{Área muestreada}} \times 100$$

La frecuencia relativa (Fr) se calcula de la siguiente manera:

$$Fr = \frac{\text{Frecuencia de la especie X}}{\text{Suma de las Frecuencias de todas las especies}} \times 100$$

La frecuencia absoluta (Fa) se calcula de la siguiente manera:

$$Fa = \frac{\text{No. de parcelas donde aparece la especie } X}{\text{No. de parcela muestreadas}} \times 100$$

La frecuencia es la probabilidad de encontrar cada una de las especies en un determinado cuadrante o sitio de muestreo. Mientras que el área basal es el área de la sección transversal en un árbol medido en la base/altura del pecho (1.3 m) por arriba del suelo.

Índice de Valor Forestal (IVF)

Se cuantificó en el presente estudio con el propósito de considerar la altura de todos los arboles en la UM, tomando el 20% de los individuos medidos, considerando diferentes estratos arbóreos (alto, medio y bajo), así como la cobertura del dosel en la jerarquización de las especies de cada rodal. Se calculó de la siguiente manera:

$$IVF = DAPr + Ar + Cr$$

Donde: **DAPr**= Diámetro a la Altura de Pecho relativo

Ar= Altura relativa **Cr**= Cobertura relativa

Se calculó de la siguiente manera

$$DAPr = \frac{\text{Dens. Abs. De una Sp } X}{\text{DAP abs. De todas las Sp } X} \times 100$$

Donde el Diámetro absoluto (**DAPa**) se obtuvo:

$$DAPa = \frac{\text{Diámetro de una sp } \lambda}{\text{Área Muestral } \lambda} \times 100$$

La altura relativa (Ar) se calculó de la siguiente manera:

$$Ar = \frac{\text{Alt. absol. De una Sp}}{\text{Alt. Abs. De todas las Sp}} \times 100$$

Donde la altura absoluta (**Aa**) se obtuvo así:

$$Aa = \frac{\text{Alt. De una Sp}}{\text{Área Muestreada}} \times 100$$

La **cobertura** relativa (**Cr**) se calculó de la siguiente manera:

$$Cr = \frac{\text{Ca. De una Sp}}{\text{Ca. De todas las Sp}} \times 100$$

Dónde: **Cr**= Cobertura relativa; **Ca**= Cobertura absoluta, **Sp**= Especie

Donde la Cobertura absoluta (**Ca**), se obtuvo así:

$$Ca = \frac{\text{Cobertura del dosel de una Sp}}{\text{Área Muestreada}} \times 100$$

Índice de Complejidad de Holdridge (ICH)

Expresa la riqueza y abundancia de especies y se utiliza para caracterizar diferentes tipos de rodales. Este indica las características estructurales y cuantifica el grado de desarrollo estructural de un rodal (0.1 ha) (Holdridge *et al.*, 1971; Pool *et al.*, 1977)

$$ICH = (d)(a)(h)(s)/1000$$

Donde:

ICH= Índice de Complejidad de Holdridge **d**= número de troncos/0.1 ha.
a= área basal (m²/0.1ha) **h**= altura del rodal (m) **s** = número de especies.

Regeneración y pérdida de manglar

Regeneración natural

Cada UM se dividió en tres partes de 100 m², en cada uno de estas áreas se situaron 5 subcuadrantes de 1 x1 m², (uno en cada esquina y al centro del cuadrante), totalizando 20 m² por cada UM. Dentro de estos subcuadrantes se contaron y midieron plántulas vivas (especie y altura), clasificadas en tres categorías de acuerdo a los criterios de (Tovilla, 1998): plántulas tipo I (Tipo a) (con solo hojas), II (Tipo B) (con ramificación), III (Tipo C) (con raíces aéreas y diámetro < 3.0 cm), también se contabilizó las plántulas muertas (por especie, altura y categoría).

Cálculo:

Regeneración = (Nº de individuos por tipo) (100)/ total de plántulas del sitio

Mortalidad= (Total de plántulas muertas)/ total de individuos del sitio (100)

Mortalidad natural

Se estimó la mortalidad, midiendo el DAP a todos los árboles caídos y muertos en pie. Identificando su tipo de especie de mangle en cada UM.

Cálculo:

Mortalidad = (Nº de individuos)*(100)/ Nº total del arbolado del sitio

Extracción forestal

En cada UM se estimó la extracción de madera, midiendo el diámetro de los de todos los tocones para cada especie, para conocer el uso que los habitantes dan a cada especie de mangle, expresándose (%) la extracción vs el arbolado en pie.

Para conocer las tendencias de extracción, los diámetros estimados de los tocones se clasificaron por especie, con un rango de 2.5 cm., con un intervalo de 2.5 cm: Clase 5 (2.5 a 5) clase 7 (5.1 a 7) clase 10 (7.1 a 10) clase 15 (10.1 a 15) clase 20

(15.1 a 20) clase 25 (20.1 a 25) clase 30 (25.1 a 30) clase 35 (30.1 a 35) clase 40 (35.1 a 40) hasta finalizar en la clase 45(<40.1) (Corella *et al.*, 2001).

Cálculo:

$$\text{Extracción} = (\text{Número de tocones}) * (100) / \text{total de árboles del sitio}$$

RESULTADOS

De las 50 unidades de muestreo (UM), 34 corresponden al sistema lagunar Barra San José y 16 a laguna Barra San Simón, Chiapas.

Estructura del manglar en el sistema lagunar Barra San José, Chiapas

Composición del bosque de manglar

En este sistema lagunar se establecieron 34 unidades de muestreo (UM), cada una en forma cuadrangular, con una dimensión de 20mx20m (400m²), lo cual hacen un total de un área de (13,600 m²), en las cuales se contabilizaron 2,971 árboles. 3 UM, de *Avicennia germinans* constituye bosques monoespecíficos UM (39, 40 y 46), *Rhizophora mangle* UM (38).

Además se encontraron asociaciones de tres especies de mangle (*Ag/Lr/Rm*, *Ag/Rm*, *Lr/Pa/Rm*, *Ag/Ce/Lr* y *Pa/Rm*) en la UM (26, 27, 29, 31, 41, 42, 44, 47, 49 y 50), en todo el sistema lagunar, constituidos por bosque dominantes y mixtos de *A. germinans*, *R. mangle*, *L. racemosa* y *Pachira acuática* (*Pa*), mientras que en la UM (8, 12, 14, 15, 16, 18, 19, 24, 25, 30, 32, 36, 43 y 48) existe una asociación entre dos especies de mangle (*Lr/Rm*, *Ag/Rm*, *Pa/Rm*), e incluso se registró la especie de *P. acuática* UM (11, 12, 13 y 23), en bosques dominantes y mixtos ribereños. Sin embargo, se registró 22 UM,(8, 13, 15, 16, 17, 18, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 41, 43, 44, 47, 48, 49 y 50) con un tipo de bosque mayormente dominantes de cuenca-borde y ribereño: en donde una sola especie presenta más del 50% de arbolado en el sitio, por ejemplo en la UM 8, la especie dominante es *R. mangle*;

mientras que en las UM (17, 27, 28 y 29) presenta bosques dominantes de *A. germinans*; en la UM(23, 25, 26 y 32) se registra bosques dominantes de *L. racemosa* asociada con otras especies de mangle, finalmente en la UM 17, *C. erectus* se registró pero presenta un Índice de valor de importancia menor, ya que *A. germinans* es la especie dominante en asociación con *C. erectus* y *L. racemosa* (**Ag/Ce/Lr**).

De acuerdo a la clasificación de Lugo y Snedaker (1980), se encontraron diez sitios correspondientes a bosques ribereños UM (11, 12, 13, 23, 24, 36, 38, 41, 49 y 50), en la cual seis unidades de muestreo se presentó *R. mangle* como especie dominante en la UM 13(**Lr/Pa/Rm**), 24(**Lr/Rm**), 41(**Ag/Lr/Rm**), 49(**Ag/Lr/Rm**) y 50(**Ag/Lr/Rm**); al igual que *L. racemosa* UM 23(**Lr/Pa/Rm**); mientras que en la UM 11(**r/Pa/Rm**), 12(**Pa/Rm**) y 36(**Lr/Rm**) fueron bosque mixtos, finalmente, se registró una UM (38) de tipo de bosque monoespecífico de *Rhizophora mangle*, ubicados en la entrada de un arroyo. 16 sitios son de tipo borde, con dominancia de *R. mangle* UM 15(**Lr/Rm**), 16(**Lr/Rm**), 18(**Lr/Rm**), 30(**Ag/Rm**) y 47(**Ag/Lr/Rm**), al igual con *A. germinans* y *L. racemosa* se registraron en la UM 17(**Ag/Ce/Lr**), 25(**Lr/Rm**), 26(**Ag/Lr/Rm**) y 32(**Lr/Rm**), cada UM registró asociación dos y tres especies .

Sin embargo para las UM 14(**Lr/Rm**), 19(**Lr/Rm**), 37(**Lr/Rm**) y 42(**Ag/Lr/Rm**) presentaron un tipo de bosque borde mixto, por presentar una asociación de tres especies de mangle; en las UM finalmente se registraron tres unidades de muestreo tipo bosque borde-monoespecífico principalmente por la especie *A. germinans* UM 39(**Ag**), 40(**Ag**) y 46(**Ag**) es la especie que no se registró ninguna asociación con las otras tres especies representativas a los bosques de manglar en todo el sistema lagunar.

En las UM 8(**Lr/Rm**), 43(**Ag/Rm**), 44(**Ag/Lr/Rm**) y 48(**Lr/Rm**), 27(**Ag/Lr/Rm**), 28(**Ag/Lr/Rm**) y 29(**Ag/Lr/Rm**) son de tipo cuenca en donde domina ampliamente *Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans* y una UM (31) es un bosque mixto con una asociación de *A. germinans*, *L. racemosa* y *R. mangle*.

En este sistema lagunar se registró una densidad promedio de 940 ind/ha¹, con amplia dominancia del mangle rojo (*Rhizophora mangle*), que en total presenta 1208 ind/ha¹, seguido por mangle blanco *Laguncularia racemosa* con 921 individuos/ha, *Avicennia germinans* (mangle negro o madresal) con 702 ind/ha¹, *Pachira acuatica* (Pa), zapotón con 107 ind/ha¹ y la menor cantidad *Conocarpus erectus* con 18 individuos/ha¹, tal como se presenta en la Figura 5; en todos los sitios la densidad de individuos disminuye conforme se incrementa el grosor o diámetro del fuste de los árboles, como se observó en todos los rodales de *Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans*, en donde existen UM con baja densidad, donde el arbolado está constituido por árboles maduros/seniles de mayor grosor o diámetro de fuste, comparado con los rodales constituidos por *Laguncularia racemosa* caracterizados por la gran abundancia de clases diamétrica menores de 7.5 cm.

En las UM: (26, 27, 29, 31, 41, 42, 44, 47, 49 y 50) se presentó mayor riqueza de especies; en estos sitios se registró la presencia de tres asociaciones de mangle (*Ag/Lr/Rm*, *Ag/Rm*, *Lr/Pa/Rm*, *Ag/Ce/Lr* y *Pa/Rm*); por el contrario en las UM (8, 12, 14, 15, 16, 18, 19, 24, 25, 30, 32, 36, 43 y 48) existe una asociación entre dos especies de mangle (*Lr/Rm*, *Ag/Rm*, *Pa/Rm*), e incluso se registró la especie de *P. acuatica* UM (11, 12, 13 y 23), en bosques dominantes y mixtos- ribereños, con una densidad variable de individuos por especie tal.

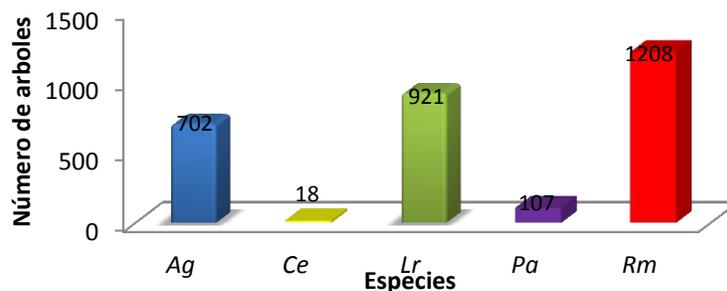


Figura 1. Número total de árboles presentes en las 34 UM, obtenidos para cada Especie (Sp). *A. germinans* (Ag), *C. erectus* (Ce), *L. racemosa* (L.r), *P. acuatica* (Pa) y *R. mangle* (Rm) sistema lagunar Barra San José, Chiapas.

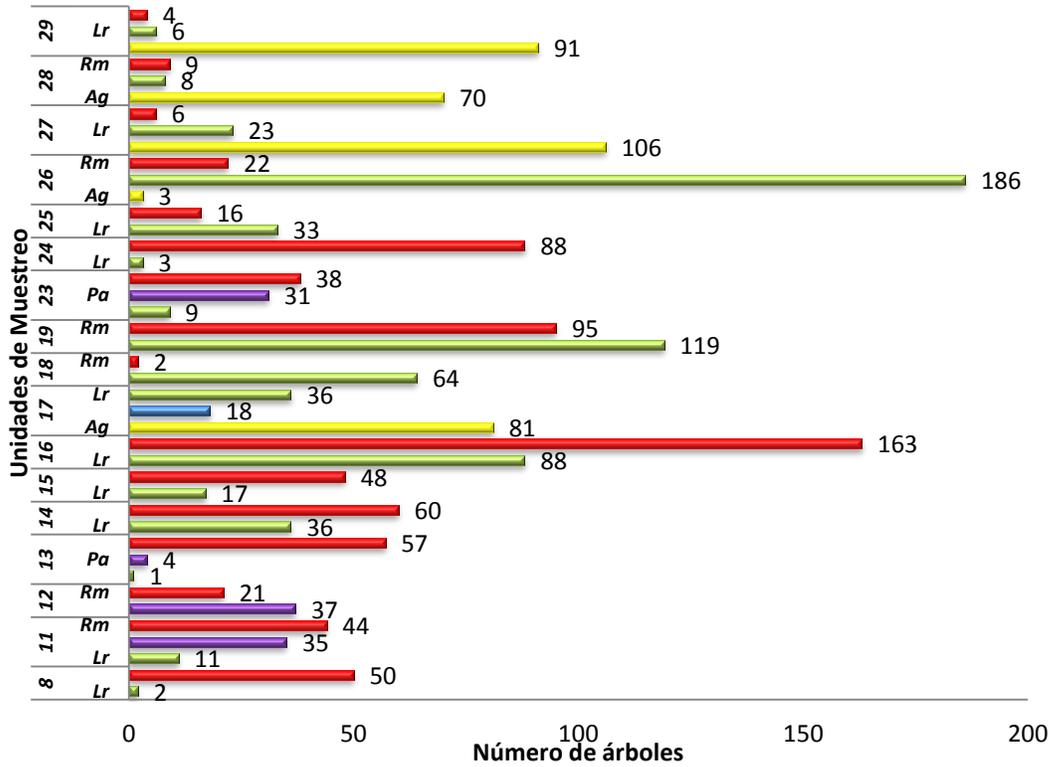


Figura 2. Número de árboles, obtenidos para cada especie en cada unidad de muestreo (UM), Especies (Sp). *A. germinans* (Ag), *C. erectus* (Ce) *L. racemosa* (L.r) y *R. mangle* (Rm) sistema lagunar Barra San José, Chiapas.

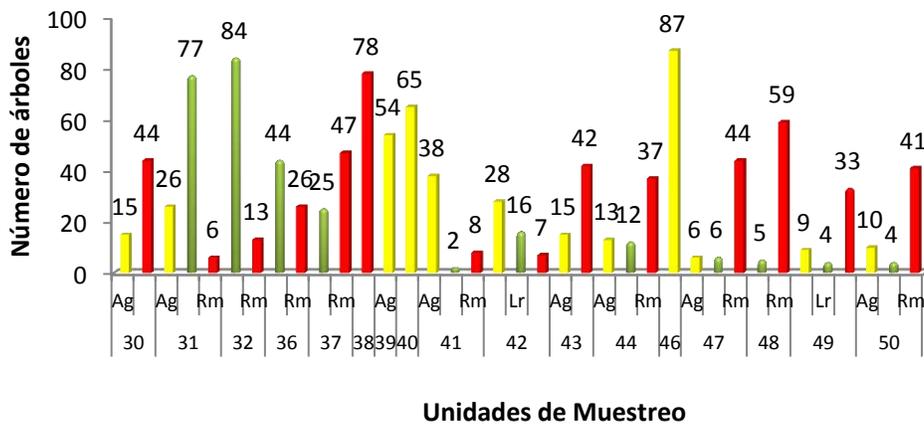


Figura 3. Número de árboles, obtenidos para cada especie en las unidades de muestreo (UM), Especies (Sp). *A. germinans* (Ag), *C. erectus* (Ce) *L. racemosa* (Lr) y *R. mangle* (Rm) sistema lagunar Barra San José, Chiapas.

Diámetro normal

En este sistema se encontró un DAP por especies en promedio de 12.2 cm, los valores más altos en el diámetro se registraron en *Avicennia germinans* (mangle negro o madrejal) con 15.8 cm promedio, seguido por la especie de mangle rojo (*Rhizophora mangle*) con 11.4 cm, en tercer lugar *Pachira acuatica* (zapotón o zapote de agua) (11.4 cm), ya que tienden a situarse en bosques ribereños mezclados con la especie *L. racemosa* (mangle blanco) y *R. mangle* (mangle rojo), seguido por *Laguncularia racemosa* con un diámetro promedio de 11.0 cm; mientras que los valores más bajos se registraron en *Conocarpus erectus* con 6.0 cm (Figura 4)

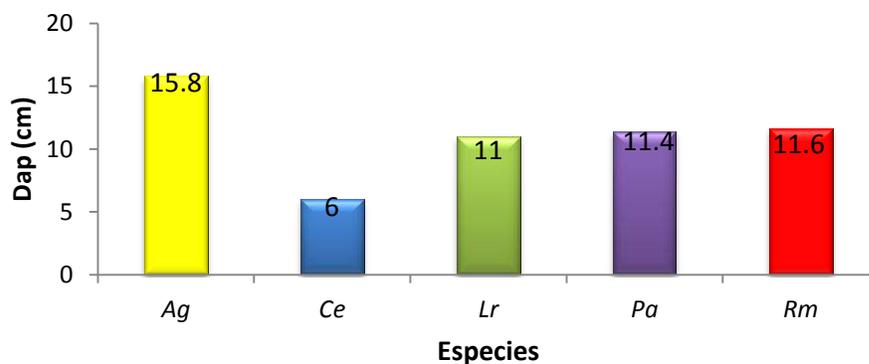


Figura 4. Diámetro de altura de pecho (DAP), obtenidos para cada Especie (Sp), en las 34 UM. *A. germinans* (Ag), *C. erectus* (Ce), *L. racemosa* (L.r), *P.acuatica* (Pa) y *R. mangle* (Rm) sistema lagunar Barra San José, Chiapas.

Altura total

La altura total en las diferentes especies presentes se registró una similitud entre *Rhizophora mangle* (17.9 m), *Laguncularia racemosa* (17.5 m), *Pachira acuatica* con (17.1 m) y *Avicennia germinans* con (17.3 m); así como también se registró la especie de *Conocarpus erectus* con 8.4 m, (Figura 5) cuyas especies presentan una composición similar en cuanto a la estructura vertical del bosque.

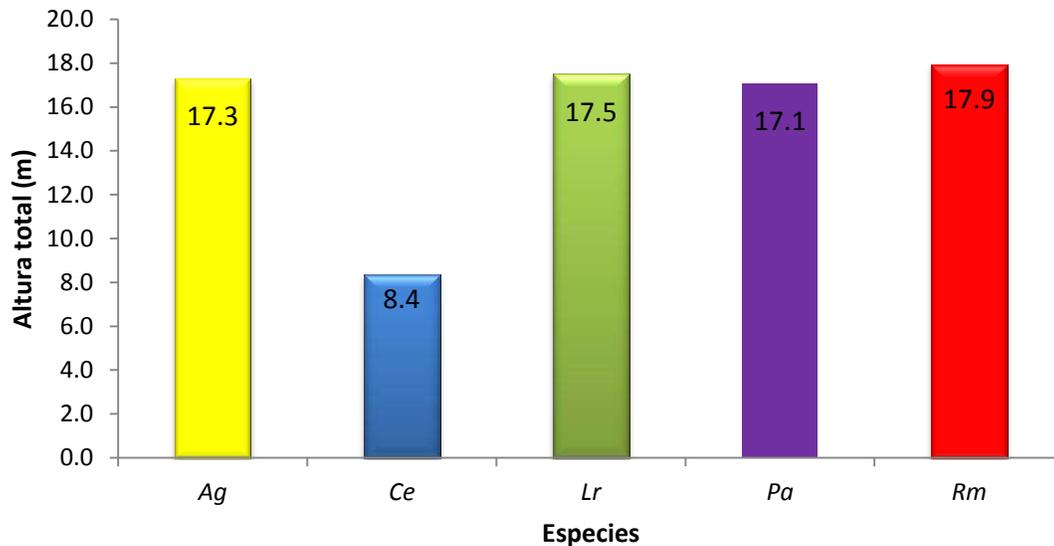


Figura 5. Altura total, obtenidos para cada Especie (Sp), en las 34 UM. *A. germinans* (Ag), *C. erectus* (Ce), *L. racemosa* (L.r), *P. acuatica* (Pa) y *R. mangle* (Rm) sistema lagunar Barra San José, Chiapas.

Altura de fuste limpio

Se encontró que los fustes aprovechables se registró una similitud entre las especies de: *Pachira acuatica* (Pa) con (12.7 m), *R. mangle* (11.8 m) y *L. racemosa* (11.2 m); *A. germinans* (9.9 m) y la altura menor de fuste limpio se registró en la especie *C. erectus* (3.7 m) como se observa en la Figura 6

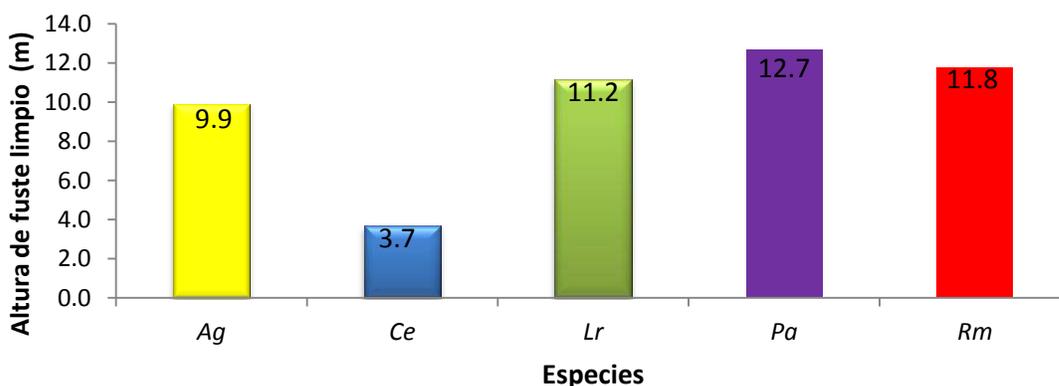


Figura 6 Altura de fuste limpio, obtenidos para cada Especie (Sp), en las 34 UM. *A. germinans* (Ag), *C. erectus* (Ce), *L. racemosa* (L.r), *P. acuatica* (Pa) y *R. mangle* (Rm) sistema lagunar Barra San José, Chiapas.

Área basal

En el área basal, la especie con mayor AB promedio se registró en *A. germinans* (23.81 m²/ha¹) y *Rhizophora mangle* (19.98 m²/ha¹), seguido por *Laguncularia racemosa* con 9.21 m²/ha¹, *Pachira acuatica* (8.73 m²/ha¹); sin embargo el área basal menor correspondió a *Conocarpus erectus* con 1.42 m²/ha¹) (Figura 7) cuya presencia solo existe en un solo sitio del sistema debido a una sobreexplotación. El AB promedio en este sistema lagunar fue 16.32 m²/ha¹.

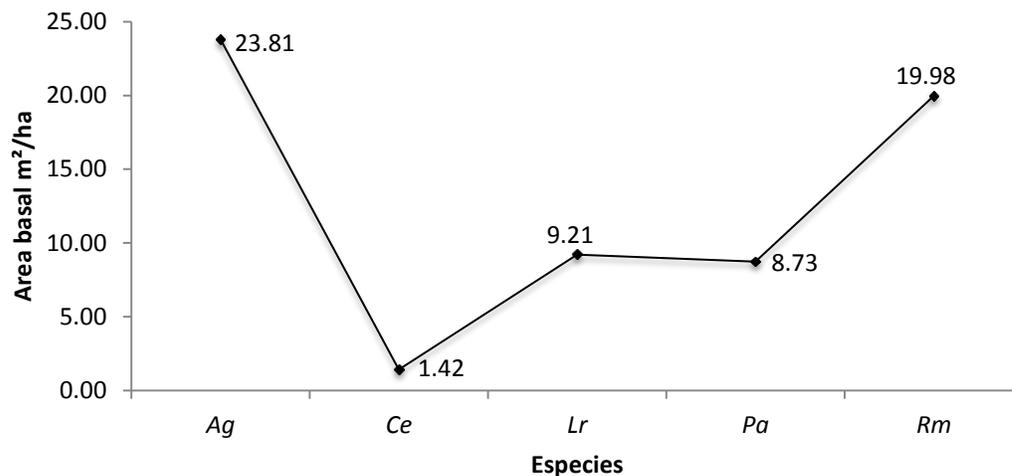


Figura 7. Área basal obtenida en las 34 UM, para cada Especie (Sp). *A. germinans* (Ag), *C. erectus* (Ce), *L. racemosa* (L.r), *P. acuatica* (Pa) y *R. mangle* (Rm) sistema lagunar Barra San José, Chiapas.

Cobertura de dosel

En la cobertura del dosel, se obtuvo un promedio para todo el sistema lagunar Barra San José, Chiapas (84.79 m²), los registro más altos fueron en *A. germinans* (113.95 m²) y *R. mangle* con 107.04 m², seguido de *L. racemosa* presenta 35.85 m², en tercer lugar se ubicó *P. acuatica* 24.19 m² y finalmente la cobertura menor se registró en *C. erectus* (21.43 m²) (Figura 12). Las coberturas más pequeñas se registraron en bosques juveniles dominados por *L. racemosa*, *C. erectus* y *P. acuatica* presentan coberturas más abiertas y pequeñas.

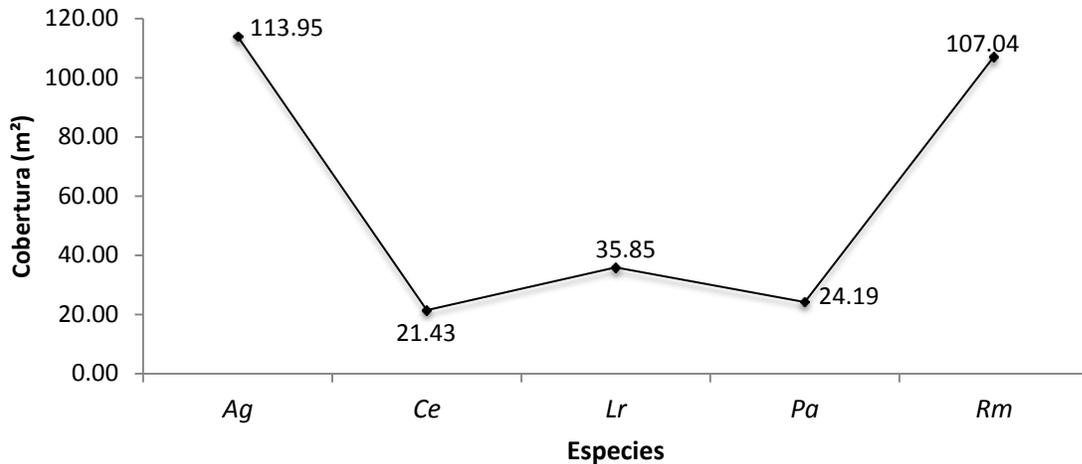


Figura 12. Cobertura del dosel, obtenidas para cada Especie (Sp), en las 34 UM. *A. germinans* (Ag), *C. erectus* (Ce), *L. racemosa* (L.r), *P. acuatika* (Pa) y *R. mangle* (Rm) sistema lagunar Barra San José, Chiapas.

Índices de valoración estructural

Índice de Valor de Importancia

De las cuatro especies de mangle registradas en el sistema lagunar, los valores de IVI más altos (300) correspondieron a bosques monoespecíficos de *R. mangle* UM (38), *A. germinans* en las UM: 39, 40 y 46, sin embargo, se registraron varios rasgos, esto en función de la dominancia que ejerce cada especie en la UM (8, 13, 15, 16, 17, 18, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 32, 41, 43, 44, 47, 48, 49 y 50), sien embargo se registraron varios rasgos estos en función de la dominancia que ejerce cada especie en la UM, el I.V.I. más bajo se registro en el sitio UM 26, Borde-dominante (Ag/Lr/Rm) (3%, 268%, 29%) en *A. germinans* con 3%, *R. mangle* registró el mayor número de sitios sobresalen UM (8, 13, 15, 16, 17, 18, 24, 25, 26, 27, 29, 32, 41, 43, 47, 49 y 50) , en los cuales el I.V.I. es similar para las tres especies presentes que son *A. germinans*, *L. racemosa* y *R. mangle* con una dominancia como sucede en el sitio 8 (291%) y 18 (292%), denotando la dominancia que tienen ambas especies en cada sitio. Así como también se obtuvo el índice de valor de importancia por cada especie, donde *R. mangle* se registró índice de valor de importancia más alto con 133%, en la cual se hubo una similitud en *A. germinans* con 79% y *L. racemosa* con

73%, así como también la especie que se registró con índice de valor importancia bajo fue *C. erectus* con 3%, y finalmente se reportó vegetación asociada de *Pachira acuatica* con un valor menor de 12% de valor de importancia, en el bosque del sistema lagunar Barra San José Figura 8

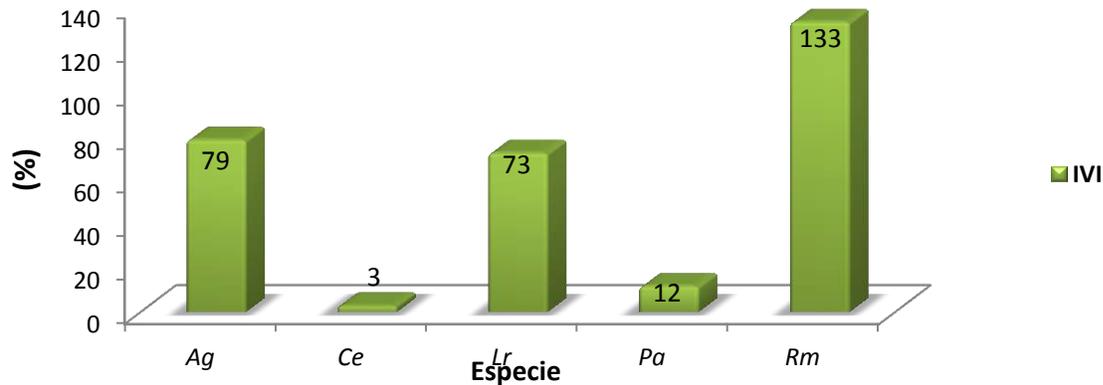


Figura 8 Índice de Valor de Importancia (IVI), obtenidas para cada Especie (Sp), en las 34 UM. *A. germinans* (Ag), *C. erectus* (Ce), *L. racemosa* (L.r), *P.acuatica* (Pa) y *R. mangle* (Rm) sistema lagunar Barra San José, Chiapas.

Índice de valor de forestal

El IVI se determinó por especie de mangle, la cual la especie que presentó un mayor índice de valor forestal fue *C. erectus* con 75%, seguido por *A. germinans* con 68%, en la cual se registraron dos especies de mangle con una similitud *R. mangle* con 58%, seguido por *L. racemosa* con 48% y finalmente se registró una vegetación asociada *Pachira acuatica* con un índice de valor forestal de 50%, en el sistema lagunar de Barra San José así como se observa en la Figura 9

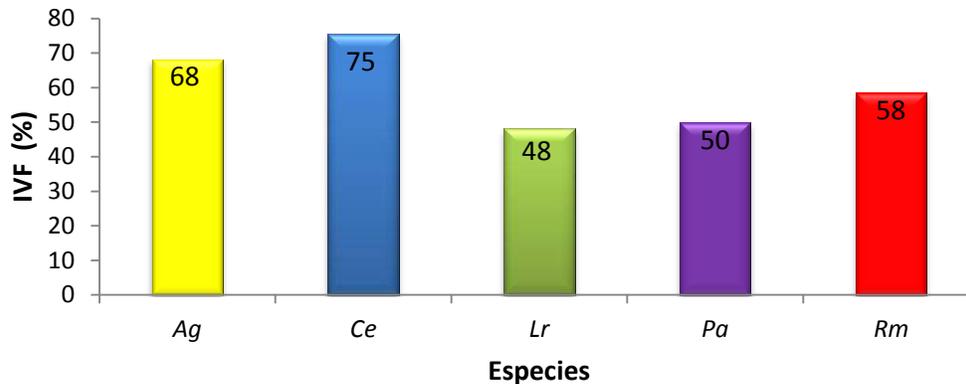


Figura 9. Índice de Valor Forestal, obtenidas para cada Especie (Sp), en las 34 UM. *A. germinans* (Ag), *C. erectus* (Ce), *L. racemosa* (L.r), *P.acuatica* (Pa) y *R. mangle* (Rm) sistema lagunar Barra San José, Chiapas.

Índice de Complejidad de Holdridge

Índice de Complejidad de Holdridge se registró en el sitio 26 con 98.3 con una asociación entre *A. germinans*, *L. racemosa* y *R. mangle*, así como también se registraron I.C.H. en el sitio 11(77), 12(53.3), 13(68.0), 16(73.5), 17(73.8), 19(62.0) y 31(64.5), respectivamente (Cuadro 3A), mientras que el valor más bajo se dio en la UM 40, con I.C.H. de 8.6, en un bosque tipo borde-monoespecífico de *A. germinans*. En promedio para el sistema lagunar se estimó un valor de ICH de 31.5, como se observa en el Cuadro 3A.

Densidad

Las densidades más elevadas se presentaron en bosques juveniles como se mostró en la UM 16 con 6275 ind/ha en un bosque dominado por *R. mangle*, en asociación con *L. racemosa*, al igual que la UM 17(3375 ind/ha), 19(5350 ind/ha), 26(5275 árboles/ha) y 27(3375 ind/ha) respectivamente (Cuadro 3A) que son bosques juveniles que son constituidos por dos y tres especies de mangle, así como también incluyendo la vegetación asociada *Pachira acuatica* (zapotón o zapote de agua), mientras que las densidades menores se registraron en bosques maduros/seniles como sucede en la UM 8 con bosque cuenca-dominante(1300 ind/ha) con una asociación (*Lr/Rm*), 49 ribereño-dominante(1150 ind/ha) (*Ag/Lr/Rm*), 42 borde-

mixto(1200 ind/ha) (Ag/Lr/Rm), 43cuenca-dominante(1275 ind/ha) (Ag/Rm), 40 borde-monoespecífico(1350 ind/ha) (Ag), 47 borde-dominante(1400 ind/ha) (Ag/Lr/Rm).

En promedio para todo el sistema lagunar Barra San José, Chiapas se registro un valor de 2185 ind/ha.

Condición del arbolado

El 20% de los árboles se registraron chuecos en su mayoría pertenecen a los arboles viejos o seniles; 52% se registraron individuos semirectos son arboles adultos y los arboles rectos con un 28% generalmente pertenecen a los arboles jóvenes. Estos bosques en *R. mangle* presentaron una altura promedio de raíz de 2.06 m.

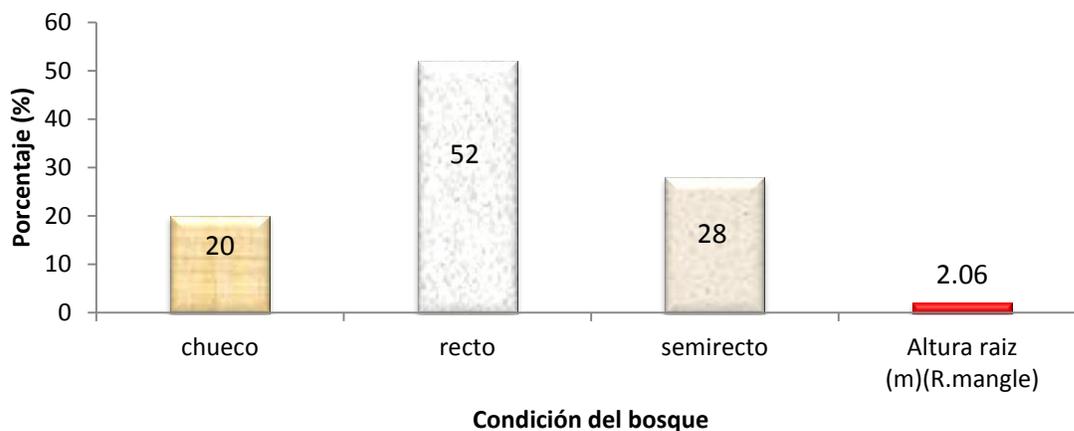


Figura 10. Condición del bosque de manglar del sistema lagunar Barra San José, Chiapas

Regeneración Natural y pérdida del manglar

Estructura de la población de plántulas

Se encontraron regeneración de plántulas en 26 de los 34 UM estudiadas. Con densidades y tipos de desarrollo muy diferentes, de acuerdo a la especie presente. Del total de plántulas contabilizadas, se estimó que un 75 % presentan un desarrollo tipo A; 15 % un desarrollo tipo B y 10 % son de tipo C. La altura de las plántulas varía de acuerdo al tipo de desarrollo registrado, correspondiendo una mayor altura a un

mayor grado de desarrollo; es por eso que las plántulas tipo C presentan una mayor altura y por lo tanto menor densidad como se muestra en la Figura 11

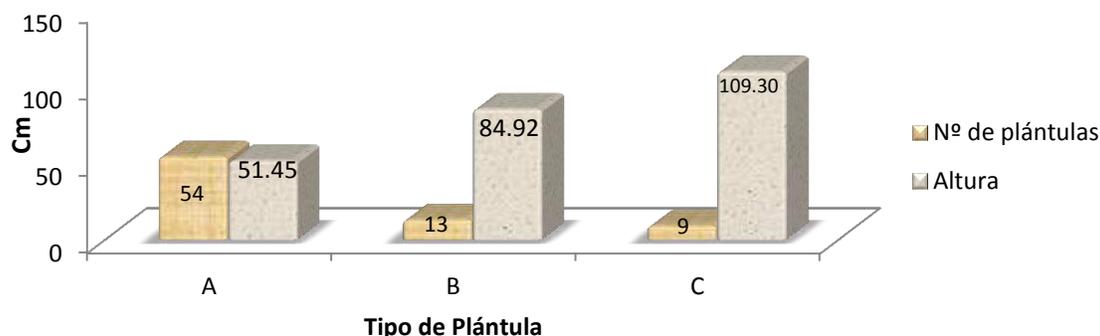


Figura 11. Altura promedio de las plántulas por grado de desarrollo, plántulas tipo A (con solo hojas), B (con ramificación), C (con raíces aéreas y diámetro <3.0cm) sistema lagunar Barra San José, Chiapas.

Del total de plántulas el 100% correspondió a plántulas vivas, mientras que para todo el sistema lagunar no se presentó mortalidad natural de plántulas.

Encontrándose altas densidades como sucede en el sitio 30 constituido por plántulas *R. mangle* con una densidad de 4,800 plántulas/ha¹, UM 11 (3,225 ind/ha¹), UM 24 (3100 plántulas/ha¹). En las otras especies también se manifiestan altas densidades como sucede en *L. racemosa* en la UM 31 (4,450 ind/ha¹), también se presentan altas densidades en *A. germinans* (2,025 ind/ha¹), mientras para las densidades menores se presentaron en la UM 13, 41 y 43 con (25 ind/ha¹), respectivamente *R. mangle*; así como también se registraron UM donde no hubo regeneración UM 8, 12, 16, 19, 46 y 47.

. Mortalidad natural

La valoración de la pérdida de manglar se está manifestando por dos vías la extracción y la mortalidad natural, sin embargo, realizando un comparación del total de pérdida de manglar se encontró que está se da a mayor cantidad debido a la extracción (6.6 %), mientras que el (2.8 %) se da por muerte natural por lo tanto se

infiere que el hombre está teniendo mayor impacto que los cambios ambientales y naturales en la vegetación.

De las 34 UM estudiadas en quince no se presentó mortalidad (12, 13, 17, 18, 24, 38, 39, 40, 43, 44, 46, 47, 48, 49 y 50); por el contrario en las UM 26 y 31 se registró una elevada mortalidad en las especies de mangle blanco y negro respectivamente; así mismo para *L. racemosa* y *R. mangle* presenta valores variables de mortalidad, como se observa en la Figura 13. También se registró la mortalidad natural por especie donde *L. racemosa* fue la que presentó mayor número con 45 individuos (52.3%), seguido por *R. mangle* con 22 árboles (26.6%) y finalmente *A. germinans* con 19 individuos (22.1%) como se muestra en la Figura 12.

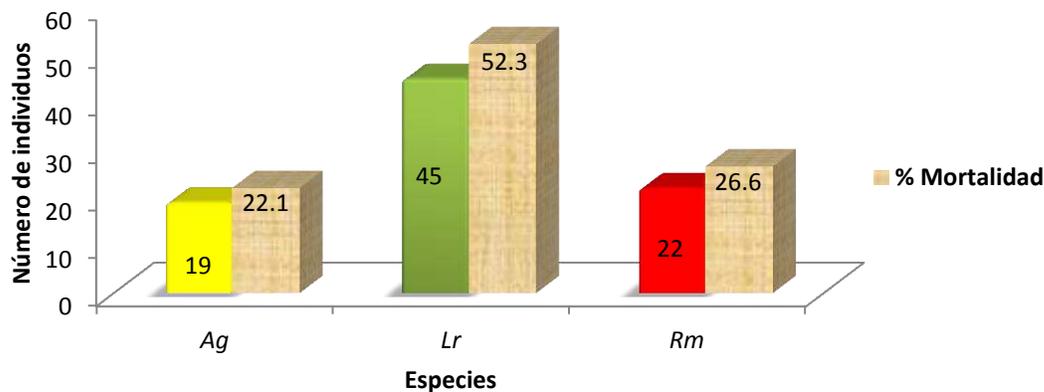


Figura 12. Mortalidad natural, obtenidas para cada Especie (Sp). *A. germinans* (Ag), *L. racemosa* (L.r) y *R. mangle* (Rm) sistema lagunar Barra San José, Chiapas.

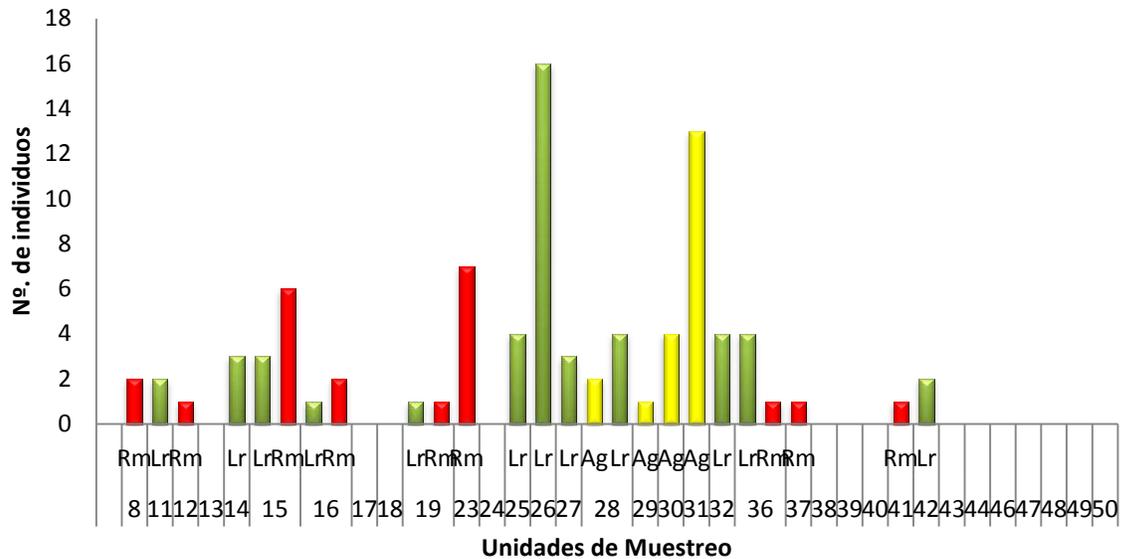


Figura 13 Número de arboles muertos, obtenidos para cada especie en cada unidades de muestreo (UM), Especies (Sp). *A. germinans* (Ag), *L. racemosa* (L.r) y *R. mangle* (Rm) sistema lagunar Barra San José, Chiapas.

La mortalidad se presenta principalmente en aquellos sitios donde existe mayor actividad humana como la zona aledaña a la comunidad San José-Huayate, Cantileña, rio Huixtla Vadenia, La Ceiba, ubicados en los municipios de Villa Mazatán y Huixtla, Chiapas; así como también el avance de ganadería y agricultura sobre los manglares es muy evidente. Como sucede en UM 26 y 31 donde también existe una eleva mortalidad natural.

La categoría diamétrica que presenta mayor mortalidad del arbolado fue 2.5 a 5 cm de (DAP) principalmente registrada sobre *L. racemosa* (21 individuos). En el caso del mangle blanco (*L. racemosa*) esta especie mangle se presenta en las ocho categorías diamétrica registradas, desde los arboles más delgados hasta los más gruesos (2.5-40cm). Las otras categorías diamétricas con mortalidad natural son las de 5.1-25cm de DAP, principalmente *A. germinans* y *R. mangle*; mientras que en la categoría diamétrica 25.1-30cm se registró la menor mortalidad natural principalmente *L. racemosa* (1 individuo) y *R mangle* (1 árbol) Figura 14

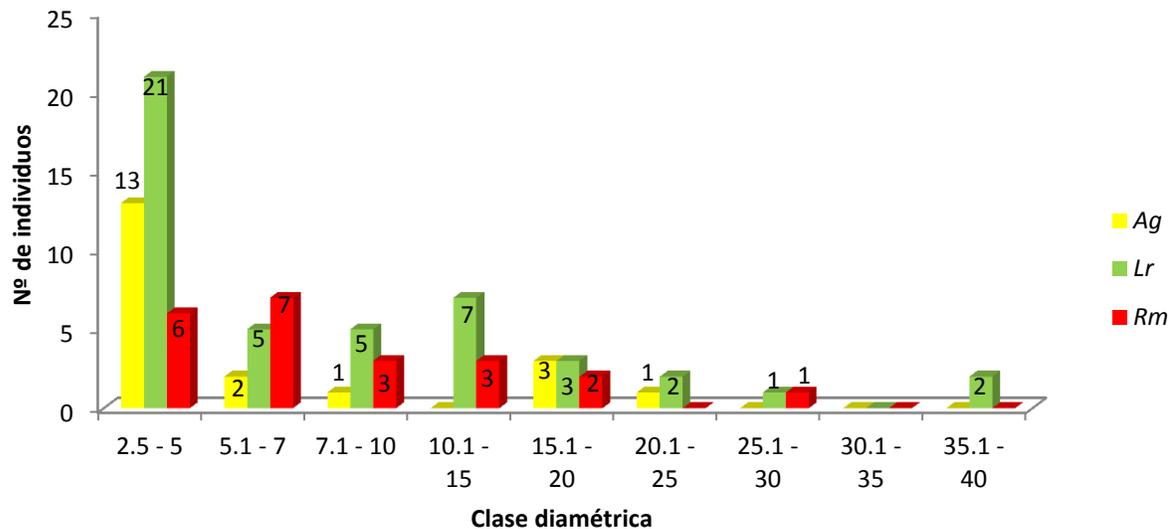


Figura 14 Mortalidad natural de las especies por clase diamétrica, Especie (sp). *A. germinans* (Ag), *Laguncularia racemosa* (Lr), *Rhizophora mangle* (Rm) sistema lagunar Barra San José, Chiapas.

Extracción forestal

De las 34 UM muestreadas se encontró que en 12 UM se realizó extracción, registrándose 141 tocones, de los cuales 86 corresponden a *R. mangle*, 32 a *C. erectus*, 19 *L. racemosa* y 4 *A. germinans*, una extracción de 204 tocones/ha del conjunto de sitios muestreados.

Así como también se clasificó el porcentaje de extracción por especie, la cual la especie con mayor extracción fue *L. racemosa* con (69.9% o 146 individuos), seguido por *R. mangle* con (16.7% o 35 individuos) y finalmente la especie con menor porcentaje de extracción correspondió *A. germinans* con (13.4% o 28 individuos) Figura 15.

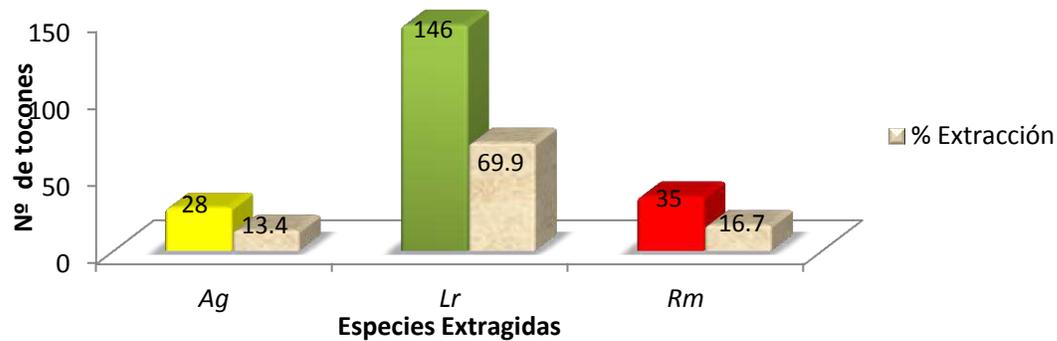


Figura 15. Tocones por especie en la laguna Barra San José. Especie (Sp). *Laguncularia racemosa* (Lr), *Rhizophora mangle* (Rm), *Avicennia germinans* (Ag) sistema lagunar Barra San José, Chiapas.

En las UM 19(9%), 26 (22%), 27(18%) y 32(14%), se registró un porcentaje significativo de extracción en las especies presentes de *Laguncularia racemosa* (Lr); mientras que para *A. germinans* y *R. mangle* presentan un porcentaje menor en comparación con *L. racemosa*, de manera constante y con bajos valores en varios sitios 14(Lr/2%), 18(Lr/1%), 19(Lr/Rm/1%), 24(Rm/4%), 25(Lr/2%), 28(Ag/Lr/7%), 29(Ag/Lr/8%) y 31(Ag/2%), en la UM 26 la mayor extracción se realizó sobre el mangle blanco (65 tocones/22%, en el sitio 27 (32 tocones/18%) y 32 (17 tocones/14%) la tala se hace respectivamente sobre *Laguncularia racemosa* (mangle blanco), ya que son sitios más cercanos a las comunidad de fácil acceso, y el rodal de mangle blanco presenta fustes rectos; en la cual utilizan la madera para construcciones de viviendas, cercas de animales, para construcciones de muelles, leña y embarcaciones.

La categoría diamétrica más extraída fue la de 7.1 a 10 cm principalmente realizada sobre *L. racemosa*. Al igual se ubicaron las categorías de 5.1 a 7 y 10.1 a 15 cm (Figura 21) en las que presenta una extracción más representativa en todas las especies; mientras para las demás presentan una menor extracción para *A. germinans* y *R. mangle* en relación con la primera especie de mangle. Las especies más utilizadas son el mangle blanco (*L. racemosa*) (Figura 16), mucha de la extracción se realiza en los sitios que están más cercanos a las comunidades.

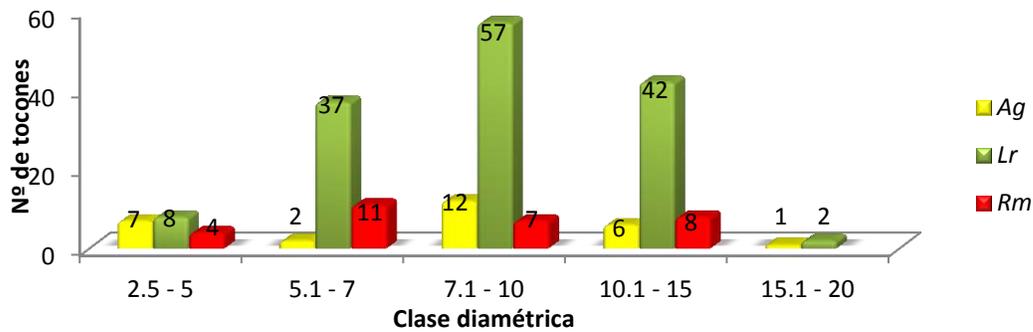


Figura 16. Explotación de especies por clase diamétrica, Especie (sp). *A. germinans* (Ag), *Laguncularia racemosa* (Lr), *Rhizophora mangle* (Rm) sistema lagunar Barra San José, Chiapas.

Estructura de manglar del sistema lagunar Barra San Simón, Chiapas

En este sistema lagunar se establecieron 16 unidades de muestreo UM, cada una en forma cuadrangular, con una dimensión de 20mx20m (400m²), con un área de (6,400 m²) en las que se contabilizaron 971 árboles. Registrándose diferentes asociaciones como *Ag/Lr/Rm* y *Lr/Rm*. En tres UM se registraron bosques cuenca-monoespecíficos de *R. mangle*: (3, 7 y 9) y una UM (34) tipo borde-monoespecífico en la especie de *A. germinans*. Por otro lado, la UM 1, 2, 4 y 5, están constituido por bosques de ribereño, dominado por *A. germinans*, así como también se registraron bosques cenca-dominante en donde *A. germinans* y *R. mangle* es la especie dominante sobre otras especies UM (10 y 21), se registró bosques de cuenca-mixto UM 20, borde-dominante (22 y 33), donde la especie se presento en la UM 22, fue *Conocarpus erectus* (botoncillo) y ribereño-mixto UM 6 y 35 con una asociación *Ag/Lr/Rm* y *Lr/Rm* teniendo un índice de valor de importancia igual entre cada asociación registrada y finalmente en la Unidad de muestreo 45 se registró tipo de bosque de borde, con una asociación mixta entre especies de *L. racemosa* y *R mangle*.

En este sistema lagunar no se registraron bosque tipo periférico, debido a la zona fisiográfica del bosque. La mayor cantidad de árboles esta constituido por el mangle rojo *R. mangle* con 419 individuos, seguido de mangle blanco *L. racemosa* con 272

árboles, el mangle botoncillo *Conocarpus erectus* con 150 individuos; se ubicó el mangle negro *A. germinans* con 126 árboles; y finalmente se registro en la UM 22 una vegetación asociada (Va) Guamuchil (*Pithecellobium dulce*), teniendo una asociación con *C. erectus* y *L. racemosa*, donde se registró un total de arbolado en todo el sistema lagunar de 971 árboles en sus respectivas especies mangle encontradas como se muestra en la Figura 17

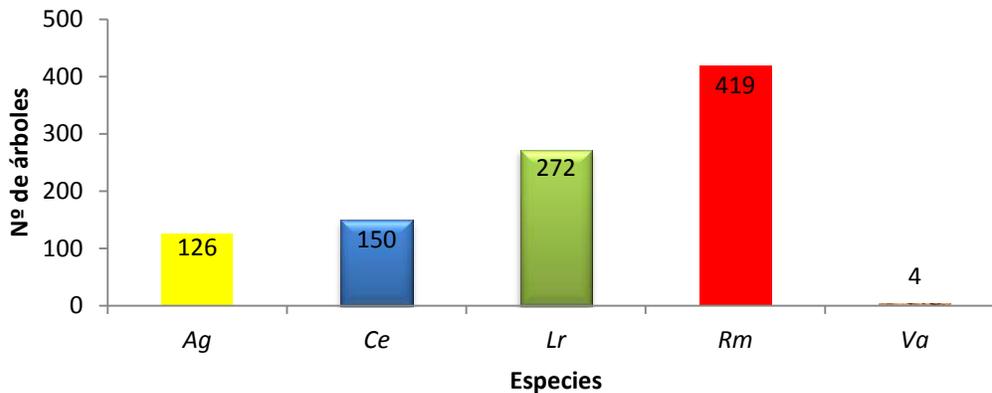


Figura 17 Densidad total de arboles presentes muestreados en las 16 UM por especie (sp) *L. racemosa* (Lr), *C. erectus* (Ce), *R. mangle* (Rm), *A. germinans* (Ag), vegetación asociada (Va) Guamuchil (*Pithecellobium dulce*) sistema lagunar Barra San Simón, Chiapas.

Diámetro normal

En este sistema se encontró un DAP por especies promedio, los valores más altos se registraron en la especie en *Avicennia germinans* con 21.5 cm promedio, seguido de *R. mangle* con 13.6 cm, en tercer lugar se ubicó *Laguncularia racemosa* con 11.7 cm, seguido por cuarta posición por *Conocarpus erectus* (*C. erectus*) con una Dap ligeramente bajo de 4.6 cm; así como también se registró vegetación asociada (Va) guamúchil (*Pithecellobium dulce*) con un Dap promedio de 4.1 cm, donde se encontró en la UM 22, asociada con la especie de *C. erectus* botoncillo por lo tanto las cuatro especies fueron representativas en su composición misma del bosque (Figura 18). En este sistema lagunar se registró un promedio de Dap de 16.3 cm.

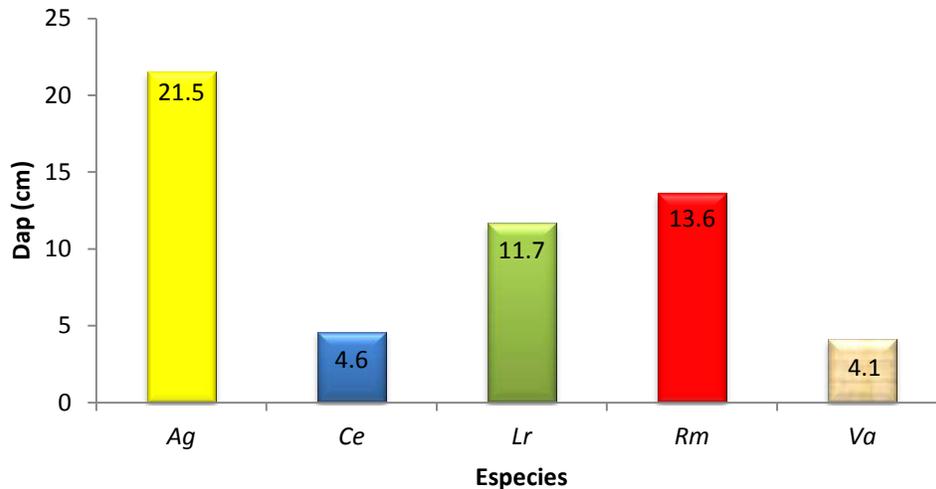


Figura 18 DAP obtenidos en las 16 UM. *A. germinans* (Ag), *L. racemosa* (L.r), *R. mangle* (Rm), *vegetación asociada* (Va) guamúchil (*Pithecellobium dulcis*) sistema lagunar Barra San Simón, Chiapas.

Altura total

En este sistema la mayor altura del rodal más alta correspondió *A. germinans* con 19.89 m, seguido de *R. mangle* con 18.79 m, después la especie de *L. racemosa* con 16.75m y finalmente la especie de *C. erectus* con altura menor de 6.13 m, para *vegetación asociada* (Va) no se registro, como se muestra en el Figura 19 En esta laguna encontramos que la mayoría de las especies muestra un fuste no mayor a los 20 m, por ser bosques medianamente conservados. Para todo el sistema de Barra San Simón se registró un promedio de 17.84 m.

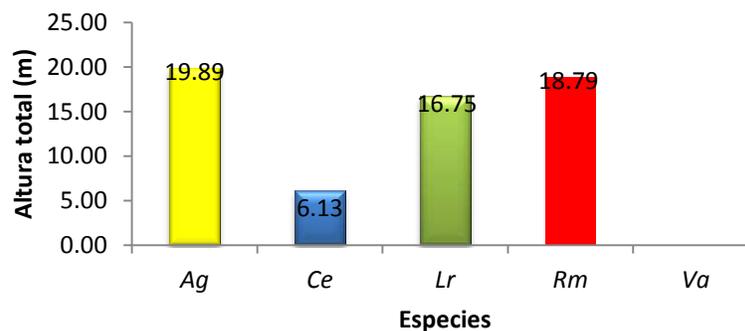


Figura 19. Altura total, obtenidas para cada Especie (Sp). *A. germinans* (Ag), *C. erectus* (C.e) *L. racemosa* (L.r), *R. mangle* (Rm), vegetación asociada (Va) Guamuchil (*Pithecellobium dulce*) sistema lagunar Barra San Simón, Chiapas.

Altura fuste limpio

Para la variable de fuste limpio se encontró alguna excepción con el sitio 22 con una composición *Ce/Lr/Va*, que presenta altura de fuste limpio de 3.16 m, para *A. germinans* presentó un fuste limpio de 10.60 m, seguido por *R. mangle* con 10.12 m, para la especie de *L. racemosa* presentó una altura de fuste limpio de 8.80 m y finalmente la especie con menor fuste fue *C. erectus* por ser un bosque juvenil se registro una altura de fuste limpio de 3.22 m, en comparación con la UM 22 con fustes limpio que no sobrepasan los 4 m promedio (Figura 20) estos son bosques juveniles en pleno desarrollo Figura 27. Para todo el sistema se registró un promedio de altura de fuste limpio de 9.52 m.

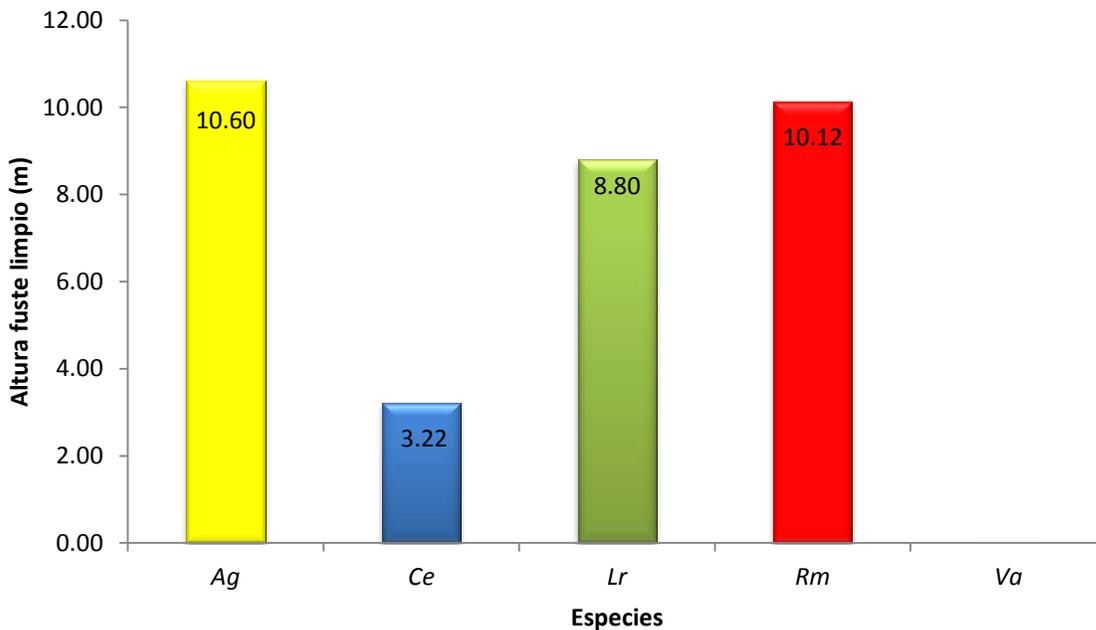


Figura 20. Altura de fuste limpio, obtenidas para cada Especie (Sp). *A. germinans* (Ag), *C. erectus* (Ce), *L. racemosa* (L.r), *R. mangle* (Rm), sistema lagunar Barra San Simón, Chiapas.

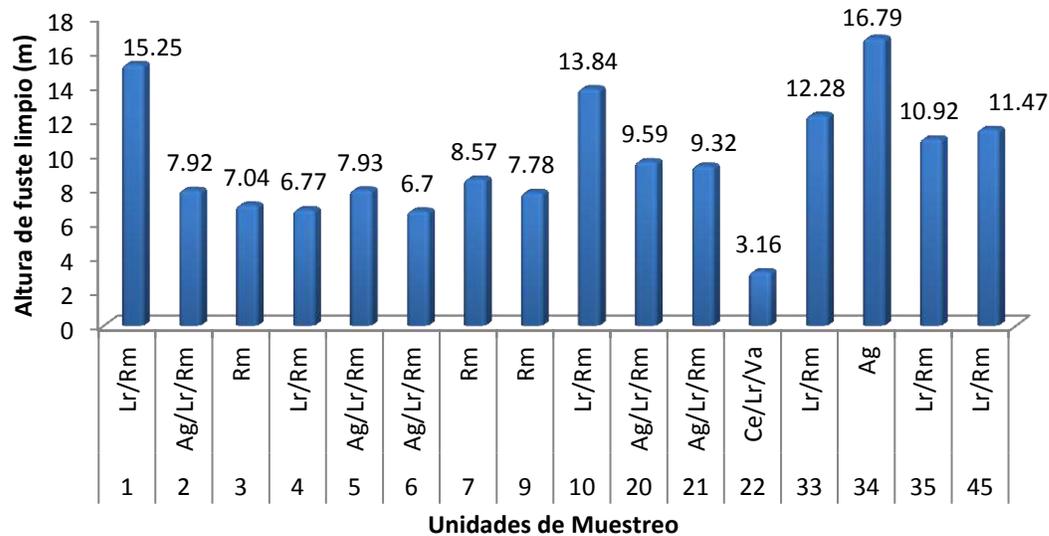


Figura 21. Altura de fuste limpio, obtenidas para cada especie en las unidades de muestreo (UM), Especies (Sp). *A. germinans* (Ag), *C. erectus* (Ce) *L. racemosa* (L.r), *R. mangle* (Rm), vegetación asociada (Va) Guamuchil (*Pithecellobium dulce*) sistema lagunar Barra San Simón, Chiapas.

Área basal

El área basal registrada en este sistema lagunar, esta preferentemente representada por *R. mangle*, la cual el valor más alto se registró en *A. germinans*, en sitios como el (2, 5, 6, 20, 21 y 34) dándose una diversidad de composición dominantes (Ag), mixtos (Ag/Lr/Rm) (Lr/Rm) y monoespecíficos (Ag y Rm) (figura 22), se registraron áreas basales promedios en *A. germinans* (34.86 m²/ha), seguido por *R. mangle* con 21.54 m²/ha, después se registró la especie de *C. erectus* con una área basal menor con 7.03 m²/ha, *L. racemosa* con 4.27 m²/ha y finalmente se registro vegetación asociada en los bosques de dicho sistema lagunar UM 22, se encontró una AB menor de 0.14 m²/ha donde fue menos representativa en todo el manglar por presentar zonas fisiográficas diferentes Figura 23.

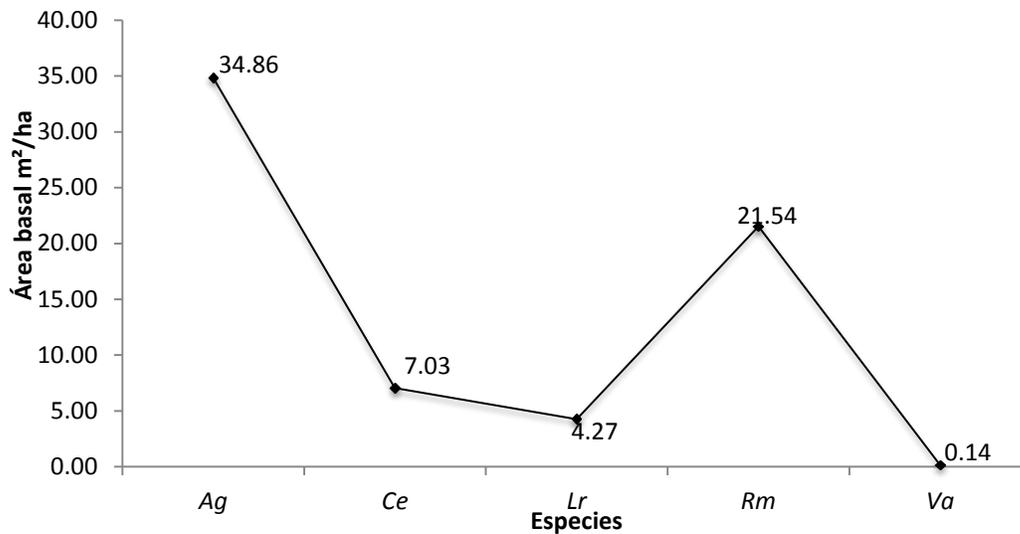


Figura 22 Área Basal (AB) obtenidas para cada Especies (Sp), en las 16 UM. *A. germinans* (Ag), *Conocarpus erectus* (Ce), *L. racemosa* (L.r), *R. mangle* (Rm), vegetación asociada (Va) guamuchil (*Pithecellobium dulcis*) sistema lagunar Barra San Simón, Chiapas

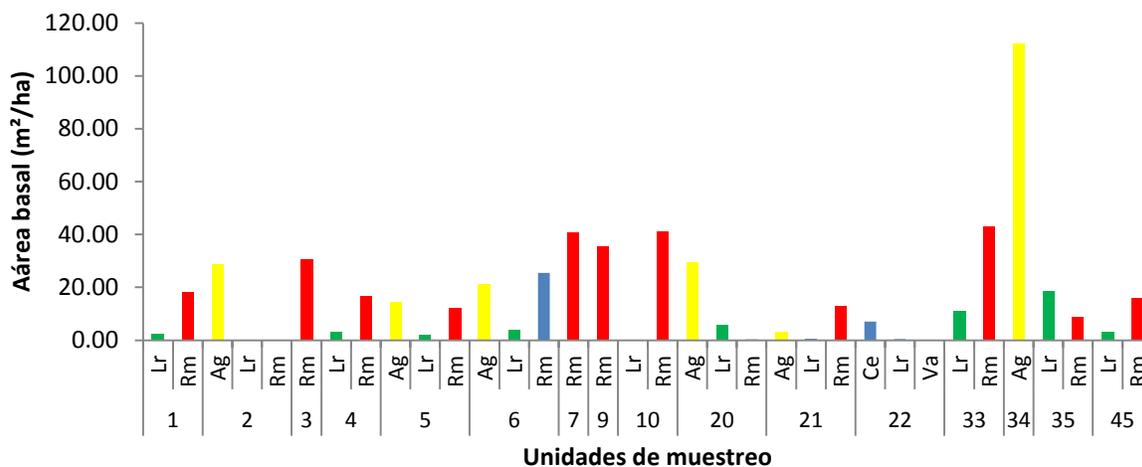


Figura 23. Área basal, obtenidas para cada especie en las unidades de muestreo (UM), Especies (Sp). *A. germinans* (Ag), *C. erectus* (Ce) *L. racemosa* (L.r), *R. mangle* (Rm), vegetación asociada (Va) Guamuchil (*Pithecellobium dulcis*) sistema lagunar Barra San Simón, Chiapas.

Cobertura de dosel

En relación a la cobertura, *A. germinans* se registró un promedio de cobertura del dosel mayor de 153.37m², UM (2, 5, 6, 20, 21 y 34) en un bosque de cuenca/borde/riberaño, seguido de los rodales de *R. mangle* (118.91 m²), UM (3, 7, 9,

33 y 35) UM (1, 4, 10 y 45) *C. erectus* con 82.23 m² y finalmente la especie con menor cobertura forestal fue *L. racemosa* 30.18m², Figura 30. Las coberturas más pequeñas se registraron en los bosques juveniles dominados por *L. racemosa* y *C. erectus*, que son coberturas más abiertas y pequeñas. Como se muestra en la Figura 24, las mayores coberturas corresponden *A. germinans* y *R. mangle* desarrollándose en bosques dominantes/monoespecificos/Mixtos/, UM (1, 2, 4, 5, 6 y (35/riberaño), (3, 7, 9, 10, 20, 21/cuenca), (22, 33, 34 y 45/borde).

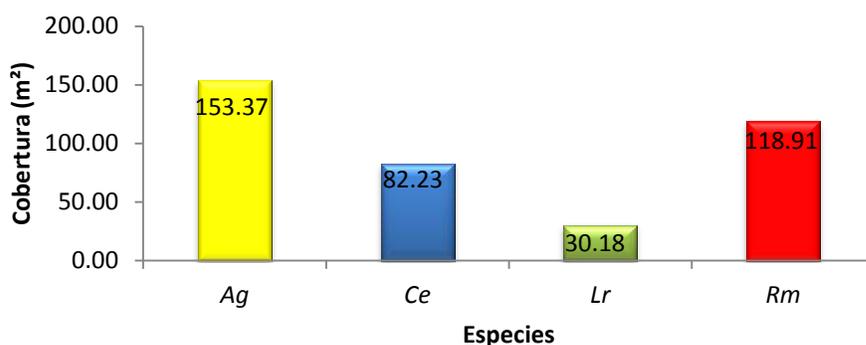


Figura 24. Cobertura del dosel, obtenidas para cada Especies (Sp). *A. germinans* (Ag), *C. erectus* (Ce), *L. racemosa* (L.r), *R. mangle* (Rm), vegetación asociada (Va) guamuchil (*Pithecellobium dulcis*) Sistema lagunar Barra San Simón, Chiapas.

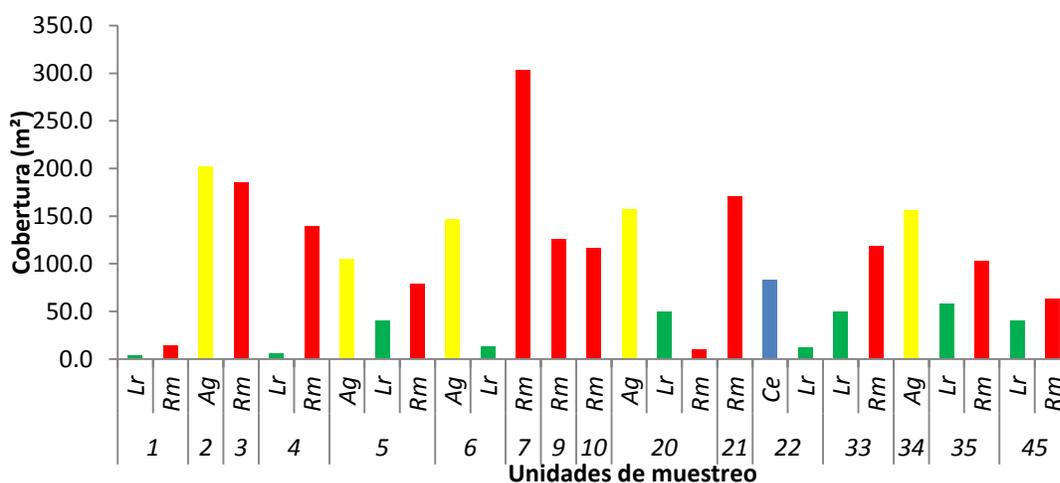


Figura 25. Cobertura de copa, obtenidas para cada especie en las unidades de muestreo (UM), Especies (Sp). *A. germinans* (Ag), *C. erectus* (Ce), *L. racemosa* (L.r), *R. mangle* (Rm), Vegetación asociada (Va) guamuchil (*Pithecellobium dulcis*) sistema lagunar Barra San Simón, Chiapas.

Índices de valoración estructural

Índice de Valor de Importancia (IVI)

De las cuatro especies de mangle, con excepción vegetación asociada *Guamuchil* (*P. dulce*) en este sistema lagunar, los valores de IVI más altos corresponden *A. germinans* con 300 (UM: 3, 7, 9 y 34), sin embargo, se registraron valores intermedios en función de la dominancia que ejercen las especies en cada UM. *A. germinans* (2/254%), *L. racemosa* (10/282%), *R. mangle* (1/260%, 4/214, 5/146%, 21/249, 33/248%, *Conocarpus erectus* (Ce) UM (22/275%) y posteriormente se registró cuatro UM Mixta (6, 20, 35 y 45) (ribereño, cuenca, ribereño y borde) (*Ag/Lr/Rm*) (*Lr/Rm*), desempeñando un papel muy importante en asociación con *A. germinans*, *C. erectus* *L. racemosa* y *R. mangle*, como se muestra en el Cuadro 3B. También se cálculo IVI por especie donde *R. mangle* fue la especie con mayor Índice de Valor de Importancia (IVI) con (139), seguido de *L. racemosa* con un valor forestal de (65), teniendo una similitud con *A. germinans* con (62), finalmente se registró la especie con menor Índice de Valor de Importancia la cual fue *C. erectus* con (33); así como también la vegetación asociada al bosque Guamuchil (*P. dulce*) (figura 26).

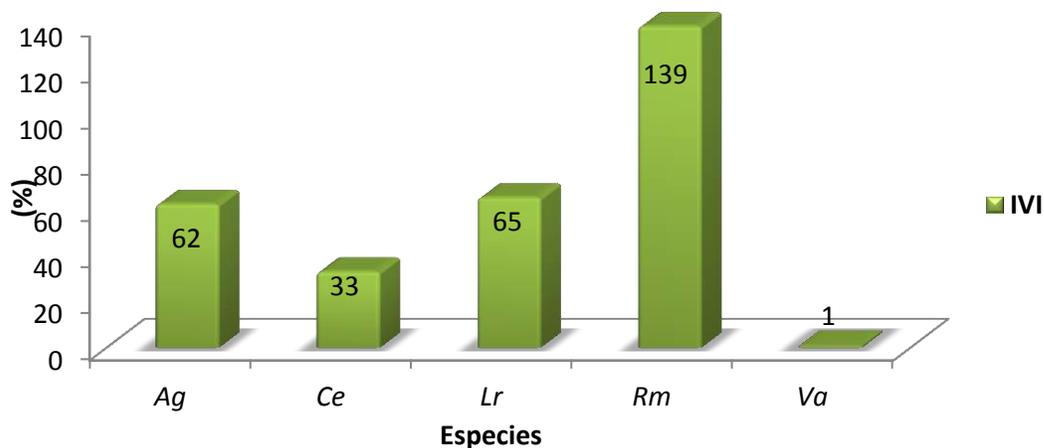


Figura 26. Índice de valor de importancia, obtenidos para cada Especies (Sp). *A. germinans* (Ag), *C. erectus* (Ce), *L. racemosa* (L.r), *R. mangle* (Rm), Vegetación asociada (Va) Guamuchil (*Pithecellobium dulcis*) sistema lagunar Barra San Simón, Chiapas.

. Índice de valor forestal

Para este sistema encontramos que los IVF mayores (300) corresponden a los sitios cuenca-monoespecíficos UM (3, 7 y 9), (*Rm*), (*Rm*) y (*Ag*), los cuales en su mayoría están dominados por *R. mangle*, pero ejerciendo dominancia forestal en las asociaciones que forma con *A. germinans* y *L. racemosa*. Así como también se registró el valor forestal por especie donde se presentó que *A. germinans* obtuvo el mayor índice de valor forestal con 109%, seguido por *R. mangle* 80%, en tercer lugar fue *L. racemosa* 79% y finalmente la especie que obtuvo el menor valor forestal fue *C. erectus* 24%, así como también la vegetación asociada guamúchil (*P. dulce*) 7%, como se muestra en la Figura 27.

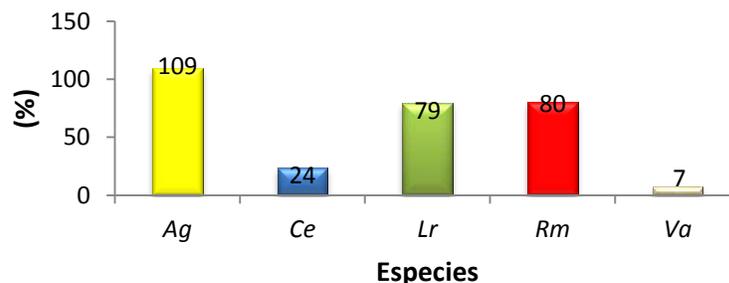


Figura 27. Índice de valor forestal, obtenidos para cada Especies (Sp). *A. germinans* (*Ag*), *C. erectus* (*Ce*), *L. racemosa* (*L.r*), *R. mangle* (*Rm*), Vegetación asociada (*Va*) guamuchil (*Pithecellobium dulce*) sistema lagunar Barra San Simón, Chiapas.

Índice de Complejidad (ICH)

Los valores más altos del Índice de Complejidad de Holdridge se registró en el sitio 5 (37.9) y 20 (36.2) con una asociación entre *A. germinans*, *L. racemosa* y *R. mangle*. Así mismo en la UM (2, 6, 10, 33, 34, 35 y 45), se muestran ICH ligeramente menores UM (1, 3, 4, 7, 9, 21, 22), en estos sitios se observó una asociación muy precisa entre *A. germinans*, *L. racemosa* y *R. mangle* y bosques monoespecíficos compuesto por *A. germinans* y *R. mangle*, donde los parámetros estructurales son similares Figura 28. Por el contrario el valor más bajo se obtuvo en la UM 3 con

I.C.H. de 3.5, en un bosque cuenca-monoespecíficos de *R. mangle*. Finalmente el valor de ICH en el sistema lagunar se estimó en 20.3.

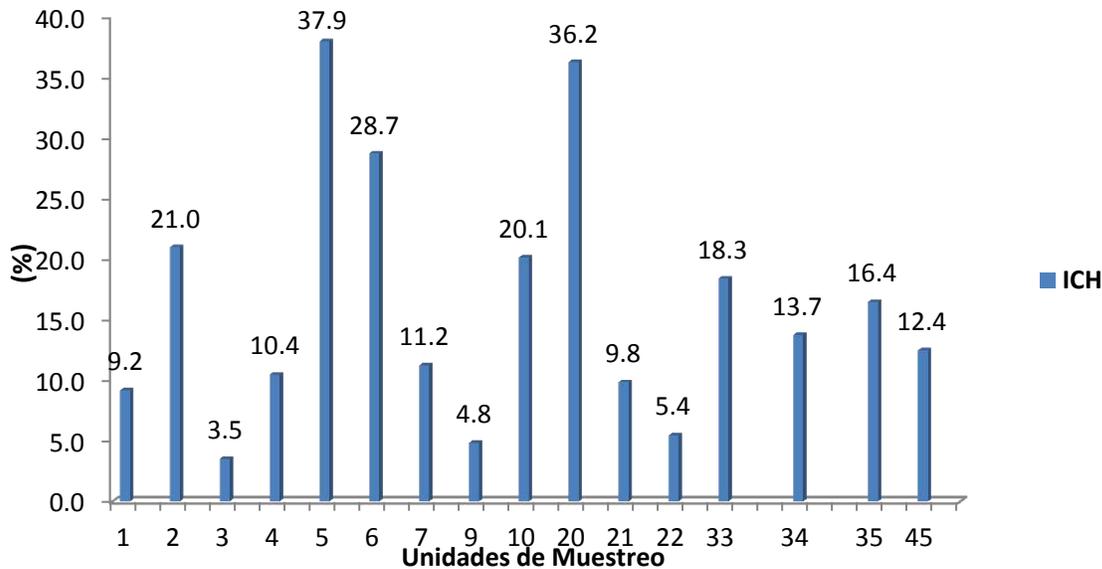


Figura 28. Índice de Complejidad de Holdridge (ICH), obtenidos en las unidades de muestreo (UM), porcentaje (%) sistema lagunar Barra San Simón, Chiapas.

DENSIDAD

La más alta densidad se registró en el sitio 22, en un bosque dominante dominado por *C. erectus* con 4125 ind/ha, en las UM (2, 4, 5, 6, 7, 10, 20, 35 y 45), presentan una densidad intermedia, registrando bosques con asociaciones de *A. germinans*, *L. racemosa* y *R. mangle*, y presentando en el sistema lagunar un promedio de Dap de 13.8 cm, y teniendo cambios diferentes en la estructura horizontal y vertical de cada uno de los rodales, en comparación con las UM (1, 3, 9, 20, 33, 34) constituidos por bosque monoespecífico, dominante y mixto, caracterizado por una baja densidad y arbolado maduro (Figura 29).

La especie más representativa y mayor densidad/ha fue *R. mangle* con 10475 individuos, seguido por *L. racemosa* con 6800 árboles/ha¹, *C. erectus* (3750 ind/ha¹) y la especie con menor densidad fue *A. germinans* (3150 árboles/ha¹), para la

vegetación asociada se registró 100 árboles por ha., ya que solo se registró en una sola UM 22 asociada con *C. erectus* y *L. racemosa*, como se muestra en la Figura 30

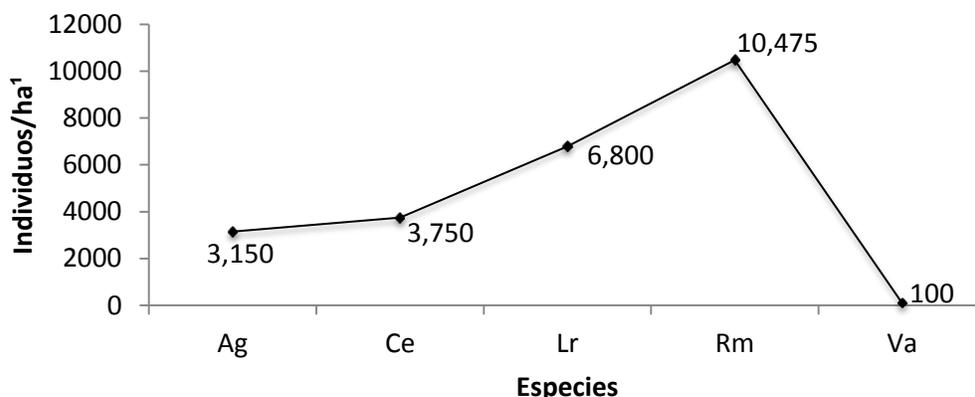


Figura 29 Individuos por hectárea, obtenidas para cada Especie (Sp). *A. germinans* (Ag), *C. erectus* (Ce), *L. racemosa* (Lr), *R. mangle* (Rm), Vegetación asociada (Va) Guamuchil (*Pithecellobium dulcis*) sistema lagunar Barra San Simón, Chiapas.

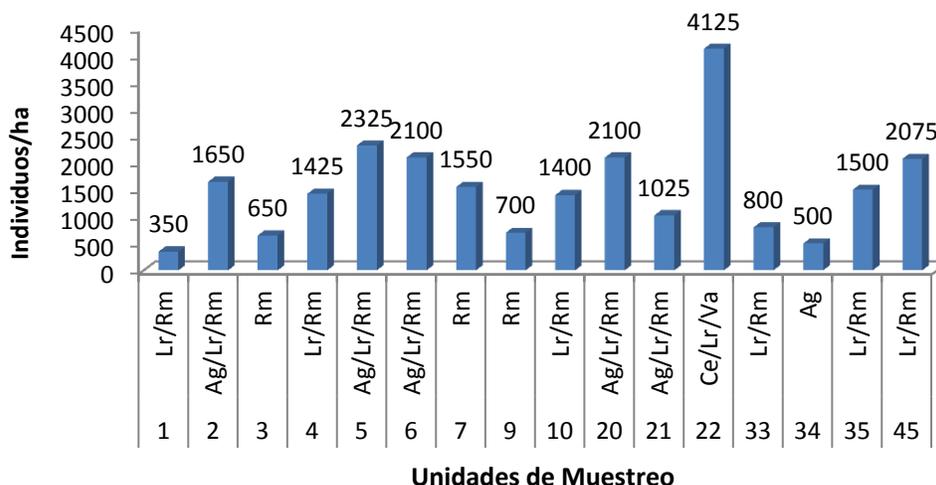


Figura 30 Densidad, para cada especie en las unidades de muestreo (UM), Especies. *A. germinans* (Ag), *C. erectus* (Ce), *L. racemosa* (Lr), *R. mangle* (Rm), Vegetación asociada (Va) Guamuchil (*Pithecellobium dulcis*) sistema lagunar Barra San Simón, Chiapas.

Estado estructural del bosque

Para todo el sistema lagunar se registró un 37% del arbolado presentó el fuste recto, mientras que el 32% corresponden a fustes semirrectos; mientras que un 31% se

registraron chuecos y/o torcido (Figura 31), para *R. mangle* se registró una altura de raíz de 2.44 m, en la UM (22 y 34) no se registró altura de raíz de la especie de *R. mangle*. Para el segundo caso nos permite tener árboles con coberturas amplias y más frondosas, mientras que para el resto del arbolado la cobertura se extiende hacia los lados o inclusive al suelo.

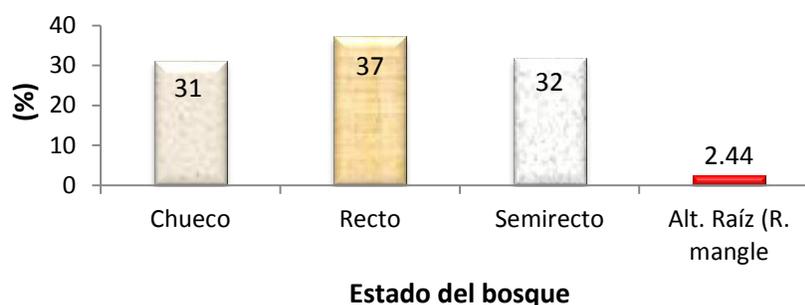


Figura 31. Porcentaje del estado del bosque barra San Simón, Chueco, (Ch), Semirecto (Sr), Recto (R) del bosque de manglar Barra San Simón, Chiapas.

Regeneración Natural y Pérdida del Manglar

Estructura de la población de plántulas

Se encontró regeneración de plántulas en 13 de las 16 UM estudiadas, con densidades y desarrollo muy diferentes, de acuerdo a la especie presente. Del total de plántulas contabilizadas, se estimó que un 82 %, corresponde a plántulas con un desarrollo tipo A; 10 % al tipo B y 8 % son del tipo C.

La altura de plántulas varía de acuerdo al tipo de plántulas registrado, correspondiendo una mayor altura a un mayor grado de desarrollo; así, las plántulas tipo C presentan mayor altura, edad y menor densidad. Se encontraron altas densidades de plántulas en varios sitios como sucede en la UM 1, 3, 7, 9, 10 y 22, donde *R. mangle* presenta una densidad de 2, 125 y 1875 plántulas/ha¹, así como *L. racemosa* que presentó 950 plántulas/ha¹ UM 6 y 22, en las UM 7, 33 y 45 presentan densidades similares y la UM 6 y 45 donde se registró una densidad menor un bajo número de plántulas en el sitio de *R. mangle* de 275 y 175

plántulas/ha¹ y finalmente el sitio donde no hubo regeneración natural fue en las UM 2, 20 y 34. Por lo que para este sistema se presenta una densidad promedio de 398 plántulas/ha¹.

Las plántulas tipo C, son plántulas mejor desarrolladas de todos los bosques, con una mejor altura, debido a que presenta sistema de raíces bien desarrolladas, buena ramificación y una buena cantidad de hojas, lo que le permite buena captación de la poca luz que penetra al rodal, lo que favorece la sobrevivencia bajo del dosel de los bosques.

En este sistema laguna se cuantificó que del total de plántulas analizadas, 100% corresponde a plántulas vivas, donde la mortalidad no se presentó, en relación a la época de lluvia en que se realizó el estudio.

La especie que mayor número de plántulas presento en todo el sistema lagunar fue el de *R. mangle*, principalmente en la UM 1, 3, 10 y 22, donde se incrementó el número de plántulas, sin embargo, el resto de las especies también presentan número considerables menores de plántulas UM 6, 21 y 45. Por el contrario en tres sitios no se registró regeneración.

Las plántulas tipo A se registró un promedio de (432 plántulas), con altura promedio de 57 cm, están representadas en dos especies, indicativo de la capacidad de regeneración de estos bosques, a un en los sitios que se encuentran medianamente conservados.

Sin embargo en las plántulas tipo B (51 plántulas), una altura promedio de 74cm, la abundancia es mínima al igual a las de tipo C (42 plántulas), con una altura promedio de 87 cm, indicativo a pesar de que muchos propágulos y semillas nuevas caen al año, pocas logran desarrollarse hasta el tipo C, por diversos factores (Figura 32).

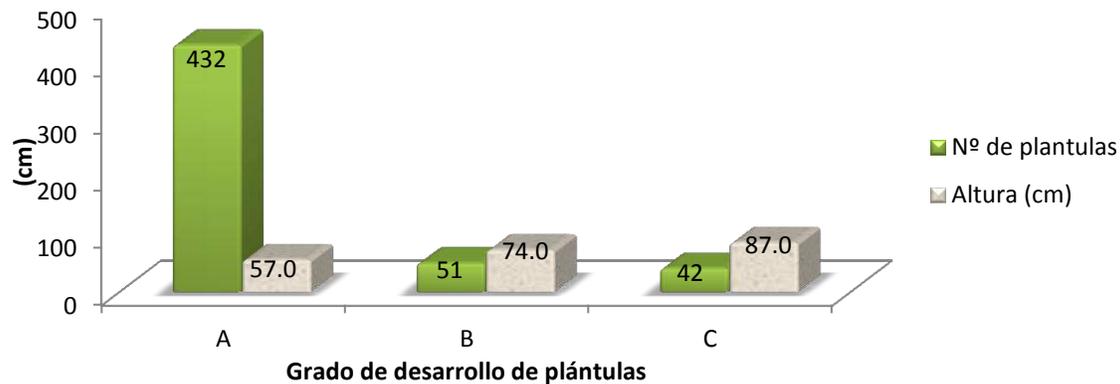


Figura 32. Tipo de plántula en los bosques de manglar del sistema lagunar Barra San Simón, Chiapas.

Mortalidad natural

En este sistema lagunar se encontró una mortalidad natural de 2.8 %, esta comparada con el total de extracción 6.4 %. De las 16 UM estudiadas en siete (2, 4, 5, 6, 9, 10, 20, 33, 34 y 45) no se registro mortalidad natural; por el contrario en los sitio 1, 3 y 21 (16.7%), (9.4 %) y (6 %)se registró una elevada mortalidad en *R. mangle*, así como en la UM(7, 22 y 35) (5.7%/Rm) (5%/Ce) y (5%, Lr/Rm) presenta una mortalidad media, respectivamente en la especie *A. germinans*, *L. racemosa* y *alta R. mangle* con 42.8%, teniendo así también sitio con baja mortalidad natural UM (6) (0.9%), en *A. germinans* (Figura 33).

Probablemente debido a que la especie de *L. racemosa* es mu frágil antes situaciones de impacto por deterioro humano.

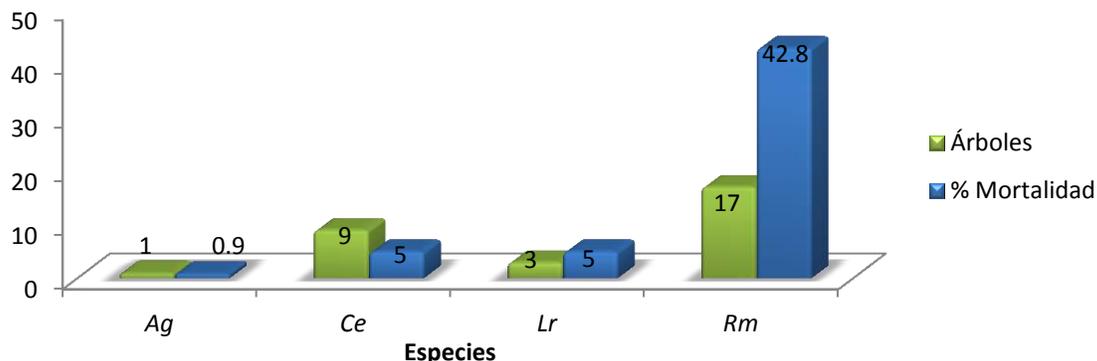


Figura 33.. Perfil de la mortalidad natural, para cada Especie (Sp). *A. germinans* (Ag), *C. erectus* (Ce), *L. racemosa* (L.r), *R. mangle* (Rm) sistema lagunar Barra San Simón, Chiapas.

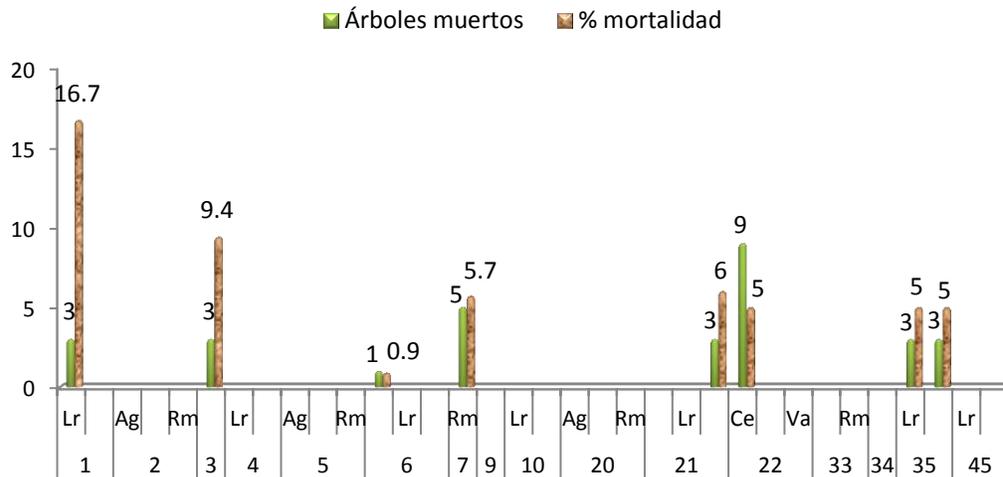


Figura 34. Representación de la mortalidad natural, para cada especie en las unidades de muestreo (UM), Especies (Sp). *A. germinans* (Ag), *C. erectus* (Ce), *L. racemosa* (L.r), *R. mangle* (Rm) sistema lagunar Barra San Simón, Chiapas.

Las UM donde se registro mayor mortalidad natural para el mangle blanco *L. racemosa* 1(16.7%) y 35(5%), *C. erectus* UM 22(5%) y *R. mangle*, en la UM 3(9.4%), 7(5.7%), 21(6%) y 35(5%), otros sitios con mortalidad importantes más baja corresponden a bosques dominados por mangle negro (*A. germinans*) UM 6(0.9%) Figura 40.

La categoría diamétrica en la que se registró mayor mortalidad natural fue 2.5 a 5cm, 5.1-7 y 7.1 a 10cm de DAP, como se muestra en la Figura 41, siendo principalmente el mangle botoncillo presentó un mayor número de individuos muertos (6 árboles) en dicho sistema lagunar; así como también *L. racemosa* tuvo un registró en la categoría diamétrica (7.1- 10cm) donde presentó (4 individuos) y *R. mangle* como se observa en la Figura 35

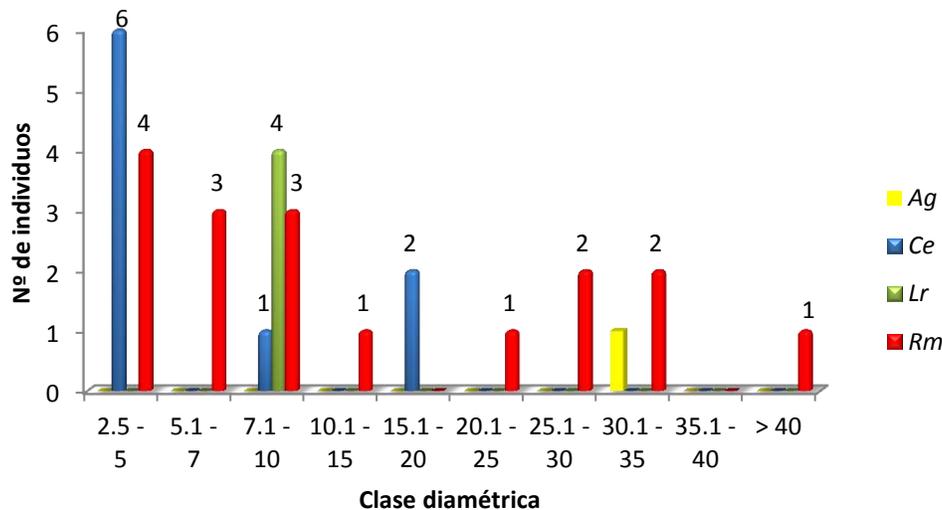


Figura 35. Representación de la mortalidad natural, por clase diamétrica, *A. germinans* (Ag), *C. erectus* (Ce), *L. racemosa* (Lr), *R. mangle* (Rm) sistema lagunar Barra San Simón, Chiapas.

Extracción forestal

De las 16 UM analizadas, en cinco sitios se registró extracción de madera, registrándose 68 tocones, siendo *L. racemosa* la especie más explotada en todo el sistema lagunar con 32 tocones, seguido *C. erectus* con 26 tocones y para la especie menos explotada fue *R. mangle* con 10 tocones respectivamente. Los sitios con mayor extracción corresponden a zonas de fácil acceso por carretera o embarcaciones, así como por cercanía de las comunidades, como sucede en áreas cercanas a la población de Barra San Simón, las cuales están medianamente conservadas.

El porcentaje (%) de extracción de madera registrado en cada UM destacó la UM 4 (14%/Lr), 6 (20%/Lr) y 22(13%/Ce), con una elevada extracción de madera de *L. racemosa* y *C. erectus*, mientras que en el resto de las UM, la extracción estudiada es mucho menor, siendo *C. erectus* la segunda especie más explotada sobre las otras especies de mangle registradas, en la cual para *R. mangle* se registró extracción forestal de en las UM 1(5.6%/Rm), 3(9.4%), 7(4%) y 21(6%).

Donde *L. racemosa* es principalmente utilizada para construcción de vivienda-habitación, principalmente en los meses de semana santa es mayor, ya que se encuentra en una zona turística.

Para la UM (2, 5, 9, 10, 33, 34, 35 y 45) no se registró extracción forestal ya que son zonas más conservadas y difícil acceso, por su ubicación fisiográfica del sistema lagunar Figura 36 Así como también se registró por especie donde *L. racemosa* (*Lr*) fue la que obtuvo la mayor extracción con (36.3%), seguido por *R. mangle* (*Rm*) con (25%) y la especie que se registró con menor extracción forestal fue *C. erectus* (*Ce*) con 13%, para *A. germinans* (*Ag*) no se registró extracción de madera como se observa en la Figura 37 Para todo el sistema lagunar se registró una extracción promedio de 6.8%, ya que la mitad de las UM no tuvieron extracción de madera, por no presentarse asentamiento humanos y zonas agrícolas cultivos como (ajonjolí, sandía, Jamaica, marañón, cocos, palma de aceite) y la ganadería cercanos al bosque, en la cual también influyó la ubicación del sitio, zona fisiográfica y su el estado estructural y composición del bosque principalmente el fuste limpio.

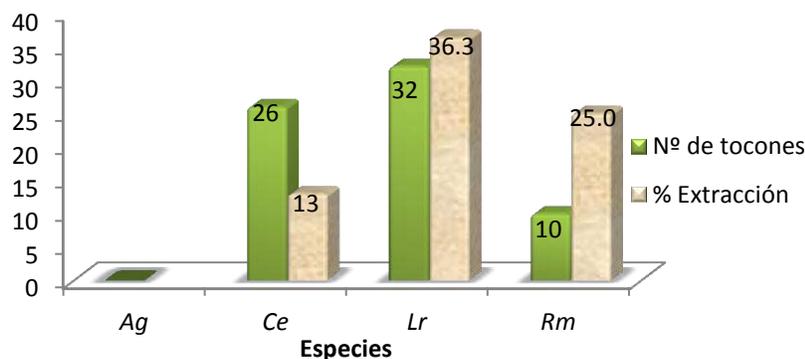


Figura 36. Perfil de la extracción forestal, para cada Especie (Sp). *A. germinans* (*Ag*), *C. erectus* (*Ce*), *L. racemosa* (*L.r*), *R. mangle* (*Rm*) sistema lagunar Barra San Simón, Chiapas.

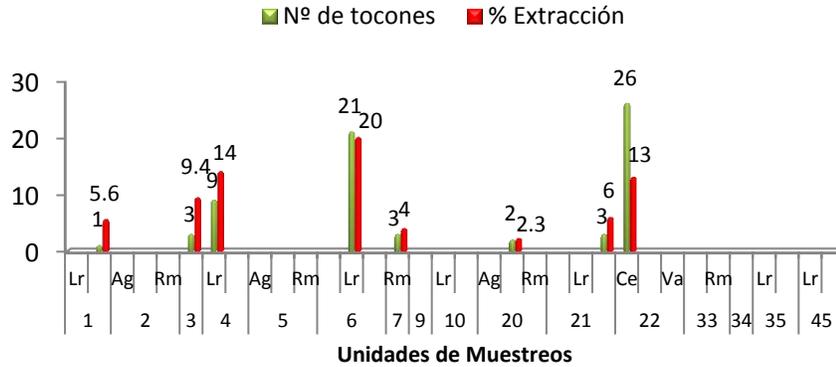


Figura 37. Representación de la extracción forestal, para cada especie en las unidades de muestreo (UM), Especie (Sp). *A. germinans* (Ag), *C. erectus* (Ce), *L. racemosa* (L.r), *R. mangle* (Rm) sistema lagunar Barra San Simón, Chiapas.

La categoría diamétrica más extraída fue la de 2.5-5cm principalmente realizada sobre *C. erectus* (botoncillo). Posteriormente se ubicaron las categorías de 5.1-7, 7.1-10 y 10.1-15cm (Figura 38) en las que se presenta una extracción menor, comparadas con la primera en todas las especies. Las especies más utilizadas son el mangle negro (*A. germinans*), *L. racemosa* y *R. mangle*, mucha de la extracción se realiza en los sitios de fácil acceso, por la ubicación de comunidades; así como también esta variable está en relación en la condición del bosque.

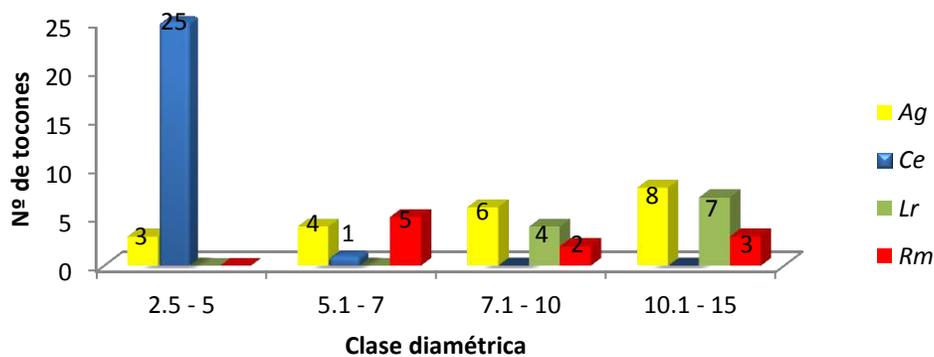


Figura 38. Representación de la Extracción forestal, con sus respectivas clases diamétricas, *A. germinans* (Ag), *C. erectus* (Ce), *L. racemosa* (Lr), *R. mangle* (Rm) bosque de manglar Barra San Simón, Chiapas.

DISCUSIÓN GENERAL

De acuerdo a la clasificación de Cintrón y Schaeffer-Novelli (1985), en este sistema lagunar Barra San José y San Simón, Chiapas, encontramos tres tipos de bosques con particularidades y características que les confiere el ambiente a cada uno: bosques ribereños, bosques de cuenca, y de borde en distintas asociaciones entre las cuatro especies; incluyente la vegetación asociada *Pachira acuática* (zapotón o zapote de agua), Guamuchil (*Pithecellobium dulce*) encontrada en el sistema lagunar.

Encontrando para la Laguna Barra San José los bosques mejor desarrollados son de tipo ribereños en una asociación mixta entre *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa*, para este sistema se encontraron tres tipos de bosque, con asociaciones y dominancia de especies diferentes ya que los bosques de cuenca están dominados preferentemente por *A. germinans*, mientras que los de borde por *R. mangle*, en asociación entre *L. racemosa* y *A. germinans* con menor cantidad de individuos; mientras que para el sistema lagunar Barra San Simón se encontraron tres tipos de bosques los más representativos son los de cuenca en asociación mixta y dominante y monoespecífico entre las especies de *R. mangle* y *L. racemosa*, así como también bosques ribereños y de borde.

En promedio los manglares de este sistema lagunar de Barra San José y San Simón, Chiapas registró altura de 17.6 m, con valores más notables en bosques tipo ribereño, y para las especies de mangle blanco y rojo, estos valores son comparable con aquellos que mencionan Cintrón y Schaeffer-Novelli (1983) para bosques ribereños (17.3 ± 1.5 m) de Puerto Rico, incluso en la zona de Chontal baja en el litoral de Oaxaca (12m) (La Ventana, 2007), sin embargo Valdez (2004) en Marismas Nacionales en Nayarit, reporta alturas promedio de hasta de 30 m en bosque de *L. racemosa*, situación poco creíble por la ubicación latitudinal de estos manglares; Carvajal (2010) reporta en Parque Nacional Lagunas Chacahua, Oaxaca (10.2 ± 3.7 m); Morales (2010), reporto valores mayores de (25.2m) en cuatro localidades El castaño, Barra Zacapulco, Palma y Chantuto en la reserva la Biosfera la Encrucijada Chiapas México; Corella *et al.* (2001), reportó valores de 23.5 m en

Pantanos de Centla, Tabasco, y (Salas 2006) de 15 m en Panzacola, Chiapas. En el Estero Palo Verde, Laguna de Cuyutlán, Colima, se reconoció una altura máxima de 11.8 m (Téllez, 2010).

Los manglares presentan diferencias de DAP, según su ubicación latitudinal. Conforme los manglares se aproximan a la línea ecuatorial, el desarrollo del DAP de los árboles es mayor en función de los mínimos cambios latitudinales del clima (Lot *et al.* 1975). Los bosques ribereños poseen siempre diámetros medios mayores (14.6 ± 0.9 cm); y los de tipo de cuenca y borde presentan diámetros similares (10.4 ± 0.8 y 9.2 ± 0.8), respectivamente (Cintrón y Schaeffer-Novelli. 1983) similar a los se encontraron en este estudio. Es posible que un mayor desarrollo del DAP, obedezca a la cantidad de nutrientes asociados a los sedimentos que abastecen a los árboles a través de los escurrimientos superficiales terrestres de nutrientes y las incursiones de mareas (Corella *et al.*, 2001).

El DAP promedio del sistema lagunar Barra San José y San Simón es de (12.7 cm), los diámetros registrados en éste estudio se encuentran por arriba de los datos encontrados por (Morales, 2010) en cuatro localidades El castaño, Barra Zacapulco, Palma y Chantuto en la reserva la Biosfera la Encrucijada Chiapas México, donde reporta crecimientos de 9.4 cm de Diámetro normal, 25.2 cm de altura, en tres especies de mangle *A. germinans*, *L. racemosa* y *R. mangle*. Así como también se encontraron DAP promedio en el sistema lagunar Chacahua-Pastoría-Palmaritos, Oaxaca donde reporta crecimientos menores comparados al presente trabajo de 8.4 ± 4.6 cm, (Carvajal, 2010); en comparación con los reportados en otros sistemas lagunares como Marismas Nacionales (18 cm) por (Valdez ,2004), Tovilla *et al.* (2007) en los manglares de la costa de Chiapas (7.7-15.7 cm); para otros sitios de la costa del pacifico (10.6 ± 9 cm) (CONABIO, 2008); incluso para la zona Chontal baja de Oaxaca (12-33 cm) La Ventana (2008); Silva *et al.* (2005) reconocieron un diámetro de 22.9 cm para San Mateo, Brasil; en tanto Corella *et al.* (2001), apuntaron 19.6 cm para Pantanos de Centla, Tabasco; mientras que en el Estero Palo Verde,

Laguna de Cuyutlán, Colima, se reconoció un diámetro normal de 18.5 cm (Téllez, 2010).

Altura comercial o aprovechable para todo el sistema lagunar Barra San José y San Simón, Chiapas fue 10.63 m; para *R. mangle* (10.96 m) contrariamente Tovilla *et al.* (2007) reporto fustes limpios para Chiapas en los sistemas, Buenavista, Barrita de Pajón y Pampa Honda de 4.8 m, en carretas-Pereyra 5.8 m, Blanco.Chocohuital 5.2 m; mientras en la Zona Nucleo de la Encrucijada se han encontrado fustes con altura comercial de 18.2 y 12.1 m en *R. mangle* y *L. racemosa* muy diferentes registrados en este estudio. Carvajal (2010), reporto para el Parque Nacional de Lagunas de Chacahua, Oaxaca, México de 9.4m, para *R. mangle* similar a la presente investigación.

El AB promedio en este sistema lagunar Barra San José y San Simón, Chiapas fue 16.4435 m²/ha¹, valor alto a los que reporto Carvajal (2010) en los manglares de parque Nacional Lagunas de Chacahua, Oaxaca, México con (13.24 m²/ha¹); Morales (2010) y Tovilla *et al.* (2007) reporto datos similares para el Castaño, Laguna Chantuto, Barra Zacapulco y la Palma en la zona núcleo de la Reserva de la Biosfera la Encrucijada, Chiapas, México, con 12.4 m²/ha¹, Corella (2001) reporto, en los pantanos de Centla, Tabasco una AB mayor 24 m²/ha¹ comparada con dicha investigación, en rodales tipo ribereño. Y es menor que los valores reportados por Ramírez Segura (1994) para Laguna Panzacola, 41 m²/ha¹. Así como también Romero (2006) en sistema lagunar Carretas-Pereyra, reporto valores mayores 25.4 m²/ha¹.

En este sistema lagunar Barra San José y San Simón, Chiapas, se encontraron varios sitios con bosques monoespecíficos maduros con baja densidad de arboles, como afirma Cintrón y Schaeffer-Novelli (1984), diciendo que el número de árboles dentro de un rodal, esta en función al grado de desarrollo que ha alcanzado un bosque y que un desarrollo rápido indica un reducción de arboles en pie.

De acuerdo a Corella (2003), los sitios con alta densidad, son indicativos de una etapa temprana de desarrollo en un rodal. Como se demostró en los rodales estudiados en la parte sur y sureste, NW de La Reserva de Biosfera la Encrucijada, Barra San José y San Simón; con una densidad promedio de 872 ind/ha¹, valor menor a los registros reportados por Morales (2010) con 1,874 ind/ha¹, en cuatro localidades El castaño, Barra Zacapulco, Palma y Chantuto en la reserva la Biosfera la Encrucijada Chiapas México, ; Carvajal (2010) reporto densidades mayores de 3,261 ind/ha¹, en Parque Nacional Lagunas de Chacahua, Oaxaca, México; así como también Day *et al.* (1987) con 3,360 ind/ha¹, en Laguna Términos en Campeche en el Golfo de México, valores mayores fueron reportados por Flores-Verdugo *et al.* (1992) para La Ensenada de Lechuguilla Sinaloa (4,341 ind/ha¹), y para el sistema lagunar de Barrita de Pajón, Buenavista y Pampa Honda (3,423 ind/ha¹) en Chiapas, reportados por (Tovilla *et al.*, 2007).

El índice de valor de importancia marca la importancia estructural de una especie de arboles dentro de un rodal de especies mixtas. Este es un valor relativo que determina la influencia de una especie promedio de su contribución a la densidad, frecuencia y dominancia (Pool *et al* 1977). Para este sistema lagunar el Índice de valor de importancia para esta investigación el mayor valor del IVI se presentó en Barra San Simón, para la especie de *R. mangle* (139%) y el valor menor en Barra San José, Chiapas con la especie *C. erectus* (3%). Los valores calculados son mayores en este estudio, Morales (2010), reporto valores menores en comparación a este estudio, en cuatro localidades el Castaño (59), Barra Zacapulco (74), Palma (69) y Chantuto (5), en la reserva la Biosfera la Encrucijada Chiapas México.

Para el sistema lagunar Barra San José y San Simón, Chiapas, el Índice de valor forestal (IVF) más representativo se registró en Barra San Simón, para la especie de *A. germinans* (109%); al igual que el valor más bajo en *C. erectus* con 24%, así como también la vegetación asociada Guamuchil (*Pithecolobium Roxb. Benth*) con 7%; en comparación a Barra San José su IVF fue intermedio en las cuatro especies de mangle registradas. Los valores calculados son menores en este estudio, debido a los bajos valores obtenidos en densidad y dominancia. Morales (2010) reporto para

los manglares en cuatro localidades el Castaño, Barra Zacapulco, Palma y Chantuto, en la reserva la Biosfera la Encrucijada Chiapas México, con una mayor densidad 1874 ind/ha¹ vs 872 ind/ha¹ en este sistema. De igual manera Corella *et al.* (2001) reporto para los manglares de Centla, Tabasco 2601 arboles/ha¹ vs 872 ind/ha.

En esta investigación se obtuvo para el sistema lagunar Barra San José y San Simón, Chiapas un Índice de Complejidad de Holdridge (ICH) 37.8, valor alto a los registros de Carvajal (2010) en Parque Nacional Lagunas de Chacahua, Oaxaca (27.07); así como también a los registros de Pool *et al.* (1977) en Rio Las Cañas en Nayarit con 24.5; comparable con el promedio obtenido en el sistema lagunar del Castaño, Barra de Zacapulco, Laguna Campón y Chantuto (23.7) en la costa de Chiapas (Tovilla *et al.*, 2007) en bosques dominados por *L. racemosa* o monoespecíficos. Morales (2010) reportó valores mayores en cuatro localidades El Castaño, Barra Zacapulco, Palma y Chantuto en la reserva la Biosfera la Encrucijada Chiapas México con (35.8).

En este sistema lagunar Barra San José y San Simón, Chiapas, se contabilizaron plántulas en 41 de los 50 sitios muestreados, lo cual es un buen indicativo, denotando que esta vegetación se esta renovando a nivel mínimo año con año. Presentándose en todo el sistema lagunar un mayor número de plántulas tipo A, la cual llegan a desarrollarse has el tipo C con menor densidad, esto se debe a diversos factores, como la reducción de aporte de agua dulce, pérdida de cobertura vegetal, salinización, la acción humana fragmentando el hábitat y alterando la estabilidad del ecosistema. En el mangle rojo la apertura de claros en dosel, ayuda a que las plántulas suprimidas por las copas de los árboles, incrementen la velocidad de crecimiento, debido a que esta especie no tolera solapamiento superior.

La mayor cantidad de plántulas en los bosques Barra San José y San Simón, Chiapas, se registró en *R. mangle*, sin embargo, al igual que el mangle negro y blanco, la cual estas especies presentaron plántulas de tipo C. En *R. mangle* no se registró mortalidad natural la cual se adapta a periodos de inundación prolongados. Para este sistema se obtuvo una densidad promedio de 509,504 plántulas/ha¹, densidad alta comparada con Parque Nacional Lagunas de Chacahua (15,128

plántula/ha¹) en Oaxaca (Carvajal, 2010); así como las de Morales (2010) reportó valores en cuatro localidades El castaño, Barra Zacapulco, Palma y Chantuto en la reserva la Biosfera la Encrucijada Chiapas México con (3,540 plántulas/ha¹), Laguna Chantuto (2,171 plántulas/ha¹) en Chiapas (Landeros 2005); así como las registradas en los sistemas Buena vista, Barrita de Pajón y Pampa Honda (6,339.5 plántulas/ha¹), y las del sistema Palo Blanco-Chocohuital con 8,962 plántulas/ha¹ para la Costa de Chiapas (Tovilla *et al.*, 2007).

Gitundu *et al.* (2002) reportaron para Kenya África, una regeneración de 461 individuos/ha; Valdez (2002) calculó una repoblación mínima para rodales no cosechados de 625 individuos/ha en el Ejido Villa Juárez, Nayarit; en tanto que en el Estero Palo Verde, Laguna de Cuyutlán, Colima se encontraron 364 individuos/ha (Téllez, 2010).

A pesar de que es un área natural protegida, y el manglar se encuentra también en un estado de protección, la extracción de madera de mangle es considerable y muy intenso en algunos sitios dentro del sistema lagunar Barra San José y San Simón, Chiapas, se registro extracción en cuatro especies de mangle, sin embargo en *L. racemosa* y *C. erectus* la extracción es elevada y con mayor intensidad en las clases diamétricas de 2.5- 15 cm; clases que corresponde a arbolado juvenil, a la cercanía que presentan muchas áreas boscosas de estas especies con las poblaciones, incluso en el mangle botoncillo, pocos de los sitios no están inundados lo que facilita el acceso a estos bosques. Adicionalmente a que estas especies tienen varios usos para los pobladores, como madera para la construcción rústica, encierros camaroneros, enseres domésticos y como leña, se registró una extracción de 154 ind/ha¹, lo cual representa un 6.8% del arbolado en pie, en comparación la costa de Oaxaca, existe un porcentaje de extracción menor en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua con 9.3% (401 ind/ha¹), Carvajal (2010); existen porcentajes de extracción más altos en el sistemas de manglares de Palo Blanco-Chocohuital, La Joya-Buenavista con 13.8%, Capulin-Mar Muerto con 10.2%. Por el contrario existen áreas con menor extracción (66 ind/ha¹) en Laguna Chantuto en Chiapas (Landeros, 2005),

igual Morales (2010) reportó valores menores en cuatro localidades El castaño, Barra Zacapulco, Palma y Chantuto en la reserva la Biosfera la Encrucijada, Chiapas (9%).

Se registraron varios sitios bosques bien conservados en gran parte del sistema lagunar Barra San José y San Simón, Chiapas. Los registros de mortalidad natural promedios fueron bajos en todo el sistema 3.9% (80 individuos/ha¹), en comparación con los reportados para la costa de Oaxaca por Carvajal (2010), en el sistema lagunar Parque Nacional Lagunas de Chacahua (Pastoria, Chacahua y Palmaritos) (4.8% o 210 ind/ha); así como también Landeros (2005) reportó para la costa de Chiapas en Laguna Chantuto (13.28% o 55 ind/ha) y registros de (Tovilla *et al.*, 2007), para los sistemas Capulín - Mar Muerto (11.3%), Palo Blanco-Chocohuital (8.3%), Joya-Buenavista (19.4%). También Morales (2010) reportó valores menores en cuatro localidades El castaño, Barra Zacapulco, Palma y Chantuto en la reserva la Biosfera la Encrucijada, Chiapas con (2% o 178 ind/ha¹).

CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos en el trabajo de investigación, se llegaron a las siguientes conclusiones.

En el sistema lagunar Barra San José y San Simón, Chiapas se registraron las cuatro especies de *mangle* *R. mangle*, *L. racemosa*, *A. germinans* y *C. erectus*; así como también se registro vegetación asociada *Pachira acuática* (zapotón o zapote de agua) y *Pithecolobium dulce* (Guamuchil) mezclada en el bosque. Con particulares y características muy específicas de cada una dando una configuración y belleza única a este humedal.

Estructuralmente se encontraron diferencias significativas entre los dos sistemas lagunares, lo que demuestra que todas las especies desarrollan un rol importante en el sistema cada una en su hábitat específico, sin embargo la especie con mayor nivel de importancia fue *R. mangle*, al igual que presento mayor densidad, altura, DAP, AB, e índice valor forestal. Se distribuye alrededor de casi todo el sistema lagunar rodeando el cuerpo de agua, además es la especie menos explotada por los pobladores.

En este sistema lagunar, la densidad mayor del arbolado se registró en Barra San José con 940 individuos/hectárea; mientras que en Barra San Simón se obtuvo la menor densidad con 714 árboles/hectárea, en todo el sistema lagunar se registró una densidad del arbolado promedio de 872 ind/ha¹.

En laguna Barra San Simón se encontraron los árboles más gruesos y con mayor cobertura; con un DAP de (13.8 cm) y cobertura de (94.35 m²). El DAP promedio del sistema lagunar Barra San José y San Simón, Chiapas (12.7 cm), por otro lado, la altura total mayor se presenta en laguna Barra San Simón con (17.84 m) y la menor en laguna Barra San José (17.48 m) para todo el sistema lagunar se estimó una altura promedio (17.58 m) y Barra San José (17.48 m); lo contrario que sucede en la variable de la altura de fuste limpio donde Barra San José (11.05 m) y San Simón (9.52 m) presentaron diferencias en altura de fuste, lo que demuestra heterogeneidad entre los dos sistemas estudiados en relación a esta variable antes mencionada.

El índice de Valor de importancia marca la importancia estructural de una especie de árboles dentro de un rodal de especies mixtas. La especie de *R. mangle* se registró índice de valor de importancia más alto con 139%, en la cual hubo una similitud en *A. germinans* con 74% y *L. racemosa* con 72%, así como también la especie que se registró con índice de valor importancia bajo fue *C. erectus* con 8%; al igual que la vegetación asociada de *Pachira acuatica*, en el manglar Barra San José y San Simón, Chiapas.

El Índice de valor forestal (IVF) más representativo se registró en Barra San Simón, para la especie de *A. germinans* (109%); al igual que el valor más bajo en *C. erectus* con 24%, así como también la vegetación asociada Guamuchil (*Pithecellobium dulce*) con 7%; en comparación a Barra San José su IVF fue intermedio en las cuatro especies de mangle registradas.

Se registró el Índice de valor forestal (IVF) por especie donde se presentó que *A. germinans* obtuvo el mayor índice de valor forestal con 75%, seguido por *R. mangle* con 63%, en tercer lugar fue *L. racemosa* con 53%, *Pachira acuatica* con 51% y *C. erectus* 50% así como también la vegetación asociada Guamuchil (*Pithecellobium*

dulcis) con menor Índice valor forestal (IVF) 7%, para el área comprendida de Barra San José y San Simón, Chiapas.

El Índice de Complejidad de Holdridge, indica que la laguna Barra San José presenta desarrollo estructural más elevado con (31.5), en comparación con Barra San Simón con un Holdridge menor de (20.3) por ser un sistema lagunar muy pequeño. Para todo el sistema lagunar se obtuvo un ICH de 37.8.

Toda la complejidad estructural de los bosques de manglar y entre las especies que conforman cada sistema lagunar esta dada por la dinámica de los aportes de agua dulce y sedimentos, los cuales tienen mayor entrada, por presentar dos desembocaduras de ríos (Coatán, Huehuetán, Huixtla) apartándole mayor entrada de agua dulce, lo cual es necesario para vegetación; formando bosques mediante conservados. En los últimos años se ha complicado además por la inmensa actividad agrícola y ganadera que se da al contorno del sistema que cada día avanzan sobre el humedal. Adicional a la introducción de plaguicidas y otros contaminantes al humedal.

En la regeneración plántulas de este sistema lagunar de Barra San José y San Simón, Chiapas, se obtuvo una densidad promedio de 662.9 plántulas/ha¹.

Se registró una extracción forestal de 154 ind/ha¹, lo cual representa un 6.8% de pérdida de manglar en el sistema lagunar Barra San José y San Simón, Chiapas.

Los registros de mortalidad natural fueron bajos en todo el sistema lagunar Barra San José y San Simón, Chiapas, 3.9% (80 individuos/ha¹).

Para el manglar de Barra San José el 20% de los árboles se registraron chuecos en su mayoría pertenecen a los arboles viejos o seniles; 52% se registraron individuos semirectos, son arboles adultos y los arboles rectos con un 28% generalmente pertenecen a los arboles jóvenes. Estos bosques en *R. mangle* presentaron una altura promedio de raíz de 2.06 m.

Para Barra San Simón se registró un 37% del arbolado presentó el fuste recto, mientras que el 32% corresponden a fustes semirrectos; un 31% se registraron chuecos y/o torcido, para *R. mangle* se registró una altura de raíz de 2.44 m.

El estado estructural del bosque con arboles con fustes rectos (65%), semirrectos (84%), chuecos (51%) y finalmente una altura de raíz (2.18 m) en *R. mangle*, para todo el sistema lagunar de Barra San José y San Simón, Chiapas.

Recomendaciones

- ❖ Controlar y manejar la extracción de madera, limitar la extracción en los sitios deteriorados, principalmente en bosques juveniles y establecer medidas de recuperación de los sitios donde se han perdido cobertura forestal.
- ❖ Realizar un estudio de plan de manejo y conservación en relación manglar-pesca para obtener altos rendimientos e incrementos en la pesca, ya que los manglares son criaderos del sistema acuático como: peces, crustáceos etc. Así también sirva para implementar la actividad eco turística en la reserva encrucijada.
- ❖ Establecer un estudio de mejores practicas de dragados para el desazolve de lagunas, para evitar la alteración en el área de reserva la encrucijada, la cual permita el deposito adecuado de sedimentos extraídos; sean depositados en el mar y no en áreas de manglar, para mitigar el impacto ambiental, perturbación al sistema acuático y cambio de cobertura de manglar.
- ❖ Rehabilitar los flujos de agua dulce al humedal para la conservación del manglar a fin de evitar la salinización del sistema lagunar.
- ❖ Evitar la entrada de ganado al humedal, ya que solo compacta y evita la regeneración natural.
- ❖ Establecer e impartir programas de educación ambiental, de tal manera que se concientice a las comunidades cercanas sobre el valor y la importancia de sus recursos, apropiándolos del mismo, así tener un mejor uso y manejo de los recursos del bosque.

- ❖ Implementar y rehabilitar mediante programas de restauración zonas deforestadas, involucrando a las comunidades más cercanas al bosque.
- ❖ Es importante implementar programas de servicios ambientales, con el fin de conservar todo el ecosistema manglar, con la participación conjunta de las comunidades cercanas al manglar.
- ❖ Establecer programas para fortalecer el turismo y ecoturismo, usando como belleza escénica todo humedal, al mismo tiempo beneficiar y conservar al bosque.
- ❖ Es necesario implementar una vigilancia constante del recurso manglar, para que se cumplan la aplicación de las normativas establecidas, para detener la extracción de madera en los bosques.
- ❖ Identificar zonas específicas donde el recurso sea abundante, para establecer un plan especial para uso, manejo y aprovechamiento a corto, mediano y a largo plazo, para minimizar la extracción forestal en zonas conservadas.
- ❖ Reforestar la parte superior y media de cada cuenca (rio Coatán y Huixtla), para evitar daños de asolvamiento en los manglares.
- ❖ Es importante revertir la pérdida de los manglares, implementando políticas públicas de conservación sustentadas en investigaciones científicas, con información actualizada que respalde los programas de trabajo para la conservación y restauración de este ecosistema.
- ❖ Establecer un programa de monitoreo de estructura, composición forestal y parámetros fisicoquímico a corto, mediano y a largo plazo para obtener información de la conservación de los bosques de dicha zona.

Bibliografía

Aguilar, R., E. 1990. Regeneración del manglar en áreas intervenidas, en la Reserva de Terraba-Sierpe, Vosta Rica. Tesis mag. Sc. CATIE. Turrialba, C.R. 164p.

Burgerón, P. 1983. Spatial aspects of vegetation estructura. In: Tropical Rain Forest ecosystem structure and function. Ed. By F. Golley. Elsevier.

Carmona Díaz, Gustavo. *et al.* (2007) Informe Final. Reproducción y Establecimiento de 100,000 plantas de Mangle, en los municipios de Catemaco y Tuxpan, Veracruz. Universidad Veracruzana-Conafor. 52 p.

Carpenter, S.R, 1985. Patterns of primary production and herbivory in 25 Norte American lake, ecosistemas. En: J. Cole et al. (ed.). comparative analyses of ecosistemas. Paternns, mechanisms, and theories, pp.67-96. Springer, Berlin.

Carvajal E. S. S. 2010. Estudio de la estructura, composición y modificación antropica en los manglares del Parque Nacional Lagunas de Chacahua, Oaxaca, México, tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Guerrero, Chilpancingo, Guerrero, México Pág. 110.

Casas-Monroy, 2001. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia, pp.54-60.

Cintrón G.y Y.Shaeffer-Novelli 1984. Methods for studying mangrove structure. In S. C. Snedaker and J. G. Snedaker (Eds.). The mangrove ecosystem: research methods. UNESCO, Paris, Francia: 91-113.

Cintrón, G. y Schaeffer-Novelli, Y. 1985. Características y desarrollo estructural de los manglares de Norte y Sur América. Ciencia Interamericana 25(1-4): 4-15.

Cintrón, G. Y. Schaffer-Novelli. 1983. Introducción a la Ecología del manglar. Oficina regional de Ciencia y Tecnología de UNESCO para America Latina y el Caribe-ROSTLAC, Montevideo. 106 p.

Cintrón, G., y Schaeffer-Novelli, Y. 1992. Ecology and management of new world mangrove. In: U. Seeliger ed. Coastal plant in Latin American Academy Press. San Diego. 233-258 p.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, (CONANP)a. 2008. Áreas Naturales Protegidas Federales de México. Morelia, Michoacán. México.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, (CONANP)b. 2008. Sitios Ramsar en México. Morelia, Michoacán. México.

Comisión Nacional Forestal. (CONAFOR). Restauración de manglares de México. Abril, 2005. [http: WWW.CONAFOR.gob.mx](http://WWW.CONAFOR.gob.mx).

CONABIO. 2008. Manglares de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F., México.

CONABIO. 2009. Inventario y Monitoreo del Estado Actual de Manglares de México. 2da. Edición. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F., México. 99 p.

CORELLA JUSTAVINO, F. 2003. Estructura, fenología y repoblación natural de un manglar en pantanos de Centla, Tabasco. Tesis de Doctorado. Montecillo Texcoco, Estado de México. 131 p.

Corrella Justavino, F., Valdez Hernández, J.I., Cetina Alcalá, V.M., González Cossio, F. V., Trinidad Santos., A. y Aguirre Rivera, J.R. 2001. Estructura forestal de un bosque de mangles en el noreste del estado de Tabasco, México. Ciencia Forestal en México. 26 (90): 73-102 p.

Cottam, G. y J. T. Curtis. 1949. A. Method for Making Rapid Surveys of Woodlands by Means of pairs of Randomly Selected Trees. Ecology. 30(1): 101-104.

Curtis, J. T. And R. P. McIntosh. 1951. An upland forest continuum in the prairieforest border region of Wisconsin. *Ecology* 32:47-496.

Day, J. W., W. H. Conner, F. Ley-Lou, R. H. Day, y N. A. Machado. 1987. The productivity and descomposición of mangrove forest, Laguna de Términos México. *Aquatic Botany*. 27:287-284.

Dent D.L. 1992. Reclamation of acid sulfate soils. En: *Soil restoration*. (R. Lal, B.A. Stewart, Eds). Springer Verlag. Nueva York. Vol. 17. pp. 29-122.

Falinski, J.1988. Succession, regeneration and fluctuation in the Bialowieza Forest (NE Poland). *Vegetatio*, 77, pp. 115-128.

FAO-UNESCO. 1988. Mapa Mundial de suelos (World Soil Source Report) Leyenda revisada, Centro de Edafología, Col. De Postgraduados Montecillos, Edo. De México. 135 pp.

Flores-Verdugo F. J., Gonzales-Farias F., Segura-zamorano D., Ramirez-Gracia P. 1992. Mangrove ecosystem of the Pacific Coast of México: distribution, estructura, litterfall, and ditritus dynamics. P. 269-288. In: Seelinger E. (Ed.) Coastal pant communities of Latin America. Academic Press, inc. New York.

Franco, L. J., G. Cruz, A., A. Rocha, R., N. Navarrete, S., G. Flores, M., E. Kato, M., S. Sánchez, C., L. G; Abarca, A., C. M. Bedia S. 1989. Manual de Ecología. Ed. Trillas. México. 266 pp.

García E. 1981. Modificaciones del Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía. México. Universidad Nacional Autónoma de México. 256pp.

GITUNDU KAIRO, J.; DAHDOUH GUEBAS, F.; GWADA, P. O.; OCHIENG, C.;KOEDAM, N. 2002. Regeneration status of mangrove forests in Mida Creek, Kenya: a compromised or secured future?. *Ambio*. 31(7/8): 562-568.

Hauuff, R.D., K. C. Ewel, J. Jack. 2006. Tracking human disturbance in mangroves: estimating harvest rates on a Micronesian island. *Wetlands Ecology and management* 14:95-105.

Hernández, R.H, Tovilla, H.C., Malo E.A., Bello M.R. 2005. Water quality and presence of pesticides in a tropical coastal wetland in southern México. *Bulletin Marine Pollution*: 1130-1141.

Holdridge, L. R., Grenke, W. C.; Hatheway, W. H. Liang, T.; Tosi, A. JR. 1971. *Forest environments in tropical life zonas*. Pergamom Pres. New York. 747.p.

Instituto de Historia Natural, 2000. Departamento de Información para la Conservación. (DIC)

Jennerjahn T.C. y Ittekkot V. 2002. Relevance of mangroves for the production and deposition of organic matter along tropical continental margins. *Naturewissenschaften* 89, 23-30.

Jiménez, J, 1985 a. Patrones regionales en la estructura y composición florística de los manglares de la Costa del Pacifica de Costa Rica. *Revista de Biología tropical*. 33: 25-37.

La Ventana (Investigación y Divulgación Científica para el Desarrollo Regional, A:C). 2008. Inventario y Diagnóstico de manglares en la región Chontal baja. Comisión Nacional de Áreas Protegidas. Programa de conservación para el desarrollo sostenible (PROCOCODES), Oaxaca, México. 107 p.

Lamprecht, H. 1990. *Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas*. Posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Ed. GTZ. Alemania. 343 p.

Landeros S. J. A. 2005. Estructura del Manglar, en el Sistema Lagunar de Chantuto, Reserva de La Biosfera la Encrucijada, Chiapas, México. Tesis de Licenciatura en Biología. Laboratorio de Ecología de Manglares y Zona Costera, El

Colegio de la Frontera Sur, Unidad Tapachula y Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. México D. F. 78pp.

Lewis R.R. 2005. Ecological engineering for successful management and restoration of mangrove forests. *Ecol. Eng.* 24, 403-418.

López-Portillo J., Ezcurra E. (2002). Los manglares de México: Una revisión. *Madera y Bosques*. Número especial, 27-51.

Lot - Helgueras, A., Vázquez Yanes C., y Menendez, F. 1975. Physiognomic and floristic changes near the northern limit of mangroves in the Gulf Coast of México. *Proceedings of the international Symposium on biology and managment of mangroves*. Vol. I. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. 52-61 p.

Lugo, A.E 1980. Mangrove ecosystems: successional or steady state, *Biotropica* 12:67 72.

Mitsch W.J. y Gosselink J. 2000. *Wetlands*. 3a ed., Wiley, Nueva York. 918 p.

Montgomery, D. 1991, "Diseño y Análisis de Experimentos", 3ra. Edición., Grupo Editorial Iberoamericana, México. Pág. 285.

Morales G. B. 2010. Estructura del manglar y uso del recurso natural en cuatro localidades de la Reserva de Biosfera "La Encrucijada" Chiapas, México. Tesis de maestría Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, Tabasco, México. Pág. 110.

Moreno Casasola, P.; Rojas, J.L.G; Zárata, D.L.; Ortiz, M.a.p.; Lara, A.I.I. y Saavedra, tv. 2002. Diagnostico de los manglares de Veracruz: distribución, vínculo con los recursos pesqueros y su problemática. *Madera y Bosques*, Número Especial: 61-68.

Müllerried, F.K., 1957. La Geología de Chiapas. Gobierno del estado de Chiapas. 181 pp.

Odum, E. P. 1994: Ecología, 3ª Edición Nueva Editorial Interamericana .México D.F. 639pp.

Odum, E. P. 1995: Ecología Peligra la Vida, 2a Edición. Interamericana. McGraw Hill, México. D. F. 268pp.

Orihuela B. D. E. 2001. Flujo de materia en un bosque de manglar de la costa de Chiapas. Producción de hojarasca, herbivoría, degradación y exportación de detritus. Tesis de Maestría en Recursos Naturales y Desarrollo Rural, Colegio de la Frontera Sur, Ecosur Chetumal. 98pp.

Pool D.J., S.C. Snedaker y A.E. Lugo. 1977. Structure of mangrove forests in Florida, Puerto Rico, México and Costa Rica. **Biotropica** 9 (3): 195-212.

Ramírez, P. G., Segura, Z. D. 1994. Ordenación de la vegetación de manglar de la laguna Panzacola, Chiapas. Serie Grandes Temas de hidrobiología. Los sistemas litorales. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa (2): 105-113 p.

Ramírez. A. Ecología, Métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades, Bogotá, Editorial Pontificia Universidad Javeriana, 2006, pp, 132-137.

Remmert, 1991. The mosaic-cycle concept of ecosystems. 2da Edition. Springer, Berlin.

Rodríguez G. C. y Castellanos R. J. Z., 1988. Sales solubles. En: Aguilar, S., A., Etchevers B. D. J., Castellanos R. J. Z. Ed. Análisis Químico para Evaluar la Fertilidad del Suelo. Sociedad mexicana de la Ciencia del Suelo. Pp. 109-124.

Romero B., E. I.. 2006 Estructura y Composición de los Bosques de Manglar en el Sistema Lagunar de Carretas-Pereyra, Reserva de la Biosfera, La Encrucijada, Chiapas; México. Tesis de licenciatura en Biología Laboratorio de

Ecología de Manglares y Zona Costera, El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Tapachula y Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Escuela de Biología. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, 77pp.

Salas R. R.L: 2006. Estructura Forestal de un Manglar en la Reserva de la Biosfera “La Encrucijada”, Chiapas. Tesis Ingeniero en Restauración Forestal. Laboratorio de Ecología de Manglares y Zona Costera, El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Tapachula y Universidad Autónoma de Chapingo, Div. Ciencias Forestales.

Sánchez P., H., G.H. Ulloa D. y R. Álvarez L. 2000. Hacia la recuperación de los manglares del Caribe de Colombia. Ministerio del Medio Ambiente Asociación Colombiana de Reforestadores-ACOFORE Organización Internacional de Maderas Tropicales. Proyecto PD/171/91. REV 2 (F) Fase II. Etapa II “Conservación y Manejo para el uso múltiple y el desarrollo de los manglares en Colombia. 294p.

SEMARNAT. 1999. Programa de Manejo Reserva de la Biosfera “LA Encrucijada” México. 183 pp.

SILVA, M. A. B.; BERNINI, E.; CARMO, T. M. S. 2005. Características estruturais de bosques de mangue do estuário do rio São Mateus, ES, Brasil. Acta Botánica Basílica. 19(3): 465 471.

Sokal, R. F. Rohlf. 1996. Biometry. 3ra Edición. Freeman Company. San Francisco, 887 pp.

Suprayogi B. y Murray F. 1999. A field experiment of the physical and chemical effects of two oils on mangroves. Environ. Exp. Bot. 42, 221-229. Sur, México.

Téllez G. C. P. 2010. Caracterización dasónomica del bosque de mangles en el Estero Palo Verde, Laguna de Cuyutlán, Colima, México. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, Texcoco, Edo. De México. Pág. 77.

Tovilla H. C. R. A. Salazar, G. P. G. Velazco y O. G. Flores 2003. Sanamiento y Restauración del Manglar en Barra de Cahocán y Laguna de Pazuelos. Informe final

del Proyecto. Ayuntamiento del Municipio de Tapachula. Laboratorio de Ecología de manglares y Zona Costera, El Colegio de la Frontera Sur, Ecosur. Tapachula, Chiapas, México, 76p.

Tovilla H.C. 2006. Propuesta para La Conservación, Manejo y Restauración de los Bosques de Manglar de La Costa de Chiapas. Laboratorio de Ecología de Manglares y Zona Costera; El Colegio de La Frontera Sur, Unidad Tapachula, Chiapas, México. 152pp.

Tovilla H.C.; R. L. R. Salas; J. C. P. de la Presa; E. I. B. Romero; F. E. Ovalle; R. O. Gómez 2007. Inventario Forestal de los Bosques de Manglar del Soconusco Chiapas. Laboratorio de Ecología de Manglares y Zona Costera, El Colegio de la Frontera Sur, Ecosur, Unidad Tapachula, Chiapas, México, 144pp.

Tovilla, H. C., G. E. de la Lanza y D. E. B. Orihuela 2001. Impact of logging a mangrove swamp: Cost/benefit by soil-use analysis. Revista de Biología Tropical, Costa Rica, pp 49-2. 571-580.

Tovilla, H.C. 1998. Ecología de los bosques de manglar y algunos aspectos socioeconómicos de la zona costera barra de Tecoaapa, Guerrero, México. Tesis Doctoral. UNAM. México. 365p.

Tovilla, H.C., C. et al, 2007. Inventario forestal de los bosques de manglar de la costa de Chiapas, Laboratorio de Ecología de manglares y Zona Costera, El Colegio de la Frontera Sur, Tapachula, Chiapas, México, 98 pp.

Valdez Hernández, J. 2002. Aprovechamiento forestal de manglares en el estado de Nayarit costa Pacífica de México. Madera y bosques número especial: 129-145.

Valdez Hernández, J. 2004. Manejo forestal de un manglar al sur de Marismas Nacionales, Nayarit. Madera y Bosques. Número especial 2. 93-104

Whitmore, T . 1990. Tropical Rain Forests. Clarendon Press, Oxford, G.B. 227 p.

Yáñez-Arancibia, A. y A.L. Lara-Domínguez (Ed.). 1999. Ecosistemas de Manglar en América Tropical. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, México. UICN Mesoamérica Costa Rica, NOAA-NMFS. Beoufort, NC. EUA. 350 p.

Yañez-arancibia, a.; Zarate-Lomeli, d. Rojas-Galaviz, j. Y Villalobos Zapata,G. 1994. Estudio de Declaratoria como Área Ecológica de Protección de Flora y Fauna Silvestre de la laguna de Términos, Campeche.

12

de la Cruz Salinas Deysi Lizeth, Ortega Baranda Verónica, Nieto Castañeda Irma Gisela. **Estructura y fenología de *Amphipterygium adstringens* (schltdl.) standl en una selva baja caducifolia de la costa de Oaxaca.** Universidad del Mar campus Puerto Escondido, carretera Oaxaca- Vía Sola de Vega Km 1.5, CP 71980 Puerto Escondido, Oaxaca. México. Contacto: deylizsalinas.95@gmail.com

RESUMEN

Se determinó la fenología de *Amphipterygium adstringens* y su correlación con la temperatura y precipitación, así como la estructura poblacional arbórea en tres etapas de crecimiento en una selva baja caducifolia de la costa de Oaxaca. Se establecieron cuatro Unidades de Muestreo (UM) de 20x50m (1000 m²), se tomaron variables dasométricas de altura (H), diámetro normal a 1.30 m a partir del suelo (DN) y cobertura de copa, para tres etapas de crecimiento: brinzales, latizales y fustales, con la finalidad de describir la estructura vertical y horizontal; se obtuvo el Índice de Valor de Importancia (IVI) e Índice de Morisita (I_h). Se evaluaron cuatro eventos fenológicos (floración, fructificación, caída y emergencia de hojas) y su relación con la precipitación y temperatura por un año (abril 2017-abril 2018). Se registraron 380 individuos de los cuales 47 fueron brinzales con H y DN de 0.69 m y .0.54 cm respectivamente, para latizales fueron 28 individuos con H=2.39 m y DN=1.86 cm y 305 fustales con H=6.46 m y con un DN promedio ubicado en la categoría diamétrica 5 (2.6 a 7.5 cm). El IVI fue mayor en fustales (IVI=216.39), seguido de brinzales (IVI=43.73) y latizales (IVI=39.87). De acuerdo con el análisis del índice de Morisita se observó una distribución uniforme en fustales ($I_h=0.25$), latizales ($I_h=0.34$) y brinzales ($I_h=0.33$). Del total de individuos se cuantificaron 70 hembras y 53 machos, el resto eran fustales jóvenes. Para *Amphipterygium adstringens* la fenología está asociada a las estaciones del clima, con una correlación significativamente diferente ($P \leq 0.0314$, $r=0.596$) en la brotación y precipitación media (272.1 mm), en los meses de junio a septiembre; en fructificación y temperatura media ($P \leq 0.01863$, $r=0.639$) con 27.2° C, en los meses de septiembre a diciembre y para la floración femenina con temperatura máxima ($P \leq 0.03015$, $r=0.6$) de 36°C, en el mes de agosto; sin embargo, se tuvo una correlación menos significativa ($P \leq 0.0636$, $r=0.528$) en caída de hojas con temperaturas mínimas de 23.7°C y una precipitación ($P \leq 0.049$, $r=0.553$) nula, en los meses de diciembre a marzo.

Palabras clave. Índice de Valor de Importancia, Índice de Morisita, temperatura máxima, floración, cuachalalate.

INTRODUCCIÓN

Las selvas bajas caducifolias y medianas subcaducifolias son importantes debido a que junto con otros tipos de selvas secas contribuyen con un 40% de total nacional de plantas vasculares endémicas (Rzedowski, 1991).

Debe destacarse que un componente arbóreo de la selva baja caducifolia es *Amphipterygium adstringens* (Schltdl.) Standl. perteneciente a la familia *Julianiaceae*, cuya distribución se restringe en la vertiente del Pacífico, en los estados de Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Morelos, Puebla, Guerrero, Oaxaca y Chiapas (Solares y Gálvez, 2002). El cuachalalate es una especie de mayor relevancia en la

herbolaria mexicana, debido a que cura más de 30 enfermedades (Solares *et al.*, 2006a; Solares *et al.*, 2012b). Es aquí donde estriba su alto grado de comercialización y por ello se ubica entre las especies amenazadas en los Estados de Morelos, Guerrero y Oaxaca (Boyás *et al.*, 2001). En este sentido, el objetivo del presente trabajo fue determinar la estructura arbórea y fenología de *Amphipterygium adstringens* en una selva baja caducifolia en tres etapas de crecimiento, por la importancia ecológica y comercial de la especie. De este análisis se podrán derivar recomendaciones acerca de la época en la que se puede realizar colecta de semillas para propagar la especie, o incluso cuándo se puede realizar el aprovechamiento de la corteza de *Amphipterygium adstringens*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El Jardín Botánico Puerto Escondido se ubica en el estado de Oaxaca, municipio de San Pedro Mixtepec - Dto. 22 -, distrito Juquila en el kilómetro 240 de la carretera federal 131 vía Sola de Vega-Puerto Escondido de la Costa de Oaxaca, cuenta con una superficie de 16.7 hectáreas. Las coordenadas de los vértices extremos corresponden entre los paralelos 15° 54.1' 41.75" y 15° 55' 1.06" latitud norte y los meridianos 97° 04' 29.21" y 97° 04' 52.93" longitud oeste, la altitud va de 70 a 160 msnm, el clima es cálido subhúmedo con temporadas de lluvias en verano de mayo a octubre y sequía por el resto del año, la temperatura media anual es de 24.6 °C y la precipitación va de los 800 a 1000 mm al año (Trejo, 2004). El suelo es de tipo litosol a regosol eutricto, poco profundo y de escaso desarrollo, los cuales se constituyen por dos horizontes identificados como A y B, de textura migajón arenosa a areno migajonosa con una densidad aparente promedio de 1.4 g cm⁻³ (Sánchez-Bernal *et al.*, 2017).

Muestreo y medición de variables

Se realizaron recorridos dentro del Jardín Botánico Puerto Escondido para localizar las poblaciones de *Amphipterygium adstringens*, estableciendo cuatro UM de 20 x 50 m (1,000 m²), el trazado se realizó con ayuda de una brújula SUUNTO y longímetro TRUPER. En cada UM se registraron las variables dasométricas (DN, altura total y cobertura de copa), para cada individuo con ayuda de una cinta diamétrica, clinómetro SUUNTO, y longímetro, así mismo, se obtuvo la ubicación geográfica de los individuos para representar la distribución en el espacio (Zarco *et al.*, 2010).

Estructura poblacional

Los individuos de *Amphipterygium adstringens*, se clasificaron en clases de tamaño: brinzales (Br, < 1.5 m pero > 0.3 m de altura), latizales (Lt, < 2.5 cm de DN pero > 1.5 m de altura) y fustales (Ft, > 2.5 cm de DN medido a 1.3 metros del suelo) (Ortega-Baranda *et al.*, 2017).

Para describir la estructura poblacional vertical se elaboraron histogramas de frecuencia por intervalos de altura; en el caso de la estructura horizontal se agruparon los diámetros por categorías diamétricas de 5 cm para las tres clases de tamaños (categoría 5=2.5-7.5, 10=7.6-12.5, 15=12.6-17.5, 20=17.6-22.5, 25=22.6-27.5, 30=27.6-32.5).

Se utilizó el Índice estructural de Valor de Importancia (IVI), para jerarquizar la dominancia de la especie por clases de tamaño (brinzales, latizales y fustales) (Zarco *et al.*, 2010).

$$IVI = \text{Dominancia relativa} + \text{Densidad relativa} + \text{Frecuencia relativa}$$

Para evaluar el patrón de dispersión espacial se aplicó el índice de Morisita para cada clase de tamaño (Morisita, 1959):

$$I\delta = q \sum_{i=1}^q n_i \frac{(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Fenología

Se realizaron registros mensuales por un año (abril 2017- abril 2018), donde se registraron para cada individuo de la clase de tamaño fustal, cuatro eventos fenológicos (floración, fructificación, caída y emergencia de hojas); en el caso de la floración se monitoreó semanalmente al comienzo de la época de lluvia, observando que el proceso de floración se presenta en un periodo muy corto de tiempo. Para la toma de los eventos fenológicos se dividió la copa en cuatro áreas proporcionales, asignando valores en la escala: 0= ausencia total del evento, 1= 1%-25%, 2= 26%-50%, 3= 51%-75%, 4= 76%-100% (Pineda-Herrera *et al.* 2012a y 2016b). Posteriormente se elaboraron dendrofenogramas para la especie de *Amphipterygium adstringens* y se obtuvieron los datos de precipitación y temperatura mediante el Servicio Meteorológico Nacional. Para el análisis estadístico se usó un análisis de correlación entre las variables fenológicas y los elementos climáticos con el uso del paquete estadístico R versión 2.9.2 (The R Foundation for Statistical Computing, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estructura poblacional

Se registraron 380 individuos de los cuales 47 fueron brinzales con H y DN promedios de 0.69 m y 0.54 cm respectivamente, para latizales fueron 28 individuos con H=2.39 m y DN=1.86 cm y 305 fustales con H=6.46 m y con un DN ubicado en la categoría diamétrica 5 (2.6 a 7.5 cm) (Figura 1 y 2), esto difiere con lo encontrado por Luna (2011) en un estudio realizado en Michoacán en un área con vegetación predominante de selva baja caducifolia, donde obtuvo una altura promedio de 5.9 m y 28.6 cm de DN para *A. adstringens*, lo anterior se debe a que en el Jardín Botánico Puerto Escondido, la mayoría de los individuos son fustales jóvenes, presentándose así un diámetro muy bajo, de manera que la estructura poblacional de plantas puede ser descrita por clases

de tamaños o por categorías diamétricas. Por otra parte, la baja cantidad de latizales y brinzales puede deberse a que cambios ambientales han sido desfavorables para el establecimiento de las plántulas, sin embargo, la buena estructura vertical y horizontal para los fustales puede atribuirse a que al disminuirse las perturbaciones humanas, las condiciones de captación de agua y las propiedades químicas del suelo mejoran para el crecimiento de las especies (Cruz-Ruiz *et al.*, 2012).

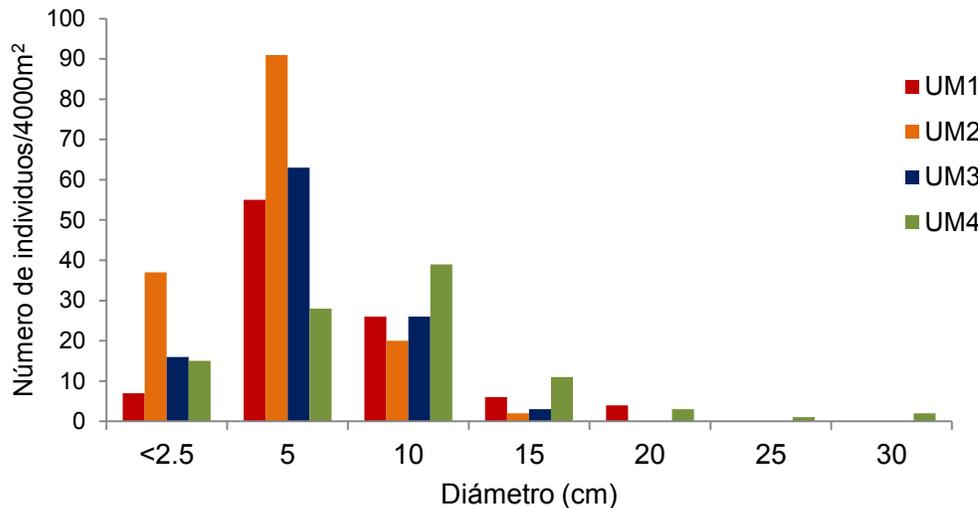


Figura 1. Distribución horizontal por categoría diamétrica de todos los individuos de *Amphipterygium adstringens*.

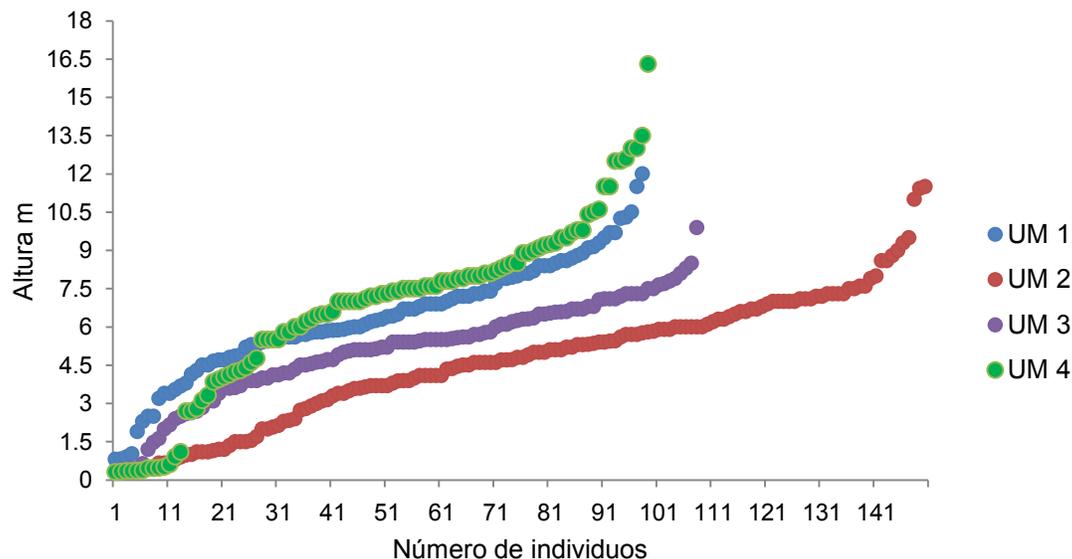


Figura 2. Estratificación vertical de los individuos de *Amphipterygium adstringens* en las cuatro UM.

El IVI para *Amphipterygium adstringens* en las cuatro UM fue de 216.39 (72.13%), 43.73 (14.57%) y 39.87 (13.29%) para fustal, brinzal y latizal, respectivamente. Es evidente que los fustales, por la densidad y el área basal que ocupan, obtuvieran el IVI más alto, sin embargo, la regeneración es abundante en la clase brinzal pero no en latizales, en relación a lo anterior, Macario *et al.*, 1995 explican esta discontinuidad de individuos con el aumento en la demanda de luz conforme a su crecimiento.

De acuerdo con el análisis del índice de Morisita, en las unidades de muestreo se observó en general una distribución uniforme, en fustales ($I\delta=0.25$), latizales ($I\delta=0.34$) y brinzales ($I\delta=0.33$) (Figura 3). El patrón de distribución uniforme, se asume puede emerger como producto del escape de individuos a distancias razonables de sus parentales (Janzen, 1970; Connell, 1971), también el espacio uniforme o regular entre los individuos, puede indicar un comportamiento competitivo o agresivo, como la territorialidad existente en algunas plantas (Badii, *et al.*, 2011).

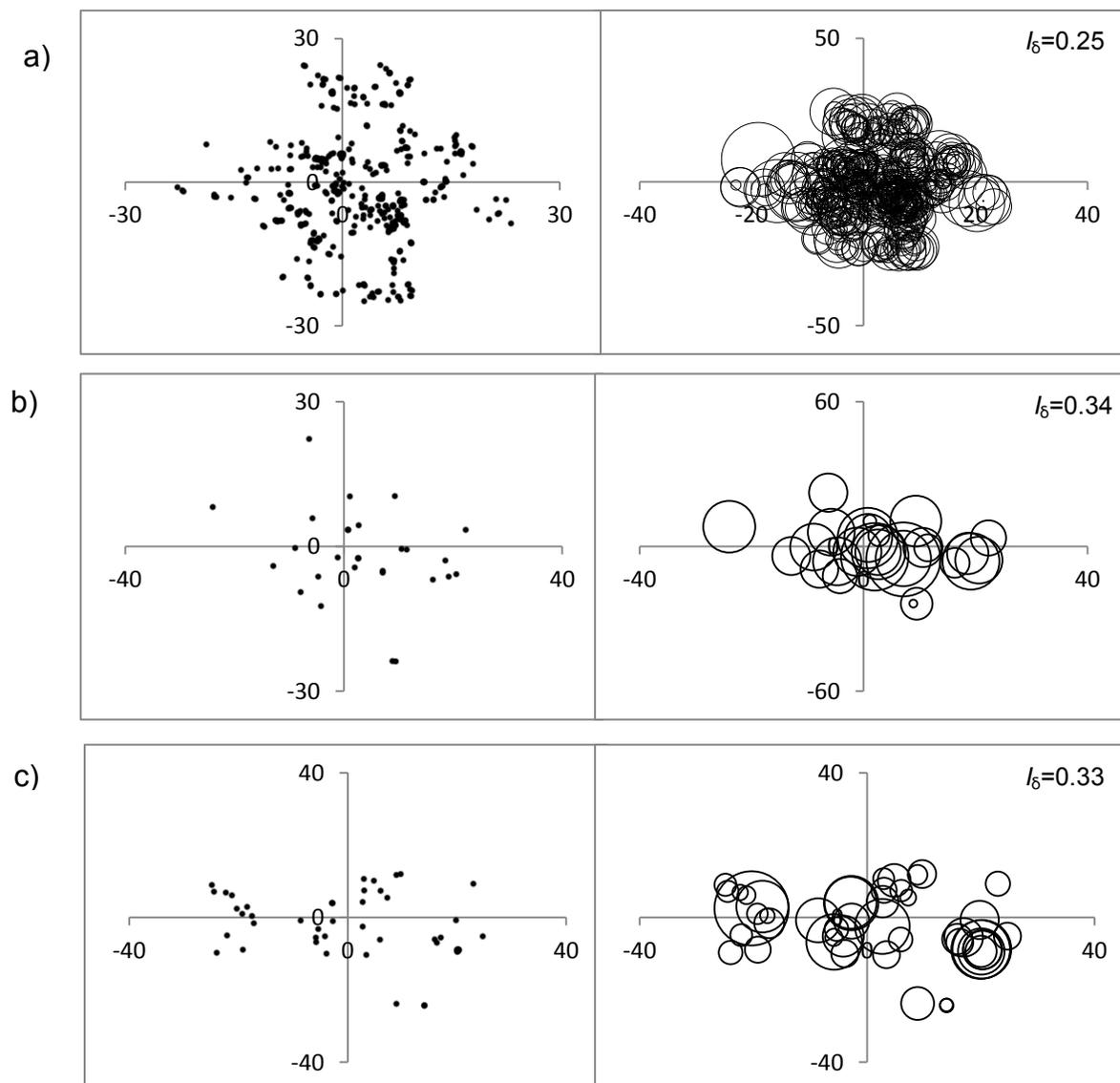


Figura 3. Patrón de dispersión espacial de *Amphipterygium adstringens*: a) fustales, b) latizales y c) brinzales; izquierda tallos y derecha proyección de copa.

Se tuvo una correlación significativamente diferente ($P \leq 0.0314$, $r=0.596$) en la emergencia de hojas asociado con la precipitación media (272.1 mm), para los meses de junio a septiembre; en fructificación fue con la temperatura media ($P \leq 0.01863$, $r=0.639$) con 27.2°C , en los meses de septiembre a diciembre y para la floración femenina con temperatura máxima ($P \leq 0.03015$, $r=0.6$) de 36°C , en el mes de agosto; sin embargo, se tuvo una correlación menos significativa en caída de hojas con las temperaturas mínimas de 23.7°C ($P \leq 0.0636$, $r=0.528$) y una precipitación nula ($P \leq 0.049$, $r=0.553$), en los meses de diciembre a marzo (Tabla 1). La época de floración coincide con lo evaluado por Cuevas (2005) quien asevera que la floración se presenta de junio a agosto y la fructificación de agosto a enero en el estado de Jalisco, México, mientras que Solares y Gálvez (2002) menciona que para el estado de Morelos, es una especie caducifolia y tiene una normancia metabólica durante los meses secos (octubre-mayo), en abril reinicia su actividad y finaliza al término de las lluvias en los meses de agosto o septiembre y su etapa de floración va de marzo hasta junio y el desarrollo de la fructificación inicia en mayo o junio y puede durar hasta el mes de marzo. Pero su madurez se presenta a mediados de noviembre a enero. El estado vegetativo en árboles hembra puede presentarse en el mes de marzo. Vélchez *et al.* 2004 menciona que la precipitación es la variable de mayor peso para medir en los estudios fenológicos, pero en el presente estudio esta variable no influyó significativamente sobre la floración ni fructificación, solo en la época de brotación y caída de hoja. El bajo porcentaje de floración y fructificación coincide con lo encontrado por Luna (2011) quien evaluó que para *A. adstringens* en el estado de Michoacán, la floración y fructificación es baja (menor a 20% del total de la copa).

Tabla 1. Coeficientes de correlación para elementos climáticos con fenofases de *Amphipterygium adstringens* en el Jardín Botánico Puerto Escondido, Oaxaca, México.

Variable climática	Floración femenina	Floración masculina	Fructificación	Caída de hojas	Brotación de hojas
Precipitación	0.049	0.093	-0.184	-0.553	0.596
Temperatura media	0.216	0.187	-0.639	-0.509	0.517
Temperatura mínima	-0.043	-0.013	-0.379	-0.527	0.386
Temperatura máxima	0.600	0.350	-0.333	-0.463	0.146

* $P < 0.05$

CONCLUSIÓN

Se rechaza la hipótesis de que la estructura de *Amphipterygium adstringens* es igual en las tres etapas de crecimiento.

Los brinzales obtuvieron un índice de valor de importancia mayor que los latizales, lo cual puede deberse que en el Jardín Botánico Puerto Escondido, la luz es un factor que influye de manera significativa en el desarrollo de los individuos.

El índice de Morisita muestra que los individuos de *A. adstringens* tienen una distribución uniforme ya que se asume que estos tienen que estar a una distancia razonable de sus parentales para su desarrollo y crecimiento.

Las fenofases para *A. adstringens* están muy relacionadas con el clima, los porcentajes de floración y fructificación son muy bajas y la velocidad de producción de flores es muy rápida para la especie y están influida por la temperatura, contrario con la caída y emergencia de hojas que esta correlacionada con la precipitación; por lo tanto la época de estiaje con altas temperaturas puede estimular la floración y en su caso la fructificación.

LITERATURA CITADA

Badii, M; Guillen, A; Cerna, E; Landeros, J. 2011. Dispersión espacial: el prerrequisito esencial para el muestreo. DAENA: International Journal of Good Conscience 6(1):40-71.

Boyás, D. J. C., M. A. Cervantes, J. M. Javelly, M. M. Linares, F. Solares, R. M. Soto, I. Naufal & L. Sandoval. 2001. Diagnóstico Forestal del Estado de Morelos. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Centro de Investigación Regional del Centro-Campo Experimental Zacatepec, Morelos, México. 181 p.

Connell, J.H., 1971. On the role of the natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animals and in rain forest trees. p. 298-310. In: P.J. den Boer y G.R. Gradwell (eds.), Dynamics of populations. Proceeding of the Advanced Study Institute. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningeng.

Cuevas-Figueroa, X. M. 2005. A revision of the genus *Amphipterygium* (Julianiaceae). Ibugana 13:27-47.

Cruz-Ruiz E., Cruz-Ruiz A., Aguilera-Gómez L.I., Norman-Mondragón H.T., Velázquez R.A. Nava-Bernal G., Dendooven L. y Reyes-Reyes B.G. 2012. Efecto en las características edáficas en un bosque templado por el cambio de uso de suelo. Terra Latinamericana 30:189-197

Interian-Ku, V., Valdez, J., García, E., Romero, A., Amparo, M. y Vaquera, H. 2009. Arquitectura y morfometría de dos especies arbóreas en una selva baja caducifolia del sur de Yucatán, México. Boletín de la Sociedad Botánica de México, (85).17-29.

Janzen, D.H. 1970. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. The American Naturalist 104: 501-528.

Luna-Nieves. 2011. Identificación, selección y aprovechamiento de árboles semilleros en áreas de conservación comunitaria en el municipio de Charumuco, Michoacán, México. Tesis de maestría

Macario M., P. A., E. García M., J. R. Aguirre R. y E. Hernández X. 1995. Regeneración natural de especies arbóreas en una selva mediana subperennifolia perturbada por extracción forestal. *Act. Bot. Mex.* 32:11-23

Morisita M. 1959. Measuring the dispersion and the analysis of distribution patterns. *Memoires of the Faculty of Science, Kyushu University, Series E. Biology* 2: 215-235

Ortega-Baranda, V., Valdez-Hernández, J. I., García-Moya, E., & Rodríguez-Trejo, D. A. 2017. Structure and diversity of tree vegetation in three reliefs on the Oaxaca coast. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 23(2): 173-184

Pineda-Herrera, E., Valdez-Hernández, J. I & López-López, M. A. 2012. Fenología de *Schizolobium parahyba* y *Vochysia guatemalensis* en una selva alta perennifolia de Oaxaca, México. *Botanical Sciences*, 90(2): 185-193

Pineda-Herrera, E., Valdez-Hernández, J. I & Pérez-Olvera, C. 2016. Crecimiento en diámetro y fenología de *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC. en Costa Grande, Guerrero, México. *Acta Universitaria*, 26(4), 19-28

Rzedowski, J. 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botánica Mexicana*. 14,3-21

Sánchez-Bernal, E. I., Ortega, B. V., Ortega-Escobar. H. M., González, V. E., Galván, M. J. A & Rodríguez, B. A. 2017. Caracterización y determinación de la vocación, uso y manejo de los suelos del JBPE de la Universidad del Mar

Solares A., F., & Ma. C. Gálvez C. 2002. Manual para una producción sustentable de corteza de cuachalalate (*Amphipterygium adstringens* Schiede ex Schlecht). SAGARPA. INIFAP. Zacatepec Mor., México 19 p.

Solares A. F., J. Jasso-M., J. Vargas-H., M. R. Soto-H. & C. Rodríguez-F. 2006. Capacidad de regeneración en grosor y lateral en corteza de cuachalalate (*Amphipterygium adstringens* Schiede ex Schlecht) en el Estado de Morelos. *Ra Ximhai* 02:481-495.

Solares A. F., J. M. P. Vázquez-A. & M. C. Gálvez-C. 2012. Canales de comercialización de la corteza de cuachalalate (*Amphipterygium adstringens* Schiede ex Schlecht.) en México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 3:29-42

Trejo I. 2004. Clima. En: García-Mendoza, A.J. Ordoñez, M., J. & Briones-Salas, M. Eds. *Biodiversidad de Oaxaca*, pp. 67-85, Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo Oaxaqueño para la conservación de la Naturaleza-WWF, México, D.F

Vílchez, B., R. Chazdon & A. Redondo. 2004. Fenología reproductiva de cinco especies forestales del bosque secundario tropical. *Kurú: Rev. For* 1: 1-10

Zarco-Espinoza, V., Valdéz-Hernández, G. & Castillo-Acosta, O. 2010. Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del parque estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. *Universidad y Ciencia* 26(1):1-17

14

USO DE SENSORES PORTÁTILES COMO ACTIVIDAD PREPONDERANTE EN LA PRODUCCIÓN DE PLANTA DE CALIDAD DE *Pinus hartwegii* AL INTERIOR DE VIVEROS FORESTALES DEL PARQUE NACIONAL NEVADO DE COLIMA

José Villa Castillo

Director Ejecutivo Parque Nacional Volcán Nevado de Colima, Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial, Gobierno de Jalisco. Primero de mayo No. 126 Int. 10, Col. Centro, CP 49000, Cd. Guzmán, Jalisco.

jose.villa@jalisco.gob.mx

1. Introducción.

El parque nacional volcán Nevado de Colima ha dedicado parte de sus esfuerzos al estudio de diversos aspectos de la ecología del bosque alpino de *Pinus hartwegii*. Gracias a estos estudios, y a la tenaz dedicación de las técnicas modernas de la viverística forestal, actualmente disponemos de conocimientos más profundos sobre la producción de esta especie que permite hacer efectivos los proyectos de reconstrucción de bosques para continuar otorgando los servicios ambientales que ellos proveen como la captura de carbono y la fábrica de agua entre otros.

En el presente trabajo se describe la técnica de producción de planta forestal de calidad de *Pinus hartwegii* como actividad preponderante para la prevención de plagas y enfermedades al interior de viveros tecnificados del referido parque nacional bajo el concepto de vivero local, con el sistema de doble trasplante en contenedor voluminoso de 1 y 5 litros de capacidad, guías anti espiral y poda aérea del sistema radicular en el drenaje del contenedor; el uso 100% del sustrato de corteza de pino compostado con porosidad total 70%, porosidad de aireación 25% y agua fácilmente disponible 12%. En el óptimo crecimiento y la prevención de patógenos radiculares destaca el monitoreo de los niveles de nutrición de la planta con el uso de ionómetros portátiles de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio que permite mantener un estado de nutrición y vigor de la planta, el NO^3 debe rondar una concentración de savia foliar de 30-40 ppm. Este sistema de producción produce plantas forestales que sostienen sobrevivencias del 100% e incrementos en biomasa del 250% en un año (Bernaola, P. 2012).

2. Ubicación parque nacional volcán Nevado de Colima.

El parque nacional Volcán Nevado de Colima está localizado en el sureste de Jalisco y norte de Colima. Las coordenadas geográficas que lo encuadran son: 19° 27' 15" y 19° 35' 09" de latitud Norte y 103° 34' 38" y 103° 39' 04" de longitud Oeste.

Se ubica en cuatro municipios de Jalisco: Tuxpan, Zapotitlán de Vadillo, San Gabriel y Zapotlán el Grande y dos de Colima: Cuauhtémoc y Comala, la superficie del parque nacional es de 6,554 hectáreas (Conanp, 2009). El Vivero forestal de alta tecnología “La Joya” está ubicado al interior del parque nacional a una altitud de 3400 msnm en las coordenadas 19°33′0.9.76” de latitud Norte y 103°33′49.81” de latitud Oeste.



Vivero “La Joya” parque nacional Nevado de Colima

3. Volumen del contenedor

El volumen de un contenedor determina el tamaño que podrá alcanzar la planta que crezca en el mismo. La dimensión óptima está relacionada con la especie, el tamaño de planta deseado, la densidad de cultivo, la duración de la estación de crecimiento y el medio de crecimiento que se utilice. Por ejemplo, para producir plantas leñosas grandes para un sitio de plantación con competencia de otra vegetación, un vivero debería utilizar contenedores de gran volumen y producirlas a bajas densidades. De esta manera se obtendrán plantas más altas, con mayores diámetros del cuello, que son las que han demostrado sobrevivir y crecer mejor bajo estas condiciones. En todos los viveros, la limitación al tamaño de los contenedores es económica, porque los costos de producción son una función del número de plantas que pueden producirse por unidad de superficie, en un tiempo dado. Los contenedores más grandes ocupan más espacio y alargan el tiempo necesario para producir un cepellón firme. Por ende, es más costoso producir plantas en contenedores más grandes, y también es más oneroso almacenarlas, enviarlas al sitio de forestación y plantarlas. Los beneficios, sin embargo, pueden contrarrestar los costos si de esa manera se satisfacen mejor los objetivos. (Luna, T. et al. U.S Forest Service, 2012). Al respecto el parque nacional utiliza el

contenedor voluminoso de 5 litros de capacidad fabricados por la empresa Innovaciones industriales y forestales, S.A. de C.V (Figura 1) que cumple los principios descritos para obtener plantas más grandes y mejor nutridas bajo el sistema de doble trasplante con un periodo de tres años de edad en vivero (Bernaola, P. 2012).



Fig. . Contenedor voluminoso de 5 litros

4. Sustrato de corteza de pino compostada.

La calidad de las plantas que se producen en vivero depende, entre otros factores, de la adecuada selección de los sustratos para la preparación de medios de crecimiento. Una mezcla adecuada debe tener propiedades físicas y químicas que permitan la disponibilidad oportuna de los nutrimentos y el agua (Bures, S. 1997). El medio de crecimiento es uno de los factores que influye directamente en la calidad y costo de producción de las plantas en vivero, por ello se deben buscar opciones que reduzcan esos costos y garanticen la calidad de la planta.

La corteza de pino es un residuo del proceso de aserrío y pueden llegar a ser un problema en la industria de la madera, debido a que ocupan mucho espacio en la línea de producción después del aserrío. Este material es más barato (hasta 70% menos) que la turba, vermiculita y agrolita, y también tiene características apropiadas para reducir la actividad de hongos fitopatógenos y mejorar la porosidad (Landis, et al., 1989). La corteza aumenta su capacidad de intercambio catiónico cuando está compostada y mejora las propiedades físicas del sustrato, destaca como atributos principales su porosidad total 70%, porosidad de aireación 25% y agua fácilmente disponible del 12% (Sebastian, A. 2010) éste último valor monitoreado en el vivero con el uso de la micro estación WatchDog con sensores SM 100 de Spectrum Technologies que registra datos del % del volumen de agua disponible para la planta, datos que mediante gráficas se interpreta el correcto comportamiento de la relación agua-sustrato respecto del tiempo y que se puede observar en el ejemplo en la figura 2.

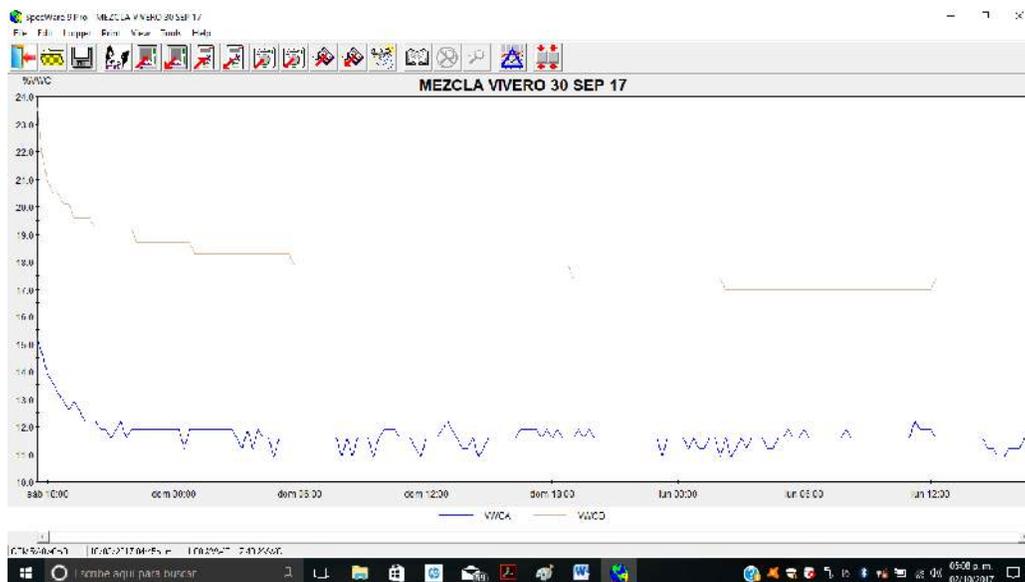


Fig. 2. Gráficas de % de volumen de agua disponible para sustratos de corteza de pino compostada, línea café sustrato empacado y línea azul sustrato sin empacar. (Elaboración propia)

5. Nutrición con fertilizante de liberación controlada.

El fertilizante de liberación controlada es una denominación que alude al fertilizante con capacidad para transferir, de forma regular en el tiempo, los nutrientes minerales hacia el sustrato. Aunque su primera aplicación fue en la producción de ornamentales, la utilización de estos productos en el cultivo de planta forestal se ha hecho relativamente frecuente desde la pasada década en gran medida debido a la aparición de productos en el mercado adaptados a las peculiaridades del cultivo forestal. La duración de liberación de los fertilizantes disponibles en el mercado ha pasado de 3-5 meses a plazos mucho mayores (12 a 24 meses), lo que garantiza el suministro nutriente durante toda la campaña. Asimismo, la aparición de productos granulados de pequeño diámetro permite su incorporación en mezcla con el sustrato para envases pequeños. Los fertilizantes de liberación controlada lenta se clasifican en función del mecanismo de retardo en la transferencia de los nutrientes al sustrato. De todos ellos, los productos recubiertos de polímeros o resinas termosellantes son los que presentan mayor interés en el ámbito que nos ocupa. Además de poseer duraciones elevadas (8-9 meses, 12-14 meses), variables con el tipo y grosor de la cubierta sobre el fertilizante, su principal ventaja es que, para un mismo tipo de cubierta, la liberación del fertilizante no se ve afectada por las características físico-químicas o biológicas del suelo o sustrato ni por contenido en agua. Sólo la temperatura y el tipo de cubierta influyen en la velocidad de liberación. Consecuentemente, los fertilizantes de liberación controlada lenta poseen un ámbito potencial de

aplicación en la producción de planta forestal como una forma de suministro de nutrientes de bajo costo, simple, para viveros poco tecnificados, pero que permite al mismo tiempo un relativo dominio de los aportes realizados a la planta durante el cultivo. (Oliet, J. 1999).

El uso del fertilizante de liberación controlada en el vivero del parque nacional corresponde a la marca Multicote con la fórmula 12-24-12+micro elementos de 8 meses de liberación a una temperatura media de 25°C y con una dosis de aplicación al sustrato de 4gr/lit. Entonces cada contenedor de 5 litros recibe una dosis de 20 gr/lit con lo que se producen plantas de *Pinus hartwegii* más grandes y mejor nutridas.

6. Influencia del estado nutricional.

La fertilización es, después del riego, la práctica cultural que más directamente influye en el desarrollo de las plantas en vivero. El manejo de la fertilización es la principal responsable del estado nutritivo final de la planta. El estado nutricional es un elemento esencial en la calidad de la planta producida en vivero de cara a su establecimiento en condiciones de campo. El estado nutricional afecta básicamente a los procesos fisiológicos de las plantas, como la regulación del crecimiento, el flujo de energía, y la síntesis de las complejas moléculas orgánicas que componen las plantas. Asimismo la fertilización regula el crecimiento y el balance aéreo-radical, en definitiva, la morfología final de la planta (Cortina, J. et al. 2006).

Todos los nutrientes esenciales, por su condición, son imprescindibles para el mantenimiento de las estructuras y de las funciones vitales en la planta. Puesto que los macronutrientes primarios, nitrógeno, fósforo y potasio, constituyen el 75% de la concentración de todos los nutrientes de un tejido vegetal tipo, son los que reciben más atención en la programación de la fertilización en vivero. Los menores requerimientos por parte de la planta de otros macro y micronutrientes, junto con su presencia natural en los sustratos, agua de riego o en la composición de fertilizantes NPK, garantizan en muchos casos niveles suficientes en la planta (Landis, T. 1997).

El nitrógeno es el macroelemento más abundante y mejor relacionado con el crecimiento en vivero, siendo parte constituyente de muchos compuestos vitales en el desarrollo, como la clorofila, los aminoácidos y las proteínas. En particular, este elemento constituye parte fundamental de las enzimas que reducen el carbono en la fotosíntesis. Así, la concentración de nitrógeno en las hojas está relacionada con la capacidad de recuperación de la actividad tras la plantación, a través de una mayor eficiencia fotosintética de las hojas ricas en este elemento,

aspecto de vital importancia cuando el estrés hídrico post-trasplante produce un descenso en la conductancia estomática. Existen numerosas referencias en la bibliografía que ponen de manifiesto un efecto positivo de la concentración de N en hojas sobre la tasa de asimilación en especies como *Pinus taeda* o varias especies del género *Picea* (Cortina, J. et al. 2006).

El N realiza otras funciones en la planta que podrían, al menos en teoría, afectar negativamente al comportamiento de la planta. La absorción de nutrientes por las plantas en contenedor es elevada, ya que las condiciones en el medio de crecimiento, tales como la temperatura, el nivel de humedad y el pH, propician una rápida absorción de iones (Cortina, J. et al. 2006).

La absorción de N es la más susceptible de alcanzar niveles de consumo excesivos durante la fase de crecimiento rápido en vivero, cuando son empleados niveles muy altos de N. En estos casos, los efectos de un exceso de N en planta pueden manifestarse en diferentes ámbitos de la fisiología de la planta. En primer lugar, ciertos atributos fisiológicos relacionados con la tolerancia a diversas formas de estrés se pueden perder o disminuir con un exceso de nitrógeno (Cortina, J. et al. 2006).

En segundo lugar, incrementos de nitrógeno por encima de ciertos niveles conducen a desequilibrios importantes entre parte aérea y radical de la planta en contenedor, debido al superior desarrollo aéreo inducido por el N como tal, pero también porque el crecimiento de las raíces, que también podría verse estimulado ante aportes de este elemento, está limitado por su confinamiento en el envase. Finalmente, existe otra propiedad del N que puede afectar negativamente a la calidad de la planta cuando se incrementa únicamente su aporte y no el de otros nutrientes: dada la fuerte respuesta a este elemento en crecimiento, aportes crecientes pueden provocar fenómenos de dilución de otros elementos minerales provocando desequilibrios nutricionales, así como disminución de carbohidratos de reserva, los cuales pueden resultar fundamentales en el proceso de arraigo (Cortina, J. et al. 2006).

Los síntomas de deficiencia de nitrógeno, incluyen clorosis, especialmente en las hojas inferiores del individuo, y reducción del crecimiento, presentando sus hojas células pequeñas de paredes gruesas (Cortina, J. et al. 2006).

De la Tabla 1 puede deducirse que los valores óptimos de concentración de N en el tejido foliar en especies del género *Pinus* ronda los 20 mg·g⁻¹, lo que coincide también con las conclusiones de Landis (1989) citado por (Cortina, J. et al. 2006).

Tabla 1. Concentraciones de nitrógeno en tejido foliar de diferentes coníferas y efecto sobre la calidad de la planta en varias experiencias (Cortina, J. et al. 2006).

Fuente	Nitrógeno (mg/g)	Especie	Observaciones
Duryea y McClain (1984a)	17-23	General	
Boyer y South (1985)	17-23	Género <i>Pinus</i>	
Ingestad y Kahr (1985)	19-22	<i>Pinus</i>	
Van den Driessche (1987)	20	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	Máxima supervivencia
Timmer y Armstrong (1987)	15-30	<i>Pinus resinosa</i>	
Larsen et al. (1988)	17-23	<i>Pinus taeda</i>	
Hinesley y Wright (1988)	> 15	<i>Pinus strobus</i>	Óptimo desarrollo en vivero
Landis (1989)	13-18	<i>Pinus sylvestris</i>	Menor daño por frío
Green y Mitchell (1992)	20	<i>Pinus taeda</i>	Máxima fotosíntesis
Oliet et al. (1997, 2005a)	≈ 20	<i>Pinus halepensis</i>	Máxima supervivencia
Royo et al. (1997)	13,2	<i>Pinus halepensis</i>	Valores medios de diversos viveros comerciales
Puértolas et al. (2003)	> 20	<i>Pinus halepensis</i>	Máximo crecimiento post-trasplante

7. Uso de sensores portátiles de análisis rápido como herramienta de monitoreo del estado nutricional de cultivos forestales.

Los análisis rápidos se realizaron con los medidores de iones B-743 LAQUAtwin Compact Nitrate Meter, B-731 LAQUAtwin Compact Potassium Ion Meter, B-751 LAQUAtwin Compact Calcium Ion Meter (Fig. 3) y checker colorimeter phosphate de Hanna. Las medidas se llevaron a cabo en muestra de savia de una planta de *Pinus hartwegii* extraída por el método de la prensa de extracción. Los equipos de análisis rápido LAQUAtwin, de pequeño tamaño, permiten la medición de iones de manera rápida en volúmenes de muestra de sólo 0,3 ml, pero requieren, previo a su uso, calibraciones a 150 ppm y 2000 ppm.

No existen medidas oficiales para este método en plantas forestales mexicanas por lo que esta práctica es la primera que se lleva a cabo en México, la cual arrojó los resultados de la tabla 2, no obstante se puede usar de referencia con las distintas experiencias señaladas en la Fig. 1.

Tabla 2. Resultados del usos de sensores portátiles en planta forestal de *Pinus hartwegii*

Niveles de nutrición en savia foliar <i>Pinus hartwegii</i> (ppm)			
NO3-	P	K+	Ca2+
30-40	100-300	1000-2000	50-75



Fig. 3. Medidores de iones B-743 LAQUAtwin Compact Nitrate Ion Meter, B-731 LAQUAtwin Compact Potassium Ion Meter, B-751 LAQUAtwin Compact Calcium Ion Meter

8. Conclusión.

El sistema de cultivo de planta forestal de *Pinus hartwegii* al interior del parque nacional Nevado de Colima permite obtener individuos más grandes y mejor nutridos (Fig. 4) con altos porcentajes de supervivencia en campo, de lo anterior destaca la técnica de análisis rápido LAQUAtwin para NO_3^- , K^+ , Ca^{2+} que puede ser una herramienta útil para el seguimiento y control de la nutrición en cultivos forestales como un factor preponderante en la salud de la planta para la prevención de plagas y enfermedades, sistema que representa una innovación tecnológica para la mejora continua de los viveros forestales mexicanos.



Fig. 4. Planta de *Pinus hartwegii* de tres años de edad en contenedor voluminoso de 5 litros de capacidad

9. Referencias.

- Bernaola, P. (2012). Evaluación del sistema de doble trasplante de *Pinus hartwegii* para la restauración de suelos en el parque nacional volcán Nevado de Colima. Trabajo de grado para optar por el título de maestro en ciencias de productos forestales. Centro universitario de ciencias exactas e ingeniería. Universidad de Guadalajara. 99 pp.
- Bures, S. (1997). Sustratos. Ediciones Agrotécnicas. Barcelona, España. 342 pp.
- Conanp. (2009). Programa de conservación y manejo. Parque nacional volcán Nevado de Colima. 193 pp.
- Cortina, J. Peñuelas, J.L. Puértolas, J. Savé. R y Vilagrosa, A. (2006). Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes mediterráneos, Ministerio de Medio Ambiente. Madrid, España. 191 pp.
- Landis, T. D. (1989). Mineral nutrients and fertilization. En: Landis, T. D.; Tinus, R. W.; McDonald, S. E.; Barnett, J. P. (Eds.): The container Tree Nursery Manual, Vol 4. Agriculture Handbook 674. Forest Service. U.S. Dep. of Agric. pp. 1-7.
- Landis, T. D. (1997). Monitoring seedling nutrition in bareroot and container nurseries. En: Haase, D. L.; Rose, R. (Eds.). Forest seedling nutrition from the nursery to the field. Symposium Proceedings. NTC. Oregon State University: 69-83.
- Luna, T. Landis, T. Dumroese, K. Contenedores: Aspectos técnicos, biológicos y económicos (2012). U.S. Forest Service. Publication Series.
- Oliet, J. Segura, M. L. Martín, F. Blanco, E. Serrada R. López Arias, M. y Artero, F. (1999). Los fertilizantes de liberación controlada aplicados a la producción de planta forestal de vivero. Efecto de dosis y formulaciones sobre la calidad de *Pinus halepensis* Mill. Investigación Agraria: Sistemas y Forestales 8: 207-228.
- Sebastián, A. (2010). Evaluación de las propiedades físicas, fisicoquímicas y de fitotoxicidad de compost comerciales para su uso en la formulación de sustratos de cultivo. Escuela superior de agricultura, Ingeniería Técnica Agrícola. Barcelona, España. 126 pp.

15

Reservas de carbono en ecosistemas alto-andinos en el Santuario de Fauna y Flora de Iguaque, Colombia

Hernán J. Andrade^{1*}, Milena A. Segura², Erika Sierra³, Diana S. Canal⁴, Luis Miguel Acuña⁵, Juan Camilo Arredondo⁵, Camilo Rico⁵, Sara Palacino⁵

¹ Docente, Universidad del Tolima, Facultad de Ingeniería Agronómica. Grupo de Investigación PROECUT. hjandrade@ut.edu.co

² Docente, Universidad del Tolima, Facultad de Ingeniería Forestal. Grupo de Investigación PROECUT. masegura@ut.edu.co

³ Estudiante de Maestría, Facultad de Ingeniería Forestal. Universidad del Tolima. Grupo de Investigación PROECUT. esierrar@ut.edu.co

⁴ Asistente de Investigación, Facultad de Ingeniería Agronómica. Universidad del Tolima. Grupo de Investigación PROECUT. dscanal@ut.edu.co

⁵ Facultad de Ingeniería Forestal, Universidad del Tolima. Grupo de Investigación PROECUT. lmacunas@ut.edu.co, jcarredondoo@ut.edu.co, lmacunas@ut.edu.co, camilo_rico84@hotmail.com, palacinosara@gmail.com

Resumen

Los ecosistemas alto-andinos son grandes sumideros de carbono (C), principalmente en el suelo. El objetivo de este estudio fue estimar el C en los usos del suelo (US) más dominantes (herbazal denso de tierra firme no arbolado -H-, arbustal abierto -AA-, arbustal denso -AD-, bosque denso alto tierra firme -B) del Santuario de Fauna y Flora de Iguaque (SFFI), Boyacá, Colombia. Se estableció una parcela temporal de muestreo de 10x25 m² en AA, AD y B y de 6x6 m² en H por repetición (n = 9, 5, 18 y 17, respectivamente), y se midió el diámetro a la altura del pecho (dap) y la altura total de todos los árboles con dap ≥ 10 cm y la altura total y del estípite de *Espeletia* spp. Se estimó la biomasa arriba y abajo del suelo con modelos alométricos. El carbono orgánico del suelo (COS) se estimó a una profundidad de 0-30 cm. Los mayores contenidos de C fueron encontrados en los B, superando a los demás US (59,0 Mg/ha). Los arbustales con diferente densidad arbórea presentaron similitudes en el C en biomasa total (28,7 vs 25,3 para los densos y abiertos, respectivamente). Los H, dominados por *Espeletia* spp., presentaron el menor C (5,3 Mg/ha). El almacenamiento de COS fue similar entre los sistemas de uso de la tierra (83 - 139 Mg/ha), causado principalmente por una alta variabilidad espacial. Los resultados muestran un alto stock de C en estos ecosistemas, y la relevancia del COS, lo que muestra lo primordial que resulta conservar estos ecosistemas para remover GEI de la atmósfera.

Palabras clave: arbustal, bosque, herbazal.

Introducción

El almacenamiento de carbono en ecosistemas alto-andinos, incluyendo los páramos, juega un papel importante en el balance global de este elemento (IPCC, 2007). El uso del suelo es un componente esencial en la mitigación del cambio climático, pues éste es el mayor sumidero de carbono en ecosistemas terrestres (FAO, 2002). El cambio en el uso del suelo causa emisiones netas de GEI (IPCC, 2013). La deforestación es responsable del 36 y 17% de las emisiones antropogénicas de CO₂ a la atmósfera en el país y en el mundo (IDEAM et al., 2016; IPCC, 2007).

Una de las estrategias para la mitigación del cambio climático es la captura de carbono, tal como el encontrado en el suelo (COS), principalmente en sistemas de uso de la tierra con componentes forestales (Alvarado et al., 2013). El objetivo del presente estudio fue estimar el C en los usos del suelo más dominantes (herbazal denso de tierra firme no arbolado -H-, arbustal abierto -AA-, arbustal denso -AD-, bosque denso alto tierra firme -B) del Santuario de Fauna y Flora de Iguaque (SFFI), Boyacá, Colombia. Los resultados son determinantes para entender el potencial de estos ecosistemas para retener carbono y por tanto, la importancia de promover su conservación para remover GEI de la atmósfera.

Materiales y métodos

El sitio de estudio se adelantó en el Santuario de Flora y Fauna Iguaque (SFFI) sobre la cordillera Oriental, en sectores de los municipios de Villa de Leyva, Arcabuco, Chíquiza y Sáchica, en el departamento de Boyacá. El área cuenta con 6750 ha, en donde hay presencia de bosques andinos y de páramo. Se estimó la biomasa y el carbono total de los US más dominantes (herbazal denso de tierra firme no arbolado -H-, arbustal abierto -AA-, arbustal denso -AD-, bosque denso alto tierra firme -B), los cuales fueron definidos empleando la metodología de CORINE Land Cover adaptada para Colombia para el periodo 2010 y 2012.

Se registró información de 49 parcelas temporales de muestreo (PTM) distribuidas proporcionalmente en cada tipo de cobertura. Un total de 32 parcelas de 250 m² (10 x 25 m) fueron establecidas para muestrear todos los individuos con diámetro a la altura del pecho (dap) ≥ 10,0 cm en AA, AD y B y 17 parcelas de 36 m² (6 x 6 m) para evaluar la altura total y altura de estípites de todos los frailejones en los H. La biomasa aérea se estimó mediante modelos alométricos genéricos y locales; mientras que la biomasa abajo de suelo se estimó con el uso de un modelo general de Cairns et al. (1997), el cual es recomendado por el IPCC (2003). El carbono se calculó empleando la fracción de 0,5 de la biomasa total. La estimación de COS se realizó a una profundidad de 0-30 cm, empleando la metodología recomendada por Andrade e Ibrahim (2003), la cual usa la

densidad aparente, la concentración del COS, la profundidad de la capa de suelo y la proporción de fragmentos gruesos.

Resultados

Los mayores contenidos de C fueron encontrados en los B, superando a los demás US (59,0 Mg/ha). Los arbustales con diferente densidad arbórea presentaron similitudes en el C en biomasa total (28,7 vs 25,3 para los densos y abiertos, respectivamente). Los H, dominados por *Espeletia* spp., presentaron el menor C (5,3 Mg/ha) entre los ecosistemas evaluados. El almacenamiento de COS fue similar entre los sistemas de uso de la tierra (83 - 139 Mg/ha), causado principalmente por una alta variabilidad espacial. No se encontró ninguna diferencia significativa ($P > 0,05$) en el almacenamiento de COS en los primeros 30 cm entre coberturas (Figura 1).

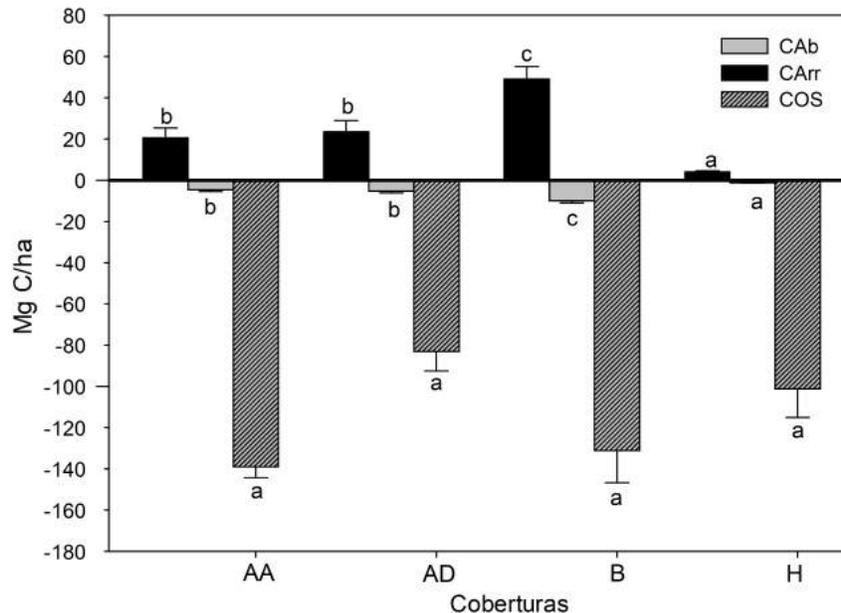


Figura 1. Almacenamiento de C en los usos del suelo (US) más dominantes (herbazal denso de tierra firme no arbolado -H-, arbustal abierto -AA-, arbustal denso -AD-, bosque denso alto tierra firme -B) del Santuario de Fauna y Flora de Iguaque (SFFI), Boyacá, Colombia. CAb: carbono en biomasa abajo del suelo; CArr: carbono en biomasa arriba del suelo; COS: carbono orgánico del suelo a 0-30 cm de profundidad. Las barras de error corresponden al error estándar de la media. Letras diferentes indican diferencias estadísticas entre tipos de coberturas ($P < 0,05$).

Discusión

Los contenidos de C en AA, AD y B (25,3; 28,7 y 59 Mg/ha), se encuentran dentro de lo reportado por Castañeda y Montes (2017) para el páramo andino (13,21 y 183 Mg C/ha) y cercanos a los hallazgos de Segura et al. (en prep.) para bosques nativos del Páramo de Anaime (32,2 y 144,9 Mg/ha). Sin embargo, son muy bajos respecto a los reportes de Yepes et al. (2015) para los bosques tropicales de montaña colombianos (entre 224,0 y 264,2 Mg C/ha) y los estimados de Andrade et al. (en prep.) para bosques de roble de Santa Isabel (227,9 Mg C/ha).

La concentración de COS en las coberturas evaluadas (83 – 139 Mg/ha) fue superior a la reportada por Botero (2003) almacenado en pastizales tropicales (16 y 48 Mg/ha) la cual se ha estimado a la misma profundidad estudiada. Se debe resaltar el alto potencial de almacenamiento de carbono encontrado en los suelos de esta zona andina. Se estima que en ecosistemas forestales aproximadamente 50% del C se encuentra en los primeros 40 cm del suelo (John et al., 2005). Los cuatro usos de la tierra evaluados no presentaron diferencias significativas en sus contenidos de COS en los primeros 30 cm de suelo.

Conclusiones

Los sistemas boscosos arrojaron un alto contenido de carbono orgánico del suelo. El carbono total almacenado en los US osciló entre 83,0 y 134,0 Mg/ha. El sistema que menor carbono almacena fue el AD, mientras que el AA fue el que almacenó mayores cantidades de carbono orgánico en el suelo.

Estos ecosistemas presentan una gran importancia para la conservación, ya que almacenan grandes cantidades de COS, que en caso de cambios de uso del suelo podría ser liberado a la atmósfera.

Agradecimientos

Los autores desean expresar su gratitud al Comité de Investigaciones de la Universidad del Tolima (Ibagué, Colombia) por financiar el proyecto “Caracterización florística y almacenamiento de carbono en bosques nativos en el Santuario de Fauna y Flora de Iguaque, Boyacá, Colombia.”, código 380120516 del Grupo de Investigación “Producción Ecoamigable de Cultivos Tropicales (PROECUT)”. A Parques Nacionales y al Santuario de Fauna y Flora de Iguaque y su personal.

Referencias

- Alvarado, J., Andrade, H.J., Segura, M. 2013. Almacenamiento de carbono orgánico en suelos en sistemas de producción de café (*Coffea arabica* L.) en el municipio del Líbano, Tolima, Colombia. Col. For. 16:21-31.
- Botero, J. 2003. Contribución de los sistemas ganaderos tropicales al secuestro de carbono. Agroforestería Para La Producción Animal en América Latina–II. Memorias de la Segunda Conferencia Electrónica (Agosto de 2000-Marzo de 2001). FAO. 92p.
- Cairns, M., Brown, S., Helmer, E., Baumgardner, G. (1997). Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecología*, 111 (1), 1-11.
- Castañeda, A., Montes, C. 2017. Carbono almacenado en páramo andino. *Entramado*, 13(1): 210–221. <http://dx.doi.org/10.18041/entramado.2017v13n1.25112>
- FAO. 2002. Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. FAO, Roma, ITA.
- IDEAM, PNUD, MADS, DNP y CANCELLERÍA. 2016. Inventario Nacional y Departamental de Gases Efecto Invernadero-Colombia
- IPCC. 2013. Cambio climático 2013: bases físicas. Contribución del grupo de trabajo I al quinto informe de evaluación del grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático. IPCC, Ginebra, SUI.
- IPCC. 2007 Cambio climático 2007 informe de síntesis, Ginebra, Suiza. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf.
- John, B., Yamashita, T., Ludwig, B., Flessa, H. 2005. Storage of organic carbon in aggregate and density fractions of silty soils under different types of land use. *Geoderma*, 28, 63–79. doi: 10.1016/j.geoderma.2004.12.013
- Yepes, A., Herrera, J., Phillips, J., Cabrera, E., Galindo, G., Granados, E., et al. 2015. Contribución de los bosques tropicales de montaña en el almacenamiento de carbono en Colombia. *Rev Biol Trop* 63(1): 69–82. <https://doi.org/10.15517/rbt.v63i1.14679>

16

Joel Martínez López, Dr.¹, Alejandro Cruz Hernández¹, Lizbeth Luna Bautista, M. en C.¹, Nancy Gabriela Molina Luna, Dra.²

Diversidad de plantas como recursos forestales no maderables en la Sierra Juárez de Oaxaca, México.

¹Instituto de Estudios Ambientales, Universidad de la Sierra Juárez. Avenida Universidad S/N, Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México C.P. 68725. Correo electrónico: mjoel@unsij.edu.mx. ²Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca.

Introducción

La amplia biodiversidad del estado de Oaxaca es causada por distintas características, como lo es la posición geográfica, su variada geología, fisiografía, suelos y climas, (Nambo, 2015). Dentro de la biodiversidad existen especies que son consideradas como recursos forestales no maderables los cuales entre los diversos ecosistemas han sido poco representados e incluidos tanto en los registros estadísticos, como en las estrategias y programas nacionales de gobierno, pese a que son históricamente importantes en el medio de vida rural y en las economías desde nivel local, nacional (SCDB, 2009) e internacional. Esta biodiversidad de plantas es localizada en comunidades forestales, quienes han adoptado diferentes actividades para el uso de los recursos, con la finalidad de cubrir sus necesidades (Pérez, 2015), debido a que constituyen una fuente importante de empleo e ingresos para la vida y desarrollo de las poblaciones campesinas e indígenas asentadas en los bosques de México y de otros países de mundo. Los recursos forestales no maderables colectados para el consumo de subsistencia de las familias más pobres del medio rural constituyen medios de vida locales que contribuyen al alivio de la pobreza. Por ello, pueden ser considerados como una opción real para alcanzar un equilibrio entre los objetivos de conservación del bosque y de desarrollo de las comunidades rurales (León *et al.*, 2017).

En la Sierra Juárez de Oaxaca, el aprovechamiento de recursos forestales, es el detonante de desarrollo forestal, por lo que debe ejecutarse con las mejores técnicas para la conservación de los mismos. Sin embargo, al llevarse a cabo estas actividades, se generan disturbios en la composición original de la masa, aunque no siempre es negativo; en esta sucesión ecológica, algunas especies tienen mayor desarrollo temporal en el sotobosque debido al espacio y entrada de luz generada por la eliminación de la cubierta vegetal (Toris *et al.*, 2012). Esto puede evaluarse mediante los índices de diversidad alfa los cuales permite identificar aquellas especies que por su escasa representatividad en la comunidad vegetal son más sensibles a las perturbaciones ambientales (Moreno, 2001).

Para detectar los cambios en la vegetación después del aprovechamiento forestal, se realizó este trabajo, el cual tuvo como objetivo determinar la diversidad de las plantas consideradas como recursos forestales no maderables, dentro de las áreas con y sin aprovechamiento forestal en la comunidad de la Trinidad, Santiago Xiacuí, Distrito de Ixtlán, Oaxaca.

Metodología

La investigación se llevó a cabo en la comunidad de La Trinidad, la cual pertenece al municipio Santiago Xiacuí, Ixtlán, Oaxaca. Las áreas de aprovechamiento fueron ubicadas en los mapas de su programa de manejo forestal de la comunidad; dando prioridad a las anualidades 2016 y 2015, debido a que después de este tiempo el dosel de los pinos empieza a ser más densa evitando la entrada de luz y, por consecuencia, el desarrollo de la vegetación del sotobosque.

Para la investigación de campo, se replicaron los tamaños de sitio para evaluar regeneración de pino propuesta por Romanh y Ramírez (2010); debido a que aún no existen metodologías para la evaluación de recursos forestales no maderables, por lo que las parcelas de muestreo fueron de forma circular de 100 m². Las parcelas de muestreo se distribuyeron de forma aleatoria en las áreas de estudio haciendo uso del programa ArcGIS 10.3 y con la herramienta Create Fishnet se insertó en cada mapa una malla de puntos con equidistancia entre puntos de 11.28 m, que corresponde al doble del radio de los círculos que se emplearán (Romanh y Ramírez, 2010). La determinación del tamaño de muestra fue mediante la curva de acumulación (Vite, 2010).

Dado que la diversidad de especies se refiere a la composición de una comunidad biológica, ésta se evaluó contabilizando el número de individuos por especie, así como el número de especies presentes en las parcelas de muestreo, tanto en las áreas aprovechadas como en las áreas no aprovechadas para su comparación estadística, además, se colectaron muestras botánicas para llevar a cabo su identificación. Se registraron los usos que se le dan a las plantas en la comunidad de estudio, para esto se empleó la clasificación siguiente: medicinales, comestibles, ornamentales, forrajeras (Cárdenas *et al.*, 2002), rituales, artesanales, utensilios, empleadas como combustible, saponíferas y otros usos (Martínez, 2016).

Para conocer si existe diversidad de especies se utilizó el Índice de Margalef, de Simpson, de Shannon-Wiener y de Fisher. El Índice de Margalef, mide la abundancia de especies presentes en un área determinada, para lo cual realiza una transformación del número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra (Moreno, 2001). El Índice de Simpson, indica la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie y está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes (Moreno, 2001). El Índice de Shannon-Wiener mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Moreno, 2001). El índice alfa de Fisher valúa eficazmente la diversidad en función del número de individuos y del número de especies (Luna *et al.*, 2015).

Para comparar el número de especies registradas en las áreas intervenidas y las áreas no intervenidas, se empleó un diseño completamente aleatorizado (DCA) con tres tratamientos y diferente número de repeticiones, donde los dos primeros tratamientos corresponderán a cada una de las dos anualidades de estudio (2015 y 2016) y el último tratamiento corresponde a los datos del área sin aprovechar. Para conocer el efecto de los tratamientos, se realizó un análisis de varianza considerando igualdad de medias como hipótesis nula, a un nivel de confiabilidad del 95%. En caso de existir evidencias de que al menos un tratamiento es diferente, se hará una comparación de medias de tratamientos empleando la prueba de Tukey a un nivel de significancia del 5% (Gutiérrez y Vara, 2008). La calidad de ajuste del modelo estadístico para analizar su

precisión será juzgada considerando el coeficiente de determinación normal (R^2), coeficiente de variación (CV) y raíz del cuadrado medio del error (RCME) (Box *et al.*, 2008; Gutiérrez y Vara, 2008).

Resultados

En las áreas de estudio, se identificaron 64 especies de plantas consideradas como recursos forestales no maderables, así mismo, se registraron los nombres locales de acuerdo a personas consultadas, los nombres científicos, y usos reportados por personas locales (Tabla 1).

En el análisis de la biodiversidad, el índice de Margalef en la anualidad 2015 tuvo un valor de 5.206 el cual representa una riqueza alta, al igual que para la anualidad 2016 con un valor de 4.855, en contraste, el área testigo con valor de 4.505 representa una riqueza alta pero que en comparación con las áreas aprovechadas es de menor riqueza.

En lo que respecta a la abundancia, en la anualidad 2015 se obtuvieron valores para Simpson de 0.061 y Shannon de 3.146, y en la anualidad 2016 se obtuvieron valores de 0.0633 para Simpson y de Shannon de 3.053. Para el área testigo se obtuvieron valores de Simpson 0.121 y Shannon de 2.513, lo cual representa una abundancia menor a las anualidades aprovechadas. Para el índice de Fisher, en la anualidad 2015 se obtuvo valor de 6.694, en la anualidad 2016 un valor de 6.316, lo que indica una alta diversidad en ambos y para el área testigo se obtuvo un valor de 6.257 el cual en comparación a las anualidades aprovechadas es de menor diversidad.

En el análisis de varianza, se obtuvieron valores de p menores a 0.05, lo que indica que existen diferencias entre los tratamientos, con un coeficiente de determinación de 70%, así como coeficiente de variación de 5% y raíz del cuadrado medio del error de 0.81. En la prueba de medias de tratamientos de Tukey, se obtuvo que las anualidades 2015 y 2016 son estadísticamente iguales pero superiores al sitio testigo, con valores de medias de 16.15, 15.56 y 13.60 respectivamente.

Los resultados indican que los recursos forestales no maderables, específicamente plantas, se establecen favorablemente en los claros que se abren posterior al aprovechamiento maderable, mismos que son desplazados conforme la copa de los árboles van creciendo y ocupando dichas áreas.

Tabla1. Nombres comunes, nombres científicos y usos de los recursos forestales no maderables, en la localidad de La Trinidad, Ixtlán, Oaxaca.

Nombre común	Nombre científico	Uso	
Aguacate montes	<i>Clethra mexicana</i> DC.	combustible	utensilio
Aguacatillo	<i>Persea liebmannii</i> Mez.	combustible	utensilio
Aguil	<i>Trichilia pallida</i>	combustible	utensilio
Aile	<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	utensilio	
Amor seco	Sin identificar	medicinal	
Aretillo	Sin identificar	ornamental	
Bejuco	Sin identificar	saporífera	
Berlanchina morada	Sin identificar	forrajero	
Berlanchina verde	Sin identificar	comestible	

Borraja	<i>Borago officinalis</i> L.	medicinal	comestible
Bretonica	<i>Lepechinia caulescens</i>	medicinal	
Bromelia 1	Sin identificar	ornamental	
Bromelia 2	Sin identificar	ornamental	
Bromelia 3	Sin identificar	ornamental	
Bromelia 4	Sin identificar	ornamental	
Bromelia 5	Sin identificar	ornamental	
Café montes	<i>Desmodium jaliscanum</i> Watson	combustible	utensilio
Cardosanto	Sin identificar	ritual	
Cereza o capulín	<i>Prunus virginiana</i> L.	comestible	combustible
Chamizo	<i>Baccharis heterophylla</i> Kunth	utensilio	combustible
Chamizo de cuaresma	<i>Barkleyanthus salicifolius</i> (Kunth) H. Rob. & Brettell	medicinal	utensilio
Chilito	Sin identificar	forrajero	
Cuatomatito	<i>Solanum nigrescens</i> M. Martens & Galeotti	medicinal	
Culantrillo	Sin identificar	comestible	
Dalia montes	Sin identificar	ornamental	
Disciplina	Sin identificar	ornamental	
Encino hoja delgada	<i>Quercus laurina</i> Humb. & Bonpl.	medicinal	combustible
Encino hoja gruesa	<i>Quercus crassifolia</i> Humb. & Bonpl.	medicinal	combustible
Encino roble	<i>Quercus salicifolia</i> Née	medicinal	combustible
Endibia	<i>Sonchus oleraceus</i> (L.) L	medicinal	
Estrellita	Sin identificar	forrajero	
Flor de niño	Sin identificar	ornamental	
Flor de pajarito	Sin identificar	forrajero	
Fresa silvestre	<i>Fragaria mexicana</i>	comestible	
Fresno	<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh.	utensilio	ornato
Gladiola	Sin identificar	ornamental	
Gordolobo amarillo	<i>Gnaphalium viscosum</i> Kunth	medicinal	
Gordolobo blanco	<i>Gamochaeta pensylvanica</i>	medicinal	
Helecho	Sin identificar	ornamental	
Hierva mora	Sin identificar	comestible	medicinal
Hoja de Ángel	<i>Ageratina petiolaris</i> (Moc. & Sessé ex DC.) R.M. King & H. Rob.	medicinal	
Hoja de cuerda	Sin identificar	medicinal	
Laurel	<i>Litsea glaucescens</i> Kunth.	comestible	
Lengua de cierva	Sin identificar	medicinal	
Lengua de perro	<i>Rumex crispus</i> L.	comestible	
Lengua de vaca	Sin identificar	comestible	

Lupinus	<i>Lupinus sp.</i>	ornamental	
Madroño	<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth.	utensilio	combustible
Mano de león	<i>Oreopanax xalapensis</i> (Kunth) Decne & Planch.	ornamental	
Naranjillo	<i>Myrsibe juergensenir</i> (Mez) Lunedell	combustible	utensilio
Orquidea abejita	Sin identificar	ornamental	
Orquidea anaranjada	Sin identificar	ornamental	
Palo amarillo	<i>Symplocos limoncillo</i> Bonpl.	combustible	
Palo blanco	<i>Symplocos coccinea</i> Bonpl.	combustible	
Palo pajarito	<i>Cleyera integrifolia</i> (Beth.) Choisy	combustible	utensilio
Pasto para ganado	Sin identificar	forrajero	
Popotito	Sin identificar	artesanal	
Sauco	<i>Sambucus mexicana</i> Presl	ornamental	
Tila	<i>Ternstroemia lineata</i> subsp. lineata	medicinal	
Tochinche	<i>Solanum nigrum</i>	medicinal	
Velo de novia	Sin identificar	forrajero	ornamental
Zarzamora	<i>Rubus adenotrichus</i> Schltld	comestible	
Zarzaparrilla	<i>Rubus sp.</i>	comestible	

Conclusiones

Los resultados obtenidos muestran que en las áreas donde se realizó el aprovechamiento maderable, existe mayor número de plantas silvestres útiles, así como el número de individuos por especie en comparación con las áreas no aprovechadas, lo cual muestra que la extracción maderable favorece al establecimiento de las especies.

Bibliografía

- Box G. E., Hunter J. S. y Hunter W. G. 2008. Estadística para Investigadores. Diseño, innovación y descubrimiento. Editorial Reverté S. A. España. 639 p.
- Cárdenas L. D., Marín C. C., Suárez S. S., Guerrero C. y Nofuya P. 2002. Plantas útiles en dos comunidades del departamento del Putumayo. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas – Sinchi. Bogotá, Colombia. 148 p
- CBCTIO, Comisariado de Bienes Comunales de la Trinidad Ixtlán, Oaxaca, 2014. Programa de Manejo Forestal Maderable Nivel Avanzado de la Trinidad Ixtlán, Oaxaca. Oaxaca, México. 199 pp.
- SCDB, Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. 2009. Gestión forestal sostenible, biodiversidad y medios de vida: guía de buenas prácticas. Montreal, Canadá. 47 P.
- Gutiérrez P. H. y Vara S. R. 2008. Análisis y diseño de experimentos. McGraw-Hill Interamericana. México. 545 p.
- León M. A., Rivera P., Hernández J. M., Sangerman J. D., Jiménez S. L., & Valtierra-P. E. 2017. Aprovechamiento de productos forestales no maderables en la

comunidad Pensamiento Liberal Mexicano, Oaxaca. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 27-3740 Pp

- Luna B. L.; Hernández P.; Velázquez M. A.; Gómez G. A. & Acosta M. M. 2015. Understory in the composition and diversity of managed forest areas in Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 21(1), 109–121 Pp.
- Martínez L. J. 2016. Etnobotánica De Recursos Forestales No Maderables En Dos Comunidades Zapotecas De La Sierra Juárez De Oaxaca. Tesis Doctoral. Instituto Tecnológico De Oaxaca. 348 P.
- Moreno C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 p.
- Nambo C. A. A. 2015. Etnobotánica de Santiago Huauclilla, Oaxaca y evaluación farmacológica de Zinnia peruviana. Universidad Nacional Autónoma de México. 120 P.
- Pérez M. L. 2015. Evaluación de la regeneración natural del género Pinus en áreas de aprovechamiento forestal en Santa María Jaltianguis, Oaxaca, México. Tesis Profesional. Universidad de la Sierra Juárez. Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México. 87 p.
- Romanh V. C. y Ramírez M. H. 2010. Dendrometría. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México. México. 292 p.
- Toris J; Maldonado B & Martínez G. C. 2012. Efecto de la perturbación en la comunidad de herbáceas nativas y ruderales de una selva estacional mexicana. Cuernavaca, Morelos. Botanical Sciences. 469-480 Pp.
- Vite S. V. D, Ramírez B. A. & Hernández S. U. 2010. Diversidad de anfibios y reptiles de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México. Revista mexicana de biodiversidad. 473-485 Pp.

17

Miguel Angel Dossman Gil, M. en Desarrollo Rural; Angela María Arango Arango, M en Ecotecnología; Juliana Muñoz López, M. en Ciencias Ambientales; Liliana Bueno López, M. en Ecotecnología; Juan Carlos Camargo García PhD. en Ciencias Forestales; Juan Martín Maya, Administrador Ambiental

Servicios ecosistémicos y vulnerabilidad climática: Estrategias para la adaptación al cambio climático de sistemas productivos de café

Grupo de Investigación en Gestión de Agroecosistemas Tropicales Andinos, Universidad Tecnológica de Pereira
Pereira, Risaralda. Colombia

Durante los últimos años se han venido presentando cambios en las funciones que prestan los ecosistemas, disminuyendo la capacidad para proveer servicios ecosistémicos; estos cambios obedecen a diferentes razones: por una parte el incremento poblacional, las demandas por alimentos, agua, fibras, maderas y energías y las formas inadecuadas de manejo. Estas demandas generan cambios de uso del suelo e intensificación de los sistemas productivos, afectando la biodiversidad y los hábitats naturales y en consecuencia alterando la prestación de servicios ecosistémicos y aumentando la vulnerabilidad de los sistemas de producción cafetera a la variabilidad y cambio climático. No obstante se están consolidando procesos de conservación que contribuyen a la restauración de los ecosistemas y a la generación de estrategias locales de adaptación al cambio climático, especialmente en áreas de conservación que se constituyen en importantes zonas para la provisión de agua indispensables tanto para los acueductos rurales y urbanos como para la provisión de servicios ecosistémicos fundamentales para el desarrollo de las actividades productivas como la caficultura.

Para el caso concreto de este trabajo, existe un área de conservación conexas a sistemas socioecológicos para la producción de café, producto fundamental para la economía de Colombia, cuyas formas de manejo han sido un factor más de afectación para la provisión de servicios ecosistémicos que soportan la sustentabilidad de estos sistemas de producción, generando una degradación ambiental que obedece a la simplificación de estos agroecosistemas.

En coherencia con lo anterior, desde el año 2017 se viene desarrollando el proyecto titulado “*Servicios Ecosistémicos, adaptación al cambio climático y planificación del territorio: Estrategias para el manejo de sistema socioecológicos en la zona cafetera de Colombia*”, el cual fue elegido en una convocatoria nacional realizada por el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación-Colciencias dentro de la línea de “*Resiliencia y adaptación de los sistemas socioecológicos a la variabilidad climática*”.

El proyecto mencionado además se está realizando en conjunto entre la Asociación de productores de Café de Alta Calidad Cuchilla de San Juan que agremia agricultores, cuyo renglón principal es la producción de café; y el Grupo de Investigación Gestión de Agroecosistemas Tropicales Andinos-GATA de la Universidad Tecnológica de Pereira.

Metodología

Teniendo en cuenta el contexto anterior, vale la pena mencionar que la investigación se desarrolla en el municipio de Belén de Umbría, departamento de Risaralda, localizado en el centro occidente de Colombia (Figura 1). En dicho municipio fueron seleccionadas quince (15) fincas como unidades de análisis, clasificadas en tres ventanas con características específicas y además, fueron seleccionadas dos unidades de análisis en el área protegida, con el fin de servir de referente o control para la evaluación de los servicios ecosistémicos en comparación con los sistemas de producción de café.

Es importante mencionar que las fincas cafeteras incluidas dentro de la Asociación “Cuchilla de San Juan” se encuentran distribuidos en diferentes veredas a distintos rangos altitudinales que van de los 1400 a 2000 m.s.n.m y con prácticas de manejo diferentes que configuran patrones de paisaje diversos en los cuales la provisión de servicios ecosistémicos es notoria; para la selección de fincas se aplicaron encuestas de caracterización de los sistemas productivos, en las cuales se recopiló información sobre el manejo y uso de los cultivos, así como las características socioeconómicas de los productores. Con esta información se determinaron criterios de altura sobre el nivel del mar, teniendo en cuenta tres rangos: Ventana 1: fincas en rangos de altura mayores a 1800 m.s.n.m., Ventana 2: fincas con rangos entre 1400 a 1800 m.s.n.m. y Ventana 3: fincas ubicadas en alturas menores a 1400 m.s.n.m.

Posteriormente se determinó la variable de clasificación de tamaño del productor, tamaño del predio (microfundio, pequeña, mediana y gran propiedad), tamaño del sistema de producción de café (pequeño, mediano y grande), tipo de productor (empresarial o familiar); esto teniendo en cuenta lo que determinó el Departamento Nacional de Planeación de Colombia (DNP), sobre la Unidad Agrícola Familiar - UAF y documentación bibliográfica (Apollin, 1999; Dufumier, 1985; Escobar, 1990; Forero, 2002, 2013; Chiesura, 2002); lo anterior con el fin de evidenciar características similares de las unidades productivas, en cuyos casos se están determinando servicios ecosistémicos prestados por el suelo así como la vulnerabilidad y la capacidad de adaptación a la variabilidad y cambio climático.

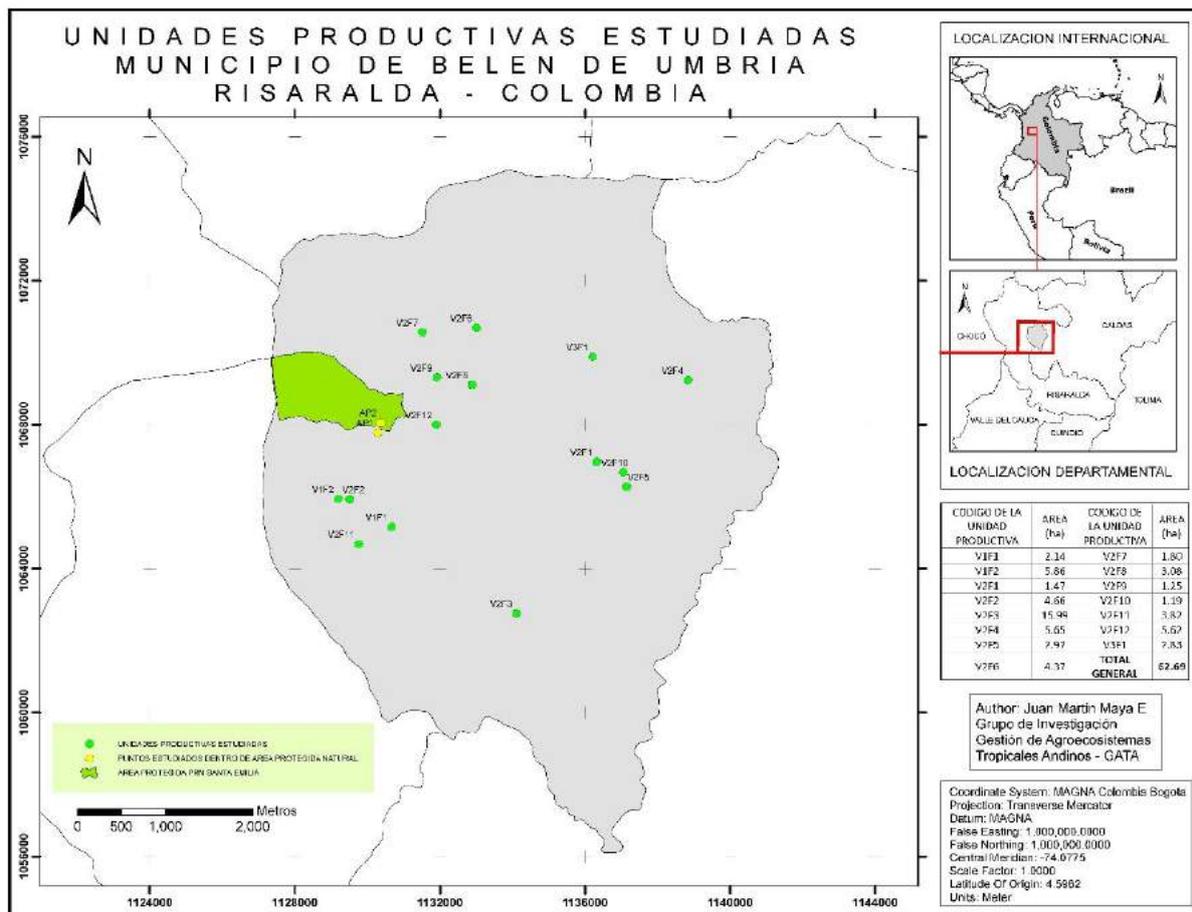


Figura 1

La valoración de los servicios ambientales prestados por el suelo mostraron que en la medida que se simplifiquen los agroecosistemas de café los servicios ecosistémicos hacen menos eficiente y se constituyen en elementos generadores de cambios; estos resultados reflejan una relación directa con la vulnerabilidad climática en la medida en que entre mejores condiciones de servicios ecosistémicos, menor será la vulnerabilidad climática.

Es preciso mencionar que frente a los cambios que han venido presentándose en los diferentes escenarios, los productores realizan acciones que les permita mantener los cultivos dentro de las condiciones que ellos conocen, independientemente de entender lo que es el cambio climático, o si creen o no, en este fenómeno, tienen que tomar la decisión de llevar a cabo prácticas que les garantice el mantenimiento de sus fuentes de ingreso, “Muchos agricultores se adaptan o incluso se preparan para el cambio climático [...] mediante la mayor utilización de variedades locales resistentes a la sequía, cosechas de agua, policultivos, agroforestería, desyerbe oportuno, recolección de plantas silvestres y una serie de técnicas” (Altieri y Nicholls, 2009). Todas estas son producto de una serie de conocimientos que el productor posee y pueden deberse en gran parte del lugar donde habita, de los conocimientos de sus padres, o de los conocimientos adquiridos alrededor de la vida de manera formal e informal.

Palabras clave: Servicios ecosistémicos, Vulnerabilidad climática, Adaptación al cambio climático, Sistemas productivos de café.

19

Reducción de emisiones por deforestación de bosques tropicales alto-andinos: el caso del Santuario de Fauna y Flora de Iguaque, Boyacá, Colombia

Hernán J. Andrade; Milena A. Segura; Erika A. Escobar
Universidad del Tolima

Producción Ecoamigable de Cultivos Tropicales (PROECUT)

Ibagué, Colombia

hjandro@ut.edu.co

Resumen

Los bosques tropicales alto-andinos almacenan grandes cantidades de carbono en su biomasa, por lo que podrían ser considerados ecosistemas estratégicos para mitigar el cambio climático. No obstante, los estudios efectuados al respecto son escasos y la deforestación amenaza en convertir estos bosques en una fuente de emisiones importante de CO₂. En este estudio se analiza el impacto de la deforestación sobre el almacenamiento de carbono en la biomasa total y sus emisiones de CO₂ en cuatro coberturas en el Santuario de Fauna y Flora de Iguaque (SFFI), Boyacá, Colombia. En 32 parcelas temporales de muestreo (PTM) de 250 m² cada una se inventarió toda la vegetación con diámetro del tronco a la altura del pecho (dap) ≥ 10 cm y en 17 PTM de 36 m² cada una se midió la altura total y de estípites de todos los frailejones (*Espeletia boyacensis* Cuatrec, *E. tunjana* Cuatrec y *E. cf. Incana*). La biomasa se estimó con modelos alométricos y el carbono empleando la fracción de 0,5. El área de muestreo fue proporcional al área total de cada uso del suelo (arbustal abierto -AA-, arbustal denso -AD-, bosque denso alto de tierra firme -BDATF- y herbazal denso de tierra firme no arbolado -HDTFNA-) en el SFFI, empleando parcelas temporales. Se simuló la disminución del área de bosque producto de dos tasas anuales de deforestación (0,26 y 0,40%). El BDATF y AD fueron las coberturas con mayor carbono (59 y 29 Mg C/ha, respectivamente). El SFFI almacena al alrededor de 144,6 Gg C en biomasa, de los cuales se podrían emitir a la atmósfera 27-41 Gg CO₂e en 20 años de continuar las tasas de deforestación. Se estima que los bosques densos y arbustales abiertos son las coberturas con mayor potencial de emisión de CO₂ a la atmósfera. Por consiguiente, priorizar la conservación de estos ecosistemas, a través de programas REDD+, es clave para contrarrestar los efectos del cambio climático y asegurar la provisión de servicios ecosistémicos que sustentan los medios de vida de las comunidades locales.

Palabras claves: cambio climático, cobertura de suelo, dióxido de carbono, páramo, stock de carbono.

Introducción

Los bosques del mundo fijan una cantidad enorme de carbono por lo que son considerados parte esencial de los mecanismos para la reducción de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) y mitigar el cambio climático (FAO 2011). La reducción de emisiones derivadas de la deforestación y degradación de los bosques, enmarcada en la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), despierta grandes expectativas financieras en la emisión voluntaria de bonos de carbono que fortalecen los esfuerzos de conservación y manejo forestal sostenible (WWF 2014) y a su vez el cumplimiento de los compromisos nacionales adquiridos para la COP21 (García et al. 2015).

El objetivo principal de este estudio fue estimar el stock de carbono en la biomasa total y la potencial emisión de CO₂ por cambios de uso del suelo en el Santuario de Fauna y Flora de Iguaque, Boyacá, Colombia. Esta información dará elementos clave para la estimación de los créditos de carbono potenciales para un futuro proyecto REDD+ en esta zona, lo cual contribuiría a su conservación y a mejorar los medios de vida de los pobladores locales.

Materiales y métodos

El SFFI se localiza en la cordillera Oriental de los Andes colombianos entre los departamentos de Boyacá y Santander. El área cubre 6750 ha de páramo, subpáramo, robledales y bosques andinos y alto-andinos que cubren los municipios de Villa de Leyva, Arcabuco, Chíquiza y Sáchica (Colombia).

Mediante mapas de coberturas y usos de la tierra del SFFI proporcionados por Parques Nacionales Naturales (Larrote y Corredor 2013) y Perea (2017), se definieron las cuatro coberturas vegetales más dominantes del área de estudio (arbustal abierto (AA), arbustal denso (AD), bosque denso alto de tierra firme (BDATF) y herbazal denso de tierra firme no arbolado HDTFNA), siguiendo la metodología de CORINE Land Cover adaptada para Colombia para el periodo 2010 y 2012.

Se registró información de 49 parcelas temporales de muestreo (PTM) distribuidas proporcionalmente en cada tipo de cobertura. Un total de 32 parcelas de 250 m² (10 x 25 m) fueron establecidas para muestrear todos los individuos con diámetro a la altura del pecho (dap) \geq 10,0 cm en AA, AD y BDATF y 17 parcelas de 36 m² (6 x 6 m) para evaluar la altura total y altura de estípites de todos los frailejones en los HDTFNA. La biomasa abajo de suelo se estimó con el uso de un modelo general de Cairns et al. (1997) y recomendado por el IPCC (2003). La biomasa aérea y bajo

suelo se estimó mediante modelos alométricos genéricos y locales y el carbono empleando la fracción de 0,5.

Las emisiones potenciales de GEI por deforestación se estimaron para un periodo de 20 años, empleando las tasas de deforestación promedio a nivel regional y nacional (0,26 y 0,40%, respectivamente). La situación de referencia se asumió como el cambio en el almacenamiento de carbono al aplicar las dos tasas de deforestación y la situación con proyecto se consideró como aquella en la que se mantiene el carbono en la biomasa al eliminar totalmente la deforestación durante el periodo de simulación.

Resultados

El promedio ponderado de carbono almacenado en la biomasa total en el SFFI fue de 31,0 Mg C/ha. El SFFI almacena actualmente 144,6 Gg C, lo que representa alrededor de 531 Gg CO₂ que aún no se emiten a la atmósfera (Tabla 1). El BDATF es la cobertura que presentó estadísticamente ($p < 0,05$) el mayor carbono almacenado en la biomasa total con 59,0 Mg C/ha, seguido del AD y AA con 28,7 y 25,3 Mg C/ha, respectivamente; mientras que el HDTFNA, tiene almacenado solo 5,3 Mg C/ha (Tabla 1).

Tabla 2 Almacenamiento de carbono en la biomasa total en diferentes coberturas de uso del Santuario de Fauna y Flora de Iguaque, Boyacá, Colombia

Cobertura de uso de suelo	Área (ha)	Carbono (Mg C/ha)	Carbono almacenado total		Emisión total (Gg CO ₂)*	
			Gg C	Gg CO ₂	0,26%	0,40%
Herbazal denso de tierra firme no arbolado (HDTFNA)	1755,8	5,3 ± 4,9 a	9,3	34,3	1,7	2,6
Arbustal abierto (AA)	1227,8	25,3 ± 6,8 b	31,0	113,8	5,8	8,8
Arbustal denso (AD)	595,1	28,7 ± 9,1 b	17,1	62,6	3,2	4,8
Bosque denso alto de tierra firme (BDATF)	1477,8	59,0 ± 4,8 c	87,2	319,9	16,2	24,7
Total	5056,5	31,0	144,6	530,7	26,9	40,9

Los valores de carbono corresponden a media ± error estándar. Letras diferentes indican diferencias estadísticas entre tipos de coberturas ($p < 0,05$). 1 Mg = 10⁶ g; 1 Gg = 10⁹ g. * Corresponde a un periodo de 20 años.

Considerando el área total del SFFI, los BDATF son la reserva más importante de carbono, ya que sus 1477,8 ha contienen 87,2 Gg C en biomasa, los que al desaparecer podrían emitir cerca de 319,9 Gg CO₂. En contraste, los HDTFNA son los menos importantes, a pesar que tienen gran cantidad de carbono almacenado en su biomasa total (9,3 Gg C). En caso de presentarse las tasas anuales de deforestación simuladas (0,26 y 0,40%, respectivamente), se estimaría emitiendo entre 26,9 y 40,9 Gg CO₂ durante los próximos 20 años (Figura 1). Se espera que al final del periodo simulado, las existencias de carbono serían de 133,5 y 137,3 Gg C, que corresponde 92 y 94% de lo almacenado en el 2018. Las existencias de carbono bajo las cuatro coberturas evaluadas se proyectan para disminuir a través del tiempo a medida que se incrementa la tasa de deforestación. Los BDATF y AA serán las coberturas que mayor atención requieren ante los proyectos de conservación dado que las emisiones más significativas se darían en estas coberturas si se deforestaran a las tasas estudiadas (entre 5,8 y 24,7 Gg CO₂) (Figura 1).

Discusión

El carbono almacenado en la biomasa total de los AA, AD y BDATF (25,3; 28,7 y 59 Mg C/ha) del SFFI es superior al estimado por Peña et al. (2011) para ecosistemas de páramo perturbados y no perturbados en el Parque Nacional Natural Chingaza (17,3 y 22,4 Mg C/ha, respectivamente) y se encuentran en el rango reportado por Castañeda y Montes (2017) para el páramo andino (13,21 y 183 Mg C/ha) y bosques perturbados y no perturbados del Parque Nacional Natural Los Nevados (23,6 y 113,7 Mg C/ha; Peña et al. 2011). Estos resultados comprueban el potencial de estos ecosistemas para retener carbono, así, Gibbs et al. (2007) estima que los bosques tropicales colombianos almacenan entre 2,5 y 11,5 Pg C.

En cuanto a los HDTFNA, se observa un bajo contenido de carbono en la biomasa (5,3 Mg/ha), debido a que es una cobertura típica de páramo que contribuyen más al almacenamiento de carbono orgánico del suelo (COS) que en la biomasa total como lo plantea Castañeda y Montes (2017). Es posible que si se incluyera el COS, esta cobertura podría contribuir a apoyar la vinculación de los ecosistemas del SFFI en los mercados de carbono como lo reportado en Anaimé por Andrade et al. (2014).

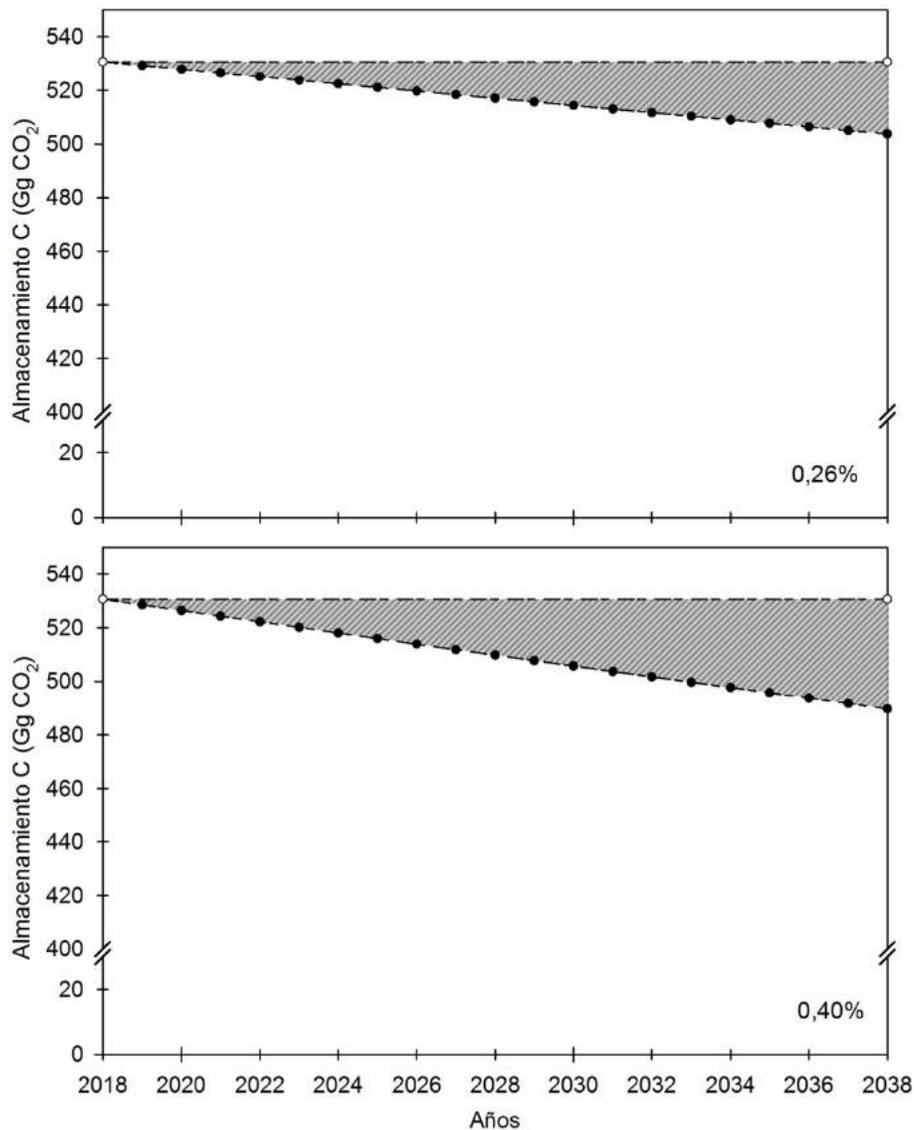


Figura 1. Proyección del almacenamiento de carbono en biomasa total del Santuario de Fauna y Flora de Iguaque, Boyacá, Colombia durante 20 años bajo las tasas anuales de deforestación regional y nacional (0,26 y 0,40%/año, respectivamente). Las franjas marcadas indican las emisiones de CO₂ que podrían reducirse en caso de eliminar las tasas de deforestación.

Conclusiones

El SFFI almacena alrededor de 531 Gg CO₂ que en 20 años pueden convertirse en emisiones de entre 27 y 41 Gg CO₂ si las tasas de deforestación se mantienen entre 0,26 y 0,40% por año. Lo anterior evidencia el potencial que representan los bosques de esta área protegida en la captura de carbono y por tanto, su importancia

para el cumplimiento de los compromisos nacionales adquiridos en la COP21. La deforestación, no solo influye en la pérdida de la biodiversidad, sino que representa una gran fuente de emisión de CO₂ hacia la atmósfera producto de la pérdida de la biomasa forestal, principalmente los BDATF y AA.

Agradecimientos

A Parques Nacionales, al Santuario de Fauna y Flora de Iguaque y su personal, particularmente a la bióloga María Mercedes Núñez. A las investigadoras Diana Canal y Erika Sierra, a los ingenieros forestales Luis Miguel Acuña y Mauricio Perea y a los estudiantes del programa de Ingeniería Forestal de la Universidad del Tolima Camilo Arredondo, Camilo Rico y Luis Fernando Medina, que hicieron parte del trabajo de campo. Al Comité Central de Investigaciones de la Universidad del Tolima al apoyar el Proyecto “Caracterización florística y almacenamiento de carbono en bosques nativos en el Santuario de Fauna y Flora de Iguaque, Boyacá, Colombia.”, código 380120516.

Referencias

- Andrade HJ, Espinoza EL, Moreno HA (2014) Impact of grazing on soil organic storage carbon in high lands of Anaime, Tolima, Colombia. *Zootecnia Trop* 32(1): 7-21.
- Cairns, M., Brown, S., Helmer, E., Baumgardner, G. (1997). Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecología*, 111 (1), 1-11.
- Castañeda A, Montes C (2017) Carbono almacenado en páramo andino. *Entramado*, 13(1): 210–221. <http://dx.doi.org/10.18041/entramado.2017v13n1.25112>
- FAO (2010) Global forest resources assessment 2010. The Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome
- FAO (2011) El papel de los bosques en la mitigación del cambio climático y la adaptación. En: FAO (ed) Situación de los bosques del mundo 2011, capítulo 3. Roma, pp 64-84
- Gibbs H, Brown S, Niles J, Foley J (2007) Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: Making REDD a reality. *Environ Res Lett* 2: 1-13. <http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/2/4/045023>
- Larrote JP, Corredor L (2013) Monitoreo Satelital de las Coberturas de la Tierra para la Caracterización de Indicadores de Estado-Presión en los Parques Nacionales Naturales. Parques Nacionales Naturales de Colombia. http://www.parquesnacionales.gov.co/portal/wp-content/uploads/2015/04/MONITOREO-COBERTURAS-PNN-2010-2012_Final.pdf. Consultado el 26 de marzo de 2018

- Perea M (2017) Estimación de Biomasa Aérea con Teledetección en Bosques del Santuario de Fauna y Flora Iguaque, Boyacá Colombia. Tesis de maestría. Universidad ICESI y UNIGIS, Valle del Cauca, Colombia
- Peña E, Zúñiga O, Peña J (2011) Accounting the carbon storage in disturbed and non-disturbed tropical andean ecosystems. Planet Earth 2011 – Global Warming Challenges and Opportunities for Policy and Practice: 1-18
- WWF (2014) Mecanismo de REDD+ y el financiamiento del carbono. http://awsassets.panda.org/downloads/01_mecanismo_de_redd_y_el_financiamiento_del_carbon.pdf. Consultado el 26 de marzo de 2018

Eje Temático III

Gobernanza / Participación Social

Mesa 1

Modelos de Sostenibilidad para Municipios Ciudades y Territorios; Responsabilidad Social.

Presidente: Lic. Rosa Carmina Ramírez Contreras
Liga Mundial de Abogados Ambientalistas, A.C. (LIMAA). México.

Co Presidente: MSc. Edgardo Muñoz Valenciano
Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible. Universidad Nacional de Costa Rica. Costa Rica.



1

Roberto González Acolt, Dr.; Bogar García Martínez, Dr.; Rubén Macías Acosta, Dr.
Comportamiento Ambiental y sus determinantes en las Empresas de México.
Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, Ags., México,
rgonza@correo.uaa.mx

Resumen

Se realizó la estimación econométrica mediante el método logit de un modelo que relaciona si la unidad económica expresó que gastó en materiales y servicios o invirtió en instalaciones o equipo para disminuir la contaminación que genera, en función de variables relacionadas con el medio ambiente, tamaño de la empresa y sector económico. Los resultados indican que la probabilidad de que la empresa responda que sí realizó este gasto o inversión se ve afectada positiva y significativamente cuando ésta cumple con las normas ambientales, tiene personal en actividades de protección al medio ambiente, emplea materiales reciclables y separa residuos y desechos. También, si la empresa tiene más de 250 empleados tiene una mayor probabilidad de que responda positivamente a que si llevó a cabo tal gasto corriente o inversión. En contraste esta probabilidad disminuye si la unidad económica tiene de 1 a 50 trabajadores.

Palabras clave: *Comportamiento ambiental, unidades económicas, método logit*

Introducción

La expansión de las actividades económicas, impulsada por el progreso tecnológico y otros factores más, conlleva a un mayor uso de un activo compuesto como es el medio ambiente, este activo ofrece un conjunto de insumos como materias primas, agua, aire, energía y amenidades que son empleados y transformados en bienes y servicios para el consumo y producción de los agentes económicos, sin embargo, la transformación de estos insumos ambientales implica que retornen al medio ambiente como desperdicios o desechos (Tietenberg y Lewis, 2012). La anterior situación ha obligado a mirar el crecimiento económico desde otra perspectiva, en 1987 la Comisión Mundial sobre Desarrollo y Medio Ambiente (el reporte “Brundtland”) estuvo fuertemente influida por las implicaciones del crecimiento económico sobre el medio ambiente. Según Aguilar (2005), la Comisión definió el desarrollo sustentable como “la satisfacción de las necesidades esenciales sin que se comprometan las correspondientes a las generaciones futuras”. En la actualidad la noción de desarrollo sustentable pretende ligar y hacer compatibles las dimensiones económicas, ambientales y sociales.

Dada la importancia que tiene la empresa en el crecimiento económico, un gran debate tiene que ver con la existencia de incentivos para que las empresas adopten posturas más acordes con el desarrollo sustentable de tal forma que establezcan en sus organizaciones medidas de respeto al medio ambiente. Azqueta, Alviar, Domínguez y O’Ryan (2007) destacan que un factor que explica la reacción favorable de la empresa hacia el medio ambiente es el ahorro de costos, este tipo de ahorro se produce de distintas formas mediante: a) rediseño de los métodos productivos que conllevan a una disminución en la utilización de materias primas, agua y energía, b) cambios en el

diseño del producto, c) reciclaje y reutilización de los residuos producidos. Metodológicamente, Blackman y Guerrero (2012) distinguen un conjunto de estudios que analizan los determinantes del desempeño ambiental de las empresas, los autores señalan que estos análisis relacionan mediante un modelo econométrico, la variable dependiente desempeño ambiental de las empresas -medida, por ejemplo, por el número de prácticas de gestión ambiental adoptadas- y las variables dependientes tales como las características de las empresas (ejemplo, tamaño de la compañía) y la comunidad en la cual se asientan estas unidades productivas (ejemplo, el ingreso per cápita).

Un estudio de referencia sobre el desempeño ambiental de las empresas en México fue realizado por Dasgupta, Hettige y Wheeler (1997), quienes estudiaron los efectos en las plantas de las regulaciones gubernamentales, los sistemas de gestión ambiental y determinadas características de éstas sobre su desempeño ambiental. Se destaca en sus resultados los siguientes puntos: las plantas con experiencia y cumplimiento de las regulaciones ambientales tienen un mejor comportamiento en este aspecto; aquellas que cuentan con la certificación ISO 14001 manifiestan una actitud más limpia hacia el medio ambiente; las plantas de mayor tamaño tienen mayor probabilidad de acoger políticas que impliquen acciones a favor de un medio ambiente más limpio, asimismo, aquellas firmas que en sus filas tienen empleados con un mayor nivel de educación tienden adoptar políticas de gestión y mejor comportamiento ambiental.

En contraste, el desempeño ambiental de los sectores económicos donde se localizan este tipo de empresas se presenta una situación de aumento de los costos por agotamiento de los recursos naturales y por contaminación del aire, agua y suelo, por ejemplo, obsérvese como en la industria manufacturera estos dos costos han mostrado una tendencia creciente (Ver tabla 1 y 2)

Tabla 1. Costos por agotamiento de la industria manufacturera. Los costos por agotamiento son aquellos que asumiría la sociedad con el objetivo de remediar el medio ambiente, causado por la disminución y pérdida de los recursos naturales (INEGI, 2013)

Años	Costos por agotamiento (miles de pesos)
2007	1,113,954
2008	1,090,899
2009	1,098,745
2010	1,144,671
2011	1,169,402

Tabla 2. Costos por degradación de la industria manufacturera. Los costos por degradación son aquellos que asumiría la sociedad con el objetivo de reparar o prevenir el detrimento de la calidad del medio ambiente (INEGI, 2013)

Años	Costos por degradación (miles de pesos)
2007	12,577,678
2008	20,711,710
2009	23,914,499
2010	25,848,064
2011	33,113,769

Debido a este comportamiento contradictorio y no concluyente, es necesario efectuar estudios que permitan una comprensión mayor de la conducta ambiental de las empresas. Específicamente, es importante investigar la relevancia de factores ambientales internos como las normas y el ahorro de costos en la conducta ambiental de los establecimientos económicos en México, ubicados en sectores con una problemática ambiental relevante. El objetivo de este trabajo consistió en comprender los determinantes del comportamiento ambiental de las unidades económicas en México, específicamente se estudió la influencia de un conjunto de factores relacionados con el medio ambiente, características de la empresa y sector económico sobre la conducta ambiental de las unidades productivas -medido por la respuesta positiva de la empresa a la pregunta si llevó a cabo gastos corrientes y de inversión para disminuir la contaminación que generan-.

Metodología

Para analizar como determinados factores incluyen en el comportamiento ambiental de las empresas en México se consideró la ecuación (1):

$$Pr(Y = 1) = F(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 + \beta_7 X_7 + \beta_8 X_2) \quad (1)$$

Donde $Pr(Y = 1 | X)$ es la probabilidad de respuesta, F es la función de distribución acumulada logística (λ). Esta forma funcional establece que las probabilidades del éxito esperado se encuentren exactamente entre los valores de cero y uno. El significado de las variables se describe en la tabla 3.

Tabla 3. Especificación de la variable dependiente y las variables independientes del modelo de regresión logit

VARIABLES DEPENDIENTE			
Modelo	Variable	Descripción	Registro
Probit	Y1	Si la unidad económica expresó que llevó a cabo erogaciones en gasto corriente (materiales y servicios) o de inversión (instalaciones o equipo) para disminuir las emisiones al aire, los contaminantes en aguas residuales generadas o ambas.	1 = Si 0 = No
VARIABLES INDEPENDIENTES			
Variable	Descripción	Registro	
X ₁	Si la unidad económica cumplió con alguna norma en materia de medio ambiente (Norma Oficial Mexicana, Norma Mexicana, Otra).	1 = Si 0 = No, Desconoce	
X ₂	Si la unidad económica contó con personal dedicado a actividades de protección del medio ambiente o recursos naturales.	1 = Si 0 = No	
X ₃	Horas trabajadas en promedio al mes del personal dedicado a actividades de protección del medio ambiente o recursos naturales.	Horas trabajadas en promedio al mes	
X ₄	Si la unidad económica utilizó materiales reciclados (Materias primas, Materiales de empaque y embalaje u otros).	1 = Si 0 = No	
X ₅	Si la unidad económica separó los residuos o desechos que generó.	1 = Si 0 = No	
X ₆	Total de personal dependiente de la razón social, entre 1 a 50 trabajadores	1 = 1 a 50 empleados 0 = Mas de 51 empleados	
X ₇	Total de personal dependiente de la razón social, más de 250 trabajadores	1 = Mas de 250 empleados 0 = Menos de 250 empleados	
X ₈	Si la empresa es del sector Minero o Electricidad, siendo el sector manufacturero la actividad de comparación	1 = Si la unidad económica es del sector Minero o de Electricidad 0 = Si la unidad económica es del sector Manufacturero	

La muestra la conformaron 18,501 unidades económicas del sector manufacturero, minería y energía eléctrica, y los datos se obtuvieron de los Censos Económicos 2014 de México.

Resultados y discusión

En la tabla 4 se presentan los resultados de la estimación econométrica de la ecuación (1) mediante el método logit. Prácticamente todas las variables son significativas, exceptuando X_8 (Si la empresa es del sector Minero o Electricidad). También, los coeficientes tienen el signo esperado según la teoría o el sentido común. La variable con mayor significancia estadística es X_5 (la unidad productiva separó los residuos o desechos que produjo), mientras que la de menor significancia fue X_7 (unidades económicas con más de 250 empleados).

Tabla 4. Resultados de la estimación econométrica del modelo logit de la ecuación 1

Variables independientes	Coefficientes	Z estadístico
X1	1.12	13.52*
X2	1.17	13.82*
X3	0.33	4.86*
X4	0.76	5.17*
X5	1.32	18.75*
X6	-0.31	-3.12*
X7	0.23	2.01*
X8	-0.07	0.46

Dada la característica del modelo probabilístico logit, la interpretación de los coeficientes no es similar a los modelos probabilísticos lineales (que emplean el método de mínimos cuadrados ordinarios), por lo cual no podemos realizar una interpretación de los coeficientes estimados como pendientes, para una discusión más profunda sobre este aspecto ver a Wooldridge (2015). Sin embargo, si se puede realizar el análisis mediante el signo y la significancia estadística de los coeficientes, con base en esta consideración entonces, se tiene que la probabilidad de que las unidades económicas manifiesten que realizaron gastos corrientes o de inversión para aminorar la contaminación en el aire o en aguas residuales que generan, o ambas a la vez es positiva y significativa cuando:

- Cumplió con alguna norma relacionada con el medio ambiente (X_1);
- Contó con personal dedicado a cuestiones de protección ambiental o de los recursos naturales (X_2);
- Horas mes que trabajó el personal dedicado a tareas de protección del medio ambiente o de los recursos naturales (X_3);
- Empleó materiales reciclados (X_4);

- e. Separó los residuos o desechos generados (X_5);
- f. La empresa cuenta con una plantilla superior a 250 empleados (X_7).

En contraste este vínculo es negativo y significativo si la unidad económica tiene de 1 a 50 trabajadores (X_6) lo que implica que la probabilidad de que exprese realizar gasto corriente o inversión en aspectos de mejora ambiental disminuye si la empresa tiene este rango de empleados.

Por otra parte, las unidades económicas del sector minero o de electricidad (X_8) tienen una probabilidad menor (en comparación con las empresas del sector manufacturero) de llevar a cabo este tipo de gasto o inversión, aunque no existe significancia estadística.

Qué puntos se puede destacar de los anteriores hallazgos, en primer lugar, el papel de las normas ambientales en el comportamiento ambiental de las unidades económicas en México. Las normas fueron los primeros instrumentos de regulación ambiental que aplicaron los gobiernos con el objetivo de que los contaminadores asumieran el costo social que imponían a la sociedad al generar contaminación en el aire, agua o suelo al realizar sus actividades productivas. Este tipo de instrumentos han estado sujeto a críticas en el sentido de que son ineficientes y no incentivan el empleo de tecnologías más limpias, pero también hay argumentos de que los instrumentos de comando y control son nominalmente más eficientes, sus beneficios sociales superan a los costos y han sido más eficientes que los instrumentos de mercado (Grossman y Cole, 1999). En el caso concreto de este resultado es muy parecido al citado trabajo de Dasgupta, Hettige y Wheeler (1997), quienes encontraron que las plantas que habían experimentado inspecciones reglamentarias -una medida de comando y control- eran ambientalmente más limpia que aquellas que no presentaron esta situación.

En segundo lugar, los recursos humanos dedicados a las actividades de protección del medio ambiente por parte de la empresa ejercen efecto favorable en su conducta ambiental, como establecen Aigner y Lloret (2013), los trabajadores constituyen un sustento importante en la estrategia de sustentabilidad de las empresas. Otro punto que resaltar es que las empresas más grandes tienen mayor probabilidad de gastar e invertir en aspectos de mejora ambiental en su empresa. También, Dasgupta, Hettige y Wheeler (1997), encontraron para México que las empresas grandes con muchas plantas tienen una mayor probabilidad de adoptar políticas que conlleven una mejora ambiental en sus organizaciones.

Conclusiones

En esta investigación se estudió como el comportamiento ambiental de las empresas en México -medido por la respuesta positiva que dio la unidad económica a si llevó a cabo gasto corriente o de inversión para disminuir o controlar la contaminación- es influido por un conjunto de factores ligados al medio ambiente (cumplimiento de las normas de carácter ambiental, tener empleados y sus horas laborables a tareas de protección del medio ambiente o los recursos naturales, emplear materiales reciclables y separar residuos o desechos) y otros de control (tamaño de empresa y actividad económica). En el análisis de esta relación se utilizó una muestra de 18, 501 unidades económicas de

los Censos Económicos 2014 y se estimó un modelo de regresión logit. Los resultados demuestran que implícitamente las políticas de comando y control –en este caso las normas- tienen un efecto positivo y significativo en la probabilidad de que las unidades económicas realicen gastos corrientes o de inversión para disminuir la contaminación que producen. Otras acciones ambientales, por ejemplo, contratar personal y sus horas laborables en actividades de protección ambiental, el reciclaje y manejo de residuos y desechos sólidos; ejercen una influencia positiva y significativa en la decisión de las unidades económicas en gastar o invertir para reducir la contaminación que producen.

Referencias

- Aguilar, I. (2005). Desarrollo sustentable: conceptos e implicaciones de política. En A. Mercado & I. Aguilar (Eds.), *Sustentabilidad ambiental en la industria: conceptos, tendencias internacionales y experiencias mexicanas* (pp. 33-62). México, D.F.: El Colegio de México, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.
- Aigner, D.J. and Lloret, A. (2013). Sustainability and competitiveness in Mexico. *Management Research Review*. (36) 1252-1271
- Azqueta, D.; Alviar, M.; Dominguez, L.; and O’Ryan, R. (2007). Introducción a la economía ambiental. Madrid, España: McGraw-Hill.
- Blackman, A. and Guerrero, S. (2012). What drives voluntary eco-certification in Mexico. *Journal of Comparative Economics* (40) 256-268.
- Dasgupta, S.; Hettige, H.; and Wheeler, D. (1997). What Improves Environmental Performance? Evidence from Mexican Industry, The World Bank.
- Grossman, P. Z. and Cole, D. H. (1999). When is Command-and-Control Efficient? Institutions, Technology and the Comparative Efficiency of Alternative Regulatory Regimes for Environmental Protection. *Wisconsin Law Review*.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2015). Censos Económicos 2014: metodología. Aguascalientes, México: Autor.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2013). Sistema de Cuentas Nacionales de México: Cuentas Económicas y Ecológicas de México 2007-2011: año base 2003. Aguascalientes, México: Autor.
- Tietenberg, T. and Lewis, L. (2012). Environmental & Natural Resource Economics. New Jersey, USA: Pearson
- Wooldridge, J. (2015). Introducción a la Econometría: un enfoque moderno. Distrito Federal, México: Cengage Learning

2

Nelsy Liliana Rodríguez Castiblanco¹
Víctor Manuel Castillo Girón²

Programas y políticas agroambientales en el Estado de Jalisco: ¿Mecanismos para la gestión de los recursos hídricos?

Universidad de Guadalajara - Centro Universitario de los Valles, Maestría en Estudios socio territoriales

Guadalajara, Jalisco

nelsy.liliana@gmail.com; victorm.castillog@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La agricultura es una de las actividades económicas principales que requieren y usan agua dulce en mayor cantidad, pero a la vez es la actividad que más degrada los recursos hídricos superficiales y subterráneos como consecuencia de la erosión y la escorrentía (FAO, 1997). La contaminación del recurso hídrico por la agricultura es difícil de medir ya que suele generarse por descargas difusas no localizadas. Los sistemas de riego son considerados como el mejor medio para la transferencia de contaminantes agrícolas, en su manejo y funcionamiento es difícil determinar exactamente los responsables de la contaminación ni darle seguimiento al suceso. En México el costo por contaminar los recursos hídricos aun no se pueden medir y calcular, por lo que hay ausencia de una legislación que pueda controlar y reducir la contaminación hídrica por la agricultura, por otra parte, los productores agrícolas no son conscientes de la generación de la problemática ambiental, lo que reduce las posibilidades de disminuir esta problemática. El Estado de Jalisco cuenta con 7 regiones hidrológicas de gran importancia, y la mayoría de cuencas del Estado se encuentran en estado deficitario, así mismo, el grado de presión sobre el recurso hídrico es en su mayoría generado por la agricultura.

Los instrumentos de política pública agrícola, hidrológica y ambiental están dispuestos a nivel nacional y estatal, sin embargo, son poco lo que tienen en común frente al control y disminución de la contaminación de los recursos hídricos. La legislación enmarcada en el actual modelo de desarrollo se orienta hacia la modernización del campo y mejoramiento de infraestructura hidráulica lo que termina por volver más grave el problema de contaminación ya que al aumentar la frontera agrícola también aumentan los problemas de contaminación. En este sentido, este trabajo pretende revisar la estructura legal nacional y estatal y los programas hidroagrícolas del Estado de Jalisco, con el fin de determinar los principales mecanismos de regulación de los actores vinculados a las actividades agrícolas y de esta forma generar líneas de acción para una mejor gestión del recurso hídrico.

¹ Geógrafa. Estudiante Maestría en Estudios socio territoriales. Universidad de Guadalajara - Centro Universitario de los Valles. Correo electrónico: nelsy.liliana@gmail.com

² PhD En Agro - Economía. Profesor e Investigador SNI nivel II de la Universidad de Guadalajara - Centro Universitario de los Valles. Correo electrónico: victorm.castillog@gmail.com

Palabras clave: Políticas agroambientales, problemas ambientales, agricultura, contaminación

AGUA Y AGRICULTURA

En México el agua es un recurso escaso muchas zonas se caracterizan por ser áridas y semiáridas además, el país no tiene un régimen de lluvias, regular lo que hace que algunas regiones cuenten con poca disponibilidad del recurso hídrico. Las regiones de Baja California, Cuencas centrales y Valle de México son ya deficitarias con respecto a sus disponibilidades naturales, además de cerca de los 600 acuíferos que se ubican en el territorio, alrededor de 100 están sometidos a sobreexplotación (Aldama, 2004). Por otra parte, se estima que más del 70% del agua consumida en el país se usa para la agricultura, en contraste con solo el 17% que es para el uso público (*Ibíd.*). Por ello, en una buena parte del territorio nacional se emplean sistemas de riego para mantener y asegurar la actividad agrícola.

La agricultura es una de las actividades principales que requieren y usan agua dulce en mayor cantidad, a la vez es la actividad que más degrada los recursos hídricos superficiales y subterráneos como consecuencia de la erosión y la escorrentía (FAO, 1997). La contaminación de los recursos hídricos se puede dar por dos tipos de fuentes: No localizadas y localizadas. Las primeras se refieren al resultado del grupo de las actividades humanas en el que los contaminantes no tienen un punto claro de ingreso a los cursos hídricos que reciben (FAO, 1997). Las segundas están asociadas a las actividades en que el agua residual va directamente a las aguas receptoras. Se puede decir que la agroindustria es participante en los dos tipos de fuentes contaminantes, en el proceso primario de cultivos y en el proceso secundario de transformación en fábrica.

En el proceso primario de cultivo, la implementación de fertilizantes y agroquímicos para erradicar plagas y maleza suelen ser las causas de contaminación, este tipo de productos llegan a los cuerpos de agua por escurrimiento, infiltración y erosión de suelos, también pueden movilizarse por escurrimiento durante lluvias y riego agrícola (Hernández y Hansen, 2011). En el proceso secundario, de transformación de los productos agrícolas la contaminación se da principalmente por el vertimiento de desechos contaminantes a los cuerpos superficiales de agua.

De esta forma, el Estado de Jalisco cuenta con 7 regiones hidrológicas: RH12 Lerma - Santiago, RH13 Huicicila, RH 14 Ameca, RH15 Costa de Jalisco, RH16 Armeria - Coahuayana RH18 Balsas y RH37 El Salado, siendo la más importante la RH12 Lerma Santiago (INEGI, 2000). El agua de escurrimiento superficial del Estado para 2015 fue de 17, 362 hectómetros cúbicos y las zonas con mayor disponibilidad de agua se ubican hacia el suroeste. Una fuente importante de

aprovechamiento de aguas son las presas de almacenamiento, el Estado cuenta con 61 presas con una capacidad de 1,300 hectómetros cúbicos (Conagua, 2015)

El grado de presión sobre el recurso hídrico para el año 2015 fue en su mayoría generado por la agricultura (44.18%), seguido por el público - Urbano (33.66%) y el industrial (1.59%) (Conagua, 2015). Por su parte, la calidad del agua según el indicador de Sólidos Suspendidos Totales (STT) que indica contaminación por aguas residuales y procesos erosivos (Principalmente en zonas agrícolas y altamente deforestadas) (Conagua, 2016) registró el 40% de aguas superficiales de buena y excelente calidad, el 50% como aceptable y el 10% reporta valores de agua contaminada (Conagua, 2015). Por otra parte, la demanda de agua en Estado continúa creciendo y la mayoría de cuencas del Estado se encuentran en estado deficitario, esto apoyado en el crecimiento urbano y los cambios de uso del suelo han conllevado al deterioro del recurso.

GESTIÓN DEL TERRITORIO Y LOS RECURSOS NATURALES

Después de la década de los 70s con el agotamiento del modelo de sustitución por importaciones, muchos países de América Latina especialmente aquellos con gran riqueza natural comenzarán a ocupar una posición de suministro de recursos naturales y materias primas hacia los países desarrollados (Galaffassi, 2008). Así, los espacios rurales serán aquellas áreas que se involucran directamente con las actividades extractivas y de exportación (Ibíd.).

En México, la reforma al artículo 27 de la constitución y la entrada en vigencia del TLCAN modificó totalmente la estructura de propiedad de la tierra y por tanto la agro productiva, pero además la gestión de los recursos naturales. En este cambio legislativo quedaron definidas líneas específicas de acción pero también vacíos y desigualdades. En cuanto a los recursos naturales, se modifican leyes y políticas que dan como resultado nuevas formas de apropiación y gestión de los recursos, las reformas privatizadoras dan paso a que grandes empresas hagan uso libremente de los recursos, generando además la desarticulación progresiva de las estructuras sociales y debilitando la solidaridad y autogestión comunitaria (Gomez & Guerrero, 2014). Así es como para 1992, en el caso del recurso hídrico por ejemplo, se da paso a la asignación de derechos privados sobre el agua propiciando la creación de mercados del agua, por otra parte, después de la promulgación de la ley de Aguas nacionales se crean mecanismos para transferir la administración, conservación y distribución de los recursos hídricos tanto a instancias sociales y privadas, promoviendo políticas de descentralización y reorientando el papel de las instituciones públicas (Pacheco - Vega y Basurto, 2008).

El desarrollo territorial involucra varias líneas de planificación: económica, social y ambiental, el instrumento para su materialización es el ordenamiento territorial. En América Latina las políticas de ordenamiento territorial sustentable se comienzan a

dictar desde la década de 1980, estas políticas se encuentran permeadas por las dinámicas y procesos asociados con la globalización. Estas políticas se materializan en el territorio por los patrones de uso del suelo y de localización de las actividades económicas, todo esto aunado a la participación mayoritaria de las empresas privadas en diversos sectores económicos que modifican el uso de suelo de una forma acelerada y provocan impactos ambientales (Sánchez, et, al. S/F).

POLITICA AMBIENTAL Y DE CALIDAD DEL AGUA EN MÉXICO Y JALISCO

En México la implementación de políticas de ordenamiento territorial ambiental se desarrolla en varios momentos, así, en el periodo en donde se implementa el modelo de sustitución de Importaciones se generan varios problemas territoriales a largo plazo, entre ellos se encuentran: Desequilibrios industriales por concentración industrial en solamente algunos lugares, crecimiento urbano desordenado e intensificación de la explotación de los recursos naturales (Sánchez, et, al S/F). En consecuencia, una de las primeras acciones encaminadas a la temática, será hacia 1976 decretar la Ley General de Asentamientos humanos en la que se encuentra por primera vez el concepto de ordenamiento territorial y que establece como objetivo “lograr una distribución sustentable de la población y las actividades económicas”.

La política ambiental en México toma fuerza en 1982 cuando se dicta la Ley Federal de Protección al Ambiente y se refuerza en 1983 con la creación de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, estas dos instituciones tendrán como facultades la conservación forestal, de la flora y la fauna, pero además, la disminución de los efectos nocivos por la concentración industrial. En 1988 se decreta la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), esta ley hasta la actualidad ha sido la base de la política ambiental. Por otra parte, en 1989 se crea la Comisión Nacional del Agua como autoridad para la administración del agua y protección de cuencas hidrológicas. Desde el año 2000 se origina la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales - SEMARNAT (Pérez Calderón, 2010). A partir de 1990 y después de varias reformas se crean instrumentos para la planeación territorial integral, como por ejemplo el Ordenamiento Ecológico Territorial y el ordenamiento territorial. Estos instrumentos están cobijados por diferentes leyes y planes, que son ejecutados por diferentes instituciones.

MARCO NORMATIVO NACIONAL Y ESTATAL

Las actividades agropecuarias tienen incidencia directa en la explotación de los recursos naturales, en México son múltiples los instrumentos de gestión ambiental relacionados con el uso del suelo, estos son ordenados por diferentes instancias a nivel nacional y estatal, lo que muchas veces dificulta su aplicación y ejecución, la agricultura y la calidad del agua son tratados por separado en la mayoría de leyes

vigentes. A continuación se hace una revisión de este marco normativo nacional y estatal relacionado con la calidad y estrategias de disminución de contaminación difusa.

Plan Nacional de Desarrollo 2013 - 2018

En este instrumento de normatividad a nivel nacional, en lo referente al diagnóstico del desarrollo sustentable en México, se hace énfasis en el compromiso con las agendas internacionales de medio ambiente y desarrollo sustentable, sin embargo, se plantea que en relación con el crecimiento económico se encuentran fuentes importantes de degradación de los recursos naturales “emisión de compuestos de efecto invernadero, generación excesiva de residuos sólidos, contaminantes a la atmósfera, aguas residuales no tratadas y pérdida de bosques y selvas”(PND 2013). Así mismo, se propone implementar un manejo sustentable, como medida se menciona: “Ordenar el uso y aprovechamiento del agua en cuencas y acuíferos afectados por déficit y sobreexplotación, propiciando la sustentabilidad sin limitar el desarrollo, además rehabilitar y ampliar la infraestructura hidroagrícola” (PND, 2013). Por otra parte, frente al aprovechamiento sustentable de los recursos se plantea: “Promover la tecnificación del riego y optimizar el uso del agua e impulsar prácticas sustentables en las actividades agrícola, pecuaria, pesquera y acuícola”. En el cuerpo de la ley no se especifican acciones para controlar y/o disminuir la contaminación de los recursos hídricos por actividades agrícolas.

Programa Nacional Hídrico 2014 - 2018

En este instrumento de carácter nacional se establecen seis objetivos, de estos el número cinco hace referencia al aseguramiento de agua para el riego agrícola, energía, industria, turismo y otras actividades económicas y financieras, en donde se plantean estrategias como la tecnificación, mejora, rehabilitación y ampliación de la infraestructura y orientación de las actividades económicas hacia donde se encuentran las zonas con disponibilidad de agua (PNH, 2014). En el diagnóstico se mencionan los principales problemas de contaminación, en los que sobresale el uso de fertilizantes y plaguicidas en la agricultura, además del proceso acelerado de degradación por prácticas inadecuadas en las actividades agropecuarias y silvícolas (PNH, 2014).

Dentro de las estrategias del plan se mencionan varias para el mejoramiento del agua en cuencas y acuíferos, por su parte, sobre la disminución de la contaminación en relación con actividades agrícolas se menciona el fortalecimiento de la medición y evaluación de la calidad del agua y sus principales fuentes de contaminación, se hace énfasis en que la problemática de la medición de la contaminación difusa termina siendo muy costosa, sin embargo, se plantea un programa nacional para la medición, evaluación y control de la contaminación difusa que incluye prácticas agrícolas, además, se aplicará una norma para evaluar, controlar, observar y

registrar las fuentes de contaminación difusa con base en la operación de la Red Nacional de Monitoreo de Calidad del Agua; por último, se pretende promover el uso adecuado de agroquímicos como medida de control de la contaminación difusa (PNH, 2014).

Ley de Desarrollo Sustentable

Esta ley aprobada en octubre de 2001, orienta y dicta la normatividad de las actividades económicas en el espacio rural, además establece las políticas públicas para el campo mexicano, en esta se incorporan objetivos para las mejoras de la población rural y las desigualdades sociales. La ley incluye cuatro componentes principales: Primero, la renovación de los ecosistemas; segundo, el modelo agrario y las actividades agropecuarias y rurales; tercero, la articulación con la industria; y por último, el bienestar social y atención prioritaria a las zonas de marginación.

Dentro del segundo componente se incluyen la sustentabilidad rural y la soberanía alimentaria, de esta forma en el artículo 165 se impulsa el uso del suelo pertinente y dependiendo de sus características y potencial productivo, así como procesos adecuados para la conservación y el mejoramiento de las tierras y el agua. En el artículo 32, de fomento de las actividades agrícolas se plantean estrategias para ampliación y mejoramiento de la infraestructura hidroagrícola y mejoramiento de recursos naturales en las cuencas, igualmente, en el artículo 81 se considera la expansión de la infraestructura hidroagrícola, modernización y tecnificación como instrumento fundamental para el desarrollo sustentable, se plantean estrategias de tratamiento y reúso del agua. Es de resaltar que en todo el cuerpo de la ley no se hace referencia al problema de contaminación de acuíferos por actividades agrícolas, tampoco se genera ninguna estrategia para el tratamiento de la contaminación difusa.

Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente

Esta ley de orden nacional fue dictada en 1988 y desde entonces ha sido la base de la política ambiental del país, sin embargo, presenta algunos vacíos frente a estrategias de disminución de contaminación de acuíferos y regulación de las actividades agrícolas. En el artículo 103 se menciona que quienes realicen actividades agrícolas y pecuarias “deberán llevar a cabo las prácticas de preservación, aprovechamiento sustentable y restauración necesarias para evitar la degradación del suelo y desequilibrios ecológicos”. Así mismo, En el artículo 104 se asigna a la SAGARPA la responsabilidad de prácticas de protección y restauración de suelos por actividades agropecuarias, así como los estudios de impacto ambiental para otorgamiento de licencias para cambios de usos del suelo.

Frente al tema de contaminación se plantea fomentar la investigación científica, el desarrollo tecnológico e innovación frente a los problemas de contaminación, será

responsabilidad de la secretaria controlar los procesos de contaminación del medio ambiente. Puntualmente frente a la problemática de la contaminación de los recursos hídricos por actividades agrícolas en el artículo 120 se asigna a regulación federal o local las descargas derivadas de las actividades agropecuarias, en los artículos 121, 122 y 123 se hace referencia a la prohibición de descargas de aguas residuales contaminadas en los cuerpos de agua, igualmente se mencionan (pero no se aclaran) normas para la descarga de aguas residuales industriales y agropecuarias. En este sentido, queda incompleta la regulación frente a la contaminación por descargas difusas generadas por la agricultura, así como las sanciones por este tipo de contaminación.

Programa de Apoyo a la infraestructura hidroagrícola 2018

Este programa tiene como objetivo: “Preservar y mejorar la infraestructura hidroagrícola además de ampliar la frontera agrícola en áreas de temporal tecnificado para contribuir a mantener la producción en la agricultura de riego y de temporal tecnificado”. Este programa tiene una cobertura nacional, además incluye distritos de temporal tecnificado en los estados de Campeche, Chiapas, Hidalgo, Nayarit, Oaxaca, Quintana Roo, San Luis Potosí, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán. Los apoyos se centran en rehabilitación y modernización de la infraestructura, maquinaria y equipo y asesoría técnica especializada. En este programa tampoco se hace referencia a la disminución de la contaminación por actividades agrícolas.

LEYES ESTATALES

Ley del Agua para el Estado de Jalisco y sus municipios

Esta ley fue decretada en 2007, dentro de los objetos de la ley, en su tercer apartado se encuentra la regulación del aprovechamiento del agua en actividades agropecuarias, por su parte, se confiere a la Comisión Estatal del Agua (organismo de coordinación de usos del agua en el Estado) las funciones de de asignación, de concesiones y permisos para dotar de agua potable asentamientos humanos y mejorar el riego agrícola. Se asigna a la Secretaría de Desarrollo Rural la coordinación de acciones para tecnificar el riego agrícola modernizando la infraestructura. En el título VI de la ley sobre tratamiento y disposición de aguas residuales, solamente en el artículo 86 se hace referencia al uso de aguas residuales tratadas que podrán ser aprovechadas para la agricultura. En el artículo 15 de la ley se hace referencia a que las personas que contaminen serán responsables del tratamiento de las aguas contaminadas, también se plantea la creación de distritos de control para combatir la contaminación del agua en Jalisco. No obstante, no se encuentran políticas, acciones o estrategias referentes a la disminución de la contaminación difusa.

Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente del Estado de Jalisco

Esta ley de cobertura estatal expedida en 1989 tiene por objeto “regular la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como la protección al ambiente”, de esta forma en su capítulo II *de la prevención y contaminación del agua y de los ecosistemas acuáticos*, en el artículo 78 menciona que las aguas residuales de tipo urbano, industrial o agropecuario deben recibir tratamiento previo a la descarga en ríos, cuencas, embalses, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua, incluyendo las aguas del subsuelo. En la ley se otorga autoridad y responsabilidad a la secretaría y gobiernos municipales de ayudar a las autoridades estatales al control de la contaminación por descargas derivadas de actividades agropecuarias, acuícolas y pesqueras, además de las infiltraciones de origen humano, industrial, agropecuario, acuícola o pesquero que afecten los mantos acuíferos. Por otra parte, otra fuente contaminante de acuíferos es producida por infiltración y escorrentía de plaguicidas, agroquímicos y pesticidas, en el artículo 86 de la ley se establece el control y regulación de su aplicación por medio de la promoción de acciones alternativas de fertilización orgánica. En este contexto, frente al tema de la contaminación de aguas solamente se mencionan la importancia de la prevención y control de la contaminación de aguas federales y se plantean algunas estrategias entre las que se encuentran la asignación de estímulos a particulares.

Ley de desarrollo rural sustentable del Estado de Jalisco

Esta ley estatal expedida en 2006 tiene por objeto “establecer las bases para lograr el desarrollo rural sustentable en el Estado de Jalisco y comprende a todos los sectores de la población que se relacionan con la vida rural”. En su título cuarto capítulo I *del fomento de las actividades agropecuarias* establece el impulso de las actividades económicas en el medio rural, además, se remarca la idea de conservación y mejoramiento de los suelos y demás recursos naturales. En el artículo 51 se hace referencia a la promoción de la reconversión productiva sustentable con el fin de aprovechar eficientemente los recursos naturales.

El apoyo económico a los productores rurales también se resalta, uno de los programas de apoyo se encuentran encaminados a la modernización de la infraestructura hidráulica para elevar los niveles de productividad y el uso eficiente del agua. Por último, en el capítulo III *de la sustentabilidad de la productividad rural* se resalta el fomento al uso adecuado del suelo, en el artículo 134 se propone que a quienes se “dediquen a las actividades agrícolas deberán seleccionar cultivos, técnicas y sistemas de manejo que favorezcan la integridad física, económica y biológica de la tierra, su capacidad de infiltración hídrica, el ahorro de agua y la protección de los acuíferos”. Es de resaltar que no se mencionan acciones

específicas o estrategias frente al tema de contaminación de los recursos hídricos por actividades agrícolas.

Programa Hídrico Visión 2030 del Estado de Jalisco

Este programa expedido en 2009 tiene como objeto el equilibrio “entre el acceso al agua, tanto en cantidad y calidad, como tener un estado en condiciones ecológicas adecuadas, sin comprometer el patrimonio de las generaciones futuras”. En cuanto al tema del uso de recursos hídricos para la agricultura, se encuentra el primer objetivo específico del plan: Mejorar la productividad del agua en el sector agrícola, a través del incremento sustancial de la eficiencia, particularmente en los distritos de riego. En este sentido, entre las estrategias adoptadas están: Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas en coordinación con usuarios y autoridades locales, Incentivar el intercambio de agua de primer uso por agua residual tratada, ampliar la frontera agrícola de riego y temporal tecnificado en zonas con disponibilidad de agua previo ordenamiento territorial. Por otra parte, aunque dentro del diagnóstico del programa se mencionan las principales responsables contaminantes de las fuentes hídricas en el estado, y se reconoce las actividades agroindustriales como generadoras, se hace énfasis en que no existen mediciones al respecto de volúmenes contaminantes ni niveles de concentración, además no se mencionan medidas de mitigación frente al fenómeno de contaminación difusa.

Plan Estatal de Desarrollo de Jalisco 2013 - 2033 - Programa sectorial de aguas y reservas hidrológicas

Este plan fue creado con visión a largo plazo, de este se derivan otros instrumentos que orientan el desarrollo del Estado a mediano y largo plazo. Los programas sectoriales abordan una materia determinada y fueron creados para ser ejecutados por diversas instituciones a los que le competen los temas sectoriales. De esta forma, el sub comité del agua por ejemplo está conformado por instituciones como: Secretaría de Planeación, Administración y Finanzas (Sepaf), Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (Semadet), Secretaría de Desarrollo Rural (Seder), Secretaría de Desarrollo Económico (Sedeco), Secretaría de Salud (SSJ) y Comisión Estatal del Agua (CEA), etc.

Según este programa, el uso agrícola es el primer consumidor de agua (70% del volumen total) en el Estado, y algunas prácticas lo hacen ineficiente como son una infraestructura de riego obsoleta, prácticas inadecuadas de riego, cultivos de alto consumo y estructuras de organización de usuarios incipientes. Se menciona que las principales corrientes del Estado muestran problemas importantes de contaminación asociados con la presencia de zonas industriales y zonas urbanas, al igual que los pozos profundos, que presentan concentraciones elevadas de residuos (Gobierno del Estado, 2013).

Dentro de las líneas de acción de este componentes se encuentra la reducción de la contaminación del agua con cinco estrategias diseñadas: Aumentar el porcentaje de aguas tratadas, reducir los desechos industriales que son vertidos sin tratamiento a las aguas, mejorar la infraestructura para el tratamiento del agua, promover la aplicación de tarifas a través de la creación de consejos tarifarios y aplicar las sanciones al incumplimiento de la normatividad en materia contaminación de los recursos hídricos (Gobierno del Estado, 2013).

Programa sectorial de Desarrollo sustentable

Este programa hace parte del proceso de planeación de la Secretaría de Planeación, Administración y Finanzas (Sepaf) y toma como base el Plan de Estatal de Desarrollo de Jalisco 2013 - 2033 y el Plan Nacional de Desarrollo 2013 - 2018. Jalisco es uno de los principales estados productores agrícolas, en 2012 ocupó el cuarto lugar en producción agrícola. Sin embargo, el sector agropecuario presenta varios problemas, entre los que se mencionan bajos niveles de ingresos, bajos niveles de productividad y deficientes canales de comercialización. Frente al segundo problema (bajos niveles de productividad) se explican por el acceso limitado a transferencia y aplicación de tecnologías, problemas de acceso a crédito, escasez de agua y degradación de los recursos naturales y mano de obra poco calificada. Por ello, se plantea como objetivo sectorial: Mejorar los niveles de productividad del sector agropecuario, generando estrategias como mejoramiento de niveles de tecnificación de la producción agropecuaria, uso de semillas mejoradas de origen nacional, uso de abonos orgánicos para el mejoramiento de la calidad de los suelos y diversificar la producción agrícola basada en cultivos rentables y el potencial productivo específico en cada ambiente agroecológico. En este programa sectorial están ausentes las acciones y estrategias encaminadas a disminuir y controlar la contaminación de los recursos hídricos por actividades agropecuarias.

REFLEXIONES FINALES... HACIA NUEVAS FORMAS DE GESTIÓN Y GOBERNANZA

Son múltiples las formas legislativas ambientales que se imponen en México en lo referente con el manejo y control de los recursos hídricos. El marco legal y las instituciones creadas para dicho efecto aún se encuentran desarticuladas, mientras en los planes de desarrollo se impulsa el aumento de la frontera agrícola y la mejora de la productividad, no se estima la capacidad de los recursos naturales ni se notan muchos esfuerzos para el control de su contaminación y degradación. El desconocimiento del potencial de los recursos naturales impide evaluar el impacto que las políticas que rigen las actividades económicas tienen sobre estos, por ello, se requiere de conocimientos locales en la formulación de estas políticas y programas que lleven a fomenta un desarrollo territorial sustentable.

A partir de la reforma al artículo 27 de la constitución se impulsan nuevas formas de administración de los recursos naturales, se plantea una mayor participación de los usuarios, sin embargo, esta participación se restringe y se vuelve instrumental (Pacheco - Vega & Basurto, 2008), ya que por un lado, los individuos toman el papel de clientes y compradores de los recursos naturales, por el otro lado, de legitimadores de decisiones tomadas por expertos y expresadas en políticas públicas (ibíd.). No obstante, se desarrolla un enfoque diferente desde la corriente del neoinstitucionalismo que promueve nuevas formulas de gobernanza en la gestión de los recursos naturales.

La auto organización y autogestión de los recursos se plantea como alternativa para la gestión, Ostrom (1990) (citada en Gomez & Guerrero, 2014) afirma que los propietarios de los recursos comunes en escalas pequeñas pueden comunicarse e interactuar, de esta forma van adquiriendo confianza y medirán sus acciones sobre los recursos, generando acciones de organización y beneficios para ellos. Cuando varios apropiadores dependen económicamente de un recurso se verán afectados colectivamente del daño que se produzca sobre este, de esta forma los individuos deberán evaluar sus acciones y elecciones generando lazos de interdependencia (Ostrom, 2000).

Las políticas de desarrollo rural son muy importantes para mejorar la calidad de vida de las poblaciones rurales, además para garantizar una buena parte de la provisión de alimentos en el país. Estas políticas, deben estar formuladas integralmente con el fin de que se involucren aspectos sociales, económicos y ambientales. Para ello, las instituciones encargadas del impulso del desarrollo rural y ambiental y actores locales involucrados deberían articular y coordinar acciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Aldama, Á. (2004). *El agua en México: Una crisis que no debe ser ignorada*. En: Marco A. Jacobo y Elsa Saborio, LA GESTIÓN DEL AGUA EN MÉXICO: Los retos para el desarrollo sustentable. Ed. Universidad Autónoma Metropolitana. México.

Comisión Nacional del Agua. 2018. Reglas de operación para el programa de apoyo para la infraestructura hidroagícola a cargo de la CONAGUA. Disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/286617/RO de Infraestructura Hidroagr cola 2018.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/286617/RO_de_Infraestructura_Hidroagricola_2018.pdf)

CONAGUA (2015). Programa Hídrico Estatal 2014-2018 del Estado de Jalisco. Secretaria del medio ambiente y recursos naturales. México, D.F.

CONAGUA (2016). Atlas del agua en México. Secretaria del medio ambiente y recursos naturales. México, D.F.

FAO (1997). *Capítulo 1. Contaminación agrícola de los recursos hídricos: Introducción*. En: FAO, Lucha contra la Contaminación Agrícola de los Recursos Hídricos. GEMS/Water Collaborating Centre Canadá Centre for Inland Waters Burlington, Canadá. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/W2598S/w2598s00.htm#Contents>

Gobierno de la Republica. Plan Nacional de Desarrollo 2013- 2018. Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5299465

Gobierno de la Republica. Programa Nacional Hídrico 2014 - 2018. Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5339732&fecha=08/04/2014

Gobierno de la Republica. Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Disponible en: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/148.pdf>

Gobierno del Estado. Ley del agua para el Estado de Jalisco y sus municipios. Disponible en: <https://info.jalisco.gob.mx/gobierno/documentos/9112>

Gobierno del Estado. Ley de Desarrollo Rural Sustentable del Estado de Jalisco. Disponible en: <https://info.jalisco.gob.mx/gobierno/documentos/2910>

Gobierno de Estado. Programa sectorial de aguas y reservas hidrológicas. Disponible en: <https://transparenciafiscal.jalisco.gob.mx/content/programa-sectorial-agua-y-reservas-hidrologicas>

Gobierno del Estado. Programa sectorial de Desarrollo sustentable. Disponible en:
<https://sepaf.jalisco.gob.mx/sites/sepaf.jalisco.gob.mx/files/programa-sectorial-desarrollo-rural-y-sustentable.pdf>

Gobierno del Estado. Programa Hídrico Visión 2030 del Estado de Jalisco. Disponible en:
<https://transparencia.info.jalisco.gob.mx/sites/default/files/Programa%20H%C3%ADrico%20Visi%C3%B3n%202030%20del%20Estado%20de%20Jalisco.pdf>

Gobierno del Estado. Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente del Estado de Jalisco.
<https://info.jalisco.gob.mx/gobierno/documentos/3089>

Gómez, F.; Guerrero, H.(2014). El análisis institucional en el campo de la gestión de los recursos naturales: Bienes comunes e instituciones. Economía y Sociedad, vol. XVIII, núm. 30, enero-junio, 2014, pp. 67-86. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, México. Disponible en:
<http://www.redalyc.org/html/510/51032370005/>

INEGI (2000). Estudio hidrológico del Estado de Jalisco. Aguascalientes. México.

Ostrom, E. (2000). El gobierno de los bienes comunes. La evolución de las instituciones de acción colectiva. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria. México, D.F

Pacheco - Vega, R. & Basurto, F. (2008). Instituciones en el saneamiento de aguas residuales: reglas formales e informales en el Consejo de Cuenca Lerma-Chapala. Universidad Nacional Autónoma de México-Instituto de Investigaciones Sociales. *Revista Mexicana de Sociología* 70, núm. 1 (enero-marzo, 2008): 87-109. México, D. F. ISSN: 0188-2503/08/06901-03. Disponible en:
<https://dialnet.unirioja.es/ejemplar/195899>

Pérez Calderón, Jesús, La política ambiental en México: Gestión e instrumentos económicos. El Cotidiano [en línea] 2010, (Julio-Agosto) : [Fecha de consulta: 17 de agosto de 2018] Disponible en:
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=32513882011> ISSN 0186-1840

Sánchez, M.; Casado, J., Veridnelli, G. (S/F) La política de ordenamiento territorial en México: De la teoría a la práctica. Reflexiones sobre sus avances y retos a futuro. Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/699/politica.pdf>

5

Ponencia en extenso

Raúl Romo Viramontes

La vulnerabilidad sociodemográfica ante eventos hidrometeorológicos de los municipios de México, 2015

Secretaría General del Consejo Nacional de Población
Ciudad de México, México

Existen distintos enfoques para el análisis de la vulnerabilidad de la población. El abordado en esta investigación es el de la identificación de las características sociodemográficas que están relacionadas con las mayores probabilidades de sufrir daños ante la ocurrencia de un fenómeno natural potencialmente desastroso. Dicha identificación no fue tarea trivial, primeramente por la diversidad de circunstancias climáticas, territoriales, demográficas, sociales, económicas y políticas del país; en segundo lugar, por los diferentes fenómenos hidrometeorológicos que pueden ocurrir y que son potencialmente peligrosos.

Las características sociodemográficas influyen en los impactos diferenciados en la población, e incluso en que los efectos no resulten directamente de la magnitud de los eventos naturales peligrosos. Por su parte, en el territorio nacional ocurren diversos fenómenos: desde la abundancia o la ausencia de precipitaciones, los cambios en el régimen de lluvias, los eventos severos, convectivos, los huracanes, los vinculados con la temperatura; además, desencadenan otros potencialmente desastrosos, como los deslaves en laderas, las inundaciones, hundimientos, etcétera, cuya magnitud e intensidad está asociada con los patrones de poblamiento y del medio construido.

Con el marco conceptual utilizado, los elementos que en mayor medida explican la vulnerabilidad sociodemográfica ante eventos hidrometeorológicos son los relacionados con la exposición ante amenazas, seguidos de la falta de capacidades y la inhabilidad de las personas para enfrentarlos o gestionarlos. Los resultados del Índice de Vulnerabilidad Sociodemográfica ante Fenómenos Hidrometeorológicos (IVSH) muestran que casi la mitad de las demarcaciones municipales existentes en 2015 era alta y muy altamente vulnerable.

Los municipios con muy alto IVSH coinciden en lo general con las regiones tradicionales de marginación, esto es, el sur y sureste del país. En lo particular existen sutiles diferencias, dado que Oaxaca concentró 65 por ciento de las demarcaciones municipales con muy alta vulnerabilidad, Chiapas, 11.3, y Guerrero, 8.0. También destacan otras aglomeraciones de municipios con muy alta vulnerabilidad, en el norte, en la Sierra Tarahumara en Chihuahua, y al occidente del país, en el norte del estado de Jalisco (en la zona en que se asientan los Wixárikas), oeste de Nayarit (Coras y Wixárikas) y sur de Durango.

Es importante resaltar que solo cinco demarcaciones con muy alto IVSH forman parte del Sistema Urbano Nacional (una conurbación y cuatro centros urbanos), en consecuencia, la vulnerabilidad ante eventos hidrometeorológicos se concentró en las áreas menos urbanizadas del país.

La cantidad de municipios que involucran una muy alta y alta vulnerabilidad denota lo imperativo del análisis del riesgo y de la ejecución de medidas de adaptación, mitigación y preparación. Debido a que la planeación del desarrollo es

una competencia municipal y la GIR es un aspecto crucial de este tema, lo ideal sería que fueran estas administraciones quienes inicialmente tomaran cartas en el asunto de la prevención del riesgo, considerando que la reducción de la vulnerabilidad de la población es una acción para ello. Sin embargo, es muy probable que las demarcaciones con muy alta vulnerabilidad sociodemográfica también tengan instituciones públicas débiles y presupuestos escasos, haciendo de la GIR un desafío aún más grande.

Desde la perspectiva sociodemográfica, la exposición se encuentra conectada con las condiciones materiales de vida y la ubicación geográfica de las personas, al igual que con la escolaridad, la cuestión étnica y la dependencia demográfica, por lo que éstos son factores que deben atenderse.

En tal sentido, como indicadores de “inhabilidad” se eligieron características que reflejan dependencia de otros miembros de la familia, la vivienda o la comunidad. También se incluyeron algunos vinculados con las responsabilidades asumidas, las que, por decirlo de alguna manera, alteran el curso de vida normal o esperable de las personas (jefes de familia a temprana o mayor edad) o la repartición de los trabajos para enfrentar las amenazas del ambiente (realización de tareas de preparación o reconstrucción, obtención de ingresos para la recuperación).

La dependencia demográfica incide en la toma de decisiones, expresa una especie de carga que orienta el uso y acumulación de los recursos familiares y en algunos casos, asigna responsabilidades para las cuales las personas no se encuentran preparadas (ni física ni emocionalmente) o no se tiene experiencia o recursos, con lo que impacta en la Gestión Integral del Riesgo (GIR).

La categoría “incapacidad de gestión” engloba indicadores que reflejan el acceso, la interpretación o el entendimiento, el conocimiento o información en materia de riesgos. Estas características constituyen un antecedente para la GIR en sus distintas etapas, por ejemplo, en lo relativo a las percepciones o creencias (resultado del conocimiento, desconocimiento, creencias populares o tradicionales), que pueden llevar a rechazar o negar el peligro, a sobre o subestimarlos.

También se incluyeron características que influyen en el agotamiento de recursos monetarios, financieros, capital social y a nivel individual en las actitudes o valoración de las circunstancias, lo que impacta sobre la organización y la participación, y con ello en el ejercicio de la ciudadanía, la gobernanza, la corresponsabilidad y la gestión del riesgo. Por su parte, en el rubro de exposición se consideraron indicadores del contexto físico en el que viven las personas y que pueden condicionar los efectos de los fenómenos climáticos, al igual que la atención de las emergencias; desde la perspectiva sociodemográfica se alude principalmente a los materiales y características de la vivienda, aunque éstas deben ser analizadas en el contexto de la presencia de amenazas y ubicación riesgosa.

La exposición no depende solo de la presencia o la intensidad de los fenómenos (naturales) perturbadores, otros elementos condicionan su incremento de manera global, es un proceso incidente que a su vez se enmarca en condiciones de profunda desigualdad es la expansión urbana, siendo resultado de

la (inexistencia, limitaciones o no implementación de la) planificación de las ciudades y el ordenamiento territorial.

Debido a este proceso, miles de personas han ubicado en espacios peligrosos, los cuales no solo son los periféricos, sino también se encuentran en áreas centrales de las ciudades, donde la exposición puede ser resultado de la invisibilización de las amenazas a consecuencia de que los hitos naturales que las revelaban fueron borrados del espacio urbano (redes de escurrimientos superficiales, cuevas, barrancas, fracturas y fallas geológicas, cárcavas, zonas de anegamiento, etcétera). Todo ello aunado a la infraestructura urbana aumenta la presencia de amenazas y la exposición (de la población y el medio construido). Desde esta perspectiva, la gestión del riesgo, así como la adaptación y la mitigación del cambio climático también son cuestiones de planeación urbana. En un nivel más general, la existencia del riesgo es una cuestión vinculada directamente con el desarrollo.

El desconocimiento de las amenazas o peligrosas otra de las formas en que la población puede incrementar su exposición. Las percepciones (del riesgo, amenazas) tienen efectos similares sobre la vulnerabilidad, sin embargo, su complejidad reside en que podrían no desencadenar acciones (cuando no es percibido el peligro, por ejemplo, al localizarse cerca de un río o en laderas, dada la belleza de las condiciones escénicas) o acciones desmedidas si se percibe un hecho inminente o que ponga en peligro la vida de las personas. De los aspectos de la vulnerabilidad la cuestión de las percepciones es uno de los más difíciles de cuantificar, en particular con los instrumentos de recopilación de información tradicionales, como censos y encuestas.

La gran diversidad climática de México es otro factor a considerar en la vulnerabilidad ante fenómenos hidrometeorológicos, dada la ubicación del país en la zona intertropical y templada, puesto que favorece la presencia de diversas amenazas, lo que es particularmente importante en las escalas regional y local. Esta ubicación hace que, de manera general, el sur del país sea más lluvioso, en tanto que el norte es más seco, lo que no quiere decir que en las zonas templadas la cuestión de las lluvias no sea una amenaza, puesto que más bien dependerá del régimen de precipitaciones, la ocurrencia de fenómenos poco usuales, los cambios en los patrones, dado el proceso de cambio climático y la cuestión del poblamiento. Sin embargo, estas peculiaridades deben ser analizadas a escalas territoriales muy desagregadas, y en el marco del Sistema Nacional de Planeación y del Sistema Nacional de Protección Civil.

Para fortalecer las capacidades son necesarias acciones de distinta escala y alcance, a fin de atender problemáticas vinculadas con el desarrollo (abatimiento de la desocupación, lo que se encadenaría con el acceso a servicios de salud y las mejoras en la vivienda), al igual que con el control de la expansión urbana, la accesibilidad y, en general, de los patrones de poblamiento y uso del territorio.

El incremento de las habilidades, por su parte, hace posible enfatizar la importancia de la cultura y planeación demográfica para la reducción de la vulnerabilidad ante fenómenos hidrometeorológicos (tanto en la población, como en las instituciones y organizaciones sociales), pues las decisiones que los individuos toman para unirse, procrear, capacitarse, tienen impacto y modifican su proyecto de vida, sometiéndolos en algunas ocasiones a presiones o a afrontar

responsabilidades para las que no se está preparado, lo que repercute en la GIR. Tanto en la construcción de capacidades, como de habilidades es indispensable la participación y la organización social, por lo que podrían aprovecharse las experiencias de las organizaciones de la sociedad civil.

Estos fenómenos tienen impacto en la organización y la participación social y, con ello, en el ejercicio de la ciudadanía. Asimismo, el control de la expansión urbana y del poblamiento necesita un marco normativo e institucional fuerte y procesos de planificación transparente y consensuada, lo que en la actualidad constituye un reto, dadas las condiciones prevalecientes. Pese a que podría debatirse sobre si son de la jerarquía de los municipios, lo cierto es que en México sí tienen atribuciones en la materia, no obstante que la reducción de la vulnerabilidad desde este componente se vincula con la planificación local estratégica, rubro en el que existe un extenso campo para la innovación y la elección de alternativas a nivel local.

6

ESCUELA SUPERIOR DE ADMINISTRACIÓN PÚBLICA La Gestión Territorial En Las Áreas Protegidas De La Bio-Región Páramo De Sumapaz Análisis desde las Territorialidades y las Ontologías Relacionales

CONFLICTIVIDADES A PARTIR DE LA GESTIÓN TERRITORIAL ESTATAL EN LA BIO-REGIÓN DEL SUMAPAZ. CUNDINAMARCA, COLOMBIA.

Jhon Jairo Alvarado Reyes, Myriam Alejandr Morales Albarracin,
Karim Lorena Ramírez Parra

Resumen

La conservación del medio ambiente emerge como una necesidad para postergar la vida en la tierra, diferentes pactos y tratados internacionales sobre la materia han intentado aunar esfuerzos en procura de la protección ambiental, tales directrices logran que los Estados adecuen sus ordenamientos jurídicos, generando una serie de figuras en torno a la protección ambiental. Infortunadamente las restricciones que dichas figuras introducen en los territorios omiten algunas de las dinámicas y conflictividades que se gestan ante la directriz de conservación in situ. Tal situación cobra especial relevancia en Estados como el colombiano, puesto que parte importante de la configuración territorial obedece al conflicto armado interno.

De este modo, los campesinos y otros grupos poblacionales han terminado asentándose en lugares con un alto valor estratégico para la conservación ambiental en perjuicio de la política de conservación nacional. En ese sentido, el páramo de Sumapaz adquiere protagonismo por su relevancia en términos ecológicos y las violencias a las que se ha visto sometido ante el conflicto armado colombiano.

Bajo este contexto el presente trabajo tiene por objeto, develar las conflictividades entre el Estado Colombiano y población respecto a la gestión territorial de la Bioregión del Páramo de Sumapaz, en el marco del cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. En ese sentido, se examinará la dualidad entre las formas de intervención del territorio que propenden a la conciliación en términos del ordenamiento ambiental y la necesidad mundial de la conservación ambiental en términos estrictos.

Palabras clave:

Áreas protegidas, gestión territorial, ordenamiento territorial, campesinos, conflictos ambientales, Sumapaz, ontologías relacionales.

INTRODUCCIÓN

El territorio colombiano cuenta con una extensión importante de ecosistemas considerados mega diversos ecológica y culturalmente, dentro de los cuales se encuentran los páramos, considerados por la FAO como las fábricas de agua del planeta y con una importante diversidad biológica (Avellaneda Torres, Torres Rojas, & Enrique

León Sicard, 2015). A partir de la ley 165 de 1994 se ratifica el Convenio de Diversidad Biológica, por lo cual se establece que existen dos formas de conservación la *ex situ* y la *in situ*, entendiendo la primera como aquella serie de prácticas en las que las especies son llevadas fuera de su hábitat para ser protegidas atendiendo a condiciones que propicien su preservación. Por su parte la conservación *in situ* hace referencia a la conservación de las especies y áreas sin el traslado de las mismas; de este modo se generan una serie de restricciones de uso en miras a “mantener ecosistemas naturales operativos que actúen como refugios para las especies y procesos ecológicos que desaparecerían en entornos terrestres y marítimos con un mayor nivel de intervención” (Dudley, 2008 como cita Pérez Garcés, Zárate Yepes, & Turbay Ceballos, 2011).

A pesar de esta serie de estrategias que han venido desarrollándose respecto a la conservación *in situ*, es necesario resaltar que se han desconocido una serie de elementos importantes referidos a las particularidades del territorio; la existencia de otros tipos de saberes y prácticas por parte de las poblaciones rurales que ahora ven restringido su accionar en estas zonas. Se establece por tanto un conflicto entre los usos ancestrales y las restricciones propias de las figuras de protección ambiental (Pérez Garcés et al., 2011).

Respecto a la contraposición generada bajo esta dinámica debe entenderse que los conflictos generados entre el ser humano y la naturaleza se categorizan como conflictos ambientales o socio-ambientales. Por lo cual se tendrá en cuenta la siguiente conceptualización:

“(...)los conflictos ambientales se suscitan entre actores de una localidad por intereses contrapuestos en torno al impacto ambiental o las externalidades de una determinada actividad o proyecto (Sabatini, 1997). Tales conflictos entonces pueden ser la incidencia social de la contaminación, el reparto de los riesgos ambientales inciertos, la pérdida de acceso a recursos y servicios ambientales (...) sobre un telón de fondo de deterioro físico y crisis de los recursos (Martínez, 2001)”. (Como se cita en Pérez Garcés et al., 2011, p. 93)

Así mismo debe tenerse en cuenta el abordaje de Gudynas en que debe entenderse el conflicto ambiental como aquellas “confrontaciones que ocurren en el espacio público, entre actores colectivos organizados, que mantienen diferentes percepciones, valores o perspectivas sobre el ambiente” (2005, como se cita en Pérez Garcés et al., 2011, p. 93). Para este caso se hablaría de la divergencia entre los intereses y perspectivas ambientales del Estado colombiano frente a los intereses de los campesinos y demás comunidades que habitan en áreas protegidas.

Teniendo en cuenta lo anterior, se realizará en primera medida una breve aproximación teórica a través de la cual se desarrollen los conceptos nodales. En segunda instancia se efectuará una contextualización referida a los estudios de caso de los conflictos ambiental generados entre la población y el Estado tras la intervención de este último a partir de los lineamientos de conservación *in situ*. Posteriormente, se abordará la problemática surgidas específicamente en la bioregión del área protegida del

páramo de Sumapaz, entendiendo sus particularidades en términos de extensión territorial y territorialidades.

CONCEPTOS NODALES

En este segmento del artículo se pretende abordar una serie de conceptos y construcciones teóricas necesarias para comprender el problema que planteamos. Todo ello para contar con un insumo teórico fuerte que sustenta nuestra hipótesis.

Áreas protegidas.

Son diversas las acepciones que se ciernen en torno al concepto de Áreas Protegidas (AP), todo ello dependiendo la naturaleza jurídica y el sentir, que le asigne cada Estado a la hora de ser aplicada en su territorio, sin embargo, existen organismos internacionales como la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, (UICN) quien afirma que un AP, es: “Un área de tierra y/o mar especialmente dedicada a la protección y mantenimiento de la biodiversidad biológica y de recursos naturales y culturales asociados, manejados a través de medios legales u otros medios efectivos”(p.12).

De esa forma, las primeras AP, se crean bajo la figura de Parque Nacional Natural, esto en 1870, con la designación del Parque Yellowstone en los Estados Unidos y el Parque Nacional Royal en Australia (Jefferry, 2004)

Pero con el paso de los años va cambiando la concepción inicial de las AP, y en concreto de los “parques” Nacionales Naturales, pues “originalmente los parques nacionales fueron designados para propósitos recreativos (...) Más tarde, los conservacionistas empezaron a reconocer el valor intrínseco de las áreas protegidas y hubo un interés en preservarlas para proteger la vida silvestre.”(Scalon, 2004, p.49)

Todo ello hasta llegar a la definición que acogimos inicialmente, haciendo la salvedad que son múltiples sus matices, ya que cada Estado establecía su propia forma de aplicar y dimensionar las AP, que como lo veremos más adelante, el Estado colombiano tiene una forma de dimensionar y aplicar las AP.

Ordenamiento ambiental territorial.

Es innegable la estrecha y casi inescindible relación e influencias entre el ordenamiento ambiental y el ordenamiento territorial, por lo cual no deben entenderse como dos conceptos aislados. Es por lo anterior que, para entender el concepto de ordenamiento ambiental territorial, necesariamente debemos entender lo que es el ordenamiento territorial, y para comprender este último se requiere también comprender lo que en la actualidad se define como territorio.

Hacia un concepto de territorio.

Sin duda alguna, el concepto de territorio ha sido ampliamente discutido por geógrafos, filósofos y sociólogos; sin embargo, no es nuestro propósito abordar de manera profunda tales estudios, por lo cual, nos limitaremos al estudio básico de su definición, que nos dé suficientes luces para comprender el ordenamiento territorial *ergo* el ordenamiento ambiental territorial.

Desde nuestra perspectiva, un concepto que se adapta a nuestra temática es el esbozado por el profesor flórez (2016), quien afirma que el territorio es “una construcción histórica y social, ubicada temporal y espacialmente, y que sintetiza las relaciones del metabolismo sociedad-naturaleza, las relaciones de poder y las dinámicas simbólicas en espacios ocupados por colectivos humanos específicos” (p.3). Por otra parte, el territorio entendido como una construcción social, donde como lo afirma Gómez y Hadad (2007), “El territorio debe ser pensado como la manifestación objetivada de una determinada configuración social, no exenta de conflictos que involucran a una diversidad de actores que comparte el espacio” (p.8)

Tal concepción es importante para dilucidar el concepto de ordenamiento territorial, pues en su sentido abarca una serie de aspecto que debe tenerse en cuenta para ordenar el territorio, ya que como lo veíamos, este no es simplemente la porción física a ordenar, sino que abarca el entramado social, político y juego de poderes que se cierne en torno a este.

Por último y como insumo a lo que nuestra temática respecta, debemos decir que una de las aportaciones relevantes de la nueva concepción de los procesos socio-ambientales es la idea de concebir al territorio como recurso y factor de desarrollo y no solo como soporte físico para las actividades y los procesos económicos (Troitiño, 2006). En función de que en la nueva visión el desarrollo sustentable de una región implica una creciente conciencia ecológica y de responsabilidad colectiva de respeto al medio ambiente (Boisier, 1992), el ordenamiento ecológico del territorio puede jugar un papel estratégico.

Ordenamiento territorial

El ordenamiento territorial es una construcción conceptual y práctica básica, que desde tiempos remotos ha ocupado la agenda de los gobernantes y la ciudadanía en general, pues representa un instrumento de control sobre el territorio para orientar un determinado modelo de desarrollo (Hernandez, 2010) y sin duda la orientación de las practicas cotidianas al interior de un Estado

Como ya se mencionaba, la preocupación por la organización territorial no es nueva, pues va ligada a la presencia de seres humanos en la tierra, pues tal como lo relataba Strauss (1997), al referirse a la concepción indígena respecto de la ordenación del territorio, según la cual cada cosa ha estado estratégicamente ubicada en el territorio con independencia de la existencia de seres sobre la misma. Así pues, conforme lo relata Herrera (2002), el ordenamiento territorial también ha sido un elemento de control al afirmar que los españoles utilizaron estructuras de ordenación territorial para dominar sus

colonias y así afianzar su poder político, convirtiéndose así, en una política estratégica de subyugación de los grupos indígenas.

Pero no solamente funge como un elemento de control, sino que es aquel instrumento que posibilita la planificación de un Estado, no solamente frente al enfoque de desarrollo que adopte sino, a la armonía social que se genere en su interior. Es así como la Carta Europea de Ordenación del Territorio (1983) nos brinda, quizá una de las acepciones sobre ordenamiento territorial más completas, al aducir que este se define como:

“la expresión espacial de las políticas económicas, sociales, culturales y ecológicas de la sociedad. Es a la vez una disciplina científica, una técnica administrativa y una política concebida como un enfoque interdisciplinario y global, cuyo objetivo es un desarrollo equilibrado de las regiones y la organización física del espacio según un concepto rector”. (p.5)

Por otra parte, y a pesar de no ser objeto de este segmento el análisis normativo de cómo está compuesto el ordenamiento territorial en Colombia, traemos a colación, el concepto que introduce la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial en Colombia, la cual aduce que este es

“un instrumento de planificación y de gestión de las entidades territoriales y un proceso de construcción colectiva de país, que se da de manera progresiva, gradual y flexible, con responsabilidad fiscal, tendiente a lograr una adecuada organización político-administrativa del Estado en el territorio, para facilitar el desarrollo institucional, el fortalecimiento de la identidad cultural y el desarrollo territorial (...)” (ley 1454, 2011. Art 3).

Así pues y tal como lo describe Granada (2012), el OT constituye un proceso que involucra un conjunto coherente de políticas, líneas de acción, medios instrumentales y proyectos que buscan actuar sobre la organización espacial para configurar, en el largo plazo, una estructura del territorio que integre de manera armoniosa y gradual los componentes de población, recursos naturales e infraestructura dentro del contexto del desarrollo humano sostenible y el equilibrio entre los procesos de desarrollo endógeno y exógeno.

De esa forma, es necesario decir que el OT, encara dos procesos complementarios, por un lado, un proceso político, en la medida en que involucra la participación y toma de decisiones de diferentes actores tanto políticos, económicos, como sociales y culturales; y a su vez implica un proceso técnico administrativo pues la planificación del territorio debe tener un rigor científico que lo haga preciso y lo aleje de la improvisación (Sánchez, 2008).

Ahora bien, que implicaciones tiene la ordenación del medio ambiente y los recursos naturales en un territorio, en la configuración de la ordenación territorial en general, a sabiendas que el medio ambiente no solo es propósito del OT, sino que es sustento del mismo. Es por lo anterior que emergen desde la doctrina, conceptos como el ordenamiento ambiental territorial, u otros como el ordenamiento ecológico territorial, los cuales desarrollaremos a continuación.

Ordenamiento ambiental territorial

Si bien es cierto, no se encuentra desarrollado un concepto claro, amplio e integro de lo que es el ordenamiento ambiental territorial, sin embargo, analizaremos algunos planteamientos respecto a este para finalmente dar nuestro concepto.

Desde algunas posturas, el Plan de Ordenamiento Ambiental Territorial (POAT), que existe en Estados como el uruguayo, es el instrumento que da la base científica, y técnica para impulsar el desarrollo integral, bajo principios como equidad, sostenibilidad y competitividad, entre otros. Asu vez es una herramienta de gestión que fundamenta las políticas, los objetivos y las estrategias de desarrollo. (Granada 2012)

Según el autor precitado, el OAT, también permite distribuir las actividades en de forma sustentable en el territorio, lo cual quiere decir que permite “la incorporación de componentes endógenos compatible con las condiciones ambientales del territorio, las aspiraciones sociales, y la manutención de niveles de productividad crecientes en las actividades económicas” (Granada, 2012, p.8). Esto quiere decir que es el instrumento que permite conciliar las visiones productivas de los territorios con los esquemas de conservación ambiental y que a su vez implica la distribución de la actividad humana de forma sustentable en el territorio.

Otros autores como Pastorino (2003), teoriza frente a la necesidad de vincular los criterios de sostenibilidad y medio ambiente al ordenamiento territorial, aduciendo que siempre se requerirá conocer los datos ambientales básicos para cualquier toma de decisión sobre el espacio a administrar por cualquier autoridad, siendo este uno de los antecedentes teóricos que hallamos frente al OAT.

Con baso en lo anterior podemos definir al OAT, como un instrumento de ordenación del territorio que, basados en principios ambientales, económicos y de administración pública, pretende ordenar el territorio en torno, no solo a la conservación ambiental sino a los requerimientos de las necesidades humanas.

Por último, debemos decir que, en Colombia, no existe normativa estrictamente referida al OAT, y tampoco se hace referencia expresa en la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial a esta materia, lo cual es insumo base para sostener que en Colombia no existe una política de planificación ambiental que sea la base de un OAT.

Ordenamiento Ecológico Territorial

Adhiriéndose en mejor medida a nuestro planteamiento hipotético, traemos a colación el concepto de Ordenamiento Ecológico Territorial (OET), cuya construcción responde a la necesidad de conciliar las visiones de productividad agraria y la de conservación ambiental, estando ligado a la perspectiva territorial del desarrollo rural sustentable. A diferencia del Ordenamiento Ambiental Territorial el OET no abarca todas las relaciones naturaleza, territorio y desarrollo.

Negrete y Bocco (2003), señalan que el ordenamiento ecológico es un instrumento de la política ambiental diseñado para caracterizar, diagnosticar y proponer formas de utilización del territorio y de sus recursos naturales, bajo el enfoque de uso racional, diversificado y participativo.

El SEDUMA (2010), esboza otra definición para el OET, aduce, que es un:

“ instrumento de política ambiental cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos” (p.1)

Dentro de los diversos principios que componen el OET, y que analizamos por la relevancia para este estudio es el de Participación, el cual es “un elemento indispensable del proceso de ordenamiento, pues es un recurso que otorga legitimidad y propicia viabilidad en su aplicación, al fortalecer el reconocimiento e importancia del punto de vista de los actores locales” (García et al, 2016, p.7).

Así pues, podemos observar la profundidad que implica los conceptos de territorio, ordenamiento territorial y ordenamiento ambiental territorial con todos sus matices y planteamientos que se subsumen en los mismos, que sin se desarrollaran en páginas posteriores e irán estrictamente ligados a los planteamientos y propósitos de este artículo.

APROXIMACIÓN AL ABORDAJE ACADÉMICO DE CONFLICTO AMBIENTAL EN ÁREAS PROTEGIDAS DE COLOMBIA

Existe una amplia variedad en las categorías que pudieran construirse a partir del proceso de revisión bibliográfica, se pueden observar algunos estudios de casos que van desde el análisis del conflicto ambiental en un área específica de protección, el abordaje de un ecosistema que comprende múltiples áreas protegidas. De otra parte, el conflicto ambiental desde la confrontación entre los derechos humanos y la conservación; no obstante se consolidaron **cuatro categorías**, respecto al conflicto ambiental en áreas protegidas que serán expuestas a continuación.

De la gestión territorial en áreas protegidas, alternativas y evaluación

Desde el Instituto de Estudios Ambientales (IDEA) de la Universidad Nacional de Colombia se analizan dos alternativas que aplicadas al conflicto ambiental entre los usos productivos del suelo y las normativas ambientales vigentes en el marco del ecosistema de páramo. Estas alternativas corresponden:

“(…)la primera a la concesión de servicios ecoturísticos en los parques naturales y la compra de tierras por parte de sociedades de economía mixta. La segunda plantea el abandono de las actividades productivas de los agricultores, mediado por procesos educativos o de cumplimiento de las normas ambientales vigentes, so pena de enfrentar acciones punitivas por parte del Estado.(Avellaneda Torres et al., 2015, p. 1)

Al evaluar la alternativa referida a la concesión de los servicios ecoturísticos se observa que:

“Las concesiones se han propuesto, entre otras cosas, como un aporte a la sostenibilidad económica de las respectivas instituciones ambientales y como una

alternativa ante la ineficiencia del sistema de operaciones de la Unidad Administrativa Especial de Parques Nacionales (UAESPNN), pues se ha dicho que ella no tiene vocación para ser un buen hotelero y operador de las diversas actividades ecoturísticas, las cuales requieren de servicios altamente especializados y de la construcción y mantenimiento de infraestructura, actividades que demandan altas inversiones.” (Avellaneda Torres et al., 2015, p. 7).

En lo que se refiera a la compra de tierras por parte de sociedades de economía mixta, también existen críticas debido a que este tipo de sociedades no solo compran a bajo precio las tierras a los campesinos, sino también, terminan privatizando los recursos con motivo de los intereses de estas sociedades que propenden a disminuir la participación del Estado en términos accionarios (Avellaneda Torres et al., 2015). Estas dos medidas atienden al enfoque en que se separa el hombre y la naturaleza y su intervención se genera en términos de monetarización de la naturaleza, en la que se le asignan a estas valores económicos y se toman funciones concernientes a ella en función del crecimiento económico; no obstante se evidencian críticas desde la economía ecológica en que se aborda la existencia de intangibles naturales que no son monetarizados. (Avellaneda Torres et al., 2015).

La segunda alternativa “protección de la naturaleza exigiendo el cumplimiento de la norma” resuelve como estrategia la generación de herramientas en las que se concientice a los habitantes de parar sus actividades en dichas zonas dada su relevancia en conservación. Así mismo se establecen instrumentos punitivos como castigo ante el incumplimiento. El análisis proferido por los autores da cuenta de la existencia de una figura denominada “policía de la conservación” en la que no se brindan alternativas para atender ni las causas, ni consecuencias del conflicto ambiental (2015); razón por la cual tal alternativa se considera insuficiente. La alternativa da cuenta del intento por materializar la corriente del “culto a lo silvestre”, centrado desde la ecología superficial que no parten de causas en términos culturales, económicos, tecnológico y simbólico, sino, en la mera preocupación por la contaminación y escasez de recursos (Avellaneda Torres et al., 2015).

Para finalizar, los miembros del IDEA plantean una tercera alternativa conformada por algunos de los elementos de las dos alternativas analizadas desde una perspectiva crítica. Así pues, surgen las siguientes alternativas:

“1. Implementación de planes de manejo comunitario con tiempo y financiación estatal pertinente (...) 2. Transformación progresiva de los actuales modelos agrícolas aplicados al interior de las áreas protegidas por aquellos que se enmarquen en modelos agroecológicos y en el rescate de memoria biocultural, los saberes propios y la herencia cultural paramuna. 3. Generación de cambios en estructura agraria que permitan mayor acceso a tierras fértiles por parte de campesinos pobres, para promover la concordancia entre el uso efectivo y el uso potencial del suelo.”(Avellaneda Torres et al., 2015, p. 20).

Por otra parte, desde la Universidad de Medellín Díaz tiene como objeto encontrar las falencias y contradicciones entre los derechos fundamentales de las comunidades y

las leyes referidas a la conservación que vulneran tales. En ese sentido, se generan algunas dicotomías, la primera:

Las actividades que se prohíben en el decreto 622 hacen pensar que el supuesto del cual parten las regulaciones en áreas protegidas es la no presencia de comunidades o particulares dentro de las áreas del Sistema. Este ideal plantea el saneamiento predial como primera estrategia de manejo de los conflictos derivados de la coexistencia de derechos de propiedad en su interior o en su área de influencia más cercana. Dicha estrategia puede desarrollarse a través de la compra de los predios, pago de mejoras en restitución por ocupación de buena fe, restitución obligada en ocupación ilegal y expropiación con indemnización cuando no es posible acuerdo de compra. Pero el saneamiento predial sigue siendo un ideal, dada su difícil concreción debido, por un lado, a la falta de presupuesto para compras y pago de mejoras o indemnizaciones, y por otro, a la tardanza en adelantar los procedimientos de clarificación de la propiedad del Estado(...). (Díaz, 2008, p. 66)

La segunda dicotomía parte de los derechos especiales brindados a comunidades vulnerables:

“Las normas de protección del área protegida entran en conflicto con las comunidades afrodescendientes asentadas en su área de influencia y las acciones desarrolladas hasta la fecha han puesto en riesgo el cumplimiento del precepto legal que a través de la ley 70 de de 1993 exige a las autoridades ambientales equilibrar su deber institucional con el respeto a los derechos fundamentales de estas comunidades.”(Díaz, 2008, pp. 66–67)

La tercera dicotomía data de la imposibilidad de vender terrenos ubicados en áreas protegidas, es decir:

“La ley pone en condiciones de ilegalidad los negocios jurídicos de venta de terrenos ubicados en áreas protegidas a particulares, pues según la jurisprudencia al respecto (sentencia C189 de 2006 Corte Constitucional) el primer obligado a comprar y finalmente el único habilitado para hacerlo es el Estado. Pero si bien no puede vender a un particular, tampoco se concreta la venta al Estado pues generalmente sus ofertas de venta no encuentran respuesta. Así las cosas, el propietario debe permanecer en el área soportando las limitaciones a su derecho de dominio a más de la posibilidad de ser sancionado al transgredir las prohibiciones que recaen sobre actividades en una propiedad donde incluso los derechos de libre locomoción y siembra de pancoger están limitados.”(Díaz, 2008, p. 67)

La cuarta referida a la dificultad de la UAESPNN en los siguientes términos:

“La Unidad de Parques UAESPNN se mueve en una dicotomía al tener que dar cumplimiento a la normativa prohibitiva, restrictiva y sancionatoria que marca el decreto 622 de 1977 para la protección de las áreas y al mismo tiempo dar viabilidad a la política de participación social en la conservación como estrategia de manejo de las áreas que presentan problemáticas de ocupación, pues cuando se habla de ocupantes no se habla de individuos aislados sino de amplios grupos

de campesinos y colonos (...) que dependen para su subsistencia de la explotación que por largo tiempo han realizado.”(Díaz, 2008, p. 67)

Finalmente, la autora concluye que se dificulta al priorizar una norma sobre otra, por ello debe haber una revisión de la legislatura ambiental, con el objetivo de que sus determinaciones:

“no entren en contradicción con las realidades actuales de las áreas, pues lo rígido, y en ocasiones obsoleto de sus prohibiciones restan, más que sumar, a la búsqueda de salidas conciliadas a los conflictos ambientales, salidas que más que legales deben propender también por ser justas.”(Díaz, 2008, p. 68)

Por su parte el Laboratorio de Agricultura Tropical y Subtropical y Etnobotánica, Universidad de Ghent realiza otro tipo de aproximación del conflicto ambiental en áreas protegidas en Colombia. En este se analiza el esquema de cogestión entre públicos y privados de áreas protegidas que fue implementado a partir de los años 90's. De él se observa que no se han cumplido con las expectativas, no obstante cabe aclarar que no ha existido un proceso de evaluación sistemática al modo en que ha incidido este esquema en la prevención o mitigación del conflicto (De Pourcq et al., 2015).

Dentro de los resultados generados en esta investigación se obtuvo lo siguiente:

“Interviews with 584 residents from ten protected areas in Colombia revealed that co-management can be successful in reducing conflict at grassroots level, as long as some critical enabling conditions, such as effective participation in the co-management process, are fulfilled not only on paper but also by praxis. We hope these findings will re-incentivize global efforts to make co-management work in protected areas and other common pool resource contexts, such as fisheries, agriculture, forestry and water management.”(De Pourcq et al., 2015, p. 1).

Lo que evidencia la necesidad de generar evaluar la efectividad de los actuales procesos de participación y generar las condiciones para propiciar el incremento y fortalecimiento de los mismos. Lo anterior, estaría ligado a lo expuesto desde la Universidad de Medellín en el estudio de caso de las áreas protegidas en los corregimientos de San Cristóbal y San Sebastián de Palmitas. En ella se concluye lo siguiente:

“En los corregimientos de San Cristóbal y San Sebastián de Palmitas, la declaratoria de áreas de alta restricción para el uso agrícola tradicional desconoce la realidad social, económica y cultural de la población campesina, causando una situación conflictiva que no se analiza en el diagnóstico de la situación, ni se ve reflejada en los planes de manejo o en las políticas municipales. Esta situación genera un estado de ilegalidad para las familias nativas que derivan su subsistencia del aprovechamiento de los recursos naturales locales, y hace poco viable la protección de los ecosistemas estratégicos que se pretenden conservar” (Pérez Garcés et al., 2011, p. 101)

En esa media, la falta de procesos de evaluación ex ante, durante y expos con las que permitan no sólo el diagnóstico de las áreas protegidas, sino también evidenciar los impactos de las medidas tomadas en las áreas protegidas, devienen en el

recrudescimiento del conflicto o la generación de otros que repercuten tanto en los fines de conservación, así como en la protección de los derechos de las comunidades allí presentes.

Campesinado y figuras de protección ambiental, una dicotomía latente.

Como se mencionaba, éste segmento del artículo, aborda los diferentes estudios de caso y posiciones doctrinales, que desde la comunidad científica se han elaborado los últimos años acerca del conflicto entre quienes bajo cualquier figura (posesión, ocupación o propiedad) ostenten tierras, frente a la figura de protección ambiental que se haya aplicado en su territorio. Lo anterior con el objetivo no solo de proporcionar información amplia y certera, sino de observar las posiciones teóricas y jurídicas que se ciernen en torno al tema.

Para desarrollar el planteamiento anterior, este segmento del escrito se dividirá en dos partes principales: la primera, será dilucidar los casos representativos o situaciones problemáticas que se presentan frente a la dicotomía *sub examine*, para ser abordado en las diferentes poblaciones que se suelen ver inmersas en este conflicto, como lo son: el campesino común, víctimas del conflicto armado, afrodescendientes y población indígena; en segundo lugar, haremos algunas conclusiones a modo de corolario respecto del tema tratado.

Tal como se evidencio en las primeras páginas de este escrito, la ontología relacional respecto de las tierras ocupadas por los campesinos, es disímil frente a las políticas ambientales y más concretamente, las figuras de protección ambiental que el Estado colombiano ha implementado, esto cobra especial relevancia cuando los habitantes de las zonas donde ahora se aplica dichas figuras, pertenecen a poblaciones constitucionalmente consideradas vulnerables, ya que el marco jurídico aplicable no suele ser el mismo. Es por lo anterior que se tratarán los casos más representativos dentro de cada una de las comunidades.

Según el DANE (2016), en su tercer censo nacional agropecuario, Colombia cuenta con 2,7 millones de productores, de los cuales 2.285.728 pertenecen a productores en territorios no indígenas, de los cuales el 55,9% tiene un lote para el autoconsumo, el 83,6% no cuenta con construcciones para su producción y este mismo porcentaje no posee maquinaria para el desarrollo de su actividad. De esta amalgama estadística, se puede decir que el grueso de la población campesina (cerca del 75%) hoy en Colombia desarrolla su actividad productiva de manera rudimentaria y tradicional.

El campesino tradicional, tiene una visión propia acerca de su modo de vida, para él, la tierra no es una inversión, “sino un activo que garantiza su subsistencia, una señal de identidad, una evidencia de los lazos con sus antepasados, una fuente de seguridad para el futuro y una condición para participar con plenos derechos de la vida comunitaria” (Perez, Zarate y Turbay, 2011, P.99). La producción agropecuaria de la parcela en el campesino tradicional, está orientada a la subsistencia y a la comercialización en proporciones que pueden variar según la región (Castro, 2006). Teniendo en cuenta lo rudimentario de su producción, esta servirá para la mera subsistencia de la familia productora.

Para este tipo de campesino, las decisiones sobre uso de la tierra y las actividades a realizar no están basadas en la optimización de la ganancia o de los ingresos, sino que está enfocada como lo afirma Gras (2009) en garantizar los productos y niveles de autoconsumo para la familia y para venta en el mercado que aseguren un flujo de ingresos básico, continuo, y reduzcan el riesgo. La familia adquiere así los productos de subsistencia no agropecuarios.

Ahora bien, como lo hemos mencionado, la visión tradicional campesina se ve irrupida cuando en su tierra es aplicada una figura de protección ambiental o categoría de área protegida como las consagradas en el decreto 2372 de 2010, una de estas, son los Distritos de Manejo Integrado, una figura definida por el mismo acto administrativo precitado, como un

Espacio geográfico, en el que los paisajes y ecosistemas mantienen su composición y función, aunque su estructura haya sido modificada y cuyos valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su uso sostenible, preservación, restauración, conocimiento y disfrute. (Dec. 2372, 2010, art. 14)

De manera preliminar decimos, que las afectaciones aplicadas al segmento territorial que es declarado como DMI, son las descritas en el artículo 310 del decreto-ley 2811 de 1974, donde se menciona que solo “se permitirán actividades económicas controladas, investigativas, educativas y recreativas”. En ese sentido y para conocer a profundidad la manera como un distrito de manejo integrado (DMI) entra en disparidad con los campesinos y hace que estos varíen sus lógicas relacionales, tomaremos el caso del conflicto que se suscitó con la declaratoria que CORANTIOQUIA hizo en 2007 del para esa época: “Distrito de manejo integrado de la ladera occidental del Valle de Aburrá – AROVA–”, cuyo nombre que fue cambiado en septiembre de 2009 para ser reconocida oficialmente como “Distrito de manejo integrado de los recursos naturales renovables divisoria Valle de Aburrá-río Cauca” (Perez et al., 2011). Este DMI se encuentra integrado por los municipios de Medellín, Bello, Itagüí, Caldas, Amaga, La Estrella, Angelópolis, Heliconia, Ebéjico, San Jerónimo y San Pedro de los Milagros. Con una población cercana a los 61.000 habitantes (CORANTIOQUIA, 2011).

Correspondientes al municipio de Medellín, los corregimientos de San Cristóbal y San Sebastián de palmitas.

El estudio realizado por los profesores Perez, Zarate y Turbay, sobre el DMI aquí descrito, se enfocó en los corregimientos de San Cristóbal y San Sebastián de Palmitas, por ser el más urbano y el más rural de los corregimientos de Medellín, respectivamente, situación que les permitió ver los contrastes en los conflictos generados cuando se tienen dos tendencias de desarrollo diferentes.

En el DMI se realizan una serie de zonificaciones, dentro de las cuales se encuentra zonas de producción agroforestal sostenible como los únicos lugares dentro del perímetro del municipio de Medellín donde se permiten las actividades productivas agropecuarias pero restringidas a manejos agroecológicos, con planes de manejo aprobados y donde la construcción de infraestructura nueva para apoyo a la producción queda restringida. (CORANTIOQUIA, 2009).

San Sebastián de Palmitas es una localidad conformada por minifundios y habitada por campesinos dedicados a la agricultura de café, cebolla, plátano y caña de azúcar principalmente (Villegas, 2005), actualmente, estas formas de producción tradicionales se encuentran presionadas por la ganadería y la floricultura, pero más aún por la figura de DMI, el cual según la investigación precitada, incidió de manera directa en las reglas culturales y sociales establecidas para la apropiación, uso y acceso a los recursos naturales, y el Estado entró a jugar un nuevo papel de regulación frente a las comunidades, de manera directa; Emergiendo así una visión dicotómica de entre las comunidades campesinas y la visión de conservación ambiental por parte del Estado.

Víctimas del conflicto armado colombiano.

Hoy en día, existen 7.999.663 víctimas del conflicto armado, registradas históricamente y distribuidas por todo el territorio nacional (PNUD, 2016), así mismo, en la última década de desplazamiento, el 64% de las personas fueron expulsadas de zonas netamente rurales (Uprimny, Saffon, Prada, 2009). Por esta situación y otros factores se expide la Ley 1448 de 2011, a través de la cual se establecen mecanismos de reparación integral a las víctimas del conflicto armado.

En lo que respecta a la restitución de tierras, dicha ley establece que serán titulares de la misma, aquellas víctimas que con ocasión del conflicto armado hayan sufrido el despojo o abandono de sus predios, siempre y cuando hayan perdido su relación de dominio, posesión o en el caso de “los bienes públicos, la ocupación de predios que pretenda adquirir mediante adjudicación, esto significa, la explotación económica de tipo agropecuario sobre un terreno de dominio público que tiene dicha vocación y que es susceptible de ser apropiado por particulares”(Cruz y Guzman, 2016, P.151)

Tal proceso encuentra un gran desafío y es la protección del derecho fundamental a la restitución de tierras sobre predios en los que recaen categorías de protección ambiental del Sistema Nacional de Áreas Protegidas –SINAP- y otras afectaciones relacionadas concretamente con la Ley 2 de 1959, que proscribió la adjudicación de bienes públicos que se encontraran al interior de las áreas reservadas, postura que se reforzó posteriormente a través de la Ley 160 de 1994, al establecer en su artículo 65 que solo podrían ser objeto de adjudicación aquellos predios con vocación agropecuaria.

En suma, se podría decir que una persona víctima que con ocasión del conflicto armado haya perdido su relación de ocupación con un baldío ubicado al interior de una zona de reserva forestal, de acudir a la acción de restitución de tierras, no tendría derecho a la misma, atendiendo a que dicho predio de conformidad con el mencionado Decreto 2811 de 1974 no tendría la condición de adjudicable (Cruz, et al, 2016)

Evidenciando tal situación, la Comisión Colombiana de Juristas presenta un informe en el que en 197 de los 287 procesos activos que representa tal colectivo, se presentan predios con afectaciones ambientales. “Específicamente, el 68% de los casos que están en trámite ante los jueces y tribunales de restitución de tierras, que representan 11.362 hectáreas, tienen afectaciones ambientales de distinta índole y en varios concurre más de una afectación” (CCJ, 2017)

Jurídicamente se han establecido soluciones para garantizar que no se conculquen estos derechos que cuentan con igual jerarquía constitucional, una de ellas es la sustracción de afectaciones en áreas de PNN, tal figura se define como

el poder legal que se le da a quien alegue razones de utilidad pública o interés social para que la zona establecida como área protegida deje de serlo y de esta manera dicha zona ya no realice actividades de aprovechamiento racional de los bosques, sino actividades económicas que permitan el cambio del uso del suelo. (Munevar y Rojas, 2016 P.60)

La aplicación de esta figura no cumple con la finalidad de devolver al campesino la posibilidad de hacer de su predio un espacio para la producción agrícola, puesto que la resolución 629 de 2012, que regula el procedimiento para la sustracción de áreas de reserva forestal establecidas mediante la Ley 2ª de 1959 para programas de reforma agraria y desarrollo rural, establece una serie de lineamientos donde a pesar de sustraerse la propiedad, continua con afectaciones de índole medio ambiental.

Otra de las figuras para lograr conciliar estos dos derechos, es la compensación, como una medida subsidiaria cuando existe una imposibilidad material de restituir, esta se define como la indemnización que se les otorga a las víctimas que han sufrido violaciones de derechos humanos, con el objetivo de reparar los daños materiales y morales sufridos (Bolívar, 2014, P.76), tal compensación según la ley 1448 de 2011 se dará en dinero o en especie.

Dentro del trabajo investigativo del profesor Cruz (2016) se encontró que, de 675 sentencias proferidas, 8 se pronunciaron frente a solicitudes de restitución de predios que se ubican al interior de las Zonas de Reserva Forestal de Ley 2 de 1959, donde en 4 de las sentencias referidas, se ordenó la compensación otorgando otro predio a los solicitantes. Notando así que es esta última una de las formas jurídicas más utilizadas para conciliar el derecho de las víctimas a la restitución y el derecho al medio ambiente.

En suma, el conflicto armado colombiano ha dejado millares de víctimas, sobre todo desplazados, muchos de los cuales habitaban zonas con afectaciones ambientales, estos campesinos pretenden hoy volver a sus hogares, encontrándose con la imposibilidad de retornar para realizar una explotación plena de su suelo o con que en caso de que sean meros ocupantes no se les pueda retornar el baldío, emergiendo así una dicotomía entre el derecho a que se le restituya su tierra de manera plena, y el derecho al medio ambiente, donde para conciliar tales derechos, emergen una serie de figuras como la realización de actividades agrosostenibles, la sustracción, y la compensación monetaria o en especie, siendo esta última una de las figuras más usadas.

Afrodescendientes y poblaciones indígenas

No es un secreto que la mayoría de las áreas protegidas colombianas bajo la figura de Parques Nacionales coinciden parcial o totalmente con territorios indígenas, ya sea bajo la figura legal de resguardos o con territorios ancestrales indígenas, aunque no estén titulados (Bastidas, 2008), es por ello que es de suma importancia conocer cuáles son

los casos que evidencien este conflicto en el territorio colombiano, así como mostrar cuales son las formas jurídicas que Colombia ha implementado para zanjar tal dicotomía.

Para comprender la magnitud del caso, debemos decir que según el Centro de Cooperación al Indígena (CECOIN), de las 53 zonas declaradas como Áreas Protegidas por el Sistema Nacional de Parques Nacionales de Colombia, 26 se superponen sobre territorios indígenas y 19 lo hacen con resguardos indígenas, algunas de manera total, otras parciales, y otras en superposiciones múltiples. Así pues, y como lo afirma Laborde, 2008 “Se trata de más de 40 pueblos indígenas cuyas autoridades entran en permanente conflicto con instituciones del Estado a la hora de definir políticas, normativas y proyecciones en materia ambiental” (p. 3)

El “Santuario de Flora y Fauna el Corchal Mono Hernández” está ubicado en límites de los departamentos de Bolívar y Sucre, bordeando costa del océano Atlántico; es una de las áreas protegidas del Sistema de Parques Nacionales Naturales declarado como tal en 2002 por parte del Ministerio del Medio Ambiente a través de la resolución 0763 de 2002, previos estudios biológicos que según Cano, 2013, “determinaron la importancia de preservar y restaurar un ecosistema que alberga importantes extensiones de corcho y poblaciones migratorias de aves que lo constituyen en uno de los últimos relictos con estas características en un grado aceptable de conservación” (p.10). Cuya área según PNN, es de 3850 h. y que como sabemos, la declaratoria de Santuario De Fauna Y Flora prioriza la conservación in situ de ecosistemas estratégicos debiéndose mantener preservada de toda actividad antrópica en ella.

En todo este santuario de fauna y flora, coexiste una diversidad de pueblos raizales, como lo son “las comunidades de Bocacerrada y Labarce están constituidas por descendientes afrocolombianos cuyos ancestros llegaron aproximadamente desde 1916 huyendo de la violencia y el hambre de sus territorios de origen” (Pérez, 2008, p.61). Las actividades económicas que desarrollan son el cultivo de yuca, y la práctica de la ganadería extensiva.

Así mismo, y según Acero (2010), el 95% de los parceleros no tienen ningún documento que dé cuenta del cambio de “dueño”, sobre el predio. La sucesión de derechos herenciales es intestada y los negocios jurídicos de compra venta, arriendo o terraje se hacen generalmente de palabra. Por otra parte, el fenómeno de ocupación que se presenta en la zona se debe a un error técnico, que se trasladó a un error normativo y de allí a uno práctico, ya que la resolución 0763 del 5 de agosto de 2002, en su artículo 1 no considero algunos límites del Santuario, así:

Se excluyen las franjas de cultivos que bordean los caños Rico y Portobelo. Dichas franjas que no hacen parte del Santuario y que tienen una anchura a partir de la orilla de los caños que oscila desde los 10 metros a los 300 y que aproximadamente equivalen a 294 hectáreas (...) (Res. 763, 2002)

Así pues, y solo al existir un aproximado de las hectáreas que se sustraen del santuario, ha llevado a que se genere, como lo dice f, 2009, “controversias a la hora de catalogar como ocupantes ilegales del área a poseedores cuyos terrenos han venido avanzando hacia atrás (norte de los predios teniendo como coordenada sur el caño Correa)”. Pues si bien, en la precitada resolución, se excluyó la zona rivereña, los

campesinos afrodescendientes, han hecho ocupación ilegal, más allá de lo que le corresponde, encontrándose así en un conflicto de ocupación.

Cabe decir que antes de la declaratoria del Santuario, esta comunidad podría haber sido beneficiaria de adjudicación en lo que hoy ocupa ilegalmente, pues reunía los requisitos que la ley exige para este beneficio, pero por disposición expresa del artículo 13 de la ley 2 de 1959, las áreas declaradas, no podrán ser adjudicables.

De esta forma, el conflicto que se cierne en torno al área descrita es caótico, ya que por un lado se encuentran las comunidades afrodescendientes quienes han tenido unos usos ancestrales de la tierra y el territorio, generando ontologías relacionales muy arraigadas, y por otro la configuración de las diferentes áreas que integran el Sistema de Parques Nacionales.

Por otro lado se presentan grandes antinomias en lo que tiene que ver con leyes de rigor ambientalista como la ley 2 de 1959, junto a la abundante normativa en prohibición de explotación y adjudicación de tierras que hagan parte del sistema de PNN, en contraposición de leyes como la 70 de 1995 que desarrolla el artículo transitorio 55 de la Constitución Política y por la cual se le hace un reconocimiento y se da una protección especial a las comunidades negras. A renglón seguido se lee “la presente ley tiene por objeto reconocer a las comunidades negras que han venido ocupando tierras baldías en las zonas rurales ribereñas de los ríos de la Cuenca del Pacífico, de acuerdo con sus prácticas tradicionales de producción, el derecho a la propiedad colectiva”

Ahora bien, frente a las comunidades indígenas, la aplicación normativa es diferente, según la legislación colombiana, las “comunidades indígenas” son el grupo humano que vive de acuerdo con las formas de relación con el medio natural en el que se asentaron los diferentes grupos aborígenes desde antes de la conquista y la han conservado y dinamizado a lo largo de la historia.

La aplicación de normativa referente a la transposición o “traslape” de un área del sistema de PNN sobre un territorio indígena, no se considera incompatible con las prácticas de los pueblos indígenas. Por lo cual su derecho de ocupación, no se ve directamente afectado por una declaratoria ambiental, pues así lo concibe el artículo 7 del Decreto 622 de 1977, que como ya lo decíamos “permite” habitación y actividades económicas siempre que no se controviertan los objetivos de conservación.

De esa forma pudimos observar que las comunidades afrocolombianas, son tratadas de manera análoga a los campesinos tradicionales, sin tener en cuenta su calidad de pueblo raizal. La diferencia que se halla es que solo cuando se iba a hacer la declaratoria del santuario de fauna y flora el “Corchal Mono Hernández” se decidió no incluir zonas rivereñas a los ríos de la zona, por lo demás sigue siendo contundente la incompatibilidad entre actividades agrícolas y pecuarias en el santuario.

Frente a las poblaciones indígenas y por su profunda consideración constitucional, y su cosmovisión frente al medio ambiente, la normativa ha dicho que sus actividades si son compatibles en caso de que en su territorio se aplique alguna figura del sistema de PNN, solo resta decir que emerge una ambigüedad normativa al delimitar el quehacer indígena a los usos y actividades “compatibles” con el sistema ambiental.

Para finalizar este segmento del artículo, debemos decir que tal como lo plantea Grimble (2002), uno de los mayores retos de la planeación de recursos naturales sigue siendo el ajustar las estrategias de conservación y mantenimiento ecológico dentro de aquellas políticas de desarrollo rural y programas en los que la conservación no es el objetivo central; así pues y tal como afirma Guimaraes (2001), se debe señalar que el nuevo tipo de planeación debe contener las siguientes características: participativa, consensuada, articuladora e integradora.

Caso en concreto, la Bioregión del Sumapaz

Análisis jurídico biorregión del Sumapaz.

Es común escuchar hablar del Sumapaz, como una de las regiones con mayor riqueza natural del país, sin embargo, no muchos conocen a que figura jurídica corresponde “el Sumapaz”, ni cuáles son las figuras de protección que el Estado colombiano ha puesto en su territorio en aras de la conservación ambiental, y mucho menos las restricciones que se imponen a los habitantes de dichas zonas. Es por lo anterior que en éste artículo pretendemos analizar jurídicamente lo que compone la denominada “bioregión del sumarpaz”. Que será un último insumo para la concreción de ésta ponencia.

Dividiremos este espacio en dos segmentos principales, el primero, una caracterización genérica del Sumapaz; en un segundo espacio trataremos las diferentes figuras jurídicas que se ciernen sobre ese territorio.

Sumapaz.

Sumapaz es una localidad del distrito capital Bogotá, que fue creada mediante acuerdo 9 de 1986 expedido por el el concejo del distrito especial de Bogotá, en este mismo se establecieron como límites geográficos los siguientes, al norte: se establece que

desde el Alto de los Juncos siguiendo los límites del corregimiento de Nazareth hasta el sitio Bocagrande de los límites del Distrito. Al oriente: los límites del Distrito hasta llegar al Alto de las Oseras en los límites con el Departamento del Meta. Al sur: desde el Alto de las Oseras siguiendo por los límites del Distrito con el Departamento del Huila. Y al occidente: de los límites con el Departamento del Huila continuado por los límites del Distrito hasta el punto de partida en el Alto de los Juncos. (Acu.009, 1986, art. 1)

Valiéndonos del texto “recorriendo el Sumapaz”, que hace un diagnóstico físico y socioeconómico de esta localidad. Frente a la caracterización geográfica, se debe decir que el ecosistema característico de la localidad de Sumapaz es el de montaña, que presenta un relieve conformado por sectores fuertemente quebrados, además de amplios valles como el del río Santa Rosa.

La clasificación biótica del ecosistema de la localidad de Sumapaz, presenta la siguiente distribución: - 35.928 hectáreas de pajonal -25.017 hectáreas de frailejón y pajonal - 5.402 hectáreas de bosque natural - 1.856 hectáreas de turbera - 106 hectáreas de laguna - 1.128 kilómetros de ríos y quebradas.

En cuanto a la división territorial, según el Departamento Administrativo de Planeación Distrital, DAPD, (2004), la localidad de Sumapaz se encuentra dividida en 3 corregimientos y 28 veredas, así: el corregimiento de Nazareth con 8 veredas, el corregimiento de Betania con 6 y el corregimiento de San Juan de Sumapaz con 14 veredas.

Figuras de protección ambiental en la bioregion del Sumapaz

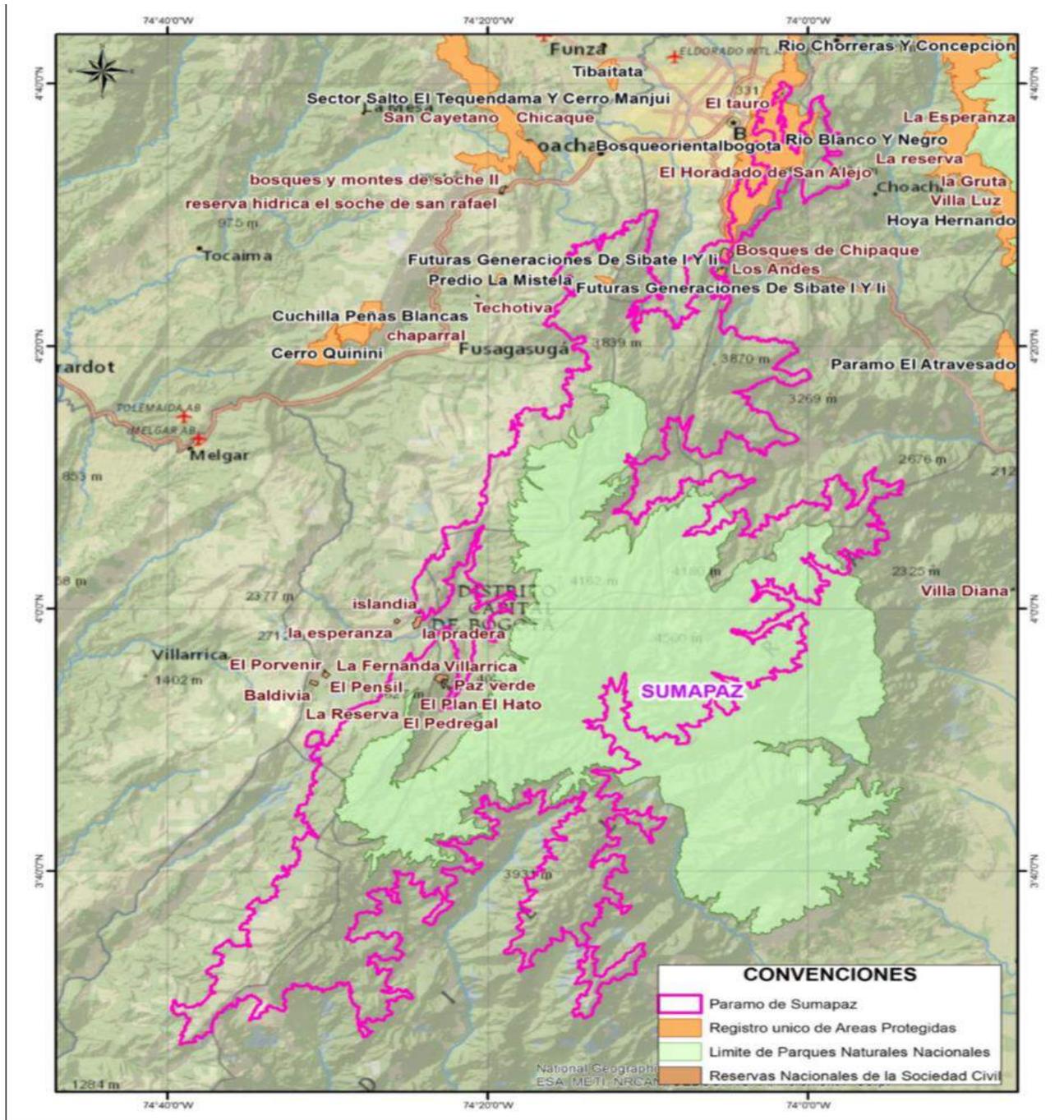
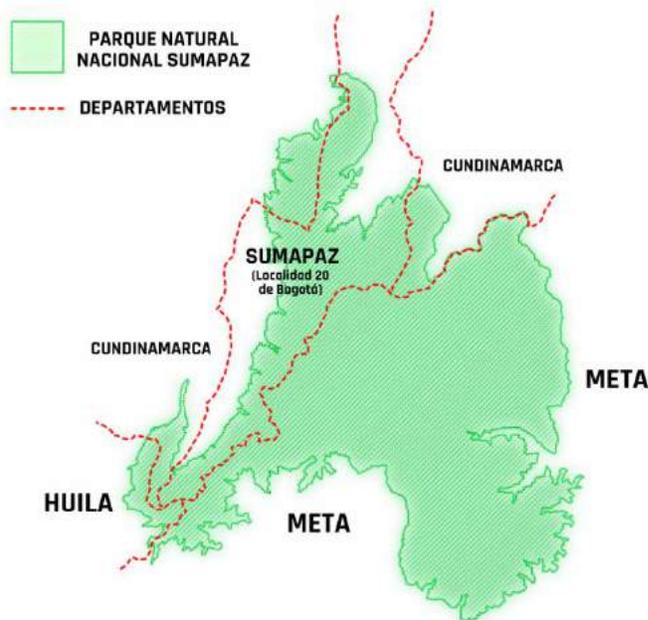


Figura No. 2. Áreas protegidas presentes en el Complejo Cruz Verde- Sumapaz. **Fuente:** TREMARCTOS, Adaptado por la CAR (2014).

Parque Nacional Natura sumapaz



Fuente: IAVH (2015)

Según PNN, (2010), este parque abarca aproximadamente el 43% del complejo de paramos más grande del mundo, el complejo de Cruz Verde – Sumapaz, el cual según datos del Instituto Alexander Von Humboldt (2012), tiene una extensión total de 333.420 Ha, de las cuales solo 142.112 Ha se encuentran protegidas bajo la figura de Parque Nacional Natural Sumapaz.

Según el organismo precitado, una de las funciones principales de los ecosistemas que protege el Parque es la regulación hídrica de las cuencas altas de los ríos Tunjuelo, Sumapaz, Blanco, Ariari, Guape, Duda y Cabrera como oferentes de servicios ecosistémicos para el Distrito Capital y los departamentos del Meta, Huila y Cundinamarca.

La declaratoria del Parque Nacional Natural Sumapaz se realizó a través de la Resolución No. 041 del 22 de abril de 1968, por parte del INCORA, mientras que fue delimitado mediante acuerdo No. 14 de mayo 2 de 1977, desde el mismo momento que se estableció en la categoría de PNN, le fueron aplicables a las personas que habitaban en el territorio, una serie de restricciones el establecimiento de actividades prohibidas las cuales, se entienden por las dispuestas en la Ley 2 de 1959, en el Decreto Ley 2811 de 1974 y en el Decreto 622 de 1977 (contenido en el Decreto Único 1076 de 2015) entre otras, las cuales prohíben cualquier tipo de actividad agrícola que contravenga los criterios de conservación.

Paramo Cruz verde-Sumapaz

En el contexto nacional, de acuerdo con los límites planteados en el Atlas de Páramos de Colombia (IAvH, 2012) por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible MADS y el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander

Von Humboldt AvH, el páramo de Cruz Verde – Sumapaz está ubicado sobre la Cordillera Oriental, al suroeste del departamento de Cundinamarca, al noroeste del Meta y una pequeña parte del norte del Huila. Con una extensión de 333.420 Has.

Es así como el páramo Cruz Verde Sumapaz según Cabrera (2010), se convierte en una riqueza natural, no solo por el hecho de ser el páramo más grande del planeta, sino porque alberga, según el IAVH (2019) más de 670 especies de plantas, y que según Hurtado (2016), abastece al 15% de la población Colombiana.

Pero ¿cuáles son las medidas jurídicas que se han tomado para que la conservación en las áreas delimitadas sea una realidad?

La resolución 1434 de 2017 del MADS, “Por medio de la cual se delimita el área del Páramo Cruz Verde-Sumapaz” establece una serie de restricciones en su interior, ello siguiendo lo establecido por la ley 1753 de 2015 y conforme a las restricciones que se dan dentro de las figuras de protección ambiental que hacen parte del Sistema de Parque Nacionales Naturales, se encuentra prohibida la exploración y/o explotación de recursos naturales no renovables así como la construcción de refinerías de hidrocarburos.

Ahora bien y para la materia que nos ocupa, la resolución precitada, en su artículo 4, establece una serie de “directrices específicas para actividades agropecuaria” todo ello concerniente a la “sustitución y reconversión de actividades agropecuarias” todo ello para que transformen su actividad campesina o acaben con ella.

¿Qué política existe en la actualidad en materia de sustitución de actividad agropecuaria siguiendo los lineamientos de la normativa precitada?

Mediante resolución 0886 de 18 de mayo de 2018 expedida por el MADS, se establecen algunos lineamientos para el tratamiento de los campesinos al interior de los páramos, que hace una acogida de pronunciamientos férreos expuestos por parte del consejo de Estado y otros organismos jurídicos, estableciendo entre otros aspectos.

Esta resolución establece que las actividades posteriores al 16 de junio de 2011, deberán ser objeto de una sustitución prioritaria y restauración. Otro aspecto a resaltar, es que tal resolución prohíbe nuevas actividades agropecuarias en zonas delimitadas como paramo. Se establece un marco temporal: para reconversión productiva 15 años y para sustitución se da un término de hasta 30 años.

Surge hacia el artículo 19 de esta resolución un mecanismo de participación denominado “acuerdos para la reconversión y sustitución” a través de los cuales se generarán acuerdos territoriales entre comunidades e instituciones que apuntan a la implementación de planes para la gestión de los complejos de paramos.

Así pues, se observará en páginas posteriores, si las medidas que consagra la resolución citada, establece un modelo de gestión que logre conciliar la visión entre la figura de protección ambiental (paramo) y el habitante tradicional de estas zonas (campesino).

Reservas forestales en la bioregion del sumapaz

Según el Plan Ambiental Local de la Alcaldía Local de Sumapaz, nos da cuenta de una serie de reservas forestales, dentro de las cuales se hallan, la reserva forestal Las Abras, reserva forestal el Zarpazo, reserva forestal Alto Río El Chochal, reserva forestal bajo río Gallo, reserva forestal de San Antonio, reserva forestal quebrada Honda, reserva forestal del Pilar y Sumapaz, reserva forestal Altos de San Juan, reserva forestal San Juan, reserva forestal Las Vegas, reserva sub páramo del Salitre, reserva forestal del Pilar y el Sumapaz; a su vez se establecen, zonas de reserva de subparamo.

Como el objetivo no es definir como se encuentran establecidas estas reservas, nos limitaremos a describir, cuales son las implicaciones jurídicas para el territorio donde son aplicadas. Así pues, según la secretaria distrital de Bogotá (2009) el regimende uso del suelo aplicable a estas zonas, conservación de flora y recursos conexos, forestal protector, recreación pasiva, rehabilitación ecológica, investigación ecológica, agroforestal, vivienda campesina, construcción de infraestructura básica para los usos principales y compatibles. Estos usos quedan sometidos al cumplimiento de los siguientes requisitos: forestal protector-productor y productor, localización fuera de las principales áreas de recarga del acuífero, nacederos y rondas hidráulicas, las cuales deben estar bajo cobertura vegetal protectora, localización por fuera de suelos propensos a deslizamientos en masa, localización por debajo de los 3.200 msnm, y protección de la vegetación nativa.

De esta forma se ve como la figura aquí descrita es poco menos restrictivas que las estudiadas anteriormente, sin embargo no se encuentra un modelo de gestión estructural para el manejo y aplicación de estas figuras en el territorio.

Asi pues concluimos este acápite del escrito, y se describieron las figuras principales aplicadas en la bioregion del Sumapaz.

Panorama en 2018 sobre la preservación y conservación de Páramos

El 27 de julio en sesiones extraordinarias del senado fue aprobada el proyecto de ley que ha venido desarrollándose desde 2016 con el que se pretende la conservación de los páramos colombianos; a grandes rasgos se procura estructurar los lineamientos para la gestión sostenible de tales ecosistemas (Monsalve, 2018). El proyecto de ley propuesto en su mayoría por congresistas pertenecientes al partido Mira; cabe acotar que el actual gobierno ha venido desarrollando labores alternas, tales como la delimitación de los páramos, de los 36 han sido delimitados 30 como evidencia Semana (2018).

En cabeza de tal gestión estará el Ministerio de Ambiente, el de Minas y el de Agricultura; teniendo en cuenta la relevancia estratégica y ecosistema de los páramos y en la comprensión de que Colombia alberga el 50% de los páramos del mundo y en ellos se produce alrededor del 70% del agua que se consume (Semana, 2018). Dentro de los avances más importantes se encuentra la ratificación de la limitación de la minería en estas zonas y la generación de programas de reconversión y sustitución de actividades prohibidas en estas zonas, no obstante se han manifestado inconformidades por parte de representantes de comunidades paramunas tras las limitadas actividades de reconversión (Semana, 2018).

El proyecto de ley se encuentra estructurado en cinco capítulos, el primero referido a las *Disposiciones Generales*, el segundo sobre la *Regulación de los Ecosistemas de Páramos*, el tercero *Enfoque Poblacional*, el cuarto *Financiación y Destinación de Recursos*, y finalmente el capítulo de *Vigilancia y Control* (Congreso de Colombia, 2018). En el primer capítulo se destaca que los páramos se declaran como áreas de manejo especial, en que deben priorizarse las acciones para su preservación, conservación y restauración. Por tal motivo deben desarrollarse actividades sostenibles en las regiones o zonas de páramo así como también en las zonas amortiguadoras de la misma en las que se generen alianzas estratégicas con los habitantes de la zona, en pro de la preservación. De otra parte, se establece la necesidad de acciones para la protección y la conservación de páramos en el que se incluyen transferencia de tecnologías y de protección conocimientos ancestrales.

En relación con lo anterior, el Estado colombiano debe generar instrumentos de política pública en el que se propicie la vinculación de comunidades para el manejo sostenible de este tipo de ecosistema, en ese sentido, se reglamentarán mecanismos para la asistencia técnica en este proceso. Adicionalmente, el ecoturismo debidamente reglado se estipula como una estrategia social y financiera para su conservación. En términos generales se habla de un enfoque de protección ecosistémico e intercultural.

En el capítulo dos, se recalca que para la nación será de interés prioritario y estratégico la restauración y conservación del ecosistema, por tal razón se dispone que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo debe delimitar los páramos teniendo como plazo máximo un año después de la expedición de la ley, del mismo modo, las zonas deberán ser categorizadas dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas SINAP en un periodo de 5 años. Con el propósito de estipular los requerimientos básicos para la preservación de las áreas intervenidas antropicamente el Gobierno Nacional tendrá que construir en los 3 años siguientes a la expedición una **línea base ambiental**.

El artículo 9 es uno de los más relevantes en términos de que menciona los usos prohibidos, dentro de los que se destacan las actividades de exploración y explotación mineras y de hidrocarburo, las prácticas de agricultura y ganadería, la introducción y manejo de organismos genéticamente modificados y de especies exóticas, invasoras o no nativas y la fumigación y aspersión de químicos. Sin embargo, se permitirá excepcionalmente actividades agropecuarias de bajo impacto ambiental y bajo criterios de sostenibilidad, siempre y cuando tengan por objetivo la diversidad biológica. En lo que se refiere a las prácticas económicas realizadas por indígenas, minorías étnicas y pequeños propietarios, aquellas serán analizadas para evitar el deterioro del páramo.

Dentro de los compromisos del Gobierno Nacional, se encuentra la búsqueda de alternativas para minimizar los daños producto de las vías de transporte. Por su parte, los Planes de Manejo Ambiental PMA de estas zonas tendrán que ser elaborados en los siguientes dos años, en articulación con los planes de manejo de cuencas. Así mismo, los Planes de Acción Cuatrienal y los Planes de Gestión Regional y los instrumentos de ordenamiento territorial deben incluir lo dispuesto en el proyecto de ley. Cabe mencionar que los PMA tiene incluir un sistema de seguimiento para la evaluación y supervisión del estado de la zonas de paramo a conservar. Para ello el IGAC y el INCODER, realizarán el proceso de clasificación de propiedad y tenencia de la tierra en los ecosistemas de paramo.

En el capítulo tres en que se trata el enfoque poblacional, se dispone que el Gobierno Nacional debe iniciar el proceso de adquisición de predios en aquellos lugares en que se esté generando afectación a través de acciones progresivas. Adicionalmente se podrán acordar procesos de restauración con las comunidades a través de la designación a estas de funciones de conservación, preservación y restauración, articulado con la asignación de recursos para quienes se comprometan con esta labor. Para ello se crea la figura de **Gestores de Páramo** vinculados en áreas de monitoreo, control y seguimiento en pro de las funciones designadas para estas áreas, razón por la cual se estimulará la asociatividad entre las comunidad a través de las **Organizaciones Autorizadas de Gestión de Páramos**.

Con el propósito de generar mecanismos de compensación se llevarán a cabo procesos de reconversión de actividades no permitidas de las zonas delimitadas. En esa medida se estimularán Proyectos Ambientales Escolares, así como también programas de capacitación en preservación ambientales, en el marco de los programas de formación ambiental.

Por su parte, en la financiación y destinación de recursos descritos en el capítulo cuatro se establece que los planes nacionales y territoriales de desarrollo y los POMCAS deberán establecer las inversiones necesarias para la ejecución de tales actividades. Por su parte, las autoridades ambientales utilizarán los recursos por la tasa de uso de agua en las áreas de páramo establecidas. En lo concerniente a la vigilancia y control desarrolladas en el quinto capítulo se tendrán dos años para la aplicación del sistema de monitoreo de la biodiversidad de ecosistemas de páramos y los servicios ecosistémicos derivados. Para ello debe realizarse el informe Nacional Ambiental Anual, en que se debe reportar el avance de lo dispuesto en la ley. Dentro de las responsabilidades del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible este se encargará de expedir normar requeridas para la ordenación, protección, control, administración, conservación y restauración.

Para finalizar, el Gobierno Nacional tendrá un plazo de un año para reglamentar la ley.

Conclusiones

Son amplios los esfuerzos que a nivel global se vienen desarrollando a propósito de la conservación ambiental, muestra de ello son las construcciones epistémicas que permiten ser cuidadosos a la hora de modificar e intervenir los territorios, ejemplo son los nuevos “ordenamientos ecológicos territoriales”, que se han desarrollado en algunos Estados fruto de políticas de gestión en materia territorial ambiental. Infortunadamente Colombia no cuenta aún con una política en tal sentido, lo cual prohija conflictos como los analizados en esta ponencia.

En la bioregión del Sumapaz se puede denotar que existen conflictos referidos a la disyuntiva causada a partir de las restricciones de uso y los usos tradicionales de la población que habita en tal área. Aquellas restricciones se enmarcan en las banderas de la conservación *in situ* y los usos tradicionales quedan relegados a las disposiciones que son consideradas como adecuadas para la conservación y preservación. Razón por la cual se evidencia un conflicto respecto a la prelación entre unos y otros derechos, (ecosistema-campesino) y estipula una relación dicotómica

entre unos y otros que pareciera según la perspectiva estatal difícilmente reconciliable.

Las diferentes figuras jurídicas de AP, que generan una afectación en la bioregion del sumapaz, y que a su vez se traslapan unas a otras son diversas, sin embargo, todas ellas generan límites al que hacer del campesino, estas no tuvieron unos planes progresivos para su implementación, no gozan de planificación, no previeron como afectarían el territorio donde se implementaría.

Recientemente la situación ha tendido a empeorar fruto de las delimitaciones a escala más detallada para la delimitación de paramos, generando que nuevos campesinos queden al interior de dichas figuras, imponiendo restricciones de uso etc. A la par se ha venido desarrollando normativa que plantea algunas soluciones, lo lamentable es que aun (y por lo reciente que es) no se ha visto aplicación concreta que nos demuestre su efectividad a la hora de solucionar tales conflictos.

Si bien, a partir del proyecto de ley aprobado se han generado alternativas para la coexistencia, aquellas son bastante restrictivas y terminan homogenizando las territorialidades y particularidades de los pobladores del páramo. De tal modo que reducen el margen de acción de la población, habría que indagar si existe o no un plan de acción de los habitantes de esta zona frente a tal iniciativa legislativa y su nivel de aceptación. Cabe retomar que la Bio-región en mención además de estar comprendido por diferentes departamentos, también se estructura bajo diferentes figuras de protección, y por ello son imprescindibles los esfuerzos que puedan llegar a hacer las administraciones municipales en articulación con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, así como también las corporaciones.

Para finalizar, se debe decir que la necesidad mundial de la protección ambiental, la adherencia a tratados internacionales en la materia, y la implementación de figuras jurídicas como las AP en los territorios, debe estar sujeto a una planificación vía política pública de carácter nacional, que tenga en cuenta las ontologías relacionales de las personas que habitan en ellas. Sabemos que la protección ambiental es un tema impajaritable, ya que posibilitara la existencia no solo de las futuras generaciones humanas, sino de las demás especies, sin embargo, ésta protección no puede ser fruto de improvisación Estatal que restrinja las posibilidades vitales de las poblaciones campesinas actuales y cercene su derecho adquirido al disfrute de su propiedad. Por ello, esperamos que esta ponencia constituya un insumo para dar cuenta que Colombia necesita de manera urgente una política que concilie la visión de desarrollo campesino y la necesidad mundial de la protección ambiental.

Referencias

- Avellaneda Torres, L. M., Torres Rojas, E., & Enrique León Sicard, T. (2015). Alternativas ante el conflicto entre autoridades ambientales y habitantes de áreas protegidas en páramos colombianos, *16*(31), 1515–5994. Recuperado a partir de <http://www.mundoagrario.unlp.edu.ar/>
- De Pourcq, K., Thomas, E., Arts, B., Vranckx, A., Léon-Sicard, T., & Van Damme, P. (2015). Conflict in Protected Areas: Who Says Co-Management Does Not Work? *PLOS ONE*, *10*(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144943>
- Díaz, M. (2008). Conflicto de ocupación en áreas protegidas * Conservación versus derechos de comunidades. *Opinión Jurídica*, *7*(168). Recuperado a partir de <http://www.scielo.org.co/pdf/ojum/v7n14/v7n14a3.pdf>
- Pérez Garcés, H., Zárate Yepes, C. A., & Turbay Ceballos, S. M. (2011). Conflictos ambientales: la biodiversidad como estrategia ordenadora del territorio, *166*, 89–104. Recuperado a partir de <http://www.redalyc.org/pdf/945/94522288006.pdf>
- Acero, H. (s. f.). Colonización del bosque húmedo tropical; Corporación Aracuara. Bogotá: Editorial Gente Nueva
- Bastidas, E. (2008). “Áreas protegidas y territorios indígenas”. Consultoría para el Centro de Cooperación al Indígena Cecoin. Documento
- Boisier, S. (1992) "La descentralización: el eslabón perdido de la cadena de transformación productiva con equidad y sustentabilidad". ILPES, Cuaderno núm. 36, Santiago de Chile.
- BOLÍVAR JAIME, Aura Patricia. Mecanismos de reparación en perspectiva comparada. En: Recordar y Reparar. Reparar en Colombia: los dilemas en contextos de conflicto, pobreza y exclusión. Centro Internacional para la Justicia Transicional ICTJ. 2009.
- Castro, F. (2006). Colapsos ambientales – transiciones culturales. México: UNAM. Web:http://www.posgrado.unam.mx/publicaciones/ant_col-posg/33_Colapsos.pdf
- CCJ: Uribe, González, Soto, González, Villa y otros, (2016). Restitución de tierras y derecho ambiental, TENSIONES Y CONVERGENCIAS. Primera edición, Bogota, Colombia.
- Congreso de Colombia. (1959). normas sobre economía forestal de la Nación y conservación de recursos naturales renovables. Colombia
- Congreso de Colombia. Proyecto de Ley No.126 de 2016, Pub. L. No. 126, 29 (2018). Recuperado a partir de http://acmineria.com.co/sites/default/files/regulations/texto_original_pl_126_de_2016_c_-_paramos_0.pdf
- CORANTIOQUIA. (2009). Acuerdo 327 de 2009. Colombia. Web: https://issuu.com/ciudadmota/docs/acuerdo_327_corantioquia
- Cruz, G. & Guzmán, A. (2016). Restitución de tierras y derecho al medioambiente en Colombia: tensiones y proximidades en torno a la situación de los campesinos en zonas de reserva forestal. *Territorios*, *35*, 149-170. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/terri/n35/n35a08.pdf>

- DANE, (2016). Tercer censo nacional agropecuario. 2 Tomo, Bogota. Web <https://www.dane.gov.co/files/images/foros/foro-de-entrega-de-resultados-y-cierre-3-censo-nacional-agropecuaria/CNATomo2-Resultados.pdf>
- Diaz C, (2013) conservación vs derechos fundamentales , UAESPNN. Recuperado de http://huespedes.cica.es/gimadus/20/04_marlenny_diaz_cano.html#1
- Diaz, M. (2009). Problemáticas de uso en área protegidas del Sistema de Parques Nacionales Naturales. En Dirección Territorial Caribe UAESPNN (Ed.), Informes CORPACOT (pp. 32-64).
- Fernández, F. (2002). El análisis de contenido como ayuda metodológica para la investigación. Revista de Ciencias Sociales, 2(96), 35–53. Retrieved from <https://www.revistacienciasociales.ucr.ac.cr/images/revistas/RCS96/03.pdf>
- Flores, G. y Rodriguez, R. (2016). Ordenamiento territorial en Colombia: violencias, guerra y resistencias. Bitacora. 37 - 44 Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- GÓMEZ, C. y HADAD, M. G. (2007). Territorio e identidad. Reflexiones sobre la construcción de territorialidades en los movimientos sociales latinoamericanos. Buenos Aires: 4 Jornada de Jóvenes Investigadores del Instituto Gino Germani: 1-22
- Gras, C. (2005). Entendiendo el agro, trayectorias sociales y reestructuración productiva del norte argentino. Argentina: Biblos.
- Grimble, R. (2002) "Biodiversity management in rural development" Natural Resources Institute. Chatham, UK.
- Guimaraes, R. (2001) Fundamentos territoriales y biorregionales de la planificación. Serie Medio Ambiente y Desarrollo 39, Santiago de Chile, CEPAL-ECLAC, División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos, Julio.
- Herrera, Martha. 2002. Ordenar para controlar. Ordenamiento espacial y control político en las llanuras del Caribe y en los Andes Centrales neogranadinos, siglo XVIII Bogotá: Academia Colombiana de la Historia.
- Jeffery (2004: 12). César Ipenza en su artículo dentro del dossier argumenta diciendo que Yosemite fue la primera área protegida
- Laborde, R. (2008). "Los territorios indígenas trasladados con áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales en la Amazonia colombiana: situación actual y perspectivas", Etnias & Política 7
- Lévi-Strauss, Claude. 1997. El pensamiento salvaje. México: Fondo de Cultura Económica
- Lausche, B. 1994. IUCN Environmental Policy and Law Paper No. 16: Guidelines for Protected Areas Legislation pp. 7, citado por Jeffery (2004: 12)
- Monsalve, M. M. (2018). Aprueban proyecto de ley que protegerá los páramos. Recuperado el 12 de julio de 2018, a partir de <https://www.elspectador.com/noticias/medio-ambiente/aprueban-proyecto-de-ley->

que-protegera-los-paramos-articulo-797029

Negrete, G. y G. Bocco (2003) "El ordenamiento ecológico comunitario: una alternativa de planeación y participación en el contexto de la política ambiental de México" *Gaceta Eco lógica*. 68, INE, México. pp. 9-22.

Noguero, F. L. (2002). El análisis de contenido como método de investigación. *Revista de Educación*, 167–179. Retrieved from <http://rabida.uhu.es/dspace/bitstream/handle/10272/1912/b15150434.pdf?sequen>

Pardo, Uprimny, Saffon, Gómez, Forero, (2009). *El Reto Ante La Tragedia Humanitaria Del Desplazamiento Forzado: Reparar De Manera Integral El Despojo De Tierras Y Bienes*. Bogota D.C.

PNUD, (2016). *RETORNO A LA VIDA ECONÓMICA: Las víctimas del conflicto producen*. Recuperado de <http://www.humanumcolombia.org/retorno-a-la-vida-economica-las-victimas-del-conflicto-producen/>

Presidencia de la republica (1974). *Código de recursos naturales renovables*. Colombia

Ramírez García, Adán Guillermo, Cruz León, Artemio, Morales Carrillo, Nicolás, & Monterroso Rivas, Alejandro Ismael. (2016). El ordenamiento ecológico territorial instrumento de política ambiental para la planeación del desarrollo local. *Estudios sociales (Hermosillo, Son.)*, 26(48), 69-99. Recuperado en 20 de junio de 2018, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-45572016000200069&lng=es&tlng=es.

Revista Ratio Juris Vol. 11 N.º 22 (enero-junio 2016) pp. 53-72 © Unaula **SUSTRACCIÓN EN ZONAS DE RESERVA FORESTAL Y AUTONOMÍA ADMINISTRATIVA. CASO EXPLORACIÓN MINERA CAJAMARCA-TOLIMA**. Recuperado de <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiO4Za54ZraAhUGk1kKHSzfDWgQFggnMAA&url=https%3A%2F%2Fdialecto.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F5728409.pdf&usg=AOvVaw125AJSUu4EjzONGz5I3HmQ>

SANCHEZ, María Teresa. *Metodologías para el Ordenamiento Territorial*. Instituto de Geografía, UNAM. México, 2008.

SEDUMA. (2010). *Ordenamiento Ecológico y Territorial*. Mexico. Recuperado de: <http://www.seduma.yucatan.gob.mx/ordenamiento-ecologico/index.php>

Secretaría Distrital De Planeación. *Conociendo la localidad de Sumapaz: Diagnóstico de los aspectos físicos, demográficos y socioeconómicos*, 2009. p. 16

Semana. (2018). Colombia da vía libre a la protección de sus páramos, ¿cómo llevarla del papel a la realidad? Recuperado el 12 de julio de 2018, a partir de <https://www.semana.com/nacion/articulo/senado-aprobo-la-ley-de-proteccion-de-los-paramos/573367>

Scalon, J. y Burhenne-Guilmin, F. (2004), "Executive summary", in: J. Scalon y F. Burhenne-Guilmin (Eds.), "International environmental governance. An international

regime for protected areas”, Gland: IUCN, IUCN Environmental policy and law paper, 49

Troitiño, M. A. y L. Troitiño (2006) "Turismo cultural y destinos patrimoniales. La actividad turística española" AECIT, pp. 631-645

Villegas Vélez, Álvaro Andrés. 2005. “Discursos sobre la planificación rural en el municipio de Medellín: entre impactos y abusos”. En: Boletín de Antropología Universidad de Antioquia, Medellín, volumen 19 No. 36, pp. 149-16

7

ECONOMÍA CIRCULAR EN EL CONTEXTO ACTUAL: UNA VÍA HACIA LA SUSTENTABILIDAD

Sandra Elizabeth Díaz Bernal

Licenciada en Relaciones Económicas Internacionales. Estudiante de la Maestría en Estudios Sustentables Regionales y Metropolitanos, facultad de Arquitectura y Diseño, UAEM. Toluca, Estado de México.

Economía lineal

En el último siglo, el interés por el cuidado del medio ambiente ha surgido ante las consecuencias de la excesiva extracción de los recursos naturales, debido a que el crecimiento económico se ha cimentado en la obtención y transformación de los recursos para la satisfacción de sus necesidades. A lo largo de la historia, los recursos naturales han sido esenciales para el desarrollo de las sociedades, sin embargo, la sobre explotación de estos recursos ha impactado al medio ambiente.

La organización económica, política y social en el transcurso de los siglos ha dependido del manejo de los recursos naturales, de la capacidad que ha tenido el hombre para transformarlos, lo anterior con la finalidad de satisfacer sus necesidades y acumular valor. A pesar de que la economía se ha transformado desde sus inicios, la preocupación por la preservación y el cuidado por el medio ambiente, donde la finitud de estos recursos no había sido contemplada así como las consecuencias

El modelo de economía lineal se ha implementado desde siglos atrás. En este modelo la vida del producto culmina con su desecho. La economía lineal actual, basada en «tomar, hacer, desechar» se basa en grandes cantidades de materias y energía baratas y de fácil acceso, ha sido el elemento fundamental del desarrollo industrial y ha generado un nivel de crecimiento sin precedentes. (Fundación Ellen Macarthur, 2014)

Tabla 1. Limitaciones de la economía lineal.

Limitaciones de la Economía Lineal
Volatilidad de los precios
Generación de residuos
Suministro inestable de materias primas
Contribución a la degradación del medio ambiente y al cambio climático

Fuente: elaboración propia con base en Capital Natural y Economía Circular, Forética.

En la Tabla 1, se observa que en este modelo se genera una gran cantidad de desechos, los cuales dañan al medio ambiente, y por ende contribuye a su degradación. La generación de residuos afecta a la tierra y mares, afectando a la flora y fauna. Las afectaciones han llegado a impactar de manera determinante, especies de plantas y animales han muerto, los ecosistemas se han transformado, y algunos han desaparecido.

El modelo lineal responde al contexto económico actual donde predomina el exceso de producción y que se impulsa del consumismo. En el consumismo la felicidad no está determinada por la gratificación de los deseos ni por la apropiación y el control que aseguren confort, sino más bien por un aumento permanente en el volumen y la intensidad de los deseos, lo que a su vez produce una fila cada vez más interminable de productos creados para el desecho y la sustitución (Lara Pulido & Colín, 2007: 2012)

Debido a este consumismo, la masa de mercancías producida por las empresas es numerosa. Esta mercancía después de ser usada es desechada por el consumidor. Estos desechos han repercutido en el medio ambiente, ya que a través del tiempo se han creado productos que no se degradan y contaminan al entorno. A consecuencia de esta situación, se han formulado propuestas de nuevos modelos que respondan a las necesidades actuales, que permitan solucionar de manera estratégica, entre estas se encuentra: la economía circular.

El término de economía circular (EC) fue empleado por primera vez por David W. Pearce y R. Kerry Turner en el libro *Economics of Natural Resources and the Environment* (Economía de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente) en el año de 1990. La Economía Circular supone que el cambio se debe dar hacia sistemas que sean regenerativos a partir de su diseño, para mantener el valor de los recursos (materiales, agua, suelo y energía) y de los productos y limitando, exponencialmente, los insumos de materias primas y energía. (Morato, Nicola & Jiménez, 2017: 22)

El diseño de sistemas regenerativos planea la reutilización de los recursos, con lo cual pretende disminuir el impacto en el medio ambiente por su desecho. Los sistemas regenerativos permitirán el cuidado de los recursos, apoyados de la labor humana, esto implica la responsabilidad del hombre ante su entorno, pues, el hombre no es un ente ajeno a la naturaleza, él es parte de ella y le corresponde esta responsabilidad.

Este concepto tiene sus antecedentes en el año de 1976, cuando Walter R. Stahel teoriza un ciclo económico donde destaca la reducción del uso de recursos y la generación de residuos. A finales de la década de los setenta Mollison y Holmgren introdujeron el término permacultura, un sistema de diseño social basado en la observación y la reproducción de ecosistemas naturales y principios ecológicos. Se agregó también el concepto de distribución y uso justo, en relación a los humanos y la naturaleza. El concepto de economía industrial fue formulado en los años ochenta por R. Frosch, quien analizó el material y los flujos de energía a través de un sistema industrial, teorizando la posibilidad de reducir el uso de la energía y el insumo de materiales, minimizando a su vez las externalidades negativas de la producción industrial. (Morato, Nicola & Jiménez, 2017: 22)

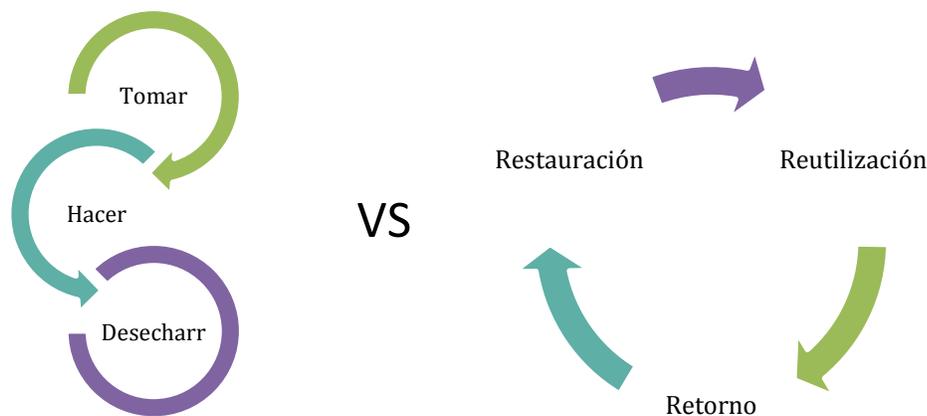
Dentro del modelo circular se pretende reducir el empleo de materias primas vírgenes y retomar estas materias del mismo proceso de producción. Con lo anterior, se reduce la producción de desechos y disminuye el impacto al ambiente; además, incluye una participación importante y responsable en el ciclo

de vida del producto por parte de la empresa productora, ya que será la encargada de extender el ciclo de vida de los materiales, evitar su desecho y retornarlos a su proceso de producción.

La economía circular es un nuevo modelo económico que pretende transformar los patrones de producción y consumo de la sociedad para lograr un sistema productivo sustentable. Se propone reutilizar los bienes que hoy son considerados residuos para lograr un uso más eficiente de los recursos. De esta forma, se pueden convertir los residuos en materias primas que reingresen al sistema productivo para luego generar un nuevo bien. (Cámara Argentina de Comercio y Servicios, 2017:1)

Este modelo es diferente al lineal, el cual culmina con el desecho del producto. En este nuevo modelo el ciclo se cierra, es decir; continúa el ciclo y no finaliza a diferencia del lineal, ya que este modelo cerrado se basa en tres principios: busca reducir el desecho de residuos, disminuyendo el impacto negativo de estos; incluye el uso de ingredientes biológicos para que estos al retornar al medio ambiente sean lo menos dañino y por último, se incluye el uso de energías renovables dentro del proceso de producción. (Fundación Ellen MacArthur, 2014:04)

Imagen1. Economía lineal vs Economía circular



Fuente: elaboración propia con base en el Hacia una economía circular, Fundación Ellen Marcarthur (2014)

La apertura del modelo lineal infiere la finitud del producto, con lo cual termina el ciclo de vida de éste y se convierte en desecho; sin embargo, con el cierre en el modelo circular, se prolonga la vida de este ya que permite su reincorporación en el proceso de producción. Además, el empleo de energías renovables en la producción permite usar energías capaces de generarse y evita el agotamiento de estos. Lo anterior contribuye a lograr la sustentabilidad, el cual es un objetivo primordial de los gobiernos en el mundo.

Sustentabilidad

En el pasado siglo XX surgió el interés de la sociedad por el cuidado del medio ambiente, al cual no se le dio gran importancia durante mucho tiempo y que en los últimos años las consecuencias de esto han sido evidentes, por lo cual ha despertado una conciencia acerca del tema en los diferentes agentes. Víctor Manuel López López retoma el concepto de sustentabilidad de Du Plessis que menciona: por sustentabilidad se entiende el proceso que permitirá la continuación indefinida, de la existencia humana en la Tierra, a través de una vida sana, segura, productiva y en armonía con la naturaleza y con los valores espirituales. López agrega que para lograrlo deben cumplirse ciertos requisitos, como establecer un balance entre las necesidades humanas y la capacidad de carga del planeta, y la obligación moral de mantenerse esa capacidad para satisfacer las necesidades de las futuras generaciones. (López, 2008:15)

La satisfacción de las necesidades será para todo el planeta, no reducido sólo a algunos y se deben cubrir las diferentes insuficiencias de los individuos, dado que cada uno de ellos se enfrenta a diferentes contextos, sin dejar de lado el cuidado por el medio ambiente y procurar su continuidad. Un elemento importante de este concepto es la perspectiva de crear y mantener un porvenir para la humanidad, lo cual dependerá de las acciones de la sociedad presente, pensando en el futuro de la humanidad.

Para lograr el estado de sustentabilidad se necesita un instrumento programático que se ha denominado desarrollo sustentable. (López, 2008:15) Estos conceptos son usados indistintamente, sin embargo su creación y definición son diferentes. El término de sustentabilidad fue empleado en Ginebra el 1974 en el reporte de Estudios Ecuménicos el cual resultó de la reunión de World Council Churches (Consejo Mundial de iglesias), un grupo de ambientalistas occidentales de esa agrupación propuso la creación de una “sociedad sustentable”, para conciliar la necesidad de crecimiento industrial y la objeción de algunos países en vías de desarrollo de preservar prioritariamente el medio ambiente, cuando su población confrontaba (confronta) condiciones de pobreza y sobrevivencia. (López, 2008:18)

El desarrollo sustentable apareció en el año de 1980 en la publicación de World Conservation Strategy (Estrategia mundial de conservación), el cual fue realizado por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) en colaboración con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP).

El desarrollo sustentable no es simplemente un desarrollo que puede ser prolongado en el tiempo, sino el tipo de desarrollo que se requiere para tratar de alcanzar, a través de él, el estado de sustentabilidad. No se trata de una meta propiamente, sino de un proceso para mantener un balance dinámico entre la demanda de equidad, prosperidad y una mejor calidad de vida y lo que es posiblemente ecológicamente. (López, 2008:15)

Se creó la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo (CMMAD) en 1983, la cual fue dirigida por la doctora noruega Gro Harlem Brundtland. En 1987 esta comisión publicó un informe acerca de sus trabajos realizados, este fue titulado Informe *Brundtland*. En este trabajo se mostró una definición que se ha hecho mundialmente conocida que está en manos de la humanidad proporcionar que el desarrollo sea sustentable; es decir, asegurar que “satisfaga las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias”. (López, 2008: 20)

A partir de este informe la preocupación por el medio ambiente motivó la realización de diferentes reuniones regionales para tratar el tema, entre estas se encuentra la Conferencia del Medio Ambiente y del Desarrollo en Río de Janeiro, Brasil, ocasión que señaló el inicio del proceso de operativización de la idea de sustentabilidad. De esta manera, el *Informe Brundtland* abrió las vías políticas para el reconocimiento mundial del concepto de sustentabilidad y desarrollo sustentable. (López, 2008: 21)

Esta conferencia celebrada en Río de Janeiro fue celebrada en junio de 1992, fue llamada la Conferencia del Medio Ambiente y del Desarrollo en Río de Janeiro de las Naciones Unidas, mejor conocida como la Cumbre de la Tierra (Earth Summit). Los temas que se trataron en esta cumbre se resumen en la Declaración de Río de Janeiro, también llamada la *Carta de la Tierra* la cual se integra por 27 principios que se refieren fundamentalmente al entorno natural y al desarrollo. Los tratados sobre diversidad biológica y cambio climático fueron firmados por más de 150 naciones, siendo este el antecedente formal del protocolo de Kyoto. Se formalizó el programa para el siglo XXI, denominado *Agenda 21*, y se creó la Comisión para el desarrollo Sustentable, entre otros acuerdos globales. (López, 2008: 22)

La Economía Circular como camino hacia la Sustentabilidad

La sustentabilidad es un tema relevante dentro del tema del desarrollo económico actual en todo el mundo, debido a que la huella ecológica humana ha dejado estragos en los diferentes ecosistemas. El desecho inadecuado de los residuos daña al entorno, contamina el suelo, los mares así como la atmósfera; esta acción causa la muerte de la flora y la fauna. El deterioro ambiental también repercute en la salud de los seres humanos, provocando diferentes enfermedades, desde infecciones respiratorias hasta cáncer, y en ciertos casos la muerte.

Con base a datos de la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2017) el número de población a nivel mundial, en junio del año 2017 ascendió a casi 7 mil 600 millones de personas, en comparación del año de 1950 la población era de 2.600 millones de personas, es decir la población casi se triplicó en 67 años. Lo anterior ocasionó un problema ecológico que afecta a todo el planeta debido a la gran demanda de los productos fabricados por las industrias para cubrir las necesidades de los consumidores, esto produjo una desmedida obtención de residuos sin tratar o reciclar, creando un grave problema a nivel mundial.

Los daños al medio ambiente son evidentes, estos han despertado la preocupación de los diferentes actores económicos como las familias, las empresas y el Estado; llevando a configurar diferentes planes para solucionar este problema y a crear estrategias de desarrollo sustentable. En el año de 1987 en la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo (CMMAD) de las Naciones Unidas conciben el término desarrollo sustentable como: el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. Desde esta perspectiva los diferentes agentes procuran el futuro de la humanidad, sin descuidar el desarrollo económico que permita la satisfacción de las necesidades de la sociedad presente, disminuyendo en lo mínimo sus efectos negativos en el medio ambiente e impulsando su cuidado. (CMMAD,1987)

Con base en datos del índice de la organización sin fines de lucro Bertelsmann Stiftung y la Red de Soluciones de Desarrollo Sostenible de la ONU (2015) diferentes países basaron su crecimiento económico en procurar el medio ambiente, entre estos se encuentran varias naciones del continente europeo como Suecia, Noruega, Finlandia, Dinamarca, Alemania, Holanda, Austria, entre otros; quienes han tomado el término de desarrollo sustentable como una directriz en su economía logrando al día de hoy estar muy próximos de cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)¹ de la Agenda 2030, convirtiéndose en estados con excelentes índices económicos, políticos y sociales.

¹El documento “Transformar Nuestro Mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible”, fue adoptado por los 193 Estados Miembros de las Naciones Unidas. Dicho documento incluye los 17 Objetivos del

La Economía Circular ha empezado a introducirse en la actual política económica y ambiental de la Comisión Europea, particularmente a través del Plan de Acción de la UE para la Economía Circular presentado por la Comisión Europea al Parlamento Europeo en diciembre de 2015. (Morato, Nicola & Jiménez, 2017: 15) Además se encuentran ciudades como Chile, Japón y China que llevan a cabo acciones para implementar este modelo innovador así como favorable al medio ambiente.

La transición hacia una economía circular es una ventaja para la Unión Europea, en el sentido de que incrementa su propia competitividad y sostenibilidad, construyendo un sistema económico más resiliente y adaptable a la escases de recursos materiales y energéticos y a la volatilidad financiera, propulsando la innovación y eficiencia empresarial y cambiando de manera radical los patrones de producción y consumo. (Fundación Cotec para la innovación, 2017:25)

México es uno de los países en Latinoamérica en camino para el logro de los objetivos de desarrollo sostenible, tiene como principales puntos a tratar en cuestión del medio ambiente las acciones por el clima, vida submarina, vida de ecosistemas terrestres, producción y consumo responsable; esto debido a que es un país que es rico en ecosistemas, además de contar con una extensa biodiversidad en todo el territorio. Además en el año de 2015 en el país, la población ascendía a más de 119 millones de habitantes, de acuerdo con Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (INEGI, 2015)

En cuestión de economía circular solo algunas empresas, mexicanas llevan a cabo este proceso. En México, 90 millones de botellas de plástico de refrescos y agua son lanzados a la vía pública, ríos y mares. (Cámara de Diputados, 2017) Los desechos materiales pueden ser reciclados para ser utilizados nuevamente, esto traería consecuencias positivas al medio ambiente al disminuir su impacto. En México empresas como PETSTAR llevan a cabo la labor de recolección para el reciclaje del PET como un modelo de negocio sustentable, fomentando la cultura y la preocupación por el cuidado del entorno natural, para ello emplea la logística inversa, la cual se refiere al conjunto de actividades logísticas de recogida, desmontaje y desmembramiento de productos ya usados o sus componentes, así como de materiales de distinto tipo y naturaleza, con objeto de maximizar el aprovechamiento de su valor, en sentido amplio de su uso sostenible y, en último caso, su destrucción.(Cabeza, 2014) La logística inversa es una estrategia importante dentro del desarrollo de las actividades de la empresa PETSTAR ya que el acopio y el reciclado, forman parte fundamental de su modelo de negocio, el cual está basado en la noción de economía circular².

Desarrollo Sostenible (ODS) cuyo objetivo es poner fin a la pobreza, luchar contra la desigualdad y la injusticia, y hacer frente al cambio climático sin que nadie quede atrás para el 2030.

² Una economía circular es un sistema industrial restaurador o regenerativo por intención y por diseño. Sustituye el concepto de “caducidad” por el de “restauración”, se desplaza hacia el uso de energías renovables, eliminando el uso de químicos tóxicos, que perjudican la reutilización, y el retorno a la biosfera,

Conclusiones

El cambio de una economía lineal a circular es un proceso largo donde es importante tener en cuenta los beneficios de las futuras generaciones. La economía circular es un modelo contemporáneo que permite el cuidado de los recursos naturales sin afectar la satisfacción de las necesidades de los individuos. Es importante llevar a cabo este modelo ya que permitirá el desarrollo de la humanidad y de su entorno.

El hombre se vuelve un agente en todo el proceso de la economía circular ya que puede contribuir a la realización de esta economía. La economía circular permite beneficios sociales, ambientales y económicos a las naciones y a las empresas socialmente responsables.

Es importante motivar conciencia y responsabilidad social de cada miembro de la sociedad, para llevar a cabo acciones para cuidar, mejorar e impulsar el crecimiento de su entorno ambiental, lo cual traería consecuencias positivas al medio ambiente y la humanidad.

Referencias

Del Real J. (22 de diciembre de 2017). *Cuántos países firmaron los ODS*. Recuperado el 28 de abril de 2018. <https://www.expoknews.com/cuantos-paises-firmaron-los-ods/>

Diario de Yucatán (7 de julio de 2017). *Se estima que en México cada habitante genera 300 kilos de basura al año*. Recuperado el 25 de abril de 2018. <http://yucatan.com.mx/mexico/medio-ambiente/se-estima-mexico-habitante-genera-300-kilos-basura-al-ano>

Díaz Coutiño, Reynol (2011). *Desarrollo sustentable. Una oportunidad de vida*. 2da. Edición. México D. F., México: Mc Graw Hill.

Forética. *CAPITAL NATURAL Y ECONOMÍA CIRCULAR*. Recuperado el 25 de mayo de 2018.

http://foretica.org/anexo_infografia_capital_natural_y_economia_circular.pdf

y busca en su lugar, la eliminación de residuos mediante un diseño optimizado de materiales, productos y sistemas y, dentro de estos, modelos de negocios. (Fundación Ellen MacArthur, McKinsey & Compañía, 2014)

Fundación Ellen MacArthur, McKinsey & Compañía (2014). *Hacia una economía circular: Motivos económicos para una transición acelerada. Resumen ejecutivo.* Recuperado el 25 de mayo de 2018.

https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/languages/EMF_Spanish_exec_pages-Revise.pdf

Fundación Ellen MacArthur, McKinsey & Compañía (2014). *Hacia una economía circular. Resumen ejecutivo.* Recuperado el 25 de mayo de 2018.

https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/languages/EMF_Spanish_exec_pages-Revise.pdf

Gobierno de Argentina (2017) Informe sobre Economía Circular Recuperado el 25 de junio de 2018

http://www.cac.com.ar/data/documentos/21_Informe%20sobre%20Econom%C3%ADa%20Circular.pdf

Hass, Will & Krausmann, Fridolin & Wiedenhofer, Domink & Heinz, Markus (2015). "How Circular is the Global Economy" en *Journal of Industrial Ecology*. Recuperado el 28 de mayo de 2018.

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/jiec.12244>

López López, Víctor Manuel (2008). *Sustentabilidad y desarrollo sustentable. Origen, precisiones conceptuales y metodología operativa.* México D. F., México: Trillas.

Morató, Jordi & Tollin, Nicola & Jiménez, Luis (2017) *Situación y evolución de la economía circular en ESPAÑA.* Madrid, España: Fundación COTEC para la Innovación. Recuperado el 28 de mayo de 2018. <http://cotec.es/media/informe-CotecISBN-1.pdf>

Naciones Unidas (21 de junio de 2017). *La población mundial aumentará en 1.000 millones para 2030.* Recuperado el 2 de mayo de 2018. <https://www.un.org/development/desa/es/news/population/world-population-prospects-2017.html>

OECD (2009). *Eco-Innovation Policies in The People's Republic of China,* Environment Directorate, OECD. Recuperado el 30 de mayo de 2018. <https://www.oecd.org/china/44293445.pdf>

ONU MÉXICO. *Objetivos de desarrollo sostenible .* Recuperado el 27 de abril de 2018. <http://www.onu.org.mx/agenda-2030/objetivos-del-desarrollo-sostenible/>

Presidencia de la República (29 de mayo de 2013). *Duplicar el porcentaje de basura reciclada en México*. Recuperado el 25 de abril de 2018. <https://www.gob.mx/presidencia/articulos/duplicar-el-porcentaje-de-basura-reciclada-en-mexico>

Prieto-Sandoval, V. & Jaca, C. & Ormazabal, M. (2017) “Economía circular: Relación con la evolución del concepto de sostenibilidad y estrategias para su implementación” *Memoria Investigaciones en Ingeniería, núm. 15*. Recuperado el 28 de 2018. http://www.um.edu.uy/docs/Economia_Circular.pdf

UANL (13 de marzo de 2018). *Qué es sustentabilidad*. Recuperado el 27 de abril de 2018. <http://sds.uanl.mx/el-concepto-desarrollo-sustentable/>

Vanguardia (26 de mayo de 2013). *11%, lo que se recicla de 77 millones de toneladas de basura al año: Semarnat*. Recuperado el 25 de abril de 2018. <https://www.vanguardia.com.mx/11loquesereciclade77millonesdetoneladasdebasuraalanosemarnat-1749840.htm>

8

“Manejo pesquero ecosistémico, interdisciplina, transversalidad y socialización”

Ortiz-Gallarza, Silvia Margarita, Tania Guadalupe Romero-Leyva, Elizabeth Cruz-Borrego, Hugo Aguirre-Villaseñor, Darío Chávez-Herrera, David Corro-Espinosa, Juan Madrid-Vera y Emilio Romero-Beltrán

Dirección General Adjunta de Investigación Pesquera en el Pacífico, Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera-Mazatlán, Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. Mazatlán, Sinaloa, México. ortizsilvi@gmail.com

Resumen

La misión de un plan de manejo pesquero ecosistémico es utilizar equilibradamente y proteger el patrimonio natural en forma de recursos naturales múltiples y los servicios ambientales que los ecosistemas proporcionan, a través de proyectos y programas de protección, conservación y restauración, en coordinación con las dependencias involucradas, con la participación, activa y comprometida de los actores sociales involucrados. La visión futura es que el ecosistema se ha recuperado, la calidad ambiental ha mejorado y el aprovechamiento de los recursos se efectúa de manera ordenada. Los actores que participan, respetan las disposiciones de manejo establecidas (vr. gr. vedas, cuotas, tallas mínimas de captura, etc.). La calidad de vida de los pescadores y de sus familias ha mejorado, existe una red de vigilancia coordinada entre la población, los pescadores y el gobierno, que en conjunto han conducido a reducir sustancialmente la pesca ilegal. Se ha logrado la suma de voluntades y el compromiso de todos los actores. Las instancias involucradas en la ejecución de los proyectos y programas del plan de manejo pesquero ecosistémico son la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca, el Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, en cuanto a manejo pesquero, vigilancia y monitoreo de recursos de la pesca; la Secretaría de Marina en materia de vigilancia ambiental, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales en preservación y cuidado del medio ambiente y sus recursos naturales. La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación en el desarrollo de proyectos productivos y el otorgamiento de fondos de apoyo para su operación. Las acciones de dependencias estatales y municipales, se integran a las actividades de las dependencias federales para atender necesidades inherentes al desarrollo sustentable de las actividades pesqueras y acuícolas, en acordancia con las demás actividades del sector primario y de los sectores secundario y terciario. Organizaciones sociales, instituciones científicas, técnicas y educativas y asociaciones de ayuda y de cuidado del ambiente, colaboran, aportando la información necesaria para conocer y dar un seguimiento de las condiciones ecológicas y socio-económicas. Los planes de manejo pesquero deben incluir: objetivos de manejo definidos por el Consejo Nacional de Pesca y los Consejos Estatales de Pesca y Acuicultura; descripción de características biológicas de especies sujetas a explotación; forma en que se organizará la administración y los mecanismos de participación de individuos y comunidades asentadas en las áreas de interés; ciclo de captura y estado de aprovechamiento de las pesquerías; ubicación de las áreas geográficas que estarán sujetas al aprovechamiento; indicadores socioeconómicos de la población dedicada a la pesca en la región y su impacto en la misma, así como las artes y los métodos de pesca autorizados.

Introducción

Los recursos pesqueros se encuentran integrados en sistemas socioecológicos complejos y su manejo lleva implícita la complejidad inherente a cada subsistema

y a numerosas fuentes de incertidumbre. El ecosistema, los recursos, los usuarios y el modo de gobernanza, interactúan entre sí y configuran el sistema como un todo (Defeo, 2015; Defeo *et al.*, 2009). Los ecosistemas y su mantenimiento son la base de la subsistencia humana, así como del desarrollo económico y social del cual depende nuestro bienestar (Gómez-Sal, 2007).

Los ecosistemas proporcionan a los seres humanos varios tipos de servicios (FAO, 2010).

I. Servicios de Provisión, son aquellos productos obtenidos de los ecosistemas: alimentos, agua, madera y leña, fibras, bioquímicos, medicinas naturales y farmacéuticas, recursos genéticos (UNEP, 2003). II. Servicios de Regulación, se trata de procesos ecosistémicos que regulan las condiciones en las que los seres humanos viven y se desarrollan: regulación del clima, control de plagas y enfermedades, control de inundaciones y de impactos ante eventos naturales externos, regulación de la calidad del agua y el aire, polinización, regulación de la erosión (UNEP, 2003). III. Servicios Culturales, las experiencias y capacidades adquiridas, derivadas de la interacción personas-ecosistemas: espirituales y religiosos, recreación y turismo, estéticos, herencia cultural y pertenencia al territorio, educativos e inspiracionales (UNEP, 2003). IV. Servicios de Soporte o Sustento, los procesos ecosistémicos básicos que aseguran el funcionamiento adecuado y los flujos de servicios de los ecosistemas, necesarios para la provisión de todos los demás servicios: formación de suelo, ciclo del agua, ciclos de nutrientes, origen y mantenimiento de la biodiversidad, producción primaria (conversión de energía lumínica y nutrientes) (UNEP, 2003).

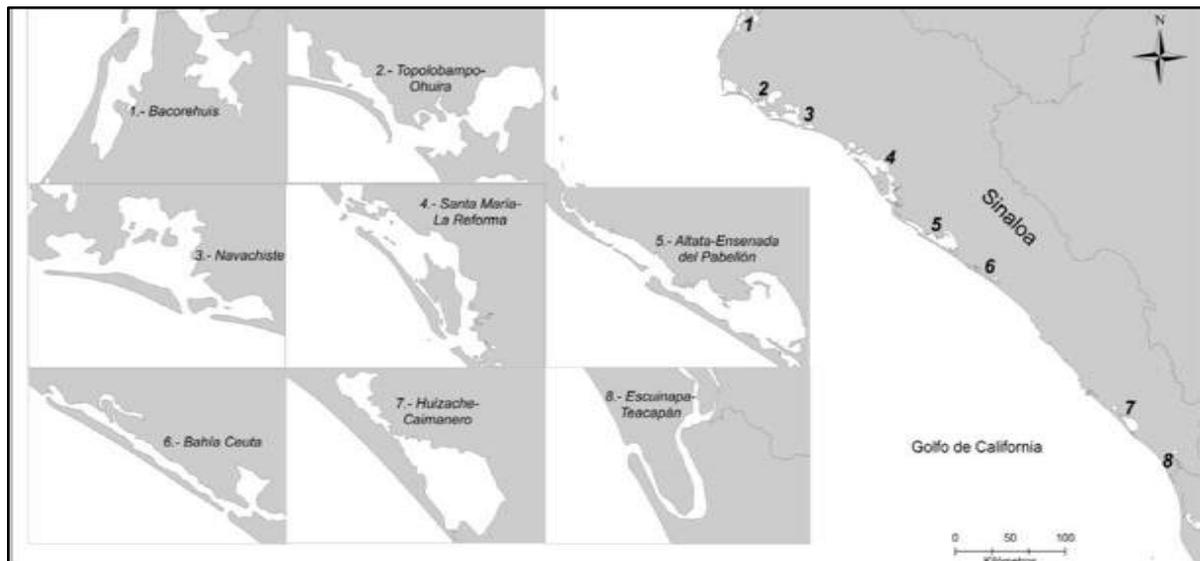
Los ecosistemas estuarino lagunares se definen como aquellos cuerpos acuáticos litorales que tienen comunicación con el mar y resultan del encuentro de distintas masas de agua. Ello provoca fenómenos peculiares en su comportamiento físico, químico, geológico y biológico, con las consecuentes pautas ecológicas (Castañeda-López y Contreras-Espinosa, 2003). Sus condiciones distintivas son: aportes considerables de nutrientes que provienen de las cuencas de escurrimiento, una amplia gama de organismos -dulceacuícolas, estuarinos y marinos-, procedentes de ríos y mares y un suministro importante de materia orgánica a partir de bosques de manglar y otra vegetación litoral circundante, que propicia una productividad considerablemente elevada, al recibir tal subsidio energético. La energía disponible es mayor que la de otros ecosistemas acuáticos, por lo tanto, cualquier alteración de los componentes, resulta en la modificación de sus propiedades (Contreras, 1993). El origen de estos ecosistemas obedece a características geomorfoedafológicas naturales, variaciones históricas del nivel del mar, evolución geográfica, geología, fisiografía y oceanografía costera -olas,

corrientes, mareas-. Son los ecosistemas costeros con mayor potencial productivo (Contreras y Zavalegui, 1988) y si bien manifiestan cada uno su individualidad, están regidos por factores “comunes”, como las condiciones salobres debidas a la mezcla de agua dulce y marina, que resultan en una variabilidad de hábitats alta y en una productividad relativamente elevada (Contreras, 1991).

Área de Estudio

El litoral de la región mexicana del Océano Pacífico Norte comprende los estados de Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Nayarit y Jalisco. Mismos que comparten condiciones específicas en la margen oeste del Golfo de California, los dos primeros, y en la este, los cuatro restantes. Esta región se considera un área de transición relevante entre las regiones biogeográficas templada y tropical, lo cual ha favorecido gran biodiversidad y alto número de endemismos (Briggs, 1974). Aquí también se encuentra la zona de manglar más grande del litoral pacífico de México, con una superficie aproximada de 113,238 ha (Flores-Verdugo, *et al.*, 1991).

En el Estado de Sinaloa existen 221,600 ha de superficies estuarino lagunares en sus 640.17 km de litorales (Flores-Verdugo, *et al.*, 1991). Sus numerosos complejos ecosistémicos de alta importancia son: Bacorehúis, Topolobampo, Ohuira, Navachiste, Santa María-La Reforma, Altata-Pabellones, Ceuta, Huizache-Caimanero y Escuinapa-Teacapán (Fig. 1).

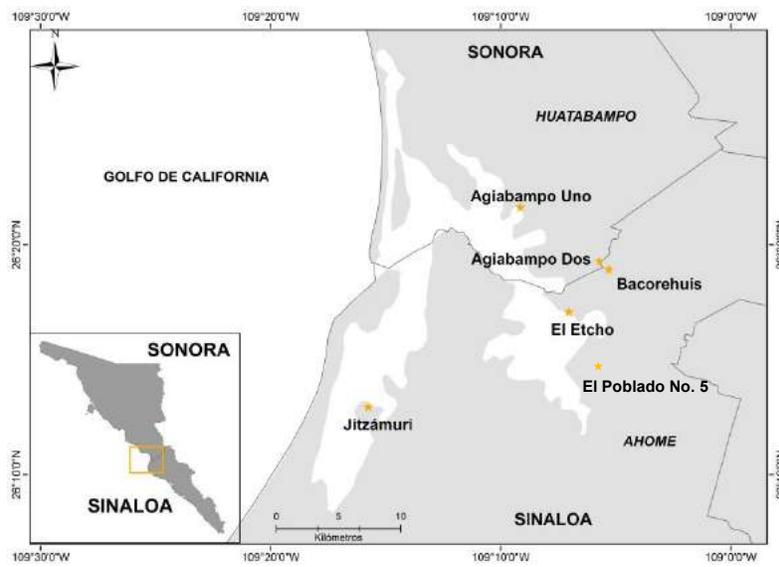


Fuente: elaboración propia M. en C. José Carlos Ortiz Ahumada, CRIAP-Mazatlán.

Fig. 1. Localización geográfica de los ecosistemas estuarino lagunares de la costa de Sinaloa.

Hasta el momento se ha completado el documento del plan de manejo pesquero ecosistémico en el litoral sinaloense Altata-Pabellones, el cual se encuentra en revisión previa publicación. El plan de manejo pesquero ecosistémico de Playa Colorada-Santa María-La Reforma está en marcha; donde deben efectuarse tres talleres de socialización. Recientemente, dio inicio el plan de manejo pesquero ecosistémico de Agiabampo-Bacorehuis-Jitzámuri con la aplicación de encuestas y entrevistas para la caracterización socioeconómica de los pescadores usuarios.

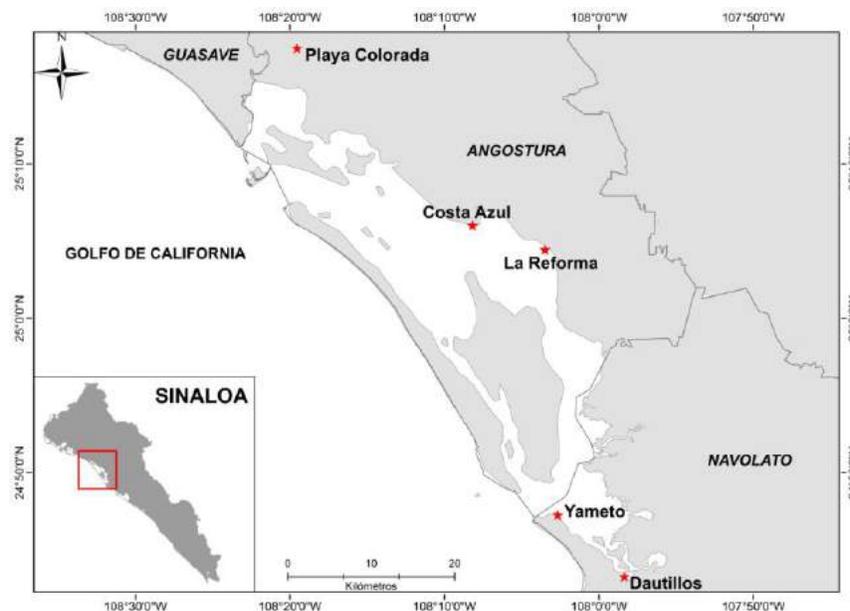
El ecosistema estuarino-lagunar Agiabampo-Bacorehuis-Jitzámuri (ABJ) se ubica entre Sinaloa y Sonora, a los 26°05'00"-26°30'00" Latitud Norte y los 109°03'00"-109°20'00" Longitud Oeste (Fig. 1). De clima semiárido, precipitación media anual de 300 mm; temperatura media anual de 30°C, con máxima de 35°C y mínima de 10°C. Tasa de evaporación aproximadamente diez veces mayor que la precipitación. Integrado por cuatro cuerpos de agua: Jitzámuri, Bacorehuis (Ahome, Sinaloa); Agiabampo y Bamocha (Huatabampo, Sonora). Con extensión aproximada a 18,633 ha, se comunica al mar a través de la boca de Agiabampo. Se ha distinguido por su producción de camarón, jaiba y callo de hacha. Actualmente, presenta problemas de azolvamiento severos que merman la producción, tanto por la afectación a la navegación, como por la contracción del espejo de agua, ambos eventos durante la marea baja. Una de las principales causas de azolvamiento, es el sistema de distritos de riego, que merma la cantidad de agua que llega y su calidad. Se han realizado varios dragados, en la expectativa de lograr impactos ambientales, económicos y sociales positivos para las poblaciones pesqueras (Romero-Beltrán *et al.*, 2014) (Fig. 2).



Fuente: elaboración propia M. en C. José Carlos Ortiz Ahumada, CRIAP-Mazatlán.

Fig. 2. Ecosistema estuarino lagunar Agiabampo, Bacorehuis-Jitzámuri, Sonora-Sinaloa, México.

La laguna de Santa María la Reforma (Fig. 3) se encuentra en la costa oriental del Golfo de California entre los paralelos 24°43' y 25°15' N y los meridianos 107°55' y 108°23' W, en el estado de Sinaloa. Se comunica con otras dos cuencas, una al norte, la Playa Colorada y otra al sur, la Laguna Santa María, que en conjunto conforman un extenso sistema lagunar. Al oriente está la planicie costera y al occidente la barrera arenosa isla Altamura (Fig. 3), de 45 km de largo, que separa el vaso de la laguna del Golfo de California; la comunicación entre éstas aguas se realiza a través de dos bocas, una al noroeste entre las islas Saliaca y Altamura y otra al sureste, en el extremo sur de la isla Altamura. La laguna tiene una forma alargada, con su eje mayor de 70 km de longitud paralelo a la línea de costa (De la Lanza-Espino y Cáceres-Martínez, 1994).



Fuente: elaboración propia M. en C. José Carlos Ortiz Ahumada, CRIAP-Mazatlán.

Fig. 3. Ecosistema estuarino lagunar Playa Colorada-Santa María-La Reforma, Sinaloa, México.

El ecosistema lagunar Altata-Pabellones está localizado en la porción centro-norte de la planicie costera de Sinaloa; abarca el frente deltaico del río Culiacán, cuyo cauce meándrico adquiere características estuarinas al fluir al interior del sistema. Mantiene comunicación directa con el Golfo de California mediante dos bocas, una permanente y otra intermitente (Gutiérrez-Estrada y Malpica-Cruz, 1993). Constituido por dos cuencas relativamente someras correspondientes a las lagunas Altata al noroeste y Pabellones al sureste, parcialmente separadas entre sí por un angostamiento pronunciado (Ayala-Castañares *et al.*, 1994).

El desarrollo longitudinal del ecosistema AP comprende 55 km; 27 km corresponden a la laguna Altata y 28 km a Pabellones. La anchura máxima respectivamente, varía de 5 km a 13 km, con valores medios de 2 km y de 10 km. Ambas lagunas cubren un área de 220 km², de los cuales el 60% lo constituye Pabellones y el 40% restante, Altata. El eje principal del sistema está orientado fundamentalmente al noroeste-suroeste (Ayala-Castañares *et al.*, 1994) (Fig.4).



Fuente: elaboración propia sobre imagen de Google Maps, M. en C. José Carlos Ortiz Ahumada, CRIAP-Mazatlán.

Fig. 4. Ecosistema estuarino lagunar Altata-Pabellones, Sinaloa, México.

En el estado de Sinaloa existe una fuerte tradición y un gran arraigo pesquero, que encabeza además, junto con Sonora, las actividades de acuicultura de camarón a nivel nacional (Castañeda y Contreras Espinoza, 2003).

Otra actividad productiva de Sinaloa que destaca es la agricultura, y con ella adquiere relevancia el uso de fertilizantes y pesticidas como fuente importante de contaminantes hacia las cuencas hidrológicas regionales. Las mayores concentraciones de cadmio en los tejidos de peces han sido registradas en el ecosistema lagunar-costero de Altata-Pabellones (Frías-Espéricueta *et al.*, 2010). Por otra parte, las actividades acuícolas también han generado conflictos severos y algunos problemas de contaminación resultantes de los desechos producidos en las instalaciones camaronícolas (Castañeda y Contreras Espinoza, 2003). En cuanto a actividades turísticas y recreativas, en la zona adyacente al ecosistema lagunar estuarino Altata-Pabellones, en un área conocida como la laguna de Chiricahueto, se practica la actividad turística, donde existe una concesión cinegética a la empresa Pichigüila Gun Club y en invierno la afluencia de turismo es recurrente (FIR, 2008).

Material y Métodos

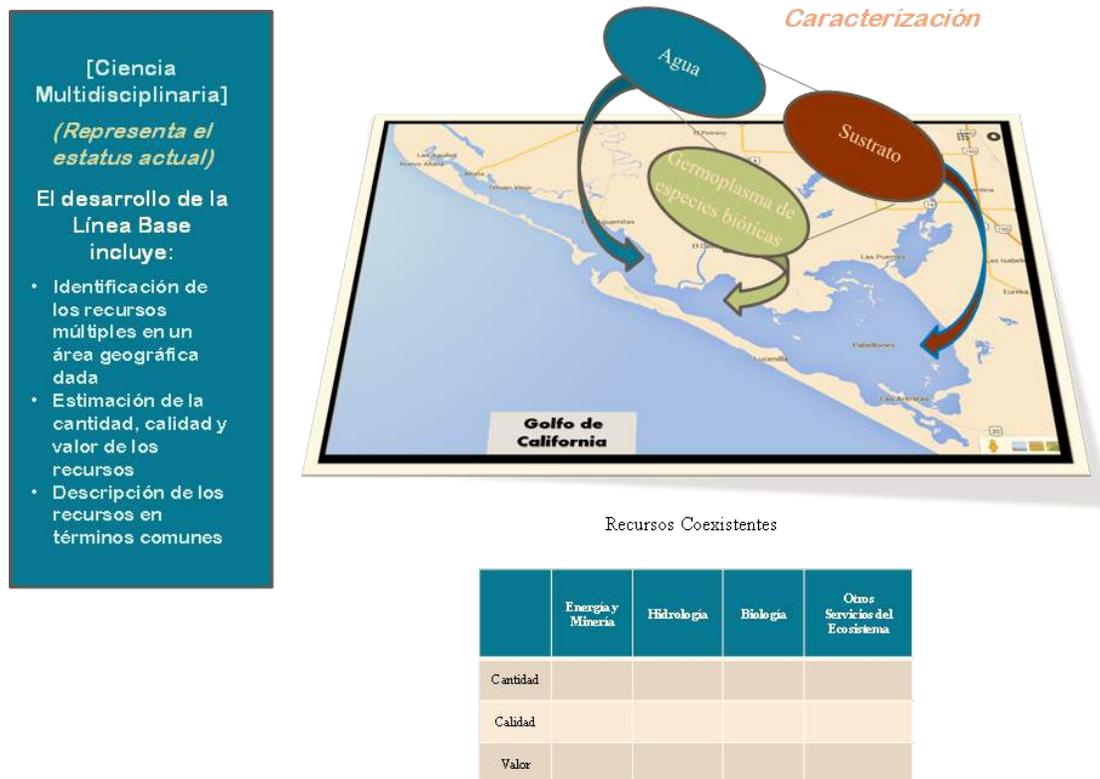
El Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INAPESCA) instruido por la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA) con el desarrollo y la puesta en marcha de los planes de manejo pesquero de los ecosistemas lagunares estuarinos de Sinaloa, México, pretende lograr un aprovechamiento responsable de los recursos pesqueros de estos ecosistemas, para asegurar su sustentabilidad y la permanencia de la actividad pesquera a mediano y a largo plazo, toda vez que se trata de una de las principales actividades generadoras de empleos en este litoral de tan importante tradición pesquera (INAPESCA, 2017).

Asimismo, se considera necesario y urgente emprender acciones orientadas al mejoramiento de la calidad ambiental, contribuir a la recuperación de aquellos hábitats estratégicos para conservar la biodiversidad y posibilitar que continúen desarrollándose las actividades productivas, de interés para las poblaciones ribereñas; cuya participación activa es indispensable, integrada a la de otros actores sociales, tanto en su formulación, como en la aplicación futura, -entre los que se encuentran: pescadores, lugareños, poderes gubernamentales, asociaciones de los diversos productores, organizaciones no gubernamentales e instituciones de investigación-, entre los principales, para lograr un manejo óptimo de estos ecosistemas costeros.

El desarrollo de estos planes de manejo pesquero ecosistémico se efectuó con base en el Análisis de Recursos Múltiples, en virtud de que una gestión responsable de los recursos naturales para abastecer de manera aceptable las necesidades de las generaciones actuales y futuras, requiere de un enfoque integrado que esté basado en el espacio y en sistemas de pensamiento que incorporen los aspectos sociales, económicos y ambientales de la sustentabilidad. El análisis a escala del Paisaje asume una visión integral que se centra en las escalas espaciales más adecuadas para los valores de los recursos que están siendo administrados. El Análisis de Recursos Múltiples es un enfoque para el análisis a la escala del Paisaje, que integra la información entre recursos naturales múltiples, incluyendo los servicios de los ecosistemas y está diseñado para evaluar los impactos y las compensaciones entre el desarrollo y la conservación a la escala del Paisaje. Este enfoque se dirige implícitamente a las relaciones sociales, económicas y ecológicas funcionales (National Academies of Sciences, Engineering & Medicine, 2016).

Esta metodología de las Academias Estadounidenses de Ciencias, Ingeniería y Medicina, de reciente incorporación en la planeación sustentable a sugerencia del Servicio Geológico Nacional de los Estados Unidos, incluye en su ejecución las siguientes tres fases de desarrollo: (1) Línea Base: integrada por la información

sobre el estado actual de los recursos naturales múltiples, incluidos los servicios del ecosistema. Esta fase equivale a la Caracterización, durante la cual, se procede a la identificación de los recursos múltiples que se encuentran presentes en el área de estudio, así como a una determinación actualizada y fidedigna de sus condiciones cualitativas y cuantitativas (Fig. 5).



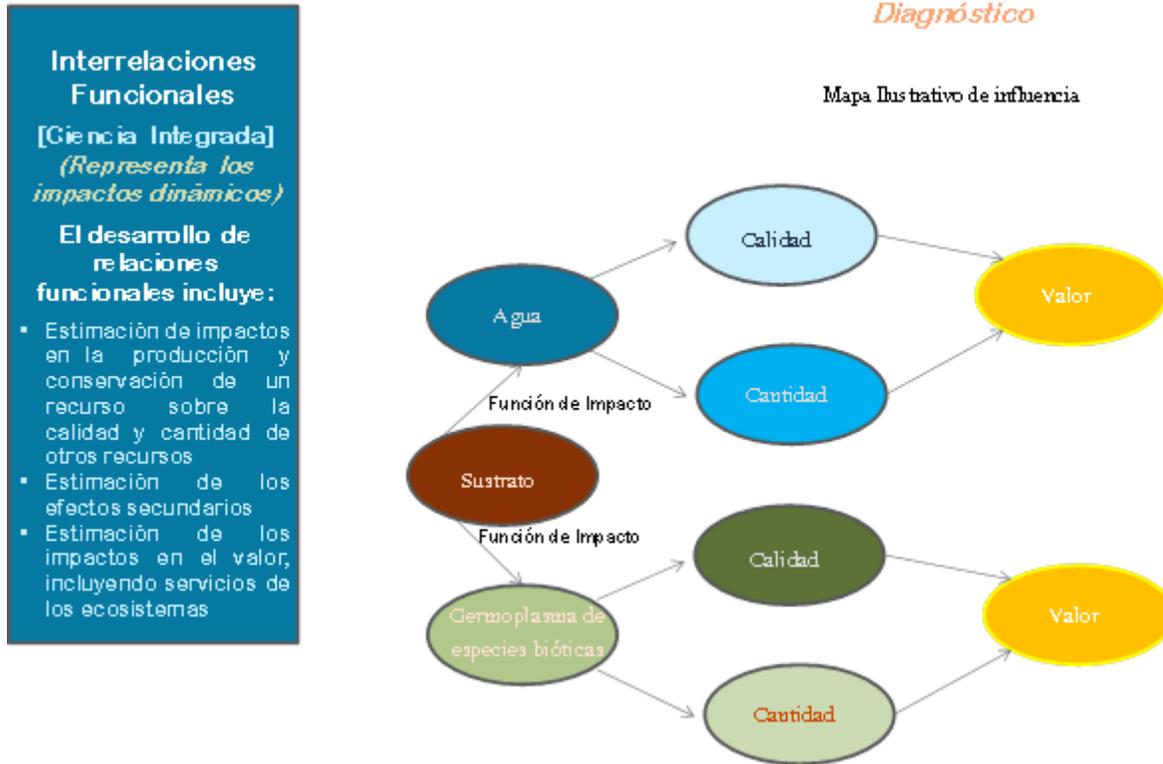
Fuente: elaboración propia con base en National Academies of Sciences, Engineering & Medicine, 2016

Fig. 5. Fase de línea base (Caracterización) según la Metodología de Análisis de Atributos Múltiples.

La segunda etapa compete al establecimiento de los vínculos existentes entre los recursos múltiples de los ecosistemas, es decir, a las relaciones causa-efecto o (2) Interrelaciones Funcionales: entendidas como modelos que describen los impactos dinámicos derivados de las interrelaciones entre los recursos coexistentes.

Todo ello, bajo el enfoque de las Ciencias geológicas, hidrológicas, biológicas y ecológicas integradas. Corresponde al desarrollo de un Diagnóstico multidisciplinario integral y representa los principales impactos dinámicos

presentes y sus efectos en el valor y en la eficiencia de los servicios ambientales en el área de estudio (Fig. 6).

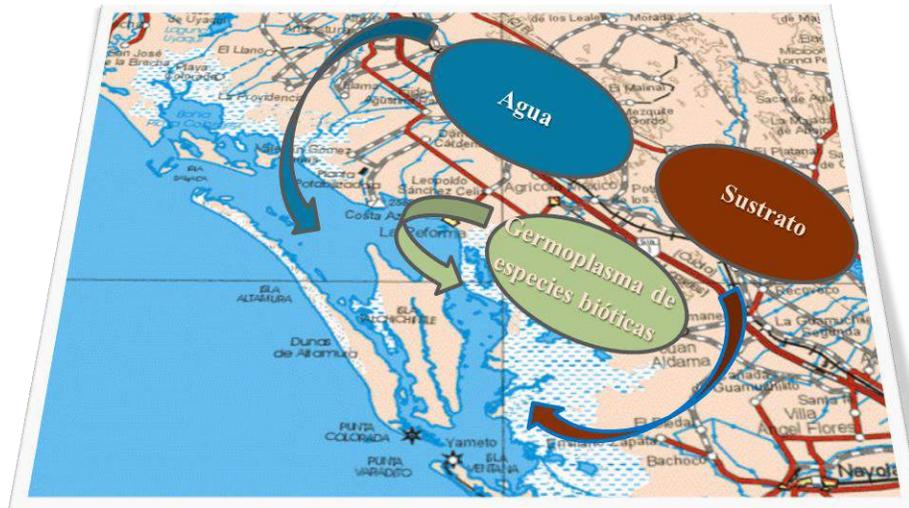


Fuente: elaboración propia con base en National Academies of Sciences, Engineering & Medicine, 2016

Fig. 6. Fase de Interrelaciones funcionales (Diagnóstico) según la Metodología de Análisis de Atributos Múltiples.

Finalmente, en la tercera etapa, tras el análisis profundo de las dos fases anteriores, se proyectaron los: (3) Escenarios: planteados tras el análisis multidisciplinario de la evaluación de los impactos y de las medidas de compensación respecto a los recursos naturales en términos biofísicos y socioeconómicos. Se contemplaron los impactos potenciales y el planteamiento de escenarios alternativos de manejo para los tomadores de decisiones, es decir, el Pronóstico propiamente dicho (Figs.7 y 8).

Pronóstico



Cambios en los Recursos Coexistentes

Fuente: elaboración propia con base en National Academies of Sciences, Engineering & Medicine, 2016

Fig. 7. Fase de Planteamiento de escenarios deseables (Pronóstico) en la Metodología de Análisis de Atributos Múltiples.



Fuente: Taylor, 2015.

Fig. 8. Enfoque integral multidisciplinario interinstitucional para optimizar el proceso de toma de decisiones ecosistémicas.

Resultados y Discusión

Visión de los planes de manejo pesquero ecosistémico

El enfoque de la visión ideal es social, ecosistémico y productivo: “el ecosistema se ha recuperado, la calidad ambiental ha mejorado y el aprovechamiento de los recursos se efectúa de manera ordenada. Todos los actores que participan, respetan las disposiciones de manejo establecidas (respetan vedas, cuotas, tallas mínimas de captura, etc.) La calidad de vida de los pescadores y de sus familias ha mejorado, existe una red de vigilancia coordinada entre la población, los pescadores y los gobiernos, que en conjunto han reducido sustancialmente la pesca ilegal. Se ha logrado la suma de voluntades y el compromiso de todos los actores”.

Fines

Utilizar equilibradamente y proteger el patrimonio natural en forma de recursos naturales múltiples y los servicios ambientales que los ecosistemas estuarino lagunares proporcionan al litoral de Sinaloa; ejecutando acciones a través de proyectos y programas de protección, conservación y restauración, en coordinación con las dependencias involucradas de los gobiernos federal, estatal y municipales; con la participación activa y comprometida de todos los actores sociales involucrados en el uso del mismo.

Propósito

Alcanzar el manejo sustentable de los recursos pesqueros de los ecosistemas costeros de Sinaloa en un esquema socialmente aceptable, económicamente viable, ambientalmente amigable, políticamente factible, y en el contexto de la equidad; para la presente y las futuras generaciones, con la participación activa de todos los actores involucrados que inciden en los ecosistemas costeros.

Componentes

Los objetivos estratégicos para lograr el manejo sustentable de los ecosistemas estuarino lagunares están integrados fundamentalmente por los cinco componentes siguientes, a partir de los cuales se atenderán los aspectos biológico-pesqueros, económicos, sociales y ambientales prioritarios:

Componente 1. Poblaciones de especies sujetas al aprovechamiento pesquero recuperadas, bien administradas y conservadas.

Componente 2. Rentabilidad de la actividad pesquera incrementada.

Componente 3. Entorno social más equilibrado y favorecedor.

Componente 4. Condiciones ambientales depuradas.

Componente 5. Sistemas de inspección y vigilancia depurados y actualizados.

Líneas de acción

Las líneas de acción para llevar al cumplimiento efectivo los postulados de los componentes de integran en un conjunto de matrices de marco lógico, las cuales señalan las actividades a realizar y el grado de avance de las mismas que se espera alcanzar a lo largo de los primeros años de desarrollo de los planes de manejo ecosistémico. Corresponden a las relativas a la pesquería de camarón, las de jaibas y moluscos, de la pesquería de escama, de los elasmobranquios, y finalmente, aquellas aplicables a la restauración de la calidad ambiental en los ecosistemas estuarinos.

Playa Colorada-Santa María-La Reforma

La pesca ribereña es la fuente principal de ingresos de las comunidades pesqueras: Playa Colorada, Costa Azul y La Reforma, Municipio de Angostura; Dautillos y Yameto, Municipio de Navolato (Fig. 3) (Rodríguez-Domínguez, 2014). Al sur de Santa María-La Reforma se localizan las marismas de Malacataya, donde se practican actividades cinegéticas en el “Club Patolandia”, al sur se encuentra la salina explotada por el grupo de ejidatarios de Montelargo (Haws y Rojas Umaña, 2006).

En Santa María La Reforma, las pesquerías sostienen una producción anual de 10,088 ton (CONAPESCA, 2015). Aquí se practica la pesca artesanal de distintas especies, entre las que destacan los grupos de: camarones, almejas, choros, ostiones, mantas, rayas, tiburones, jaibas, botetes, sierras, lisas, corvinas, entre algunos otros (Rubio-Cuadras, 2006).

La pesquería de camarón es considerada la de mayor relevancia en virtud de su elevado valor comercial y del alto número de pescadores que se dedican a ella. Este recurso se captura durante seis meses, la otra mitad del año se captura jaiba o jaibón, elasmobranquios y peces de escama, estos son los grupos de especies que principalmente sostienen a los pescadores y a sus familias. En la pesquería de camarón, el período más intenso de pesca se limita a un mes del año y aporta entre un 60% y un 80% del volumen anual de las capturas, que fluctúan entre 2,000 y 3,800 toneladas peso vivo. Los volúmenes anuales de camarón en la última década, han fluctuado entre 1,500 y 2,500 toneladas peso vivo (Conservación Internacional, 2003). El periodo más intenso se limita a un mes del

año; en 2015 Santa María-La Reforma aportó 20.97% del volumen total de la captura del estado, equivalente a 1,165.43 ton (CONAPESCA, 2015).

La pesquería que tiene el segundo lugar en importancia en cuanto a volumen y valor en Santa María-La Reforma, es la de jaiba. Actualmente, la producción de jaiba ha superado en ocasiones el volumen de la producción de camarón en esteros y bahías y aunque su valor económico es de casi la mitad que el que alcanza el camarón, su relevancia social es notable, puesto que esta pesquería se mantiene durante todo el año, a excepción de su periodo de veda, durante los meses de mayo y junio específicamente para Santa María-La Reforma y solamente disminuye por espacio de un mes, cuando se obtiene alrededor del 70% de toda la captura de camarón de cada temporada y los esfuerzos están canalizados a dicha pesquería. Las cooperativas pesqueras ribereñas que inicialmente se dedicaban a la captura de camarón de esteros y bahías, posteriormente solicitaron los permisos para la pesca de jaiba. El creciente interés de las cooperativas en esta pesquería, está relacionado con la disminución que ocasionalmente han sufrido las capturas de camarón, con el incremento de las capturas de jaiba en el litoral de Sinaloa y con la necesidad de diversificar las pesquerías localmente (Rodríguez-Domínguez, 2014). Esta pesquería la constituyen dos especies la jaiba guerrera o café *Callinectes bellicosus* y la jaiba azul *C. arcuatus*; la primera es la más importante en cuanto a valor y a volumen. Para su captura se emplea como arte de pesca el aro. Los pescadores desarrollaron una modificación del aro tradicional, al cual le fue incorporado otro aro a manera de “techo” para que al momento de cobrar el arte, las jaibas que quedaron atrapadas ya no se escaparan (Balmori-Ramírez *et al.*, 2009).

Se han efectuado muestreos estratificados con aro jaibero y con trampas jaiberas en los ecosistemas costeros de mayor trascendencia en el Estado de Sinaloa de manera continua, al menos desde enero de 1999 (Salazar-Navarro *et al.*, 2002), incluyendo el ecosistema lagunar estuarino Santa María-La Reforma (SMLR), donde entre 1999 y 2001 la proporción porcentual de dichas especies en las capturas fue de 76% para *C. bellicosus* y de 24% para *C. arcuatus*. Con proporciones hembra-macho de 38:62 y 34:72, respectivamente.

Castañeda-Lomas (2002) desarrolló una investigación con la finalidad de influenciar a los usuarios del recurso jaiba para producir en ellos un cambio de actitud sobre los recursos naturales, especialmente sobre los recursos pesqueros de SMLR. Sentó las bases para una administración en comanejo de la pesquería de la jaiba en condiciones de sustentabilidad. Con su propuesta él considera que coadyuvó a mantener los ingresos de los pescadores de jaiba a mediano y largo plazo, entre otros aspectos (Haws y Rojas Umaña, 2006).

La pesquería de almeja está representada principalmente por cuatro especies: *Megapitaria squalida* almeja chocolata, *Anadara grandis* almeja burra o pata de mula, *Anadara tuberculosa* almeja canaral, y *Argopecten ventricosus* almeja voladora, así como por ostiones, choros y caracoles. Estas especies de bivalvos se extraen manualmente. Otras especies de menor valor económico, pero de importancia social porque sostienen otras pesquerías en Santa María-La Reforma, son lisas *Mugil curema* y *Mugil cephalus*, sierra *Scomberomorus sierra*, botete *Sphoeroides annulatus*, corvinas: corvina azul *Cynoscion parvipinnis* y corvina aletas amarillas *Cynoscion xanthurus*, rayas como la manta *Urolophus halleri*, el tecolote *Dasyatis longus* y el gavilán *Aëtobatus laticeps*, etc. (Rodríguez Domínguez *et al.*, 2001; Rubio-Cuadras, 2006).

Desde el punto de vista de algunos autores, la pesquería de camarón refleja la situación presente en todos los ecosistemas costeros de Sinaloa (Rodríguez Domínguez *et al.*, 2001). La pesquería del recurso camarón está constituida por las especies *Litopenaeus vannamei* camarón blanco, *L. stylirostris* camarón azul y *Farfantepenaeus californiensis* camarón café. Las dos primeras se explotan al inicio de la temporada, la cual tiene una duración aproximada de 6-7 meses, mientras que el camarón café, se captura casi al final de ésta. El equipo utilizado está constituido por pangas o lanchas con motores fuera de borda y las artes de pesca son principalmente redes (Rubio-Cuadras, 2006; Chávez-Herrera *et al.*, 2016).

Las características reglamentarias de las embarcaciones para la pesca ribereña de camarón son una longitud de eslora de hasta 7.5 m y un equipamiento del motor fuera de borda con máxima potencia de 175 caballos de fuerza (Horse Power=HP). Las artes de pesca legales son las redes suriperas dentro de las lagunas y las redes de arrastre camaronero o “changos” en la ribera, hasta los 12 m de profundidad. El uso de la red agallera o del chinchorro de línea, no está permitido en el interior del ecosistema Playa Colorada-Santa María-La Reforma.

Altata-Pabellones

Paralelamente al desarrollo de las Fases de Caracterización, Diagnóstico y Pronóstico, el Modelo Integral de este Plan de Manejo Pesquero de Altata Pabellones bajo el enfoque ecosistémico, se deriva del conjunto de actividades efectuadas en varios ámbitos por los diversos actores sociales involucrados. En la esfera que contempla los aspectos sociales, se desarrolló el siguiente conjunto de actividades secuenciales sistematizadas.

No obstante los avances logrados en México respecto al conocimiento sobre las pesquerías y los recursos biológicos que las sustentan, y su aplicación a través de

fichas específicas y de medidas de manejo basadas en puntos de referencia, vedas, tallas mínimas de capturas, la reducción paulatina de los recursos económicos disponibles para su administración y lo vastas que son las áreas de pesca del país, en la actualidad se ha establecido en la LGPAS la figura legal de los Comités Estatales de Pesca y Acuicultura, con la finalidad de que sea cada estado, en consenso con sus gobiernos municipales y actores locales involucrados, quienes asuman la responsabilidad del comanejo de las pesquerías, y de manera particular las de categoría ribereña o artesanal que sustentan a las familias de mayor tradición pesquera. Bajo este enfoque pesquero ecosistémico sustentable se efectuó este documento.

Entrevistas e interacción con grupos focales

Al inicio del proyecto se efectuaron 25 entrevistas y la interacción con dos grupos focales para identificar tanto a los actores, como la situación social que priva actualmente en este ecosistema lagunar estuarino. Los actores detectados son: pescadores ribereños, sociedades cooperativas de pescadores, uniones de cooperativas, acuicultores, académicos y expertos, comerciantes y restauranteros, autoridades de los gobiernos federal y estatal y organizaciones de la sociedad civil. La mayor representatividad en las entrevistas corresponde a los pescadores ribereños, las sociedades cooperativas de pescadores y los acuicultores (52%), seguida de las autoridades de los gobiernos federal y estatal (28%), las organizaciones de la sociedad civil (9%), los restauranteros y comerciantes (7%) y los académicos y expertos (4%). Las preocupaciones sociales que fueron vertidas en las entrevistas se refirieron a cuatro grandes temas generales: el sistema de inspección y vigilancia, la contaminación y sus efectos en la calidad ambiental del ecosistema, el contexto socioeconómico regional y el estado actual de la pesca, y del sector pesquero y acuícola.

Los problemas correspondientes son: sobreexplotación de recursos pesqueros; contaminación y azolvamiento del ecosistema; falta de alternativas económicas; falta de organización y de participación informada por parte de los pescadores; deficiencias en la comercialización; falta de divulgación apropiada y expedita de la información; enfermedades de las especies y ausencia de cercos sanitarios; consecuencias severas derivadas de la reducción de humedales, entre otros.

Primer Taller de consenso, Fase de Caracterización

Para la generación de insumos en el diseño participativo del Plan de Manejo Pesquero Ecosistémico Altata-Pabellones (PMPEAP), presentar el contexto general de la pesca en dicha localidad, analizar los hallazgos resultantes en las entrevistas del mapa local de actores para su retroalimentación, así como generar

insumos por grupos de especies para la elaboración participativa del Plan de Manejo Pesquero y generar propuestas viables de solución a los principales problemas identificados, se llevó a cabo el primer Taller: “Insumos para la elaboración participativa del Plan de Manejo Pesquero del ecosistema lagunar estuarino Altata-Pabellones”, en Culiacán, Sinaloa los días 23 y 24 de noviembre de 2015.

Fue organizado por el Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INAPESCA), en coordinación con la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA), el Instituto Sinaloense de Acuicultura y Pesca (ISAPESCA), el Fondo para la Defensa del Medio Ambiente [Environmental Defense Fund] (EDF) y Pronatura Noroeste A. C. El Centro de Colaboración Cívica (CCC) fue el facilitador y asistieron más de 50 actores sociales de sectores distintos: pescadores ribereños, presidentes de asociaciones de cooperativas, investigadores, organizaciones civiles, expertos, funcionarios públicos de los tres órdenes de gobierno y representantes de los municipios de Navolato y de Culiacán.

De acuerdo al Artículo 4° de la Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentable (LGPAS): “Un Plan de Manejo es el conjunto de acciones encaminadas al desarrollo de la actividad pesquera de forma equilibrada, integral y sustentable; basadas en el conocimiento actualizado de los aspectos biológicos, ecológicos, pesqueros, ambientales, económicos, culturales y sociales que se tengan de ella”.

Para la formulación de los Planes de Manejo Pesquero Ecosistémico PMPE se utiliza el enfoque metodológico de FAO (2010), donde se toma en cuenta al ecosistema y no sólo a las especies objetivo, ya que las actividades pesqueras y acuícolas, pueden afectar también a otras comunidades; del mismo modo, las especies sujetas a aprovechamiento se ven impactadas por la pérdida del hábitat, resultante de la contaminación y del deterioro de las comunidades autóctonas, tales como el manglar; además, es necesario considerar a los seres humanos como un integrante más del ecosistema. Adicionalmente, deben ser contemplados los intereses y las necesidades de la población que vive de la actividad pesquera.

Los investigadores del CRIP dieron a conocer los avances en el estado actual de la calidad del agua y de los sedimentos del ecosistema lagunar estuarino Altata-Pabellones y sobre los aspectos económicos y sociales de las localidades pesqueras. El Centro de Colaboración Cívica CCC presentó la síntesis del análisis derivado de las 25 entrevistas y de la interacción con los dos grupos focales, realizadas de agosto a octubre de 2015, a los diferentes actores sociales relacionados con la actividad pesquera regional, para identificar sus percepciones y principales preocupaciones en el contexto socio-económico de los campos pesqueros, del estado actual de la pesca, del sector pesquero y acuícola, sobre el

sistema de inspección y vigilancia, de la calidad y la contaminación del agua. Los participantes trabajaron en equipos pequeños para reflexionar sobre la problemática detectada.

Al finalizar la presentación de temas transversales y el espacio de reflexión colectiva, se dio paso al trabajo grupal consensual, donde los participantes identificaron la problemática principal por grupos de especies, sus causas aparentes principales y algunos de sus efectos. El análisis se efectuó en los grupos siguientes: 1) Moluscos: Ostiones, Almejas y Caracol, 2) Crustáceos: Camarón y Jaiba y 3) Escama y Tiburón; Acuicultura.

La siguiente fase del primer taller comprendió un segundo análisis de las entrevistas del CCC enfocadas en una visión óptima o ideal del PMPAP y acerca de las recomendaciones para mejorar este ecosistema lagunar estuarino. Al concluir, los participantes volvieron a sus grupos de trabajo, para sintetizar los resultados del día anterior y trabajar consensualmente con las acciones de mejora y propuestas de solución a la problemática.

En cada grupo de trabajo la problemática y sus respectivas propuestas de solución, fueron validadas a través del sistema de jerarquización del “semáforo” [la tarjeta verde significa estoy de acuerdo con la propuesta, la amarilla quiere decir que puede mejorar y la roja “no puedo vivir con la propuesta”]; los participantes discutieron las propuestas prioritarias, con base en los alcances del Plan de Manejo, los plazos en los que se considera que se pueden concretar las acciones y la definición de quiénes son los responsables de su ejecución.

Cada grupo de trabajo contó con la participación de un facilitador del CCC, un relator y un Coordinador de Programa del INAPESCA. Se desarrolló en asamblea el árbol de problemas, sus causas y efectos, así como la jerarquización de las acciones a emprender para lograr la solución de los problemas.

Segundo Taller de consenso, Fase de Diagnóstico

El segundo evento: “Taller para el desarrollo consensuado del Diagnóstico del Plan de Manejo Pesquero del ecosistema lagunar estuarino Altata-Pabellones”, tuvo verificativo los días 30 y 31 de mayo en las instalaciones del CRIP en Mazatlán, Sinaloa. Se convocó a los especialistas regionales de las diversas disciplinas para establecer en consenso, la manera más adecuada de abordar la solución de la problemática. En esta ocasión se trabajó en dos mesas técnicas: 1) Recursos Pesqueros: Moluscos, Tiburón, Escama, Jaibas y Camarón y Acuicultura y 2) Calidad Ambiental, Biodiversidad y Recursos Genéticos. Se analizaron, integraron y priorizaron las acciones a emprender, se identificaron las

competencias de las instancias que las deben emprender y la mejor manera de ejecutarlas.

Tercer Taller de consenso, Fase de Pronóstico

El tercer encuentro: “Taller para el desarrollo consensuado del Pronóstico del Plan de Manejo Pesquero del ecosistema lagunar estuarino Altata-Pabellones”, tuvo verificativo el día 30 de junio en Culiacán, Sinaloa. Se contó con la participación de 43 actores sociales correspondientes a federaciones y cooperativas pesqueras, funcionarios de los niveles de gobierno federal, estatal y municipal. La facilitadora fue la Antropóloga Bárbara Nava. Este último taller fue igualmente organizado por el Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INAPESCA), en coordinación con la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA), el Instituto Sinaloense de Acuicultura y Pesca (ISAPESCA), el Fondo en Defensa del Medio Ambiente [Environmental Defense Fund] (EDF) y Pronatura Noroeste.

Las líneas de acción consensuadas por los participantes se definieron en orden de importancia. En primer lugar se trataron las problemáticas del total de los recursos pesqueros. En segundo lugar se trataron por recursos específicos: escama, tiburón, crustáceos y moluscos. En tercer lugar se abarcó la acuicultura; en cuarto lugar se trabajó con los resultados de la calidad ambiental, biodiversidad y recursos genéticos, y por último con las deficiencias de carácter social y económico.

Los participantes identificaron tres estrategias débiles o cuellos de botella: “capacitación”, “vigilancia” y “comercialización”. Es deseable que una vez identificadas las restricciones, las autoridades competentes, establezcan convenios interinstitucionales para el trabajo transversal, así como el apoyo de las asociaciones de la sociedad civil que deseen aportar elementos que coadyuven a lograr consumir todas y cada una de las líneas de acción para implementar el PMPAP.

En el taller de revisión y pronóstico del Plan de Manejo, participaron 69 personas; miembros representativos de las cooperativas pesqueras de la Federación de Altata y Ensenada del Pabellón, representantes del Gobierno Federal (INAPESCA, CONAPESCA, SEMARNAT, CONANP, CONAFOR, del Gobierno Estatal (ISAPESCA) y representantes del Gobierno Municipal; así como la Academia (UAS) y organizaciones de la sociedad civil (PRONATURA y EDF).

En la primera parte del taller se utilizó la dinámica de educación para la conservación de los recursos pesqueros “Los enredados”; el objetivo de esta dinámica es que los participantes reconozcan que hacer las cosas correcta y legalmente, facilita y acelera el alcance de las metas y los objetivos planteados para la conservación de los recursos del ecosistema.

Además, los participantes elaboraron una cartografía participativa del sistema de Altata-Pabellones, para identificar los sitios dónde están ubicados los recursos pesqueros y las zonas impactadas o conservadas de la región.

La última parte del taller se enfocó en priorizar la importancia y eficacia de las líneas de acción planteadas, bajo el criterio de la Carta de Valoración de Opciones (CVO) de la metodología de las Evaluaciones Rurales Participativas (ERP). Método que se utiliza para analizar las oportunidades u opciones de las actividades respecto a la sostenibilidad, productividad y equidad social. Una vez definidas las actividades pertinentes para el Plan de Manejo, se utilizó la metodología de Teoría de Restricciones, para definir los procesos en los que se desarrollarán estas líneas de acción, los responsables y los socios clave.

El resultado esperado de este taller fue lograr la gestión de las estrategias en orden de prioridad. Para llevar a cabo el PMPAP deben implementarse las estrategias de “diagnóstico, evaluación y monitoreo”, para proceder con la organización del sector pesquero por comités, e incrementar el nivel de educación en los pescadores.

La clave para un mejor aprovechamiento y manejo de los recursos pesqueros consistiría en la capacitación de todos los usuarios del sistema lagunar, lo cual contribuiría en promover y difundir una cultura por la conservación, de tal modo que sin importar el género, edad, condición social o económica, la conservación, el uso responsable de los recursos y el aprecio por el ecosistema lagunar estuarino como proveedor de servicios, entre los que se encuentran los recursos pesqueros, se pueda convertir en un modelo de vida.

Las consideraciones resultantes del trabajo consensuado en torno a las Fases de Diagnóstico y de Pronóstico, constituyen las matrices de marco lógico resultantes, las cuales detallan los conjuntos de acciones a efectuar en torno a los diversos componentes de cada ecosistema.

Agiabampo-Bacorehuis-Jitzámuri

En agosto 21 a 25 de 2018 se efectuó la aplicación de encuestas para la caracterización socio económica de los campos pesqueros: Agiabampo, Bacorehuis y Jitzámuri dentro del programa de trabajo del plan de manejo pesquero ecosistémico correspondiente. Adicionalmente, se encuestaron los campos pesqueros Agiabampo 2 “El Campito, Poblado No. 5 y El Etcho. Se completó el plan de trabajo entrevistando y encuestando a un total de 90 personas de los seis sitios citados. Esta información será procesada a la brevedad para estructurar la caracterización socioeconómica de dichas comunidades pesqueras.

Referencias Bibliográficas

- Ayala-Castañares, M., M. Gutiérrez- Estrada, A. Galaviz-Solís y V. M. Malpica-Cruz. 1994. Geología Marina del Sistema Lagunar Altata-Pabellones, Sinaloa, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, 21(1-2): 129-147.
- Balmori-Ramírez, A., R. E. Molina-Ocampo, E. Miranda-Mier, C. E. Alvarado-Sarabia y A. Seefoo-Ramos. 2009. Eficiencia de retención de la jaiba verde, *Callinectes bellicosus*, en trampas con ventanas de escape, utilizadas en la pesquería en Puerto Peñasco, Son. SAGARPA, INAPESCA. CRIP-Guaymas. Dictamen Técnico. 22 pp.
- Castañeda-Lomas, N. 2002. El comanejo de los recursos naturales, una realidad en la bahía de Santa María de La Reforma, en el Estado de Sinaloa. Instituto Nacional de Pesca. *Memorias del I Foro de Pesca Ribereña*. Guaymas, Sonora. p. 1-2.
- Castañeda-López, O. y F. Contreras-Espinosa. 2003. El Centro de Documentación: Ecosistemas Litorales Mexicanos como una herramienta de diagnóstico. Laboratorio Ecosistemas Costeros, Depto. de Hidrobiología, D.C.B.S. UAM-I. *ContactoS*, 48: 5-17.
- Chávez-Herrera, D., E. A. Ramírez-Félix, H. Muñoz-Rubí, D. A. Chávez-Arrenquín, M. A. Osuna Zamora. 2016. *Plan de Manejo Pesquero del Recurso Camarón para el Sistema Lagunar de Altata Ensenada del Pabellón, Sinaloa*. INAPESCA. CRIP-Mazatlán. 37 pp.
- CONAPESCA. 2015. Sistema de Información de Pesca y Acuicultura. Consultado en <http://www.gob.mx/conapesca/acciones-y-programas/sistema-de-informacion-de-pesca-y-acuicultura-sipesca?idiom=es> el 17/10/2016.
- Conservación Internacional. 2003. *Conservación y Desarrollo para Bahía Santa María, Sinaloa. Estrategia de Manejo*. Comisión Conservación y Desarrollo. Bahía Santa María, Sinaloa, México. Conservation International. Arlington County, Virginia, Estados Unidos de Norteamérica.
- Contreras, F. 1991. Hidrología y nutrientes en lagunas costeras. En: M. G. Figueroa Torres, C. Álvarez Silva, A. Esquivel Herrera y M. E. Ponce Márquez (Ed.). *Fisicoquímica y biología de las lagunas costeras mexicanas. Serie Grandes Temas de la Hidrobiología*. UAM. México. p. 16-24.
- Contreras, F. 1993. *Ecosistemas costeros mexicanos*. CONABIO-Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. México. 415 pp.
- Contreras, F. y L. M. Zavalegui. 1988. *Aprovechamiento del litoral mexicano*. CECODES-SEPESCA. México. 128 pp.
- Defeo, O., S. Horta, A. Carranza, D. Lercari, A. de Álava, J. Gómez, G. Martínez, J. P. Lozoya y E. Celentano. 2009. *Hacia un manejo ecosistémico de pesquerías: Áreas Marinas Protegidas en Uruguay*. Facultad de Ciencias-Dinara. Montevideo, Uruguay. 122 pp.
- Defeo, O. 2015. Enfoque ecosistémico pesquero. Conceptos fundamentales y su aplicación en pesquerías de pequeña escala de América Latina. *FAO Documento Técnico de Pesca y Acuicultura*, No. 592.

- De La Lanza-Espino, G. J. y C. Cáceres-Martínez (Eds). *Lagunas Costeras y el Litoral Mexicano*. Universidad Nacional Autónoma de México. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 525 pp.
- FAO. 2010. Medidas y Enfoques de la Ordenación Pesquera. En: La ordenación pesquera. El enfoque ecosistémico de la pesca. Dimensiones humanas del enfoque ecosistémico de la pesca. Departamento de Pesca. *Orientaciones Técnicas para la Pesca Responsable*, No 4, Supl. 2, Add. 2. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia. 94 pp. [ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/003/w4230s/w4230s00.pdf](http://ftp.fao.org/docrep/fao/003/w4230s/w4230s00.pdf)
- FIR. 2008. Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar. Humedal: Ensenada Pabellones. Por Leyva Martínez, J. C., X. Vega Picos y U. Noriega Mejía. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland, Suiza. 10 pp. http://ramsar.conanp.gob.mx/docs/sitios/FIR_RAMSAR/Sinaloa/Ensenada%20de%20Pabellones/Mexico%20Ensenada%20de%20Pabellones%20RIS%202008.pdf
- Flores-Verdugo, F. J., O. Calvario M. y M. A. Cárdenas C. 1991. Distribución geográfica y algunas características ambientales de los humedales de Nayarit y Sinaloa. *Bol. Humedales Costeros de México*, 1 (1): 11-16
- Frías-Espericueta, M. G., J. I. Osuna-López, G. Izaguirre-Fierro, M. Aguilar-Juárez y D. Voltolina. 2010. Cadmio y Plomo en organismos de importancia comercial de la zona costera de Sinaloa, México: 20 años de estudios. *CICIMAR. Océánides*, 25(2): 121-134.
- Gómez-Sal, A. 2007. Componentes del valor del paisaje mediterráneo y el flujo de servicios de los ecosistemas. *Ecosistemas*, 16 (3): 97-108. Septiembre 2007.
- Gutiérrez-Estrada, M. A. y V. M. Malpica-Cruz. 1993. Geología del Sistema Lagunar Altata y Pabellones, Sinaloa, México. Memorias del V Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar. La Paz, Baja California Sur. México, 27 de Sept.-1 Oct. 1993. p. 284.
- Haws, M. y A. Rojas Umaña (Eds). 2006. *Salud, ambiente y acuicultura en la costa pacífica de México*. PACRC/UHH. UAS. Ecocostas, A. C. Ecuador. CIAD. Universidad de Rhode Island. Conservation International México, A. C. CESASIN. 149 pp.
- INAPESCA. 2017. *Plan de Manejo Pesquero Ecosistémico: Altata-Pabellones*. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, Dirección General Adjunta de Investigación Pesquera en el Pacífico Norte, Centro Regional de Investigación Pesquera-Mazatlán. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. Instituto Estatal de Acuicultura y Pesca. Universidad Autónoma de Sinaloa. Environmental Defense Fund y Pronatura Noroeste. 522 pp.
- National Academies of Sciences, Engineering & Medicine. 2016. *Integrating Landscape Approaches and Multi-Resource Analysis into Natural Resource Management*. Washington, D. C. The National Academies Press. doi: 10.17226/21917.
- Rodríguez-Domínguez, G., N. Castañeda Lomas, H. Ortega Casillas, T. García Domínguez, M. Garduño Gil y M. Cárdenas Valdez. 2001. *Diseño de estrategias de comanejo para las pesquerías ribereñas del Golfo de California en condiciones de sustentabilidad*. (Área Bahía Santa María-La Reforma) Reporte Técnico Final de Proyecto. 35 pp.

- Rodríguez-Domínguez, G. 2014: Análisis comparativo de las características biológicas y dinámica poblacional de las jaibas *Callinectes bellicosus* y *C. arcuatus* en la Bahía Santa María de la Reforma, Sinaloa. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Nayarit, Tepic, Nayarit, México.
- Romero-Beltrán, E., G. Aldana-Flores, M. E. Muñoz Mejía, P. M. Medina-Osuna, P. Valdez-Ledón, J. A. Bect-Valdéz, M. T. Gaspar-Dillanés, L. Huidobro-Campos, A. Romero-Correa, E. Tirado-Figueroa, C. J. Saucedo-Barrón, D. A. Osuna-Bernal y N. Romero-Mendoza. 2014. *Fichas Técnicas de las Lagunas Costeras del Estado de Sinaloa, México, con Énfasis en Calidad de Agua, Flujo de Nutrientes y Estado Trófico*. Instituto Nacional de Pesca e Instituto Sinaloense de Acuacultura y Pesca. 53 pp.
- Rubio-Cuadras, J. A. 2006. Caracterización de las principales pesquerías de la Bahía Santa María de La Reforma. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad Autónoma de Sinaloa. Sinaloa, México. 40 pp.
- Salazar-Navarro, I., V. Macías-Sánchez y Á. Ramos-González. 2002. Estudio biológico pesquero para el manejo sustentable de la pesquería de jaiba *Callinectes bellicosus* (Stimpson, 1859) y *C. arcuatus* (Ordway, 1863) en las bahías de: Topolobampo (T), Navachiste (N), Santa María-La Reforma (SMA), Ensenada del Pabellón-Altata (E-A) y Ceuta (C) en las costas de Sinaloa, México. Periodo: enero de 1999 a diciembre del 2001. Instituto Nacional de Pesca. *Memorias del I Foro de Pesca Ribereña*. Guaymas, Sonora. p. 99-103.
- Taylor, I. 2015. Presentation at National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine Workshop, June 2nd, 2015, Washington, D. C. *En: National Academies of Sciences, Engineering and Medicine*. 2016. *Integrating Landscape Approaches and Multi-Resource Analysis into Natural Resource Management*. Washington, D. C. The National Academies Press. doi: 10.17226/21917.

Eje Temático III

Gobernanza / Participación Social

Mesa 2

Usos Tradicionales, Mercados Orgánicos y Medicina Alternativa; Modelos para la Educación Ambiental

Presidente: Dr. Felipe Aguilar Castañeda
Consejo Internacional de Recursos Naturales y Vida Silvestre AC. México.



9

Ladislao Ruiz Rengifo, Dr.; Ruiz Tello Marjory Abigail, Ing.

Avance del conocimiento en el estudio de hongos comestibles en la amazonia peruana.

Universidad Nacional Agraria de la Selva
Facultad de Recursos Naturales Renovables
Escuela Profesional de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables
Tingo María, Huánuco – Perú
ladislaoruiz.lad@gmail.com

RESUMEN

La amazonia peruana, una región con alta diversidad biológica y cultural, pero poco documentada relacionado al estudio de hongos y de manera específica a hongos comestibles, así mismo, del cual se sabe poco sobre su estado de conservación. Estudio realizado con el objetivo de conocer el avance del conocimiento referido al estudio de hongos comestibles en la amazonia peruana. La información recopilada fue a través de búsqueda en repositorios y revistas científicas de las Universidades de la amazonia peruana y de institutos de investigación. Se reportan 15 especies de hongos comestibles: *Auricularia auricula*, *Auricularia delicata*, *Polyporus cratellus*, *Polyporus tricoloma*, *Polyporus arcularius*, *Oudemansiella canarii*, *Pleurotus concavus*, *Pleurotus djamor*, *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus sp.*, *Favolus brasiliensis*, *Panus badius*, *Polyporus tenuiculus*, *Polyporus sp.*, *Schizophyllum commune*; con distintas preferencias en su consumo por las comunidades y pueblos amazónicos. En la amazonia peruana se conoce y consume una variedad de hongos comestibles que comúnmente denominan k'allampa "oreja", los cuales requieren mayores investigaciones para promover su cultivo.

Palabras clave: biodiversidad, micobiota, comestibles, amazonia.

ABSTRACT

The Peruvian Amazon, a region with high biological and cultural diversity, but little documented related to the study of fungi and specifically to edible fungi, likewise, of which little is known about its state of conservation. Study carried out with the objective of knowing the advance of the knowledge referred to the study of edible fungi in the Peruvian Amazon. The information collected was through search in repositories and scientific journals of the Universities of the Peruvian Amazon and research institutes. Fifteen species of edible fungi are reported: *Auricularia auricula*, *Auricularia delicata*, *Polyporus cratellus*, *Polyporus tricoloma*, *Polyporus arcularius*, *Oudemansiella canarii*, *Pleurotus concavus*, *Pleurotus djamor*, *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus sp.*, *Favolus brasiliensis*, *Panus badius*, *Polyporus tenuiculus*, *Polyporus sp.*, *Schizophyllum commune*; with different preferences in their consumption by the Amazonian communities and peoples. In the Peruvian Amazon, a variety of edible fungi commonly known as k'allampa "ear" are known and consumed, which require further research to promote their cultivation.

Key words: biodiversity, mycobiota, edible, amazon.

INTRODUCCIÓN

Estudios pioneros sobre hongos comestibles en la amazonia peruana se inician con la Dra. Magdalena Pavlich Herrera en 1976 en ceja de montaña y selva tropical. En 1993, se publican los primeros trabajos relacionados a técnicas de aislamiento y cultivo del hongo comestible *Pleurotus afin ostreatus* (Ríos y Ruiz, 1993). Posteriormente, los registros revelan vacíos de conocimiento por más de 20 años por los problemas sociales ocurridos. Actualmente existe mayor interés de investigaciones en temáticas micológicas con investigaciones recientes sobre etnoconocimiento de hongos comestibles nativos (Ruiz *et al.*, 2017), cultivo de *Pleurotus djamor*, *Pleurotus ostreatus*, e intento de cultivo de *Polyporus craterellus*, *Polyporus tenuiculus*, *Auricularia delicata*, *Auricularia auricula*, entre otros (Apaza y Ruiz, 2018; Gamarra, *et al.*, 2013; Taboada y Ruiz, 2011; Fonseca y Ruiz, 2008; Ríos y Ruiz, 1993).

La amazonia peruana cuenta con una alta diversidad de hongos comestibles que son aprovechadas en forma natural por un gran número de pobladores del campo, entre ellos muchas comunidades nativas que tienen una larga tradición en su consumo. Existe una creciente demanda de la población urbana por ciertos hongos comestibles que no siempre están disponibles en la cantidad deseada durante todo el año, haciéndose necesario realizar estudios que permitan el cultivo de especies comestibles promisorias, a fin de satisfacer la demanda existente.

Los hongos silvestres comestibles son considerados como un importante recurso del bosque. últimamente, la etnomicología tropical ha demostrado que los hongos también tienen importancia cultural en las zonas tropicales (Ruan-Soto *et al.*, 2014). Estos recursos del bosque, tienen un alto valor nutritivo, contienen valores considerables de carbohidratos, grasas, sales minerales e incluso algunas vitaminas y proteínas en pequeñas cantidades (Trigos & Suárez-Medellin, 2010; Botelho y Ramos, 1985); lo que hace que muchos hongos tengan enorme importancia futura para la alimentación humana.

Diversidad de especies de hongos

El número de especies de hongos en el mundo se estima en 1'500.000, contrastando marcadamente con las 70 000 descritas (Hawksworth, 1991), son de los grupos de organismos más pobremente estudiados. Investigaciones y literatura disponible referidas a hongos son muy escasas, por lo que no se conoce la diversidad de estos organismos, por lo tanto, no permite el reconocimiento de su uso en América del Sur, el mismo que ha sido una limitante para el trabajo con macrohongos (Trutmann, 2014). En la amazonia peruana, existen pocos estudios referidos a hongos comestibles, conocimientos pioneros en este campo fueron realizadas por Pavlich (1976) sobre Ascomycetos y Basidiomycetos en la ceja de montaña y selva tropical; Door y Abad (1990) de hongos comestibles en bosque de Dantas-Huánuco; Ríos y Ruiz (1993) con el cultivo del hongo comestible *Pleurotus afin ostreatus*.

Consumo de hongos comestibles en la amazonia peruana

En el campo, la población de la amazonia peruana consume tradicionalmente hongos comestibles que crecen de manera natural y son consumidos por su sabor y textura que adquieren en la preparación de sus comidas; sin embargo, su uso es bastante limitado, debido a que se encuentran mayormente en época de lluvias.

Los hongos más conocidos en la amazonia peruana son los de la familia Auriculariaceae: *A. delicata*, *A. auricula*, *A. polytricha* (Ruiz *et al.*, 2017; Dávila-Arenas, *et al.*, 2013). En la cuenca alta de Madre de Dios (reserva biósfera del Manu), identificaron a diez especies de hongos de uso comestible tradicional (Dávila-Arenas, *et al.*, 2013). Asimismo, existe una gran diversidad cultural, representada por comunidades nativas, mestizas y colonas. Estos grupos culturales, de manera independiente y sobre todo los nativos poseen conocimientos históricos particulares, generando en ellos percepciones del ambiente y manifestaciones culturales diversas (CNUDMA, 1992).

Cultivo de hongos comestibles

El cultivo de hongos comestibles es una actividad reciente, que inició a mediados del siglo pasado en México y que, a la fecha, existe una valiosa experiencia de los productores en diversos aspectos del proceso (diseño y mantenimiento de instalaciones, producción de semilla, uso de materias primas regionales, etc.) que tienden a disminuir la dependencia extranjera (Salmones y Mata, 2014).

Existe creciente demanda de productos derivados de los hongos (cultivados y silvestres), lo que representa un gran potencial. En el caso de las orejas o setas se ha observado un desarrollo muy rápido, ya que se adapta con relativa facilidad a condiciones rústicas, por lo que el proceso de producción es más económico que el champiñón. Estimaciones indican que al menos 300 especies silvestres de hongos comercializan en los mercados locales en México, debido a la alta biodiversidad y tradición de consumo de diversas especies por las poblaciones rurales (Salmones y Mata, 2014). Los hongos silvestres comestibles tienen una importancia económica y cultural significativa en los andes cusqueños (Perú), registrando a través de encuestas semiestructuradas un total de 8 especies de hongos que se comercializan (Holgado, 2017).

Es muy probable que los Incas supieran de setas, y que en tiempos de ellos los hongos eran parte de la dieta indígena. Ciertamente, esto fue conocido por Poma de Ayala en 1615 (Trutmann, 2014). Aunque en nuestro país, no se conoce mucho sobre hongos y no es común en la dieta de la población, como lo son los países vecinos. Actualmente, el hongo más conocido en nuestra zona por su cultivo son los *Pleurotus* spp, conocido como hongo ostra, son hongos que en ambiente natural crecen sobre árboles, tocones, arbustos y otras plantas leñosas, alimentándose a costa de su madera y destruyéndola. El cultivo de diversas especies de éste género está adquiriendo gran importancia, siendo el más conocido el *Pleurotus ostreatus* (Ardón, 2007; Leal, 1981).

MATERIALES Y METODOS

La Amazonía peruana abarca una superficie de 78'282,060 ha, es decir el 60.9% del territorio nacional. Geográficamente se ubica entre los paralelos 0° 2' 20.76" y 14° 30' 55.80" de Latitud y los meridianos 68° 39' 12.24" y 79° 29' 00.96" de Longitud Oeste. Políticamente comprende los departamentos de Loreto, Ucayali y Madre de Dios, y parte de los departamentos de Amazonas, Cajamarca, Huancavelica, La Libertad, Pasco, Piura, Puno, Ayacucho, Junín, Cusco, San Martín y Huánuco. Estas cifras ubican al Perú como el noveno país con mayor superficie forestal del planeta y el segundo en Sudamérica, después de Brasil.

La información recopilada para este documento fue a través de búsqueda en repositorios y revistas científicas de las universidades de la amazonia peruana y de institutos de investigación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Investigaciones sobre hongos comestibles en la amazonia peruana

En la amazonia peruana, con la poca literatura de estudios sobre etno-micología se conocen a través de investigaciones a 15 especies de hongos que son consumidos por comunidades nativas y pobladores del campo (Tabla 1), de todos éstos, los más conocidos y familiarizados son las de la familia Auriculariaceae, que mayormente le denominan k'allampa "oreja" de palo en las poblaciones locales. En las comunidades nativas de la amazonia peruana, las denominadnos de los hongos comestibles son de acuerdo a su dialecto y los reportes son bastante escasos para mencionar las especies y su nominación. Al respecto, en la actualidad existe mayor interés en investigar sobre el reino fungi y de manera específica sobre los hongos silvestres comestibles, que hoy por hoy vienen adquiriendo una importancia económica y cultural significativa (Holgado, 2017, CNUDMA, 1992).

Tabla 1. Citas de investigaciones sobre hongos comestibles de la amazonia peruana

Investigaciones	Hongos comestibles	Referencia
Etnoconocimiento de hongos comestibles nativos de Tingo María – Huánuco, Perú	Aa, ad, Pcr, Ptr, Pa, Oc, Pc, Pd, Po, Pt.	Ruiz, L.; Pocomucha, V.; Ruiz, A: (2017).
Producción del hongo comestible <i>Pleurotus djamor</i> (Fr.) Boedijn aislado en Tingo María usando distintos sustratos de origen agrícola.	<i>Pleurotus djamor</i>	Apaza, K; Ruiz, L. (2018)
Estudio etnomicológico de la micobiota comestible en dos comunidades nativas de la cuenca alta Madre de Dios, reserva biósfera del Manu	Oc, Pc, Pd, Po, Pleu, Fb, Pb, Pt, Poly, Sc.	Dávila-Arenas, C.; Sulca-Quispe, L.; Pavlich-Herrera, M. (2013)
Evaluación de los Macrohongos (Basidiomycetos y Ascomycetos) de interés económico en el área de conservación privada (acp) Inotawa.	En trochas de un Área de Conservación Privada en la provincia de Tambopata – Madre de Dios, Perú, reportan 38 especies de macrohongos, donde el 29% de los hongos fueron comestibles, 20% poseen propiedades medicinales y el 51% de las especies no fueron conocidos. Las familias más representativas fueron Auricularaceae, Pleurotaceae y Xilaraceae	Ríos, C.; Bianca, M. 2014 (*)
Aislamiento y cultivo del hongo comestible <i>Pleurotus</i> afin <i>ostreatus</i> (jacq. Ex fr) kumm En Tingo María	<i>Pleurotus ostreatus</i>	Ríos y Ruiz (1993)

Auricularia auricula (Bull.) Qué! (**Aa**), *Auricularia delicata* (Fr.) Henn. (**Ad**), *Polyporus craterellus* Berk. & M.A. Curtis (**Pcr**), *Polyporus tricholoma* Mont. (**Ptr**), *Polyporus arcularius* (Batsch) Fr. (**Pa**), *Oudemansiella canarii* (Jungh.) Höhn (**Oc**), *Pleurotus concavus* (Berk.) Singer (**Pc**), *Pleurotus djamor* (Rumph. ex Fr.) Boedijn (**Pd**), *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr) Kumm (**Po**), *Pleurotus sp.* (**Pleu**), *Favolus brasiliensis* (**Fb**), *Panus badius* Berk. (**Pb**), *Polyporus tenuiculus* (P. Beauv.) Fr. (**Pt**), *Polyporus sp.* (**Poly**), *Schizophyllum commune* (Fr.) Fr. (**Sc**).

Investigaciones en cultivo de hongos comestibles en la amazonia peruana

Investigaciones referidas a cultivo de hongos comestibles en la amazonia peruana, son bastante pobres, especialmente con especies comestibles propias de la amazonia. Existen últimamente a manera de investigación algunos reportes de cultivo de *Pleurotus ostreatus*, pero con cepas traídas de Lima. Lo que podemos mencionar investigaciones con cepas de hongos nativos aislados y producidos en la amazonia peruana son de *Pleurotus afin ostreatus*, *Pleurotus djamor* e intento de cultivo de *Polyporus craterellus* realizados en la Universidad Nacional Agraria de la Selva (Tabla 2). Esto concuerda con Salmones y Mata (2014), quienes indican que el cultivo de hongos comestibles es una actividad reciente, que inició a mediados del siglo pasado en México, y que, a la fecha existe una valiosa experiencia de los productores en diversos aspectos del proceso (diseño y mantenimiento de instalaciones, producción de semilla, uso de materias primas regionales, etc.) que tienden a disminuir la dependencia extranjera.

Sin duda alguna, actualmente, el cultivo de diversas especies del genero *Pleurotus*, está adquiriendo gran importancia, conocido como hongo ostra, son hongos que en ambiente natural crecen sobre árboles, tocones, arbustos y otras plantas leñosas, alimentándose a costa de su madera y destruyéndola (Ardón, 2007; Leal, 1981).

Tabla 2. Citas de investigaciones de cultivo de hongos comestibles en la amazonia peruana

Investigaciones de hongos comestibles	Descripción de la investigación	Lugar de investigación	Referencia
Producción del hongo comestible <i>Pleurotus djamor</i> (Fr.) Boedijn aislado en Tingo María usando distintos sustratos de origen agrícola.	Al investigar cuatro sustratos, con paja de arroz como sustrato logra mayor producción de hongos frescos, fructificación a 13 días después de la siembra y una eficiencia biológica de 79.09%,	Universidad Nacional Agraria de la Selva - Tingo María, Huánuco	Apaza, K. y Ruiz, L. (2018).
Cultivo de <i>Polyporus craterellus</i> Bert. & M. Curtis utilizando dos tipos de sustratos provenientes de la agroindustria. "trueno k'allampa", "tocino k'allampa"	Lograron buena propagación de micelio en trigo sin pelar autoclavado en 20 días No obtuvieron basidiocarpos, mayor crecimiento de micelio en el sustrato a base de pulpa de café en 4 meses de evaluación.	Universidad Nacional Agraria de la Selva - Tingo María, Huánuco	Fonseca, M. y Ruiz, L. (2008).
Sustratos agroindustriales como fuentes para la producción del hongo ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.) Qué!). Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables, mención Forestales. Tingo	Al experimentar residuos agroindustriales como fuente de producción de <i>Pleurotus ostreatus</i> en Tingo María-Perú, reporta 34.9% de eficacia bilógica con el sustrato compuesto de 25% de pulpa de café + 25% de	Universidad Nacional Agraria de la Selva - Tingo María, Huánuco	Taboada, M. y Ruiz, L. (2011)

María, Perú.	bagazo de caña + 50% de aserrín de madera a una humedad de 52.6%.		
Cultivo del hongo comestible <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq. Ex fr.) Kumm empelando pupa de café como sustrato	Al cultivar <i>Pleurotus ostreatus</i> en pulpa de café, logran una eficiencia biológica de 133.6%, tasa de producción (2.2%) y rendimiento (26.7%)	Universidad Nacional Rodríguez Mendoza Amazonas	Toribio de - Gamarra, <i>et al.</i> , 2013
Aislamiento y cultivo del hongo comestible <i>Pleurotus afin ostreatus</i> (jacq. Ex fr) kumm En Tingo María	Aislaron micelio de <i>Pleurotus afin ostreatus</i> a partir de secciones del basidioma, evaluaron medios de cultivos, efecto de luz y temperatura en el desarrollo micelial y del basidioma. Lograron mayor desarrollo micelial, mayor formación de basidiomas en medio trigo sin pelar autoclavado. Demostraron mayor desarrollo de micelio y en menor tiempo con aislamientos sometieron a oscuridad, mientras que para la producción de basidiomas fue necesario el requerimiento de luz a temperaturas de 25 a 29 °C.	Universidad Nacional Agraria de la Selva - Tingo María, Huánuco	Ríos y Ruiz (1993)

LÁMINA 1



Auricularia auricula



Auricularia delicata



Pleurotus concavus



Polyporus craterellus



Oudemansiella canarii



Pleurotus ostreatus

LÁMINA 2



Pleurotus djamor



Schizophyllum commune



Polyporus tenuiculus



Cultivo de *Pleurotus ostreatus*



Cultivo de *Pleurotus djamor*



Micelio de *P. djamor* en trigo autoclavado

AGRADECIMIENTO

A Leif Ryvardeen, micólogo, profesor en la Universidad de Oslo, Noruega, por su importante contribución en la identificación de los especímenes Polyporaceos a nivel genérico y específico para el caso de investigaciones realizadas en la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Apaza, K., & Ruiz, L. (2018). Producción del hongo comestible *Pleurotus djamor* (fr.) Boedijn aislado en Tingo María usando distintos sustratos de origen agrícola. Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables, mención Forestales. Tingo María, Perú. 87 p.
- Ardón, L. (2007). La producción de los hongos comestibles, Guatemala: Universidad San Carlos - Guatemala.
- CNUDMA. (1992). Conferencia de las Naciones Unidas por el Desarrollo y Medio Ambiente. Obtenido de http://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/EB130/B130_36-sp.pdf [acceso 18 de agosto del 2018].
- Dávila-Arenas, C., Sulca-Quispe, L., & Pavlich-Herrera, M. (2013). Estudio etnomicológico de la micobiota comestible en dos comunidades nativas de la cuenca alta Madre de Dios, reserva biósfera del Manu. <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/REVSAGAS/article/view/1758>. Sagasteguiana Vol. 1, Núm. 1.
- Door, C. & Abad, J (1990). Identificación de hongos comestibles silvestres en el Bosque de Dantas Huánuco. Rev. Forestal Del Perú. 17(2): 21-37.
- Fonseca, M. y Ruiz, L. (2008). Cultivo de *Polyporus craterellus* Bert. & M. Curtis utilizando dos tipos de sustratos provenientes de la agroindustria. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María. 82 p.
- Gamarra, O. T., Yalta, J. Y., Pérez, R. T., & Vera, J. R. (2013). Cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Ex fr.) Kumm empelando pupa de café como sustrato. . Pakamuros 1(1): 38-43.
- Hawksworth, D. L. (1991). The fungal dimension of biodiversity: magnitude, significance and conservation. Mycol.Research 95., 641-655.
- Holgado, M. (2017). Etnomicología y Seguridad Alimentaria en la región Cusco – Perú. Facultad de Ciencias, Escuela Profesional de Biología, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. In IX Congreso Latinoamericano de Micología. Lima-Perú. Obtenido de https://drive.google.com/file/d/1CqYnnLwmNE4FPtvc-MESd6L1_aSQ1KNz/view.
- Leal, L. (1981). Producción de hongos comestibles, p. 157-176.. En: Biotecnología para el aprovechamiento de los desperdicios orgánicos. 360 p. México 18-D.F.: A.G.T. Editor S.A.

- Pavlich, M. (1976). Ascomycetes y Basidiomycetes del Perú. I, con énfasis en especies de la ceja de montaña y selva tropical. Memorias del Museo de Historia Natural "Javier Prado" N° 17. Lima, Perú: UNMSM.
- Rios, R. A., & Ruiz, L. R. (1993). Aislamiento y cultivo del hongo comestible *Pleurotus afin ostreatus* (Jacq. ex Fr) Kumm en Tingo María. *Folia amazónica*, 5(1-2):, 5-14.
- Ruan-Soto, F., Cifuentes, J., Martorell, C., González-Esquinca, A., & Garibay, R. (2014). Etnomicología ecológica: disponibilidad de esporomas comestibles como un indicador para explicar diferentes patrones culturales de aprovechamiento. In VIII congreso latinoamericano de micología. Colombia 4 - 7 noviembre. Obtenido de <http://matematicas.udea.edu.co/~actubiol/actualidadesbiologicas/viiicongresolatinoomicologia.pdf>.
- Ruiz, L., Pocomucha, V., & Ruiz, A. (2017). Etno-conocimiento de hongos comestibles nativos de Tingo María – Huánuco, Perú. In Congreso latinoamericano de micología. Lima-Perú. Obtenido de https://drive.google.com/file/d/1CqYnnLwmNE4FPtvc-MESd6L1_aSQ1KNz/view.
- Salmones, D. y Mata, G. (2014). Estado actual del cultivo de hongos en México, con énfasis en especies con potencial comercial. In VIII congreso latinoamericano de micología. Colombia. 4 – 7 noviembre de 2014. Medellín-Colombia. Obtenido de <http://matematicas.udea.edu.co/~actubiol/actualidadesbiologicas/viiicongresolatinoomicologia.pdf>.
- Taboada, M., & Ruiz, L. (2011). Sustratos agroindustriales como fuentes para la producción de hongo ostra (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) Qué). Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables, mención Forestales. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 86 p.
- Trigos, A. & Suárez-Medellín, J (2010). Los hongos como alimentos funcionales y complementos alimenticios. In: Martínez-Carrera, D.; Curvetto, N.; Sobal, M.; Morales y Mora, V. M. (Eds.). Hacia un desarrollo sostenible del sistema de producción-consumo de los hongos comestibles y medicinales. . Puebla-México.
- Trutmann, P. (2014). La Extensión del Uso de Hongos en América del Sur Prehispánica y sus Conexiones con Mesoamérica. In IX Congreso Latinoamericano de Micología, Lima-Perú. https://drive.google.com/file/d/1CqYnnLwmNE4FPtvc-MESd6L1_aSQ1KNz/view.

10

Adela Astudillo-Vázquez¹, Dra. en C., Hortencia Dávalos-Valle¹, M. en C., Alfredo Patiño-Siciliano², Biólogo.

Tianguis (*Alternanthera repens*) y Acahualillo (*Bidens odorata*), plantas medicinales persistentes en la Ciudad de México.

¹Departamento de Biofísica. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional. Prolongación de Carpio y Plan de Ayala s/n. Col. Casco de Santo Tomás, Del. Miguel Hidalgo, C. P. 11340, Ciudad de México, México. adela_av@yahoo.com.mx

²Departamento de Botánica. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional. Prolongación de Carpio y Plan de Ayala s/n. Col. Casco de Santo Tomás, Del. Miguel Hidalgo, C. P. 11340, Ciudad de México, México.

Este trabajo fue financiado parcialmente por los proyectos claves SIP IPN 20151051 y 20181225, del Instituto Politécnico Nacional. A. Astudillo-Vázquez es becaria COFAA y EDD, del Instituto Politécnico Nacional.

Introducción

La Organización Mundial de la Salud reconoce la importancia de la medicina tradicional –donde las plantas medicinales son el principal recurso- y establece estrategias para la investigación y el uso a nivel mundial. Los estudios etnobotánicos son esenciales para identificar los compuestos bioactivos de las plantas medicinales que son comúnmente usadas en el tratamiento de gran número de enfermedades (Bermúdez *et al.*, 2005).

En México, el uso de las plantas medicinales para resolver problemas de salud existe desde la época prehispánica; sin embargo, ese conocimiento se ha ido perdiendo a través del tiempo, por lo que es necesaria su recuperación inmediata, principalmente en las zonas altamente urbanizadas.

Las plantas medicinales, dentro de la medicina tradicional mexicana, representan una importante alternativa para resolver los problemas de salud en el país. El uso de plantas medicinales para el tratamiento de enfermedades es una práctica común actual en México y en otros países. Estos recursos naturales son usualmente considerados como parte del conocimiento tradicional de una cultura (Heinrich *et al.*, 2014).

Las plantas herbáceas *Alternanthera repens* Kuntze (Amaranthaceae) (Tianguis) y *Bidens odorata* Cav. (Asteraceae) (Acahualillo) están ampliamente distribuidas en el mundo, son abundantes en México y se mencionan entre las especies usadas para el tratamiento de padecimientos gastrointestinales (Argueta, 1994).

Alternanthera repens es una planta medicinal usada desde tiempos prehispánicos para tratar enfermedades como tifus (matlazahuatl en nahua) y también como diaforético, diurético, astringente y otros usos (Hernández, 1946). Esta especie contiene alcaloides, saponinas, taninos y azúcares reductores (Astudillo-Vázquez *et al.*, 2008). En particular, contiene saponinas triterpenoides (Sanoko *et al.*, 1999). *In vitro*, fracciones del extracto metanólico de *A. repens* mostraron efecto espasmolítico sobre íleon aislado de rata (Garín-Aguilar *et al.*, 2014).

Bidens odorata contiene alcaloides, flavonoides, saponinas, taninos y azúcares reductores (Astudillo-Vázquez *et al.*, 2008). Mostró acción antidiarreica sobre cuadro diarreico inducido por aceite de ricino, en ratón (Zavala-Mendoza *et al.*, 2013).

Los extractos acuoso y etanólico de ambas plantas inhibieron el avance del contenido gastrointestinal, en ratón. Y las dosis letales medias ubican a ambos extractos como ligeramente tóxicos; sin embargo, ninguna de las plantas mostró evidencia de toxicidad en estas pruebas (Astudillo-Vázquez *et al.*, 2008).

Lo anterior, ubica a estas especies vegetales con un perfil farmacológico potencialmente importante.

Por lo tanto, es importante conocer si *A. repens* y *B. odorata* son empleadas actualmente como especies medicinales.

Hoy día, es crucial la preservación del conocimiento popular sobre la medicina tradicional mexicana, especialmente en las grandes urbes citadinas.

Objetivo

El objetivo de este trabajo fue efectuar una exploración etnobotánica sobre *Alternanthera repens* Kuntze y *Bidens odorata* Cav., en la Ciudad de México.

Materiales y métodos

Identificación taxonómica de las especies vegetales

La identificación de *Alternanthera repens* Kuntze y de *Bidens odorata* Cav. la efectuó el Biólogo Alfredo Patiño Siciliano, del departamento de Botánica de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, del Instituto Politécnico Nacional.

Las partes aéreas de *A. repens* y *B. odorata* se recolectaron en entornos urbanos (banquetas, estacionamientos, predios) de la Ciudad de México, entre julio y septiembre de 2013 y 2014.

Para el trabajo de campo se siguieron las pautas metodológicas del reconocido investigador en etnobotánica Efraim Hernández-Xolocotzi (1979), en lo relativo a acudir al núcleo poblacional que conoce la planta; también se consideró el planteamiento de Harris (1979) sobre entrevistar a los “informantes privilegiados” que son las personas que poseen el conocimiento buscado.

Exploración etnobotánica

La Ciudad de México es una entidad con alta densidad poblacional, está habitada por 8.9 millones de personas (si se considera la zona metropolitana la cifra supera los 20 millones de habitantes), está dividida en 16 delegaciones (Álvaro Obregón, Azcapotzalco, Benito Juárez, Coyoacán, Cuajimalpa, Cuauhtémoc, Gustavo A. Madero, Iztacalco, Iztapalapa, Magdalena Contreras, Miguel Hidalgo, Milpa Alta, Tláhuac, Tlalpan, Venustiano Carranza y Xochimilco).

La República Mexicana cuenta con mercados que son importantes fuentes de información para estudios etnobotánicos. En este trabajo se entrevistó a 500 personas; en 2013, en mercados de la Ciudad de México se aplicó un cuestionario a 250 personas (usuarios, curanderos, vendedores y otros) -con un ejemplar de la planta en la mano para evitar cualquier posible confusión- se indagó sobre *A. repens*, en cuanto a nombres comunes, lugares de crecimiento, usos medicinales, partes empleadas, forma de preparación, modo de administración, duración del tratamiento (Taylor y Bogdan, 1994; Bermúdez *et al.*, 2005). El mismo instrumento se aplicó en 2014, a 250 personas, requiriendo información sobre *B. odorata*.

Resultados y discusión

Dentro de la medicina tradicional mexicana el recurso principal son las plantas medicinales; recurso natural sumamente abundante y usado en México y que está respaldado por amplia sabiduría popular empírica. Toca a nuestra época someter a la evidencia científica experimental dicho conocimiento. La etnobotánica es la disciplina que brinda la información de inicio para el estudio de especies vegetales a las que se atribuyen propiedades medicinales. La estrategia de estudio experimental se fundamenta en el conocimiento empírico popular recopilado en fuentes etnobotánicas.

En este trabajo, para establecer el tamaño de la muestra se consideró que solamente algunas personas poseen el conocimiento de interés, a ellos se les denomina informantes privilegiados (Harris, 1979; Taylor y Borgdan, 1994), entre estos se encuentran los vendedores de plantas medicinales. Los mercados seleccionados corresponden a las diversas áreas geográficas de la Ciudad de México. Se incluyó el de mayor importancia que es el Mercado Sonora, de larga tradición para surtir de plantas medicinales inclusive a otros mercados de la ciudad y de la provincia mexicana.

Llama la atención que una especie vegetal empleada desde tiempos prehispánicos (*Alternanthera repens*, Tianguis) continúe en uso y que una planta utilizada como forraje (*Bidens odorata*, Acahualillo) también tenga uso medicinal.

En la zona de estudio, *Alternanthera repens* recibe los nombres comunes de Tianguis, Tianguispepetla, Tianquizpepetla, Verdolaga del puerco y Tumina. Tianguispepetla y Tianquizpepetla derivan de *tianquiztli* (mercado) y *pepetle* (tapete en pasto, en nahua) lo que se debe a que la planta era muy abundante en los mercados prehispánicos y se extendía como una carpeta o alfombra verde (Hernández, 1946).

A *Bidens odorata* se le conoce popularmente como Acahualillo, Aceitilla y Mosote blanco. Es una de las especies más comunes y ampliamente distribuidas en el Valle de México, crece en el campo, a las orillas de las carreteras, en lugares perturbados por el hombre, etc., desde Nuevo México a Guatemala.

Los entrevistados señalaron que ambas especies vegetales son usadas actualmente como medicinales. Tianguis se señala con mayor frecuencia de uso con respecto a Acahualillo, aún cuando es una planta que no se encuentra a la venta en los

mercados visitados. Tanto Tianguis como Acahualillo se emplean en diversas enfermedades prioritarias en México, principalmente se les atribuye efecto sobre trastornos gastrointestinales, en particular en diarreas.

Tianguis también se indica para abatir la fiebre causada por padecimientos gastrointestinales y para enfermedades renales.

Acahualillo se menciona en el tratamiento de la diabetes y en menor grado para el tratamiento de padecimientos de los riñones y para disminuir la fiebre. También se emplea como forraje.

La forma más frecuente para tratar afecciones gastrointestinales, renales y diabetes es administrar el material vegetal, por vía oral, en decocción acuosa (té).

La investigación en el terreno etnobotánico ha cobrado importancia de algunos años a la fecha y en el presente se considera una materia de enorme interés. En forma particular, se indaga sobre las plantas empleadas en la medicina tradicional mexicana. México es un país con un profundo conocimiento ancestral sobre su flora medicinal, que se ha transmitido, principalmente por vía oral, de generación en generación. Al paso del tiempo este conocimiento tradicional se va perdiendo lo que hace importante su resguardo. Este trabajo se inscribió en esa línea, en particular explorar el conocimiento popular que poseen habitantes de una zona altamente urbanizada como la Ciudad de México, sobre las dos especies vegetales señaladas. En esta investigación, una fuente de información valiosa fueron personas mayores de 50 años.

Es sorprendente que tanto Tianguis como Acahualillo se desarrollen en entornos poco favorables, como banquetas, estacionamientos, predios; es en estos lugares donde las personas las ubican y se surten de ellas. Estas especies vegetales se consideran indeseables y tienden a ser destruidas. Y a pesar de esas condiciones adversas, estas plantas resisten, son persistentes al paso del tiempo.

Los resultados obtenidos condujeron a explorar las cifras estadísticas referentes a las enfermedades sobre las que se menciona que actúan *A. repens* y *B. odorata*: se encontró que en la República Mexicana tanto los padecimientos gastrointestinales como la diabetes figuran entre las 20 principales causas de morbilidad (SS, 2013); en 2012, la diabetes causó 1.5 millones de muertes (WHO, 2014); en el periodo de 1990-2013, la mortalidad causada por diabetes y enfermedades renales sufrió un incremento en México y en el mundo (GDB, 2015); las enfermedades diarreicas y la diabetes figuran como causas de muerte prematura en el mundo (OMS, 2014).

En este contexto cobra importancia la necesidad de investigar el papel de estas especies medicinales en las enfermedades mencionadas, en modelos experimentales (siempre considerando la normatividad inherente, como la reducción, el reemplazo y la refinación en el empleo de animales de experimentación).

Conclusiones

-Se logró la recuperación de información etnobotánica de *A. repens* y *B. odorata*, en una zona altamente urbanizada, lo que es de gran importancia para preservar el conocimiento empírico popular sobre la flora medicinal de México.

- La información que se obtuvo de *A. repens* y *B. odorata* sobre sus usos medicinales actuales sienta las bases para estudios experimentales, en el laboratorio, de estas especies vegetales, lo que contribuiría a validar su empleo popular.

Agradecimientos

Al Biólogo Alfredo Patiño Siciliano por la identificación taxonómica de las plantas. Al QFI Leyvert De Jesús, la QFI Gabriela Calderón y a la Sra. Norma González, por su asistencia técnica. Soporte financiero parcial: Secretaría de Investigación y Posgrado del Instituto Politécnico Nacional, proyectos clave SIP-IPN 20151051 y 20181225.

Bibliografía

- Argueta, A. (Coordinador). (1994). Atlas de las Plantas de la Medicina Tradicional Mexicana. México: Instituto Nacional Indigenista, I y III.
- Astudillo-Vázquez, A., H. Dávalos, L. De Jesús, G. Herrera, and A. Navarrete. (2008). Investigation of *Alternanthera repens* and *Bidens odorata* on Gastrointestinal Disease. *Fitoterapia* 79:577-580.
- Astudillo-Vázquez Adela, Dávalos-Valle Hortencia y Patiño-Siciliano Alfredo. (2015). *Alternanthera repens* and *Bidens odorata*, resilience medicinal plants in Mexico City. *Revista de Ciencias* 19(2): 31-41.
- Bermúdez, A., M. A. Oliveira-Miranda, and D. Velázquez. (2005). La Investigación Etnobotánica sobre Plantas Medicinales: Una Revisión de sus Objetivos y Enfoques Actuales. *Interciencia* 30:453-459.
- Garín-Aguilar, M. E., D. Benavides-Catalán, D. Segura, G. Ramírez-Sotelo, A. B. Piña, and G. Valencia-Del Toro. (2014). Spasmolytic Effect of *Alternanthera repens* on Isolated Rat Ileum. *Pharmaceutical Biology* 52:479-485
- GBD Global Burden of Disease. (2015). Global, Regional, and National Age–Sex Specific All-Cause and Cause-Specific Mortality for 240 Causes of Death, 1990–2013: A Systematic Analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *Lancet* 2015; 385: 117–71.
- Harris, M. (1979). El Desarrollo de la Teoría Antropológica. Historia de las Teorías de la Cultura. México: Siglo XXI editores, pp. 362-363.
- Hernández, F. (1946). Historia de las Plantas de Nueva España. México: Imprenta Universitaria, III, p. 720.
- Hernández-Xolocotzi E. (1979). El concepto de etnobotánica. En: Barrera A. (editor). La etnobotánica: tres puntos de vista y una perspectiva. Instituto de Investigaciones sobre Recursos Bióticos A. C. Xalapa, Ver. México.
- Heinrich, M., B. Frei Haller, and M. Leonti. (2014). A Perspective on Natural Products Research and Ethnopharmacology in Mexico: The Eagle and the Serpent on the Prickly Pear Cactus. *Journal of Natural Products* 77:678-89 DOI: 10.1021/np4009927. Epub 2014 Feb 21
- OMS. Organización Mundial de la Salud. (2014). Estadísticas Sanitarias Mundiales 2014. Una Mina de Información sobre Salud Pública Mundial. Geneva, Switzerland: Printed by the WHO Document Production Services, WHO/HIS/HSI/14.1, 12 p.

- Sanoko, R., G. Speranza, C. Pizza, and De Tommasi N. (1999). Triterpene Saponins from *Alternanthera repens*. *Phytochemistry* 51:1043-1047.
- SS. Secretaría de Salud. Dirección General de Epidemiología. (2013). Información Epidemiológica de Morbilidad. Anuario Ejecutivo 2012. México. 192 p.
- Taylor, S. J., and R. Bogdan. (1994). Introducción a los Métodos Cualitativos de Investigación. Barcelona: Ediciones Paidós, España.
- WHO. World Health Organization. Diarrhoeal disease. (2013). Consultado 17/08/2015 [web page] Fact sheet N° 330. April 2013 <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs330/en/>
- WHO World Health Organization. (2014). Global Status Report on noncommunicable diseases 2014. ISBN 9789241564854. Geneva, Switzerland: Publications of the World Health Organization.
- Zavala-Mendoza, D., F. J. Alarcón-Aguilar, S. Pérez-Gutiérrez, M. C. Escobar-Villanueva, and M. A. Zavala-Sánchez. (2013). Composition and Antidiarrheal Activity of *Bidens odorata* Cav. Consultado 17/08/2015 [on line] Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine 2013: 170290 DOI: 10.1155/2013/170290

Palabras clave: *Alternanthera repens*; Tianguis; *Bidens odorata*; Acahualillo; Etnobotánica; Medicina Tradicional Mexicana.



Alternanthera repens Kuntze



Bidens odorata Cav.

11

Miguel Alberto Magaña Alejandro, Martha Patricia Jiménez Méndez, Karina de los Ángeles Ramírez Méndez

Aprovechamiento de las plantas medicinales del poblado, San Carlos (Villa Benito Juárez), Macuspana, Tabasco.

División Académica de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Km 0.5 Carretera Villahermosa-Cárdenas, entronque a Bosques de Saloya, Villahermosa, Tabasco, México. E mail: manqlar@cicea.ujat.mx

Resumen

La aplicación de hierbas para la curación natural en realidad requiere de sabiduría sin límite, discernimiento y comprensión del orden natural del universo, la naturaleza y la humanidad. El buen uso de nuestros recursos naturales podría resolver problemas económicos, de salud y de cultura, ya que son una de las necesidades más sentidas en las comunidades de México y Tabasco. En ese sentido, el interés principal de esta investigación es analizar el cómo aprovechan las plantas medicinales los habitantes del poblado San Carlos Macuspana, Tabasco. Para ello se recopiló información utilizando un modelo etnobotánico y se seleccionaron informantes claves utilizando la técnica de bola de nieve y se aplicaron entrevistas solo a los curanderos de esta localidad que son las personas que tienen el mayor conocimiento, sin importar el sexo. Se entrevistaron un total de 40 personas y se obtuvo un registro de 227 especies medicinales agrupadas en 91 familias botánicas. Se identificaron 80 afecciones o malestares más comunes que son tratadas con plantas medicinales en la localidad, siendo la tos la afección más encontrada en un 15%, posteriormente, el calentamiento de cabeza y la diabetes. Las especies que más utilizan es el limón agrio (*Citrus limon*) que es utilizado en un 17.89%, seguida de la ruda (*Ruta chalepensis*), la canela (*Cinnamomum zeylanicum*) el ajo (*Allium sativum*), albahaca (*Ocimum basilicum* L.), el maguey morado (*Tradescantia spathacea*). Las hierbas son la forma biológica más abundante con 125 especies que corresponden a un 55%, seguidas de los árboles con 68 especies. El lugar de donde obtienen las plantas medicinales es el huerto familiar y están representadas por un (35%). Finalmente, en muchas ocasiones la preparación del tratamiento con plantas medicinales va acompañado de la planta con otras sustancias denominados “componentes secundarios”, los cuales se utilizan en muchos casos para hacer más efectiva la preparación. Con estos resultados se concluye que San Carlos, Macuspana, es uno de los lugares del estado de Tabasco donde se tiene aún un uso continuo de las plantas medicinales y donde aún se sigue conservando esta tradición.

Palabras claves: Chontales, Padecimiento, Medicina tradicional

Introducción

Las plantas medicinales juegan un papel importante en la medicina tradicional, que es un sistema benéfico para la salud, es de origen prehispánico que ha incorporado elementos de la medicina europea atraída por los españoles durante y después de la conquista de nuestra tierra. Los grupos indígenas antiguos poseían un avanzado conocimiento para mantener la salud, basados en una amplia experiencia sobre las propiedades de las plantas, animales y minerales, mucho de estas prácticas han perdurado hasta nuestros días (Hernández X, 1985).

En la actualidad muchas personas han tenido experiencias con las recetas de sus abuelas para dolores de cabeza, malestares, irregularidad menstrual, náuseas, hemorragias nasales, dolor de hombros y otros síntomas. Como la sabiduría práctica de la abuela y el uso de las hierbas (tanto con un uso interno como para uso externo con compresas o emplastos) a menudo puede lograr una rápida solución del problema (Montes, 2006).

Por otro lado, se sabe que la medicina tradicional tiene un papel preventivo de enfermedades comunes y relativamente leves, que no representan problemas mayores. Su uso es extensivo por un amplio grupo de la población tanto rural como urbana, que usa las plantas medicinales y remedios caseros.

En Tabasco los grupos chontales y choles poseen un sistema de salud extenso, cuentan con un patrimonio de plantas que utilizan como recursos medicinales, mediante distintos procedimientos. Los conocimientos son transmitidos entre los individuos que habitan cada comunidad; al niño indígena, desde pequeño se le va enseñando visual y experimentalmente el nombre de las plantas; como son, donde se encuentran, para que sirven y como se preparan.

Aunque a nivel nacional se cuenta con información sobre las plantas medicinales, a nivel estatal ya hay varios trabajos, pero específicamente del poblado de San Carlos Macuspana, Tabasco la información es rara. En ese poblado el uso de estas ha sido de gran importancia en la cura de ciertas enfermedades y/o padecimientos. Esto ha contribuido a que la población se beneficie económicamente ahorrándose la inversión en medicamentos modernos, razón por

la cual resultó de particular interés evaluar dicho fenómeno, con la finalidad de conocer el uso actual que los habitantes de la comunidad hacen de las plantas medicinales como recurso vegetal aprovechable y del cual existe un vacío en el conocimiento descriptivo de las especies debido a su diversidad.

Área de estudio

En 1766 llegaron a las lagunas de "Vernet" y "El Bayo" algunas familias de indios chontales, que, cansados de sufrir los daños en sus milpas por el ganado de los hacendados europeos, así como por otras diferentes causas entre las que están las plagas que devastaron sus cultivos o enfermedades epidémicas que diezmaron su población, tuvieron que emigrar de su lugar de origen para buscar donde formar su residencia.

Al tener conocimiento el Sr. Juan López, quien era el administrador de justicia del Partido de Macuspana, dio aviso al Alcalde Mayor de Tabasco Pedro Dufau Maldonado, quien por auto dictado el 2 de junio de 1766, fundó el pueblo al que dio el nombre de "*San Carlos*" en honor a Carlos Borromeo. Posteriormente el nombre del poblado pasó a Epigmenio Antonio y finalmente a Villa Benito Juárez como se conoce actualmente (Gil y Sáenz, 1979).

San Carlos (Villa Benito), está situado al noroeste de la ciudad de Macuspana (en el estado de Tabasco) a una distancia de 15 Km, y tiene una superficie de 100 hectáreas y está localizada en terreno alto de formación arcillosa, con coordenadas $17^{\circ} 49' 59''$ N, $92^{\circ} 31' 50''$ O, altitud 20 msnm, su clima es cálido húmedo con lluvias casi todo el año. Presenta una población de 14 451 habitantes (INEGI, 2010).

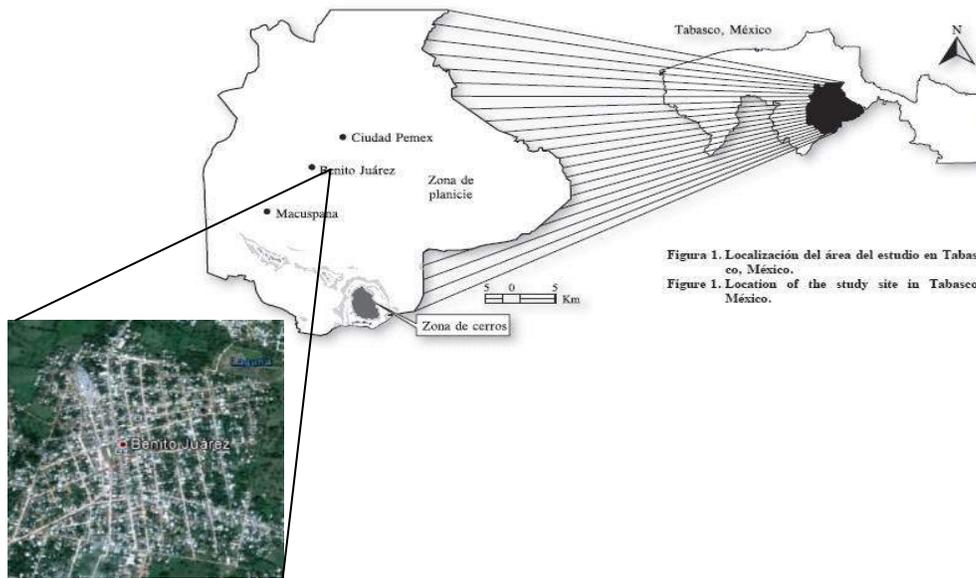


Figura 1. Localización del área del estudio en Tabasco, México.
 Figure 1. Location of the study site in Tabasco, México.

Figura 1. Ubicación del área de estudio

Cuenta con 14 451 habitantes, en su mayoría esta población tiene raíces indígenas chontales. El 10%, de las personas tienen un nivel académico de estudios superiores, el 15% estudios medios superior y básicos un 75% aproximadamente, figurando entre los más preparados, maestros, licenciados, ingenieros, doctores, etc. (INEGI, 2010).

La flora de este lugar inicialmente fue selva alta y mediana perennifolia, actualmente presenta grandes áreas de pastizales y acahuales dispersos. Consta de una gran diversidad de plantas frutales como son el mango (*Mangifera indica*), limón (*Citrus limon*), plátano (*Musa paradisiaca*), zapote (*Achras sapota*), y la guanábana (*Anona muricata*), entre otras.

Metodología

Para llevar a cabo esta investigación, se hizo una revisión bibliográfica y documental con relación a temas etnobotánicos y plantas medicinales específicamente, para ello, se visitó la biblioteca Juan José Beauregard y la

biblioteca del herbario de la DACBiol, de igual manera se revisaron las diferentes investigaciones realizadas en el estado.

Para recopilar la información se aplicó el modelo de Etnobotánica de Martin, (2001), la cual consiste en obtener de la población la mayor información posible, a partir de su participación activa en la etapa de recopilación de datos.

Se seleccionaron informantes claves utilizando la técnica de bola de nieve (Goodman, 1961), la cual consiste en seleccionar una muestra inicial o básica de individuos y establecer en cada entrevista, que nuevas personas de la población de estudio han de entrevistarse, para así integrar la muestra completa.

Las primeras pláticas con los informantes se desarrollaron de acuerdo con lo propuesto por Giménez (1994), donde el interés fue acercarse al sentido que tienen las acciones observadas en un intento de acercamientos a las interpretaciones cotidianas que realiza la gente.

Se aplicaron entrevistas solo a los curanderos de esta localidad, sin importar el sexo, siguiendo en general temáticas relacionadas con el uso, conocimiento, manejo, enfermedades que curan, así como la forma que se adquieren el conocimiento de las plantas medicinales.

Se colectó material botánico en campo, utilizando la técnica de (Lot y Chiang, 1990), la técnica consistió en el prensado de material vegetativo en periódicos y una prensa de madera. El material prensado se depositó en el Herbario de la División Académica de Ciencias Biológicas.

Resultado y discusión

Se entrevistaron 40 personas de los cuales el 100% utilizan plantas medicinales, manifestando así que el uso y conocimiento de las plantas medicinales aún prevalece en la mayoría de los habitantes.

Se obtuvo un registro de 227 especies medicinales agrupadas en 91 familias siendo la familia Asteraceae la que presentó el mayor número de especies con 19 que equivale al 25.89%, seguida la Fabaceae con 12 especies lo que corresponde al 13.81%, posteriormente están las Rutaceae con 8 especies y las Lamiaceae y

Solanaceae con 7 especies cada una, el resto de las familias solo se encuentran representadas por una o dos especies.

En base al registro obtenido de las plantas medicinales más utilizadas en la localidad, se encontró que el 6.16% de las especies medicinales son utilizadas continuamente por los habitantes. Entre las especies que más utilizan está el limón agrio (*Citrus limon*) que es utilizado continuamente en un 17.89%, seguida de la ruda (*Ruta chalepensis* L.) con el 15.41%, la canela (*Cinnamomum zeylanicum* Nees) 12.33%, el ajo (*Allium sativum* L.) con 11.01%, albahaca (*Ocimum basilicum* L.) 9.69%, el maguey morado (*Tradescantia spathacea* Sw.) 8.81%, romero (*Rosmarinus officianalis* L.) 7.92% y el árnica (*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray 6.60% entre algunas más.

En cuanto al lugar de donde obtienen las plantas medicinales, los habitantes, se encontró que estas las consiguen de diferentes ambientes, siendo el huerto familiar el lugar donde mayormente las consiguen y están representadas por un (35%), seguido de las que compran en el mercado (27%), el resto de las plantas las consiguen en otros lugares tal como se observa en la figura 2.

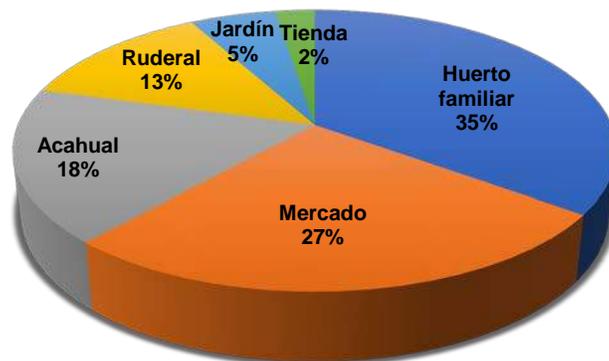


Figura 2. Lugar de donde obtienen las plantas medicinales los habitantes de San Carlos Macuspana, Tabasco.

De acuerdo con Cerino 2006, ella encontró en Villa Jalupa que los huertos son los más ricos en plantas medicinales y menciona en sus resultados, que esta área es

la más propicia para encontrar este tipo de planta, debido a que la mayoría de estas son cultivadas.

En cuanto a las formas biológicas de las plantas medicinales colectadas en la localidad (Figura 3), las hierbas son las más abundantes con 125 especies que corresponden a un 55%, seguidas de los árboles con 68 especies, después están las especies arbustivas y el resto de las plantas presentan otras formas de vida son menos abundantes.

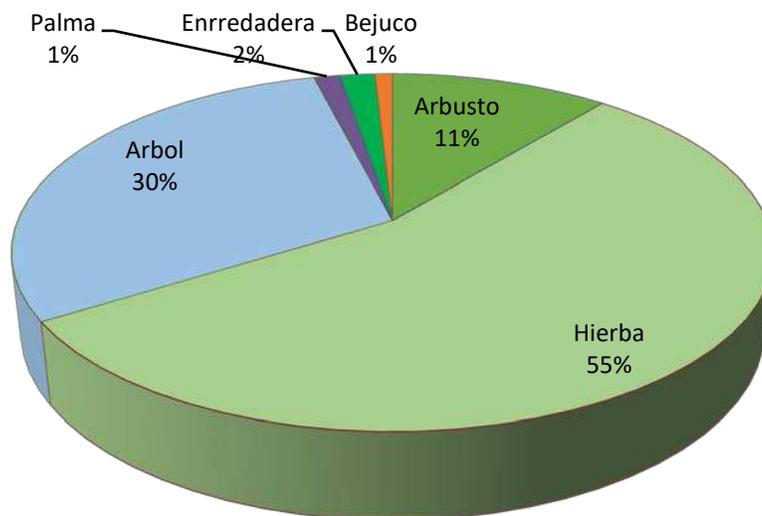


Figura 3. Formas biológicas de las plantas encontradas en San Carlos, Macuspana, Tabasco.

Estos datos coinciden con los resultados descritos por Magaña (2009), donde menciona que las hierbas son la forma biológica más representativas para las especies medicinales y en cambio el trabajo realizado por López (2006), el encontró que en la ranchería Nicolás Bravo de Paraíso Tabasco, las formas arbóreas son las más abundantes.

Se encontraron 80 afecciones o malestares más comunes que son tratadas con plantas medicinales en la localidad, las cuales se muestran en la figura 4, siendo la tos la afección más encontrada en un 15%, posteriormente, el calentamiento de cabeza y la diabetes ambas con 13%, el resto de las afecciones como son el susto, la fiebre, la conjuntivitis, bronquitis, el colesterol y el cáncer entre otras, fueron mencionadas en menor proporción.

Las enfermedades y malestares que menos atendidas con plantas medicinales son los de la próstata, los ataques epilépticos y el cáncer de colon entre otras.

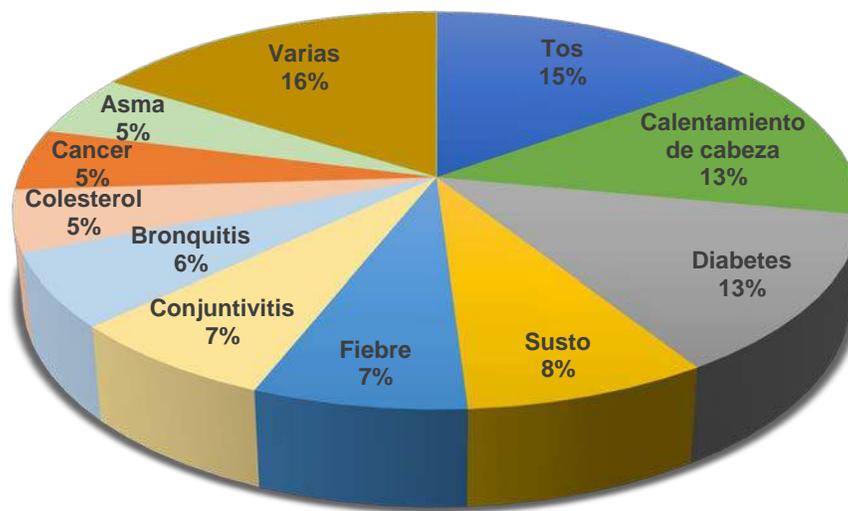


Figura 4. Afecciones más comunes encontradas en San Carlos Macuspana.

Las hojas están señaladas como la parte más utilizada (43%), seguida de las flores y los frutos con 13% cada una. Sin embargo, hay algunas partes de las plantas que son poco utilizadas entre ellas están los bulbos o las plantas enteras con el (1%) cada una, (figura 5).

Entre las hojas que más utilizan se encuentra el maguey morado (*Tradescantia spathacea* L.), el oreganón (*Plecthranthus amboinicus* (Lour.) Spreng.), árnica (*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray), llantén (*Plantago major* L.) zorrillo (*Petiveria alliacea* L.) y albahaca (*Ocimum basilicum* L.).

Estos resultados coinciden con los resultados obtenidos en los trabajos de Hernández (2006), Cerino (2006) y Ulín (2006), en los cuales señalan las hojas como la parte de la planta más utilizada.

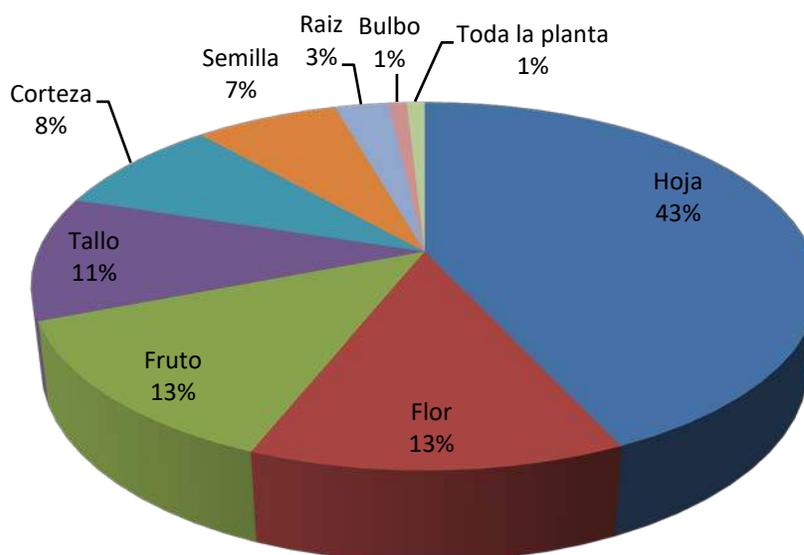


Figura 5. Partes más utilizadas de las plantas

Entre los frutos que utilizan están el cacao (*Teobroma cacao L.*), la calabaza (*Cucurbita moschata*), el coco (*Cocos nucifera L.*), el cuajilote (*Parmentiera aculeata DC.*), el chicozapote (*Achras sapota L.*), el limón (*Citrus aurantifolia* ChristmSwingle) y el capulín (*Muntingia calabura*), entre otros.

Las formas tradicionales de utilizarlas plantas son muy variadas (Figura 6), así tenemos que la forma más usual empleada por los habitantes de la localidad de San Carlos Macuspana, es la preparación en té (51%), estos resultados coinciden con los realizados por Velox (2005), Hernández (2006), Cerino (2006) y Ulín (2006), ya que, mediante esta forma de preparación, la parte de la planta segrega con mayor facilidad sus propiedades medicinales.

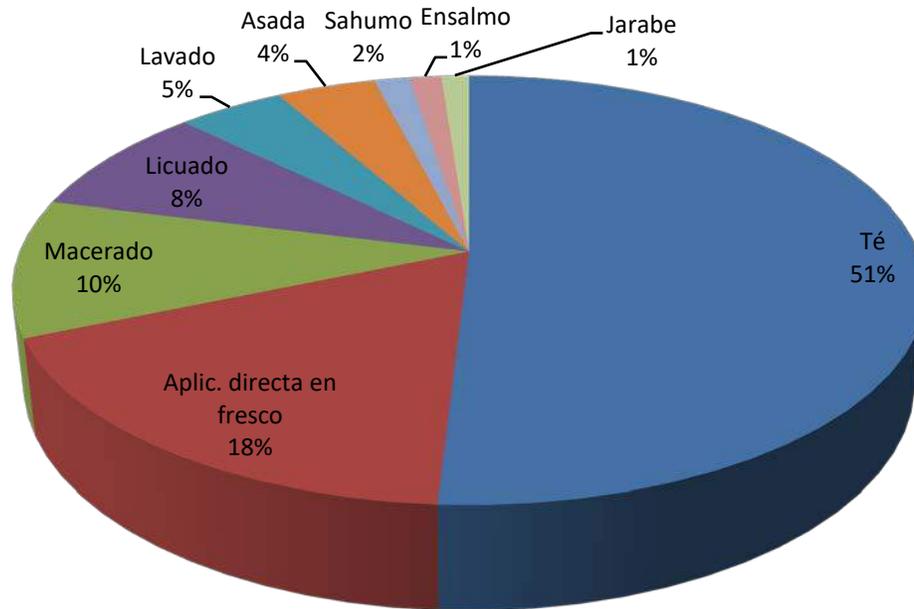


Figura 6. Formas de utilizarde las plantas en San Carlos, Macuspana

Finalmente, en muchas ocasiones la preparación del tratamiento con plantas medicinales va acompañado de la planta con otras sustancias denominados “componentes secundarios”, los cuales se utilizan en muchos casos para hacer más efectiva la preparación, en este caso la miel de montey el alcohol son los más utilizados con un 27%, posteriormente el vaporub lo utilizan 11% y la loción (10%). Sin embargo, existen otras sustancias más que utilizan, tal como se observa en laFigura7.

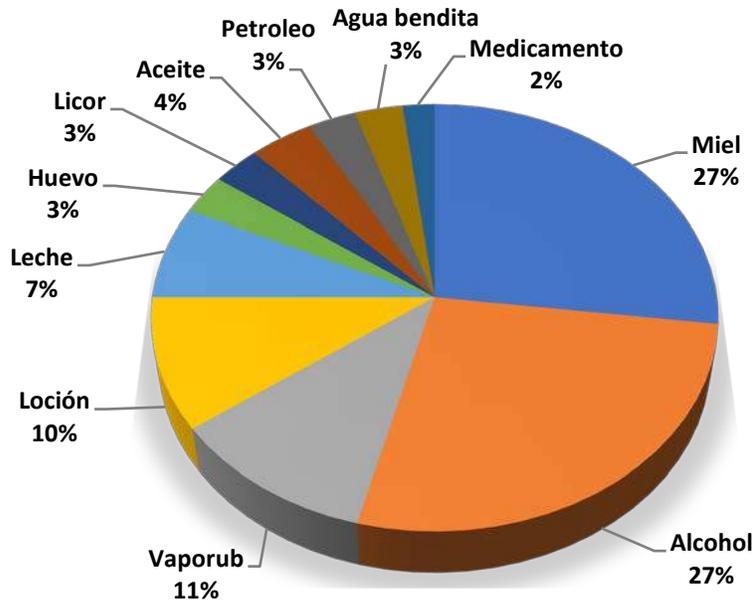


Figura 7. Componentes secundarios que se mezclan con las plantas medicinales

Estos resultados concuerdan, aunque en diferentes porcentajes con los trabajos de Velox (2005), Cerino (2006) y Ulín (2006), que de igual forma mencionan a la miel de monte como el componente secundario primordial en las preparaciones. Sin embargo, Rojas (2008), describe el alcohol como componente secundario principal para combinar la preparación de tratamientos. Cabe mencionar que, aunque se utilizan otros componentes como el vaporub, la leche, licor, aceite, petróleo, estos los utilizan en menor proporción.

Conclusión

Se generó un listado de 227 especies de plantas medicinales en la Localidad de Villa Benito Juárez, Macuspana, Tabasco; el limón (*Citrus limon* (Hemsl.) A. Gray.) es la planta que más usan los pobladores, así mismo se encontró que el maguey morado (*Tradescantia spathacea* Sw.) es la especie que más enfermedades y malestares trata.

La mayor cantidad de plantas medicinales que reportaron los curanderos del poblado de Villa Benito Juárez Macuspana, se localizaron en los huertos familiares, en cambio las especies restantes se encontraron en otras áreas.

Las plantas medicinales de San Carlos, Macuspana no solamente tienen este uso, sino que también las utilizan como comestible, ornamental, maderable, para sombra así mismo hay especies que solo tienen uso medicinal.

Con las características que se presentan en la utilización de las plantas medicinales en la localidad Villa Benito Juárez, Macuspana Tabasco, es importante conservar este conocimiento y con ello valorar los recursos vegetales, que nos proporciona la naturaleza.

Bibliografía

Cerino, G. S. 2006, Análisis sobre el aprovechamiento de las plantas medicinales como alternativa en la salud de los habitantes en Villa Jalupa, Jalpa de Méndez, Tabasco, México. Tesis profesional. División Académica de Ciencias Biológicas.

Gil y Sáenz, M. (1979). Compendio Histórico, Geográfico y Estadístico del estado de Tabasco. Gobierno del estado de Tabasco. 140. P.

Giménez, G. 1994. La teoría y el análisis de la cultura. Problemas teóricos y metodológicos. En: González, J. y J. Galindo Cáceres (Coords.) Metodología y cultura. Comisión Nacional para la Cultura y las Artes. México. Pp.36-66.

Goodman, L.A. 1961. Muestreo en bola de nieve. Annals of mathematical Statistics, Vol. 32. Universidad de Chicago.

Hernández, M. N. (2006). Uso y manejo actual de las plantas medicinales de la ranchería Medellín y pigua 3ra. Sección del municipio del Centro, Tabasco. Modalidad curso de titulación. Tesina de Lic. en Ecología. Villahermosa Tabasco. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Hernández X. E. (1985) Exploraciones etnobotánica y su metodología, Xolocotzia Tomo 1. Rev. Geografía Agrícola UACH México.

INEGI, 2010, Censo General de Población y Vivienda. Instituto Nacional de Estadística y geografía.

López J. G. (2006). Uso y manejo de plantas medicinales de la Ranchería, Nicolás Bravo, Paraíso, Tabasco, México. Tesina profesional de Biología, Villahermosa Tabasco. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

López J. G. (2006). Uso y manejo de plantas medicinales de la Ranchería, Nicolás Bravo, Paraíso, Tabasco, México. Tesina profesional de Biología, Villahermosa Tabasco. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Lot, A. y F. Chiang, 1986. Manual de herbario: administración y manejo de colecciones técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos. Edit. Consejo Nacional de la Flora de México, S. A. de C. V.

Magaña, A.M. 2009. Conocimiento tradicional de las plantas medicinales en cinco comunidades maya-chontales del municipio de Nacajuca, Tabasco. Tesis doctorado. UJAT-DACBiol. 337 pp.

Martin, G.J. 2001. Etnobotánica: Manual de métodos. Editorial Nordan comunidad Montevideo, Uruguay. 239 pp.

Montes, A. 2006. Los Tés Medicinales de la abuelita. Cocina y Salud. 1ª. Edición. 94 pp.

Ulín, H. L. Y. (2006). Uso y manejo actual de las plantas medicinales del poblado Iquiuapa Jalpa de Méndez, Tabasco. Modalidad curso de titulación. Tesina de Lic. En Ecología. Villahermosa Tabasco. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Velox, M. A. C. 2005. Plantas medicinales de Oxolotán, Tacotalpa, Tabasco, México. Tesis de Licenciatura en Biología. Villahermosa, Tabasco, México. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 50 p

12

Adela Astudillo-Vázquez¹, Dra. en C., Rachel Mata Essayag², Dra. en C., Andrés Navarrete Castro², Dr. en C.

EL REINO VEGETAL, ARSENAL TERAPÉUTICO DE AGENTES ANTIESPASMÓDICOS Y ANTIDIARREICOS.

¹Departamento de Biofísica. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional. Prolongación de Carpio y Plan de Ayala s/n. Col. Casco de Santo Tomás, Del. Miguel Hidalgo, C. P. 11340, Ciudad de México, México. adela_av@yahoo.com.mx

²Facultad de Química, Departamento de Farmacia, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria, Coyoacán 04510. Ciudad de México, México.

Este trabajo fue financiado parcialmente por el proyecto clave SIP IPN 20181225, del Instituto Politécnico Nacional. A. Astudillo-Vázquez es becaria COFAA y EDD, del Instituto Politécnico Nacional.

Introducción

La diarrea es un padecimiento muy común, es un problema nacional de salud pública en gran número de países de los llamados en vías de desarrollo.

En 2000, el promedio de muertes por enfermedades diarreicas, entre niños menores de cinco años de 186 países citados por la OMS, fue de 9.3 %; en México fue de 5.1 % (WHOSIS, 2009). En 2004, en México, para el mismo tipo de población la diarrea figuró como causa letal con una frecuencia de 4.7% (OMS, 2009). La UNICEF (2009) señala que el 3 % de la mortalidad en la población mundial infantil se debe a la diarrea. En México, en 2005, las enfermedades intestinales infecciosas (donde se incluye a la diarrea) figuraron dentro de las primeras 20 causas de muerte en hombres, mujeres y personas mayores de 65 años (SS, 2005).

Aparte de las terapias médicas modernas, el uso de plantas medicinales en el tratamiento de las diarreas es una práctica frecuente en innumerables países, a nivel mundial.

Diarrea

Es resultado de la presencia de fluidos en cantidad excesiva en el lumen intestinal, esto genera en forma rápida, un alto flujo de volúmenes que sobrepasa la capacidad de absorción del colon. En un cuadro diarreico, se presenta un incremento en la motilidad intestinal (hipermotilidad) que provoca un desplazamiento acelerado del contenido intestinal, esto conlleva una mala digestión y absorción de nutrientes, y una pérdida excesiva de líquidos y electrolitos, lo que inclusive puede llevar a la muerte. La diarrea puede ser aguda, inherente a una infección bacteriana entérica o a una infección viral; o crónica, asociada a inflamaciones o enfermedades disfuncionales del intestino; es decir, la diarrea puede tener diferentes causas tales como procesos infecciosos, cambios metabólicos, nerviosismo, estrés, etc., pero siempre está asociada con hipermotilidad intestinal. El transporte de fluidos y electrolitos en la mucosa intestinal es regulado por neuronas del sistema nervioso entérico y por la composición química del contenido luminal. Las neuronas del plexo submucosal del intestino, terminan cerca de las células epiteliales de la mucosa y actúan incrementando o disminuyendo la absorción y la secreción.

Efectos colaterales de antidiarreicos

En la terapéutica actual, los agonistas opioides sintéticos son los fármacos de elección para el tratamiento inespecífico de cuadros diarreicos intensos donde existe peligro de deshidratación, aún cuando en determinadas circunstancias algunos presentan efectos secundarios diversos.

Objetivo

El objetivo del trabajo fue determinar el estado del campo de estudio sobre especies vegetales con acción antiespasmódica y/o antidiarreica.

Materiales y métodos

Se recopiló información en fuentes científicas que permitiera determinar los modelos experimentales, las familias botánicas con especies antiespasmódicas, las partes estudiadas de esas especies vegetales, los grupos químicos y compuestos antiespasmódicos, fitofármacos antiespasmódicos y la naturaleza de las investigaciones.

Se revisaron 242 estudios selectos (1972-2008), sobre plantas con acción antiespasmódica y/o antidiarreica.

Con objeto de ubicar en donde se realizaron con mayor frecuencia, los trabajos se ubicaron por continente geográfico; la información correspondiente a fármacos aislados, se indica citando el grupo químico al que pertenece el compuesto. Se indican los modelos de experimentación empleados *in vitro* e *in vivo*.

Resultados y discusión

Esta revisión muestra la amplia gama de especies vegetales, extractos crudos, fracciones activas y naturaleza química de compuestos con acción antiespasmódica sobre músculo liso intestinal y/o con efecto antidiarreico, que han sido aislados de plantas en décadas recientes; es un registro de diversas investigaciones sobre estos recursos naturales en los diferentes continentes, de particular importancia en países económicamente dependientes, donde los padecimientos gastrointestinales continúan afectando a grandes grupos de la población, donde las plantas medicinales constituyen un agente terapéutico en sí mismas. También, se considera a estas especies vegetales como fuentes potenciales de compuestos con actividad antiespasmódica y/o moléculas modelo para la síntesis de nuevos fármacos.

Aparte de las terapias médicas modernas, el uso de plantas medicinales en el tratamiento de las diarreas es una práctica frecuente en innumerables países, a nivel mundial, como se observa en la información que se presenta en este trabajo.

La forma de evidenciar el efecto antidiarreico de una especie vegetal incluye modelos experimentales *in vivo* e *in vitro*. La inhibición de la diarrea experimental y la reducción en la motilidad intestinal por una sustancia, son la base de la evaluación farmacológica de un potencial agente antidiarreico.

Los modelos

La diversidad de modelos experimentales es grande, en los 242 estudios revisados se encontró mayor frecuencia de experimentación *in vitro* con respecto a la realizada *in vivo*. Todos los modelos son sencillos y los resultados reproducibles.

En los modelos *in vitro*, destaca la frecuencia en el uso del íleon aislado de cobayo IAC, en segundo término se encontró la experimentación realizada en yeyuno aislado de conejo YAC. Con menor frecuencia figura el uso de otros tejidos animales como el íleon IAR y duodeno DARA aislados de rata; o de conejo TCj, fracción que incluye también íleon y duodeno de esta especie animal. Es claro que un factor que repercute en el mayor porcentaje de frecuencia de uso para el modelo de IAC sobre el de YAC, aparte de las razones farmacológicas, es el económico.

En la experimentación *in vivo*, indiscutiblemente, los modelos utilizados con mayor frecuencia fueron el que emplea carbón activado como marcador del avance del contenido intestinal y el que usa aceite de ricino para inducir un cuadro diarreico.

Dentro de los estudios revisados figura el uso de otros agentes promotores de la motilidad intestinal como prostaglandinas E₂, MgSO₄ y con frecuencia mínima ácido araquidónico, aceite de crotón, BaCl₂ y otros. Para marcar el avance del tránsito gastrointestinal, en algunos estudios se empleó rojo de fenol, rojo de carmín y BaSO₄. Y para provocar lesiones gástricas se utilizaron etanol, indometacina, ácido acetil salicílico y el estrés hipotérmico.

Es importante recordar la necesaria complementación de la experimentación *in vitro* e *in vivo* en el estudio de una especie medicinal, porque no siempre se encuentra la correlación en los resultados de ambos tipos de investigación.

Modelos *in vitro*

Íleon aislado de cobayo y yeyuno aislado de conejo. Ambos son herramientas útiles para revelar las propiedades agonistas o antagonistas de fármacos. IAC es una preparación que se considera de mayor utilidad para detectar actividades colinérgicas o espasmogénicas. En tanto, YAC muestra contracciones rítmicas espontáneas y permite seguir el desarrollo de las pruebas para actividad espasmolítica directamente, incluso sin el uso de un agonista (Gilani *et al.*, 2000a).

Modelos *in vivo*

Marcador carbón activado. Es una técnica usada para estudiar el efecto de fármacos sobre la motilidad del intestino. La administración de carbón activado usualmente en suspensión con goma tragacanto, con agar, pectina, goma acacia u otros agentes espesantes o aglutinantes, permite realizar el seguimiento del avance del marcador en el tránsito gastrointestinal. La disminución del grado de avance, comparativamente con animales sin fármaco administrado, indica una disminución en la motilidad intestinal, una reducción en el movimiento propulsivo del intestino, y esto es una acción útil en el tratamiento de diarreas (Akah *et al.*, 1997; Hernández-Pérez *et al.*, 1995; Bafna y Bodhankar, 2003).

Aceite de ricino. En los estudios sobre plantas medicinales y fármacos, el uso de los modelos de diarrea inducida por aceite de ricino y 5-Hidroxitriptamina (5-HT) es lógico, porque los autacoides involucrados, prostaglandinas primero y serotonina después, han sido implicados dentro de las causas de diarreas en el hombre (Rouf *et al.*, 2003). La liberación de ácido ricinoleico a partir de aceite de ricino origina la irritación e inflamación de la mucosa intestinal, lo que conduce a la liberación de prostaglandinas, estas estimulan la motilidad y la secreción (Rouf *et al.*, 2003). Por tanto, el modelo de aceite de ricino permite estudiar en la diarrea tanto el factor de secreción como la motilidad (Bafna y Bodhankar, 2003).

Los estudios

Los trabajos se desarrollaron con 319 especies vegetales provenientes de 101 familias botánicas. La dispersión fue muy grande, porque el 54.6 % de la muestra de plantas se distribuyó en 93 de las familias, en 72 de ellas la frecuencia fue solamente de 1 o 2 especies vegetales. El 45.4 % restante se distribuyó en sólo 8 familias botánicas. Fue en la familia de las compuestas donde se concentró el mayor número de especies a las que se atribuye efecto antiespasmódico y/o antidiarreico. Enseguida se ubicaron las familias de las fabáceas y de las labiadas. Con frecuencias menores se encontró a las Euphorbiaceae, Rutaceae, Rubiaceae, Verbenaceae y Apocynaceae. Las plantas que contaron con mayor número de estudios fueron *Psidium guajava*, *Matricaria chamomilla*, *Ocimum gratissimum* y *Acorus calamus*.

Tipo de compuestos antiespasmódicos

Flavonoides

Dentro de los trabajos revisados se encuentran los relativos al aislamiento de los flavonoides quercetina (*Psidium guajava*, *Matricaria chamomilla*), quercitrina (*Euphorbia hirta*), genisteína (*Genista tridentata*), sakuranetina (*Dodonaea viscosa*), rutina (*Conyza filaginoides*), bisabolol (*Matricaria chamomilla*), entre otros.

Terpenos

Dentro de este grupo se detectaron: himachalol (*Cedrus deodara*), coleonol (*Coleus forskohlii*), β -damascenona y E-fitol (*Ipomoea pes-caprae*), capsidiol (*Nicotiana silvestris*), β -eudesmol e hinesol (*Atractylodes lancea*), ácido huatriwaico (*Dodonaea viscosa*), camaldulina (*Eucalyptus camaldulensis*), timol (*Thymus vulgaris*, *Origanum compactum*).

Aceites esenciales

Se mencionan algunos componentes antiespasmódicos de aceites esenciales, entre ellos 1,8 cineol y eugenol (*Ocimum gratissimum*), timol (*Thymus membranaceus*, *Acalypha phleoides*), carvacrol (*Satureja hortensis*), estragol y anetol (*Croton zehntneri*), α y β -pínenos (*Ferula gummosa*), nonanal (*Artemisia ludoviciana*), linalol (*Lavandula angustifolia*).

Alcaloides

En esta revisión, como principios activos en las diversas plantas estudiadas, se encontró a himbacina (*Galbulimina sp*), protopina y coptisina (*Chelidonium majus*), cantleyina (*Strychnos trinervis*), mitraginina (*Mitragyna speciosa*), vertina (*Heimia salicifolia*), retulina (*Strychnos henningsii*), cavidina (*Corydalis meifolia*), metuenina (*Pterotaberna inconspicua*), entre otros.

Fitofármacos.

Es importante señalar que son escasos los estudios sobre medicamentos herbolarios. En este trabajo se detectaron solamente 11 preparaciones, 9 de ellas directamente indicadas como antidiarreicos.

En México, en 1999, se publicó un estudio en relación con la aceptación y uso de la herbolaria en la práctica médica, realizado en una unidad urbana de medicina familiar del Instituto Mexicano del Seguro Social, en la ciudad de Hermosillo, Sonora; los resultados de la encuesta aplicada a 60 médicos (entre otros participantes), indicaron que 85 % conocían y aceptaban la herbolaria y que 75 % la utilizaban (Taddei-Bringas *et al.*, 1999). Estos aspectos interesan porque la comunidad médica es factor importante en la implementación del uso de fitofármacos.

Así pues, ante el panorama socio-económico que se avizora en los países económicamente dependientes, como México, la necesidad de contar con fitofármacos -perfectamente estandarizados en cuanto a su concentración de compuestos activos, dosis, bioequivalencia, efectos colaterales, evaluaciones sobre su toxicidad, etc.- para dar respuesta a los requerimientos de salud de una población en crecimiento, debe ser prioritaria dentro de los programas de salud pública (Taddei-Bringas *et al.*, 1999).

Las investigaciones

La información generada a partir de las especies vegetales que figuran en los estudios revisados corresponden a estudios con extractos totales, compuestos aislados y/o fracciones activas y aceites esenciales.

La distribución geográfica de los 242 estudios indicó que fue en los países asiáticos donde se han estudiado más las especies vegetales y fue en África donde se detectó el menor número de trabajos. En los países asiáticos y africanos, es donde fundamentalmente se realizaron investigaciones con extractos totales. Y considerando los estudios sobre aceites esenciales, fracciones activas y compuestos puros, es en los países europeos donde principalmente se trabajó a ese nivel; si bien, también en América y Asia figuran de manera significativa; África contribuyó con el 2.5 % de trabajos desarrollados en este renglón, a pesar de la magnitud de su población y la extensión territorial de ese continente.

También, se observa que muchos de los estudios realizados en los países denominados desarrollados, se efectuaron con especies vegetales que forman parte de la medicina tradicional de los países llamados “en vías de desarrollo”.

Estos resultados están relacionados indudablemente, con las condiciones socioeconómicas de cada lugar y confirman lo expresado por Soejarto *et al.* (1996)

respecto a la existencia de países que son ricos en tecnología y países que son ricos en biodiversidad. En última instancia, la variable económica es determinante en la profundidad en el estudio de una planta medicinal.

Conclusiones

Se encontró que la dispersión de las especies medicinales con efecto antiespasmódico es muy amplia en la naturaleza, por tanto, efectivamente representan una alternativa como agentes terapéuticos antidiarreicos en sí mismas y como fuente de compuestos útiles para el tratamiento de la diarrea.

En la experimentación *in vitro*, la tendencia es muy clara en cuanto al empleo de la preparación de íleon de cobayo. Y la mayoría de los estudios con animales se centraron en el modelo que usa carbón activado como marcador y el que induce la diarrea con aceite de ricino.

Los principios activos antiespasmódicos principalmente son flavonoides, terpenos y alcaloides.

En esta muestra, la investigación sobre plantas medicinales estuvo distribuida en cuatro de los cinco continentes; fue Asia quien desarrolló la mayor productividad. África concentró su trabajo a nivel de extractos totales en tanto Europa encabezó los estudios con fracciones activas y compuestos aislados. América contribuyó en ambos rubros.

Agradecimientos

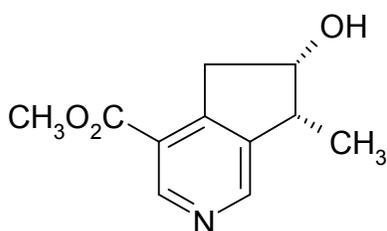
A la Dirección General de Asuntos del Personal Académico, UNAM y a la Secretaría de Investigación y Posgrado del Instituto Politécnico Nacional SIP-IPN 20090782, por el financiamiento parcial. A todas las personas que contribuyeron a la realización del trabajo, en particular a la Familia Miranda Astudillo, por su asistencia técnica. A. Astudillo-Vázquez es becaria COFAA y EDD, del Instituto Politécnico Nacional.

Bibliografía

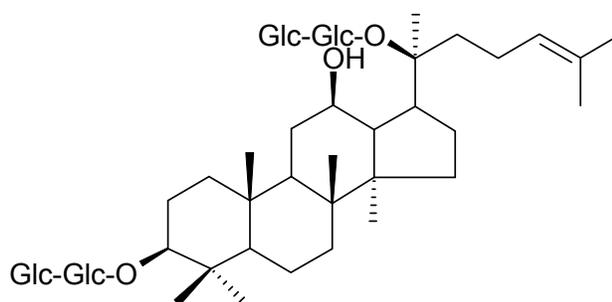
- Akah, P.A., Gamaniel, K.S., Wambebe, C.N., Shittu, A., Kapu, S.D., Kunle, O.O. (1997) Studies on the gastrointestinal properties of *Ficus exasperata*. *Fitoterapia* **LXVIII** : 17-20
- Astudillo-Vázquez A, Mata R, Navarrete A. (2009). El reino vegetal, fuente de agentes antiespasmódicos gastrointestinales y antidiarreicos. *Revista Latinoamericana de Química* **37**(1):7-44.
- Bafna, P., Bodhankar, S. (2003) Gastrointestinal effects of Mebarid[®], an ayurvedic formulation, in experimental animals. *Journal of Ethnopharmacology* **86**:173-176
- Gilani, A.H., Aziz, N., Khurram, I.M., Rao, Z.A., Ali, N.K. (2000) The presence of cholinomimetic and calcium channel antagonist constituents in *Piper betle* Linn. *Phytotherapy Research* **14** : 436-42
- Hernández-Pérez, M., Sánchez-Mateo, C.C., Darias, V., Rabanal, R.M. (1995) Effects of *Visnea mocanera* extracts on the bleeding time, gastrointestinal transit and diuresis in rodents. *Journal of Ethnopharmacology* **46** : 95-100
- OMS, Organización Mundial de la Salud (2009). Estadísticas Sanitarias Mundiales. OMS. p. 53.

- Rouf, A.S.S., Islam, M.S., Rahman, M.T. (2003) Evaluation of antidiarrhoeal activity *Rumex maritimus* root. *Journal of Ethnopharmacology* **84** : 307-310
- Soejarto, D.D., Gyllenhaal, C., Farnsworth, N.R. (1996) Preface. *Journal of Ethnopharmacology* **51**: ix-x.
- SS, Secretaría de Salud (2005) Principales causas de mortalidad general, en hombres, en mujeres y en edad posproductiva (65 años y más). México. <http://sinais.salud.gob.mx>
- Taddei-Bringas, G.A., Santillana-Macedo, M.A., Romero-Cancio, J.A., Romero-Téllez, M.B. (1999) Aceptación y uso de herbolaria en medicina familiar. *Salud Pública de México* **41**: 216-220.
- UNICEF, Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (2009) Estado mundial de la infancia 2009. Salud materna y neonatal: Situación actual. <http://www.unicef.org/>
- WHOSIS, World Health Statistics Information System (2009) <http://www.who.int/whosis/>

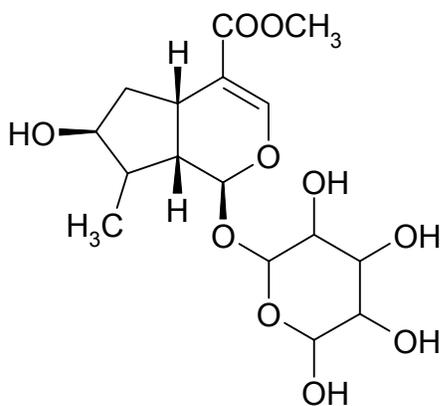
Palabras clave: Medicina tradicional, plantas medicinales, antiespasmódicos, espasmolíticos, antidiarreicos.



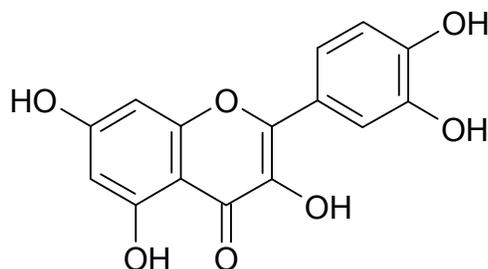
(a)



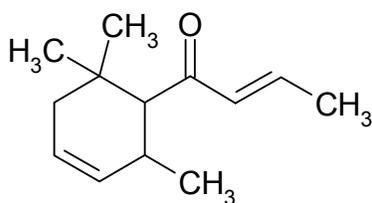
(b)



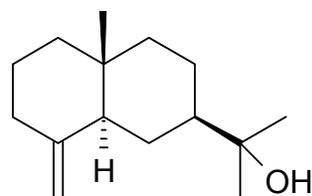
(c)



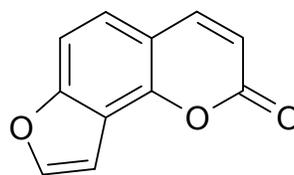
(d)



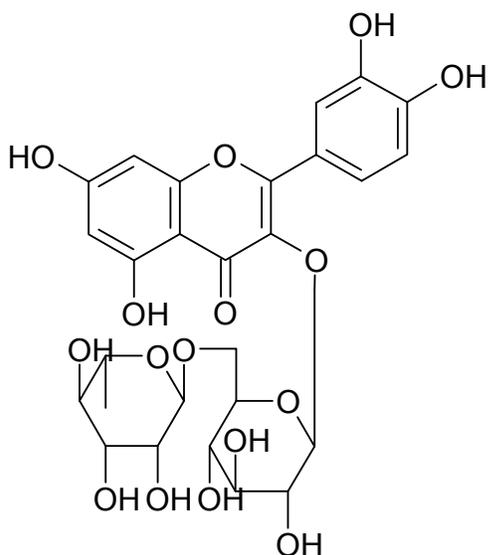
(e)



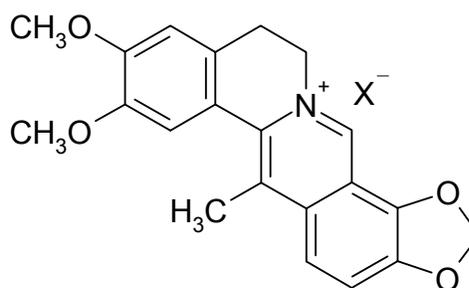
(f)



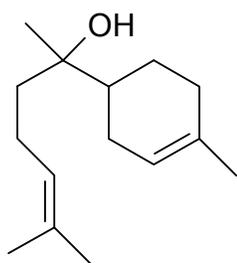
(g)



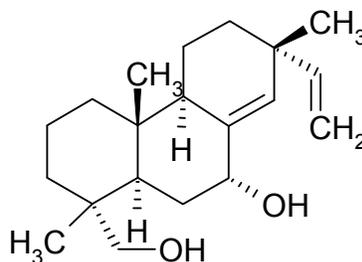
(h)



(i)



(j)



(k)

Estructuras químicas de compuestos antiespasmódicos aislados de diferentes especies vegetales de la muestra revisada. Se ejemplifican los grupos flavonoides, alcaloides, terpenos, coumarinas saponinas e iridoides. [(a): Cantleyina; (b) Ginsenosido Rb1; (c): Loganina; (d): Quercetina; (e): β -damascenona; (f): β -eudesmol; (g): Angelicina; (h): Rutina; (i): Dehydrocavidina; (j): (-)- α -bisabolol; (k): 8(14),15 sandarocopimaradieno-7a, 18-diol].

13

Ana María Jiménez Aparicio y Paulina Trejo Barocio, Educación ambiental para un vivir sostenible, Colegio Madrid A.C, Bachillerato, Ciudad de México, México.

Utilizamos la educación ambiental como una herramienta para fomentar el desarrollo de habilidades y actitudes que permitan a nuestros estudiantes vivir de una forma sostenible. Como parte del proyecto educativo del Colegio Madrid impulsamos a nuestros estudiantes para que formen parte de proyectos de vinculación social y lleven a cabo prácticas de campo. El objetivo principal de estos espacios educativos es que los estudiantes lleven a la práctica los conocimientos del aula desarrollando proyectos de distinta índole.

En este trabajo presentamos algunos ejemplos de dichas actividades; la práctica de campo que se realiza en el estado de Campeche, se lleva a cabo con estudiantes de cuarto semestre, en ella se reconoce el patrimonio biocultural de la región, visitando distintas categorías de ANPs, en donde estudian la biodiversidad presente en los sitios, los tipos de ecosistemas presentes en la región y sus servicios ecosistémicos, y reflexionan sobre las permanencias y continuidades del México prehispánico, maya en la actualidad, a partir de reconocer la diversidad étnica, lingüística, alimentaria y cultural en la región. Esta práctica aporta una visión multidisciplinaria en la que la comprensión de la complejidad ambiental y social motiva a los estudiantes a integrar a sus acciones una visión sostenible.

Nuestro proyecto de prácticas de campo trata de integrar los conocimientos teóricos que abordamos en nuestras clases en un contexto vivencial y práctico. Las actividades están diseñadas para realizarse en un espacio distinto al ámbito escolar, en el cual los alumnos recaban información, aplican y comprueban sus conocimientos, y descubren nuevos, a partir de un proceso de aprendizaje donde la interdisciplina juega un papel muy importante, ya que nos permite integrar contenidos de historia, arte, biología, educación ambiental y física, de manera que nuestros alumnos logran adquirir una visión completa de la complejidad de los sistemas naturales y sociales.

En esta práctica al estado de Campeche, visitamos diferentes sitios con el fin de profundizar en la comprensión y valoración de los diferentes ecosistemas que nos brinda el entorno natural. La zona de manglares, es el ejemplo de una estrategia de resiliencia ambiental que amortigua fenómenos naturales como los huracanes, tiene un alto valor de conservación por la biodiversidad que alberga, la gran cantidad de servicios ambientales que provee y el aprovechamiento pesquero que hacen las comunidades aledañas. Los manglares desempeñan un papel importante como recursos insustituibles para la población campesina de este lugar: pesca industrial y artesanal, producción de carbón, leña y madera para construcción, obtención de hierbas medicinales, deportes acuáticos y actividad turística.

En nuestra visita a las zonas de Calakmul, Edzná, Chicaná y Becán reforzamos la valoración del patrimonio biocultural, estos sitios albergan una gran riqueza biológica y cultural, lo que brinda a nuestros estudiantes la oportunidad de reflexionar sobre la fuerte relación entre las culturas y la conservación de la biodiversidad. En estos sitios se puede observar cómo la cultura maya se ha relacionado con su entorno natural, transformándolo y conservándolo hasta nuestros días, muestra de ello son las múltiples características zoomorfas que se observan en los distintos sitios arqueológicos y la construcción de los sistemas de canales y depósitos para captar, almacenar y distribuir el agua, recurso indispensable en la zona. Así, la cosmovisión de los mayas, se enfoca en gran medida en la naturaleza que les daba sustento, el entorno natural constituía un componente básico de sus vidas, tanto por ser fuente de materia prima y alimento, como por ser el lugar donde habitaban sus deidades. Acercar a nuestros alumnos a esta cultura y en especial a su cosmovisión de mundo, es acercarlos a una visión de mundo que enfatiza en el respeto y el uso sostenible de los recursos naturales. Es sensibilizarlos, pero al mismo tiempo, fabricar esperanzas de que un mundo mejor es posible.

La cueva de murciélagos de Clakmul en la que habita una comunidad de 8 especies de murciélagos significativamente numerosa, es otro de los sitios que visitamos durante nuestra práctica. Esta observación nos permite generar una reflexión en torno al beneficio ecosistémico de las actividades que estos organismos realizan como polinizadores en la zona y el control de plagas en plantíos cercanos resultado de su alimentación. Es además un espectáculo estremecedor que acerca a nuestros alumnos al esplendor y la riqueza de nuestro mundo natural, tan ajeno en ocasiones a la vida en nuestras urbes.

Toda la práctica es documentada en una bitácora de campo y mediante la toma de fotografías. Nuestros alumnos tienen la misión de fotografiar a los organismos que más llamen su atención, esto con un doble fin, aprender sobre las especies que habitan cada uno de los ecosistemas visitados y participar mediante la plataforma *iNaturalist* de la CONABIO, en una red social de ciencia ciudadana donde es posible aprender sobre plantas, hongos y animales de México y contribuir al conocimiento científico de la naturaleza mediante la colecta de información sobre la biodiversidad del país.



Finalizamos la práctica en la Laguna de Bacalar, donde los chicos reconocen la importancia de los estromatolitos, formaciones de microorganismos captadores de carbono, evidencia más antigua de vida en la Tierra, que hoy se encuentra vulnerable y amenazada por la actividad humana que puede modificar las condiciones en las que han sobrevivido millones de años.

Otra forma en la que incentivamos que los estudiantes construyan una conciencia de cuidado de los recursos naturales, es el proyecto de Vinculación social “Ecotecnias”, cuyo propósito es que los estudiantes lleven a la práctica los conocimientos del aula en la realización de proyectos autogestivos. Al igual que las prácticas de campo, se realiza de forma interdisciplinaria, fomentando así la integración de los conocimientos de distintas asignaturas.

Los participantes del proyecto son estudiantes de los primeros dos años de bachillerato, los cuales trabajan en grupo y cada uno propone un proyecto que realizar a lo largo del ciclo escolar, con esto se promueve el aprendizaje colaborativo y se fomenta en los alumnos la creatividad y las habilidades necesarias para la resolución de problemas.

El trabajo de los estudiantes se complementa con diversas actividades en las que se familiarizan con las ecotecnologías, como una solución tecnológica que procura el cuidado y uso responsable de los recursos, esto permite generar en los estudiantes una conciencia ambiental, desarrollar habilidades e impulsar acciones sostenibles, además adquieren un compromiso social, porque todos los proyectos se realizan con el fin de que sean para el bien común, de esta manera se desarrollan actitudes y valores para construir una responsabilidad social.

Nuestro compromiso como institución educativa es integrar dentro y fuera del currículum temas y prácticas ambientales, con esto podemos lograr que nuestros estudiantes se conviertan en agentes de cambio, en los futuros ciudadanos comprometidos, convencidos y responsables que vivan cotidiana y naturalmente con prácticas y acciones sostenibles.

Palabras clave: educación ambiental, sostenible, práctica de campo, ecotecnología.

14

María de Jesús Ramírez Dimas, Q.F.I., Hortencia Dávalos-Valle, M. en C., Adela Astudillo-Vázquez, Dra. en C.

***Vitex mollis* (Nanche de perro), agente terapéutico tradicional en dos poblaciones del estado de Guerrero, México.**

Departamento de Biofísica. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional. Prolongación de Carpio y Plan de Ayala s/n. Col. Casco de Santo Tomás, Del. Miguel Hidalgo, C. P. 11340, Ciudad de México, México. adela_av@yahoo.com.mx

Este trabajo fue financiado parcialmente por el proyecto clave SIP IPN 20181225, del Instituto Politécnico Nacional. A. Astudillo-Vázquez es becaria COFAA y EDD, del Instituto Politécnico Nacional.

Introducción

Vitex mollis pertenece a la familia de las verbenáceas y recibe los nombres comunes de “Nanche de perro”, “Coyotomate”, “Huilote” y otros (Argueta, 1994; Soto y Souza, 1995; Martínez, 1996). Es un árbol de hasta 10 m de altura, de tronco derecho con ramas ascendentes, con hojas de aproximadamente 12 cm de largo, compuestas por tres hojuelas oblongadas, largamente pecioladas, largo pedúnculo y vellosas; corola blanco rosada, fruto globoso de 1 cm de diámetro, color negro azulado, produce una mancha indeleble, las flores crecen en racimos y son de color azul-blanco o lila-blanco con un mechón (Pennington y Sarukhan, 1998). Esta especie es de origen desconocido y habita en clima cálido y semicálido, crece a las orillas de los arroyos y riachuelos asociados con bosques tropicales, caducifolios, terreno perturbado y bosque de encino. En México se encuentra localizado en Baja California, Chihuahua, Morelos, Oaxaca, Sinaloa, Colima, Durango, Jalisco, Guerrero, Michoacán y Sonora (Argueta, 1994).

Aguilar *et al.* (1994) mencionan a *Vitex mollis* para “limpiar el estómago” y en baños postparto. También popularmente se recomienda como antidisentérico, antiinflamatorio, catártico, antidiarreico, expectorante, regulador del dolor en la menstruación y otros usos (Argueta, 1994).

En el medio rural mexicano el empleo de plantas medicinales es generalizado ante la falta de cobertura total de los servicios sociales de salud y la imposibilidad de acudir a la medicina privada. Las plantas medicinales son una alternativa para conservar o restablecer la salud, por ello es de gran importancia la recuperación de información sobre el empleo de estos recursos naturales, con el fin de comprobar su efectividad como agentes terapéuticos. En el Estado de Guerrero, en particular en las poblaciones de Teloloapan (Municipio de Teloloapan) y Montegrando (Municipio de Coyuca de Catalán), en información preliminar algunos habitantes señalaron que emplean a *Vitex mollis* en trastornos diarreicos; sin embargo no se detectaron estudios etnobotánicos en esos lugares.

Objetivos

Los objetivos del trabajo fueron: 1) Realizar una breve exploración etnobotánica de *Vitex mollis* Kunth, en Teloloapan y Montegrando, localidades del estado de Guerrero, México; y 2) Determinar el efecto de los extractos acuoso y etanólico de *Vitex mollis* Kunth, sobre la motilidad gastrointestinal, en ratón.

Hipótesis de trabajo

-Acudiendo al grupo de la población donde *Vitex mollis* sea empleada, será posible establecer los usos, dosificación, forma de administración, etc., de esta especie vegetal.

-Si *Vitex mollis* es utilizada para trastornos diarreicos, entonces es posible que sus extractos totales disminuyan el avance del contenido gastrointestinal en ratón.

Metodología

Identificación taxonómica de *Vitex mollis* Kunth

La identificación taxonómica de la especie vegetal estudiada la efectuó el Biólogo Alfredo Patiño Siciliano, del Departamento de Botánica, de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional.

Exploración etnobotánica

La metodología para la exploración etnobotánica incluyó dos etapas: a) La consulta a fuentes etnobotánicas históricas y actuales y b) Trabajo de campo en Teloloapan y Montegrande, en el Estado de Guerrero, México.

Trabajo de campo

El trabajo de campo de la exploración etnobotánica se realizó a través de una encuesta a una muestra poblacional de acuerdo a la metodología de Harris (1979), Hernández-Xolocotzi (1979) y Heinrich (2000), en las poblaciones de Teloloapan (155 cuestionarios) y Montegrande (63 cuestionarios), del Estado de Guerrero. Se solicitó información sobre lugares donde crece el árbol, empleo actual, parte(s) usada(s) de la especie vegetal, formas de preparación, vías de administración, etc.

Experimentación farmacológica

La colecta de las hojas de *Vitex mollis*, se realizó en Teloloapan, Gro., una vez seco el material vegetal, se trituró en un molino manual y se empaquetó en cartuchos de papel filtro.

Obtención del extracto acuoso

Se procedió a efectuar la operación en equipos extractores Soxhlet, empleando agua destilada como líquido extractor. Una vez obtenido el extracto, se eliminó el disolvente bajo presión reducida, utilizando un evaporador rotatorio. Finalmente, el extracto se mantuvo en aireación continua hasta sequedad. Se procedió de esta manera hasta obtener la cantidad necesaria de extracto para la realización de las pruebas sobre motilidad gastrointestinal.

Obtención de extracto etanólico

Este extracto se obtuvo por el método de maceración, que consistió en sumergir el material vegetal, seco y molido, en etanol a temperatura ambiente; se esperó el establecimiento del equilibrio, agitando periódicamente. Posteriormente se retiró el etanol con las sustancias extraídas, y se adicionó a la muestra disolvente nuevo para la siguiente extracción, nuevamente se esperó el equilibrio. Este proceso se repitió hasta observar que el líquido sobrenadante fuera casi incoloro. Se eliminó todo el

disolvente empleando un rotaevaporador y finalmente bajo corriente de aireación continua. Se reunió la cantidad suficiente para la experimentación farmacológica.

Experimentación sobre motilidad gastrointestinal, con el extracto acuoso

Los animales fueron tratados de acuerdo con las recomendaciones nacionales e internacionales (Olfert *et al.*, 1993; SS, 1999; Lomelí, 2002), rutinariamente usadas en nuestro laboratorio.

Se efectuaron las pruebas del efecto de ambos extractos sobre la motilidad gastrointestinal, en ratón, empleando el modelo de carbón activado como marcador.

Se emplearon ratones albinos, hembras (18-20g de peso), se mantuvieron en ayuno durante 24 horas proporcionándoles agua. Posteriormente, se formaron cinco grupos con 10 ratones cada uno y se les administró por vía oral, el siguiente tratamiento: Grupo testigo negativo: Solución salina isotónica; grupo testigo positivo: loperamida; grupos de prueba: extracto acuoso de *Vitex mollis* Kunth a las dosis de 3, 30 y 300 mg/kg. Transcurridos 30 min, a todos los grupos se les administró, por vía oral, una suspensión de carbón activado y acacia. Después de 30 min, los animales se sacrificaron, se procedió a la disección de la cavidad abdominal y se extrajo la porción de los intestinos; se midió el largo total del intestino (LTI) y la distancia del avance del carbón activado administrado (ACA). Se calculó el porcentaje de avance del marcador (%AM). Los resultados se analizaron estadísticamente mediante una prueba ANOVA seguida por la prueba de *Dunnett*.

Experimentación sobre motilidad gastrointestinal, con el extracto etanólico.

Se siguió un procedimiento similar al señalado para el extracto acuoso.

Resultados y discusión

Revisión de fuentes etnobotánicas

México es un país con profundas raíces en el conocimiento de su flora medicinal. Para este trabajo se revisaron fuentes históricas como facsímiles de códices y libros de herbolaria medicinal. También se consultaron fuentes etnobotánicas actuales como revistas especializadas y bancos de información computarizada.

Dentro de las obras históricas revisadas figuran: el facsímil del Códice De la Cruz-Badiano (*Libellus de Medicinalibus Indorum Herbis*), la Historia General de las Cosas de la Nueva España (Fray Bernardino de Sahagún), la obra de Francisco Hernández y la de Maximino Martínez.

A *Vitex mollis* se le atribuye efecto sobre la disentería, actividad como antiinflamatorio, analgésico, catártico. Maximino Martínez la señala con acción antidiarreica, expectorante, regulador en la menstruación, contra el piquete de alacrán.

Argueta (1994) la cita como antidiarreico (en el Estado de Nayarit).

Trabajo de campo

Ante la necesidad de mayor información etnobotánica y siendo la vía oral el mecanismo ancestral generalizado de transmisión del conocimiento sobre la flora medicinal mexicana, se decidió abordar estos aspectos de recuperación de información realizando trabajo de campo al respecto. Se seleccionaron dos

poblaciones del Estado de Guerrero, Teloloapan y Montegrando, pues algunos lugareños indicaron en forma preliminar, que la empleaban como antidiarreico, y también porque se observó la abundancia del árbol estudiado, en esas localidades. La importancia de esta exploración etnobotánica radica en que permitió detectar los usos, forma de preparación, dosificación, forma de administración, a partir de la población que emplea directamente la especie vegetal en estudio. Esto cobra relevancia en tanto, la forma de transmisión de estos conocimientos ha sido la oral de generación en generación y en esta época ese conocimiento está diluyéndose y perdiéndose.

La metodología que se siguió para el trabajo de campo se apoyó en los planteamientos de Hernández-Xolocotzi (1979), investigador mexicano de reconocida trayectoria en etnobotánica; de Harris (1979), antropólogo social que estableció el concepto de “informante privilegiado”; de Heinrich (2000), reconocido investigador actual en etnobotánica.

Se señala que para la recuperación de información es necesario acudir a la población que conoce y consume la especie vegetal a estudiar, Harris (1979) marca que el grupo que debe entrevistarse es aquel que posee la información deseada (“informantes privilegiados”).

El trabajo de campo, fue realizado en las poblaciones de Teloloapan (Municipio de Teloloapan) y Montegrando, (Municipio de Coyuca de Catalán), Estado de Guerrero. Se aplicaron 155 y 63 cuestionarios respectivamente, entre usuarios, curanderos, informantes (personas que conocen la planta pero no la utilizan), vendedores (“hierberos”) y personas que no conocen la planta.

La muestra poblacional en Teloloapan fue determinada por los planteamientos de Harris y en Montegrando, la encuesta prácticamente se aplicó a toda la población de ese lugar, ya que existe ahí un alto porcentaje de personas que emigran temporalmente en busca de trabajo, principalmente a las regiones del norte de la República Mexicana o a Estados Unidos de Norte América. De hecho, durante la realización del trabajo de campo se observó que Montegrando se caracteriza por una población principalmente de mujeres, ancianos y niños.

Los resultados etnobotánicos mostraron que *Vitex mollis* se conoce en la región de estudio como “Nanche de perro”, también como “Coyotomate” y “Atato”

En Teloloapan, se observa claramente que *Vitex mollis* es empleada por la mayoría (88%) de los entrevistados. Y en Montegrando el 93.7% de la población entrevistada fue de usuarios.

En cuanto a los usos de *Vitex mollis* por los lugareños de Teloloapan y Montegrando, los resultados indican que se emplea comúnmente en té, en Teloloapan se usa principalmente en padecimientos gastrointestinales, en particular en diarreas, y es poco frecuente su uso para la tos, en Montegrando se usa en padecimientos de las vías respiratorias, principalmente para la tos, asma, resfriado, y con menor frecuencia en padecimientos gastrointestinales entre los cuales figura la diarrea.

Prueba farmacológica

Los padecimientos gastrointestinales continúan ocupando lugares prioritarios en los aspectos de morbilidad y mortalidad en México, en particular merecen atención

especial las enfermedades diarreicas. Un cuadro diarreico se caracteriza por presencia excesiva de fluidos en el interior del intestino, incremento en la motilidad intestinal, pérdida en abundancia de electrolitos y sales, lo que puede llevar a cuadros de deshidratación desde ligeros hasta mortales. Las causas de las diarreas son múltiples, entre ellas figuran: disfunciones metabólicas, procesos infecciosos, estrés, nerviosismo, inflamaciones del tracto gastrointestinal, etc., pero sea cual fuera la causa, tienen en común el aumento en los movimientos peristálticos del intestino. En la prueba farmacológica correspondiente al extracto acuoso, se evidenció un comportamiento diferente entre los animales del grupo control y los tratados con loperamida, y se encontró comportamiento similar entre los grupos a los que se administró el extracto y los del grupo control positivo (loperamida); esto se confirmó a través del tratamiento estadístico realizado. Estos resultados indican que el extracto acuoso de *Vitex mollis* disminuyó el avance del marcador en el tracto gastrointestinal. Con el extracto etanólico se obtuvieron resultados similares, en lo general. Es decir, a pesar de tratarse de extractos de composición diferente, ambos contienen compuestos activos que disminuyen la motilidad intestinal. Los resultados farmacológicos muestran que *Vitex mollis* contiene sustancias que retardan el avance del contenido gastrointestinal, lo que propiciaría una mayor absorción de electrolitos y fluidos intestinales, y por lo tanto puede ser útil en el tratamiento de cuadros diarreicos, como lo señala el conocimiento empírico popular que se detectó en el trabajo de campo realizado. Los resultados obtenidos ubican a *Vitex mollis* como potencialmente útil en diarreas, pues la reducción de la motilidad intestinal es uno de los mecanismos por los que actúan muchos agentes antidiarreicos.

Conclusión

Se concluye que *Vitex mollis* Kunth es una planta medicinal de uso vigente en la región de estudio y los resultados farmacológicos indicaron que los extractos acuoso y etanólico de *Vitex mollis* retardan el avance del contenido gastrointestinal en ratón, lo que contribuye a explicar su empleo como antidiarreico.

Bibliografía

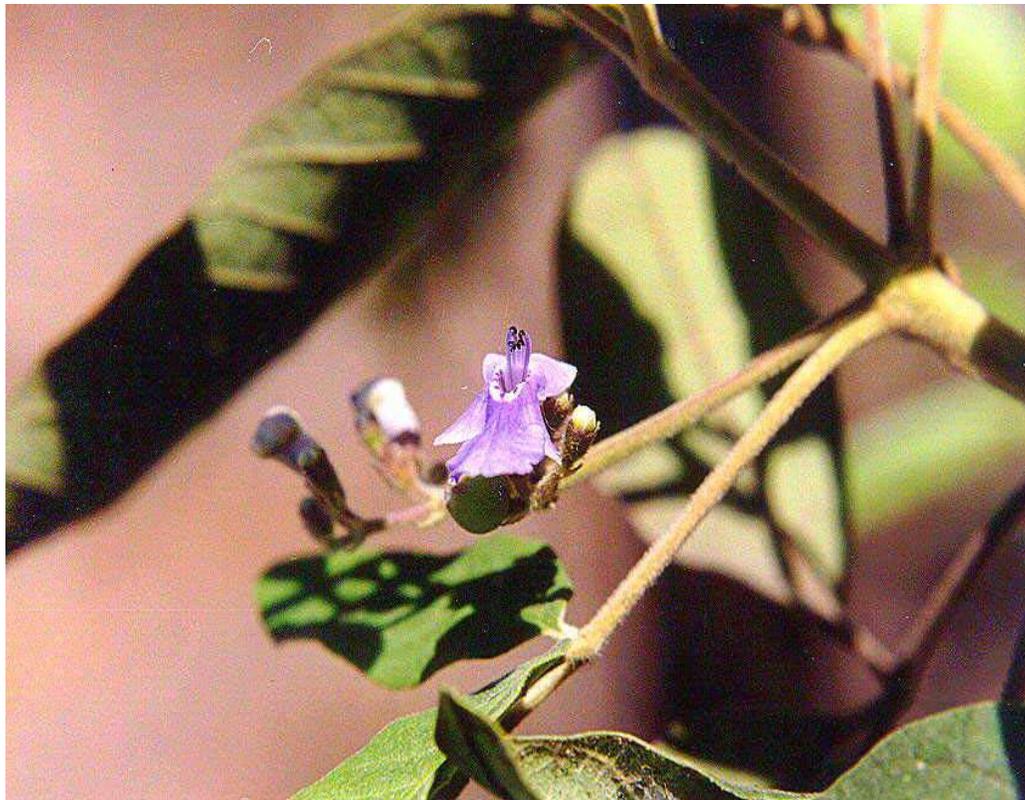
- Aguiar A, Camacho J, Chino S, Jáquez P, López M. 1994. Herbario medicinal del Instituto Mexicano del Seguro Social. Instituto Mexicano del Seguro Social. México.
- Argueta VA (Coordinador). 1994. Atlas de las plantas de la medicina tradicional mexicana. Instituto Nacional Indigenista. México. México. p 178.
- Harris M. 1979. El desarrollo de la teoría antropológica. Siglo XXI. México.
- Heinrich M. 2000. Ethnobotany and its role in drug development, *Phytotherapy Research* 14:479-488.
- Hernández-Xolocotzi E. 1979. El concepto de etnobotánica. En: Barrera A. (editor). La etnobotánica: tres puntos de vista y una perspectiva. Instituto de Investigaciones sobre Recursos Bióticos A. C. Xalapa, Ver. México.
- Lomelí, C. (ed.). 2002. Guía para el cuidado y uso de los animales de laboratorio. Institute of Laboratory Animal Resources Council, Commission on Life Sciences, National Research Council. México: Academia Nacional de Medicina. pp. 25-55.

- Martínez M. 1996. Las plantas medicinales de México. 7^a. Reimpresión. Ed. Botas. México.
- Olfert, E. D., Cross, B. M., McWilliam, A. A. (eds.). 1993. Guide to the care and use of experimental animals. Vol 1, Ontario, Canada: Canadian Council on Animal Care. 211 p.
- Pennington TD, Sarukhan J. 1998. Árboles tropicales de México. 2^a. Ed. UNAM-FES. México.
- Soto JC, Souza M. 1995. Plantas medicinales de la Cuenca del Río Balsas. Cuaderno 25. Instituto de Biología. UNAM. México.
- SS, Secretaría de Salud. 1999. Norma Oficial Mexicana. Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio (NOM-062-ZOO-1999). México: *Diario Oficial de la Federación*.
- Tanira BH, Bashir K, Wasfi IA, Chandranath I. 1996. Evaluation of relaxant activity of some United Arab Emirates plants on intestinal smooth muscle. *J. Pharmacology* **48**:545-550.
- Williamson E, Okpako D, Evans F. 1996. Selection, preparation and pharmacological evaluation of plant material. John Wiley & Sons Ltd. Buffins Lanc. Chichester. England. Pp15-25, 26-47.

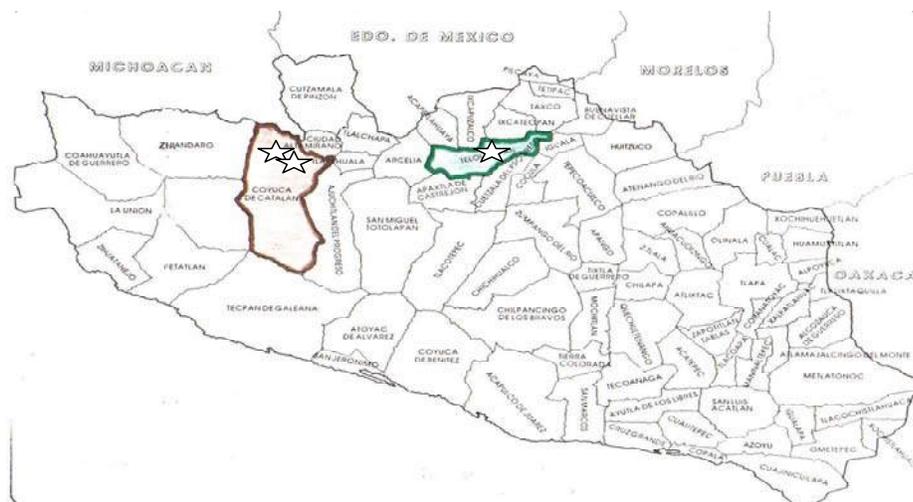
Palabras clave: *Vitex mollis*; Nanche de perro; Antidiarreico, Etnobotánica; Medicina Tradicional Mexicana.



***Vitex Mollis* Kunth, en hábitat natural**



Inflorescencia de *Vitex Mollis* Kunth



- ★ Teloloapan (Municipio de Teloloapan)
- ★★★ Montegrande (Municipio de Coyuca de Catalán)

Estado de Guerrero, México

15

VALOR NUTRIMENTAL DE *Pleurotus smithii* (AGARICALES: PLEUROTALES), UNA ESPECIE SILVESTRE CON POTENCIAL PRODUCTIVO

¹José Guadalupe Martínez M., ²Akbal Vidal W., ¹Maria Sol Robledo y M. e ¹Higinio Francisco Arias V.

¹Centro de Investigación en Agricultura Orgánica CIAO. Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carretera México-Texcoco. Chapingo, Estado de México. C.P. 56230. Tel. (595)9521500. ac12909@chapingo.mx

²Ingeniería en Biotecnología, Universidad Politécnica del Centro, Carretera federal Villahermosa-Teapa. Km. 22.5, Tumbulushal, Centro, Villahermosa, Tabasco, CP: 86290 Tel: (993) 3 12 89 93. akbal.vidal@gmail.com

RESUMEN

El consumo de proteína de origen microbiano es muy antiguo y conocido en todos los continentes. Pero, no es hasta principios del siglo XX que se convierte en una opción biotecnológica para el manejo y aprovechamiento de grandes cantidades de desechos orgánicos de origen agroindustrial y agrícola. En consecuencia, en la actualidad se ha convertido en una alternativa para convertir residuos en alimentos. Por otro lado las especies silvestres son un recurso genético poco explorados, *Pleurotus smithii* es una especie comestible citada por primera vez en 1980 por Gastón Guzmán, muy apreciado como hongo de recolecta en el valle de México. Para este trabajo se recolectaron esporoforos de *P. smithii* producido de forma natural sobre arboles de Álamo (*Populus* sp.), estos se deshidrataron en horno de convección para producir harina de este hongo para posteriormente determinar el contenido de nutrientes según la metodología de Sosa de 1979. Además se estima el valor nutricional de *P. ostreatus*, *P. eryngii* y *P. djamur* de variedades comerciales como comparativo con la especie de estudio. *P. smithii* presenta con un bajo contenido de proteína cruda 9.625 ± 0.233 %, bajo nivel de fibra 7.082 ± 0.010 % y alto nivel de carbohidratos 65.688 ± 0.507 %. Este hongo forma cuerpos fructíferos de consistencia suave y de buen sabor, con poca fibra, aunque el valor de proteína es bajo en comparación con otros hongos del mismo género y presentando bajo contenido de megacalorías 417.626 ± 0.190 Mcal/kg. México presenta un gran riqueza en biodiversidad y el estudio de estos recursos abre el panorama en el uso de estos recursos y *P. smithii* como hongo silvestre presenta potencial para la producción de hongos en México.

Palabras clave: Potencial nutricional, Recurso genético, producción.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de hongos comestibles es una actividad productiva que se ha desarrollado ampliamente en diversas partes del mundo, especialmente en Europa y Asia (Wang, 1987; Boa, 2004). Las especies más cultivadas mundialmente son *Agaricusbisporus* (J.E. Lange) Imbach, *Lentinulaedodes* (Berk.) Pegler y *Pleurotus* spp., que representan aproximadamente el 75% del volumen que se comercializa (Chang & Miles, 2004). En los últimos años la demanda de hongos comestibles en el mercado de alimentos se ha incrementado (Boa, 2004), dado que constituyen alimentos saludables, bajos en calorías y ricos en proteínas, vitaminas, hierro, zinc, selenio, sodio, quitina, fibras y minerales (Chang & Miles, 2004). El aprovechamiento de especies de hongos silvestres se relacionan a su estacionalidad y a las dificultades de recolección y frecuencia de hallazgo, por lo que la domesticación y la producción de hongos silvestres representa ventajas importantes para estabilización de la producción a lo largo de todo el año (Toledo, *et al.*, 2014).

El cultivo intensivo de nuevas especies de hongos comestibles requiere de la obtención de cepas, de la determinación de la temperatura óptima de crecimiento en cultivo, de la velocidad de crecimiento vegetativo y de la calidad del micelio, como parámetros iniciales y necesarios (Gaitán-Hernández & Báez-Rodríguez, 2008; Bran *et al.*, 2009; Suárez & Holguín, 2011; León-Avendaño *et al.*, 2013).

Es sumamente necesario seleccionar el grano más adecuado para producir inóculo primario en cada caso. El mejor medio o grano será aquel que es colonizado en menor tiempo, favoreciendo el acortamiento de los ciclos de producción de basidiomas y la reducción de incidencia de contaminantes (Albertó, 2008).

México es uno de los países megadiversos del mundo y su riqueza en hongos macromicetos es excepcional considerando al menos 200 000 especies de las cuales se conoce alrededor de un 4 % según (Guzmán, 2008). México es considerado como el segundo reservorio de hongos comestibles en mundo con alrededor de 450 especies conocidas, esto solo por debajo de China donde se registran al redor de 600 especies. En lo que concierne hongos domesticados somos considerados el mayor productor en América Latina con el 60 % de la producción. Contradictoriamente cultivan son especies y/o géneros como: *Pleurotus*spp., *Agaricusbisporus*, *Lentinulaedodes*, que son de origen y/o patentes extranjeras, de allí la necesidad de fortalecer las políticas nacionales en la protección del germoplasma nacional, aumentando la investigación y generando procesos de domesticación de especies silvestres con potencial al nutritivo y económico. Los hongos comestibles silvestres son considerados un recurso forestal no maderable ya que contribuyen a la conservación de bosques, y forman parte de la estructura y funcionamiento de los mismos, estando entonces vinculados a la prestación de servicios forestales, tales como: recreación, captura de agua y carbono, conservación de la biodiversidad y ecoturismo (Pilz y Molina, 2002).

El genero *Pleurotus* es el más cultivado en México. Aunque existe el interés de producir setas *Pleurotus*spp. en casi todos los países de América Latina, los esfuerzos no son suficientes para que se registren en las estadísticas nacionales. Países como Guatemala, Colombia y Argentina han desarrollado iniciativas que podrían consolidarse en los años venideros, pero por el momento, la producción global de América Latina es pequeña y difícil de evaluar.

El género *Pleurotus* está constituido por diversas especies comestibles que son cultivadas experimental y comercialmente en diferentes regiones del mundo. La definición taxonómica de las especies y la validez de los nombres asignados es un tema muy discutido, que se ha abordado morfológica, genética y molecularmente, sin que se hayan logrado aún conclusiones completamente consensuadas. De las aproximadamente 50 especies válidas taxonómicamente

para el género, al menos 12 han sido cultivadas, entre las que *P. ostreatus*, *P. pulmonarius*, *P. eryngii* y *P. djamor* son las de mayor importancia comercial. Las especies de *Pleurotus* presentan un patrón genético heterotálico tetrapolar, con alelos múltiples, que permiten gran variabilidad fenotípica y genotípica entre las poblaciones de diferentes regiones geográficas, por lo que el uso de diversos métodos de apareamiento, tanto genéticos, bioquímicos y moleculares, han impulsado la obtención de nuevas cepas con características de interés biotecnológico, así como la experimentación de diversas técnicas de conservación para lograr un adecuado mantenimiento del material genético in situ. (Sánchez y Royse, 2017).

Para *Pleurotus smithii* se encuentra muy limitada la información y solo se muestran registros como fue la primera descripción hecha por Guzmán (1975), de México; posteriormente Zervakiset al. (2004) extendieron su distribución en Latinoamérica y Stajicet al. (2003) la registraron de Israel.

Se presenta su clasificación taxonómica Tabla 1.

TABLA 1. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	
REINO	Fungi
FILO	Basidiomycota
CLASE	Agaricomycetes
ORDEN	Agaricales
FAMILIA	Pleurotaceae
GÉNERO	<i>Pleurotus</i>
NOMBRE CIENTÍFICO	<i>Pleurotus smithii</i> Guzmán 1975

Catalogue ofLife: 31st July 2018

OBJETIVOS

- Colectar, Aislar y Calcular por medios químicos el contenido nutrientes contenidos en *Pleurotus smithii* y comparar su contenido de nutrientes con especies y variedades comerciales.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar muestreos en los alrededores del Valle de México para colectar basidiomas de *Pleurotus smithii*.
- Elaborar harina a partir de los basidiomas colectados.
- Realizar la estimación química del contenido de nutrientes *Pleurotus smithii*.
- Realizar aislamiento vegetativo y sexual de este hongo, para su resguardo en el cepario del laboratorio de Histología y Citología de Preparatoria Agrícola, UACH.

MATERIALES Y METODO

Material biológico:

Se utilizó una cepa de *Pleurotus smithii* colectada y aislada de basidiomas que se encontraron creciendo sobre Álamos blancos (*Populus* sp.) en Texcoco, Edo. de México.

Al mismo tiempo se usaron 3 cepas de variedades comerciales: *Pleurotus ostretus*, *Pleurotus dejamury* *Pleurotus eryngii* proporcionadas por el Laboratorio de Histología y citología General de Preparatoria Agrícola en la Universidad Autónoma Chapingo.

Selección de basidiomas para la estimación del valor nutricional

De las cepas comerciales se procedió a producir el inóculo y la fructificación de la siguiente manera:

Medios de cultivo:

Para el desarrollo del micelio de los hongos en el laboratorio, se emplean medios de cultivo sólidos que le proporcionan al hongo los nutrimentos necesarios para su desarrollo. El medio de cultivo usado en el aislamiento y multiplicación del micelio para cada cepa Tabla 2.

Tabla 2. Medio cultivo	
Extracto de malta	20 g/l
Polipeptona de caseína	2 g/l
Extracto de levadura	2 g/l
Salvado de trigo	20 g/l
Agar bacteriológico	20 g/l

Preparación del inóculo:

La preparación de inóculo o semilla constituye la base para el cultivo y se refiere a la propagación o desarrollo masivo del hongo en granos, principalmente sorgo o trigo, para este trabajo se utilizó grano de sorgo (*Sorgumvulgare*L.).

El inóculo primario es la propagación del micelio en semillas a partir micelio desarrollado en medio de cultivo. El inóculo secundario es la propagación del micelio en semillas a partir del inóculo primario, es decir, es la multiplicación del micelio para disponer de una mayor cantidad para su siembra en el sustrato elegido para la producción de hongos.

La preparación consiste en utilizar semilla previamente limpia, lavada e hidratada por inmersión en agua por 12 hrs. Transcurrido el tiempo de hidratación, los granos se enjuagaron y se escurrieron eliminando el exceso de agua con la ayuda de un cernidor y posteriormente se dejó reposar sobre papel de estraza y a su vez espolvoreando 10 g. de cal (CaO) por Kg. de grano seco, hasta que al momento de tomar una porción de este con la mano el grano haya perdido toda la humedad superficial.

Se colocó 300 g de grano hidratado en bolsas de polipapel de 20 x 30 mm. y después se esterizaron en olla de presión a 1.1 kg de presión por cm² o lo que es aproximadamente 16 lb de presión por in² a resultando en 121 ° C durante 90 min, esto para asegurar una correcta esterilización del grano así como asegurar la muerte del embrión de este y evitar su germinación durante la incubación del hongo. Las bolsas con grano esterilizado se dejaron enfriar en un área aislada y limpia. El inóculo se elaboró a partir del micelio desarrollado en medio de cultivo, éste se cortó con bisturí flameado, en fragmentos de aproximadamente 1 cm y con una aguja de disección se tomaron 6 de éstos y se coloca sobre la semilla, se le deja un poco de aire a la bolsa y se pega con cinta adhesiva (todo esto en condiciones de asepsia), se incubó a temperatura ambiente en total obscuridad hasta que el micelio cubrió totalmente la semilla.

El inóculo secundario se realizó vaciando 100g de inóculo primario a nuevas bolsas con semilla estéril de 900g para hacer bolsas de 1 kg, se agitó homogéneamente y se incubó en las mismas condiciones mencionadas para el inóculo primario.

Preparación de sustrato:

Los hongos saprobios como *Pleurotus*, toman los nutrientes necesarios para su alimentación de los materiales sobre los que crecen. Tienen la capacidad de degradar celulosa y lignina presente en diversos esquilmos agrícolas (pajas, rastrojos), desechos agroindustriales (bagazos de caña de azúcar, maguey tequilero, henequén, pulpa de café), y/o forestales (aserrín y viruta de diversas maderas). Para este trabajo se utilizó olote de maíz (*ZaemaysL.*).

Se procede a trocear los olotes con un molino de martillos marca Azteca dejando estos con un tamaño de 1-2 cm. El sustrato se humedece por sumersión en una solución de cal común (CaO) al 0.067 % , dejándolo reposar por 48 h. Trascurrido este tiempo se drenó y se dejó escurrir hasta que la humedad superficial se eliminó.

Cuando el sustrato se halla quedado solo con la humedad interna este se empaqueta en bolsas de polipapel de 3 kg de peso húmedo. El sustrato se pasteuriza por 3 h a 90° C en calor húmedo en tambo de metal de 200 l.

Inoculación:

Para la inoculación se utilizó micelio previamente elaborado. Se intercalaron manualmente capas alternas de sustrato (olote) y semilla invadida de micelio, tratando de que la mezcla sea uniforme y evitando dejar áreas sin cubrir de semilla. Aproximadamente 10% de peso de micelio con respecto al peso húmedo de la bolsa de sustrato húmedo.

Incubación:

Las bolsas ya inoculadas se incubaron en total oscuridad hasta la invasión total del micelio sobre el sustrato.

Fructificación:

Ya que en micelio de las bolsas hallan invadido en su totalidad el sustrato, estas se perforan con aguja de disección y se pasan al Invernadero de Especies Tropicales de la UACH, donde se distribuyeron entre las plantas de la sala de Briophytas. Donde se mantendrán hasta la cosecha de los Basidioforos.

Material para el análisis proximal:

Se elaboró harina con los basidiomas cultivados de las cepas comerciales pero, para *Pleurotus smithi* se usó harina elaborada con los esporomas silvestres.

Determinación de los siguientes parámetros (Sosa, 1979):

- Determinación de humedad (Harris, 1970). Cantidad de agua presente en la muestra y por consiguiente la cantidad de materia seca que contiene.
- Determinación de estrato etéreo (EE), (A.O.A.C., 1975). Comprende a los lípidos presentes así como moléculas solubles en compuestos orgánicos poco polares como vitaminas liposolubles y cloroplastos para el caso de plantas.
- Fibra cruda (FC). Comprende la parte de carbohidratos estructurales como quitina, celulosa, hemicelulosa y lignina principalmente para el caso de plantas.
- Proteína cruda (PC) (Harris, 1970). Comprende un cálculo de proteína cruda con factor 6.25 por el contenido de nitrógeno obtenido por método Kjeldahl.
- Cenizas. Comprende la parte inorgánica del alimento.

- Extracto libre de nitrógeno (ELN). Es la parte del análisis que expresa de manera indirecta el contenido de carbohidratos solubles.

Aislamiento de *Pleurotus smithii*

Dado que la fructificación de *Pleurotus smithii* se localizó hasta mayo del 2018, no se realizó más que el aislamiento y su resguardo. El aislamiento se realizó por dos vías, la primera fue vegetativo.

Aislamiento vegetativo:

- 1) Se seleccionó una porción de estípote.
- 2) Desinfección con hipoclorito de sodio al 0.5 % por frotación
- 3) Seguido de limpieza por frotación con peróxido de hidrogeno al 3%
- 4) Se prepararon 10 repeticiones del cultivo.
- 5) Finalmente el aislamiento puro se resguardo en tubo inclinado para introducirlo al cepario.

Aislamiento sexual:

- 1) Se recolecto la tercera esporada tomada en hojas de papel esterilizadas por calor seco.
- 2) Se tomo una porción del papel de 1cm²
- 3) Se coloco esta porción de papel con esporas en 1 litro de agua destilada con 2 gotas de twin.
- 4) Se colocó un alícuota de 0.5 ml de solución de esporas por caja de Petri.
- 5) De las cajas se purificó el micelio por resiembra
- 6) Una vez el cultivo estuvo puro de resguardo en tubo inclinado para introducirlo en el cepario.

RESULTADOS

Se reporta la presencia de *Pleurotus smithii* creciendo sobre arboles del género *Populus*sp. en Texcoco Edo. de México (figura 1).



Figura 1. Basidioma de *Pleurotus smithii*, creciendo sobre Álamo blanco (*Populus*sp.)

En la figura 2 se muestran los basidiomas de *Pleurotus ostreatus* producidos de manera orgánica en el Invernadero de Especies Tropicales de la UACH.



Figura 2. Basidioma de *Pleurotus ostreatus*, cultivado sobre olote de maíz.

En la figura 3 se muestran los basidiomas de *Pleurotus djamur* producidos de manera orgánica en el Invernadero de Especies Tropicales de la UACH.



Figura2. Basidioma de *Pleurotusdejamur*, cultivado sobre olote de

En la figura 4 se muestran los basidiomas de *Pleurotus eryngii* producidos de manera orgánica en el Invernadero de Especies Tropicales de la UACH



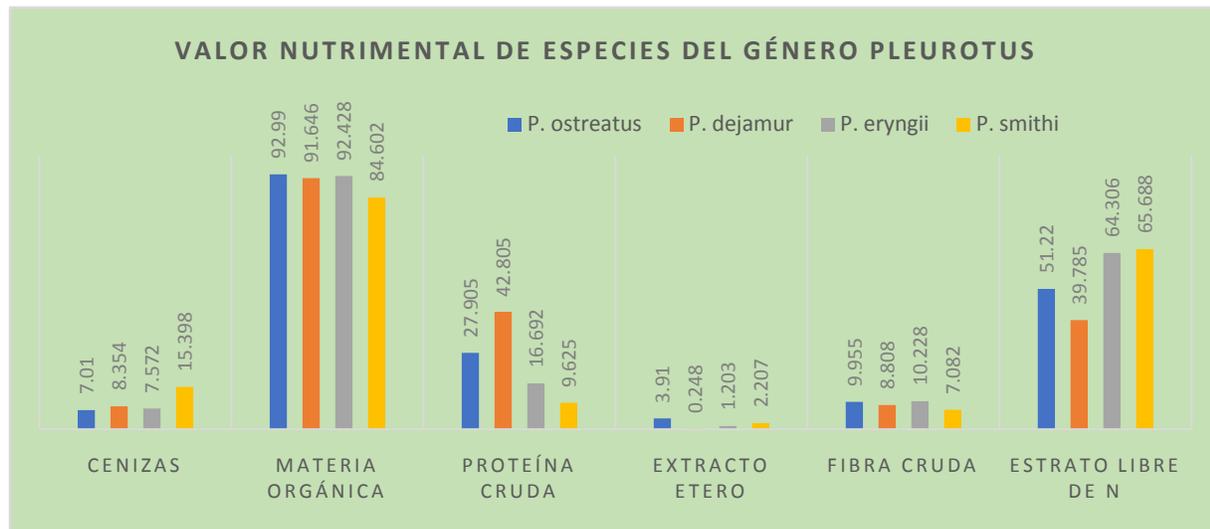
Figura2. Basidioma de *Pleurotus eryngii*, cultivado sobre olote de maíz.

En la tabla 3. se muestra la relación de nutrientes estimados por medios químicos de *Pleurotus smithii* y tres especies comerciales del mismo género.

TABLA 3. CONTENIDO DE NUTRIENTES EN ESPECIES DEL GÉNERO <i>Pleurotus</i>				
ESPECIE	<i>P. ostreatus</i>	<i>P. dejamur</i>	<i>P. eryngii</i>	<i>P. smithii</i>
+ HUMEDAD	9.715±0.025 D	17.109±0.127 A	11.429±0.156 C	15.1811±0.099 B
+ MATERIA SECA	90.285±0.025 A	82.891±0.127 D	88.571±0.156 B	84.819±0.099 C
*CENIZAS	7.010±0.113 C	8.354±0.026 B	7.572±0.025 BC	15.398±0.415 A
*MATERIA ORGÁNICA	92.990±0.113 A	91.646±0.026 B	92.428±0.025 AB	84.602±0.415 C
*PROTEÍNA CRUDA	27.905±0.460 B	42.805±0.555 A	16.692±0.202 C	9.625±0.233 D
*EXTRACTO ETERO	3.910±0.0849 A	0.248±0.038 D	1.203±0.006 C	2.207±0.424 B
*FIBRA CRUDA	9.955±0.078 A	8.808±0.011 B	10.228±0.213 A	7.082±0.010 C
*ESTRATO LIBRE DE N	51.220±0.184 B	39.785±0.481 C	64.306±0.020 A	65.688±0.507 A
*EB (Mcal/kg de MS)	483.335±0.593 A	474.707±0.496 B	456.757±0.113 C	417.626±0.190 D

+ Datos obtenidos de harina secada en horno de convección y puesta a medio ambiente.
 * Datos reportados en % de la materia seca.
 En las filas las medias que no comparten una letra son significativamente diferente según el método Tukey a una confianza de 95%.

En la Grafico 1. se muestra la relación de nutrientes de especies del Género *Pleurotus*.



CONCLUSIONES

Se encuentra claramente diferencias de *P. smithii* con especies comerciales donde el contenido de carbohidratos solubles es la más destacada con 65.688 ± 0.507 . Así como un bajo nivel de proteína con un valor de 9.625 ± 0.233 , pareciera desalentador pero este hongo tiene otras características atractivas como es el olor dulce que presenta y una carne voluminosa de su carpóforo.

Cabe mencionar que su valor nutricional esta calculado en los carpóforos silvestres, por lo que a corto plazo se realizarán los estudios en los producidos en cultivo, determinando como se modifican sus componentes al cambiar de condiciones.

Por otro lado es de alta relevancia la búsqueda de especies nativas de México que puedan desplazar a las comerciales, dado que estas tienen protección de patentes extranjeras. A todo esto nace la exigencia de generar cepas nacionales con potencial productivo. Y *P. smithii* presenta condiciones organolépticas muy destacadas contra las cultivadas, así como también carpóforos silvestres más voluminosos que los cultivados.

REFERENCIAS

ALBERTÓ, E. (2008). Cultivo intensivo de hongos comestibles. Como cultivar champiñones, Gírgolas, Shitake y otras especies. Ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires.

AN, M., O. MORALES, R. FLORES, R. CÁCERES & N. GURRIARÁN (2009). Cultivo de cepas guatemaltecas del hongo comestible Tx'yolB'aqman (*Agrocybecylindracea* (DC.) Maire): caracterización y producción de cuerpos fructíferos. Informe Técnico Final. Dirección General de Investigación. USAC.

Boa, E. (2004). Wild edible fungi. A global overview of their use and importance to people. Non-wood forest products. FAO. Rome. 147 p.

- Boa, E. 2005. Los Hongos silvestres comestibles: perspectiva global de su uso e importancia para la población. FAO. Roma. 50-62.
- Chang, S.T.; Miles, P.G. (2004) Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact. Boca Raton: CRC, 451p.
- Cruz, R. E. 2012. Especies novedosas de champiñones (*Agaricus*) con propiedades funcionales antioxidantes y antitumorales, aisladas de zonas rurales de México. Tesis, Colegio de Posgraduados.
- GAITÁN-HERNÁNDEZ, R. & I. BAÉZ RODRIGUEZ (2008). Crecimiento micelial de cepas silvestres nativas de *Lepista nuda*, en medios de cultivo con diferentes suplementos orgánicos. *Rev. Mex. Mic.* 26: 41-49.
- Garibay-Orijel, R. Martínez-Ramos, M. y Cifuentes, J. 2009. Disponibilidad de esporomas de hongos comestibles en los bosques de pino-encino de Ixtlán de Juárez. *Rev Mexicana Biodiversidad.* 80:521-34.
- Guzmán G. (1975) New and interesting species of Agaricales of México. In: Bigelow HE, Thiers HD (eds) *Studies on higher fungi.* Nova Hedwigia. 51. Cramer. 99-118
- Guzmán, G. (2008). Diversity and use of traditional Mexican medicinal fungi. A review. *International J. Medicinal Mushrooms* 10:209-217.
- José E. Sánchez y Daniel J. Royse (2017). La biología, el cultivo y las propiedades nutricionales y medicinales de las setas *Pleurotus* spp., San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México: El Colegio de la Frontera Sur, 2017. 352 p. : fotografías, ilustraciones ; 00x00 cm. Incluye bibliografía e índice analítico (p. 347-352) ISBN: 978-607-8429-47-9
- Kirk P.M. (2018). *Species Fungorum* (version Oct 2017). In: Roskov Y., Orrell T., Nicolson D., Bailly N., Kirk P.M., Bourgoin T., DeWalt R.E., Decock W., De Wever A., Nieukerken E. van, Zarucchi J., Penev L., eds. (2018). *Species 2000 & ITIS Catalogue of Life*, 31st July 2018. Digital resource at www.catalogueoflife.org/col. *Species 2000: Naturalis*, Leiden, the Netherlands. ISSN 2405-8858.
- LEÓN-AVENDAÑO, H., R. MARTÍNEZ-GARCÍA, P. CABALLERO GUTIÉRREZ & D. MARTÍNEZ-CARRERA (2013). Caracterización de dos cepas de *Pleurotus djamor* nativas de Oaxaca, México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 6:1285-1291.
- Pilz, D. and Molina, R. (2002). Commercial harvest of edible mushrooms from the forests of the Pacific Northwest United States: issues, management, and monitoring for sustainability. *For. Ecol. Manage.* 155:3-16.
- Rodríguez, A. T., Morales, D. y Ramírez, M. A. (2000). Efecto de extractos vegetales sobre el crecimiento in vitro de hongos fitopatógenos. *Cultivos Tropicales.* 21(2):79-82
- Sosa E. (1979), Manual de procedimientos analíticos para alimentos de consumo animal. Universidad Autónoma Chapingo. Zootecnia.
- Stajic M, Wasser SP, Reshetnikov SV, Nevo E, Guzmán G (2003) First record of *Pleurotus cystidiosus* and *Pleurotus smithii* in Israel and Asia. *Isr. J. Plant Sci.* 51:237-244
- SUÁREZ, C. & M.S. HOLGUÍN (2011). Evaluación de medios de cultivo sintéticos y cereales para la producción de semilla de setas comestibles. *Rev. Colomb. Cienc. Hortíc.* 5: 130-140

TOLEDO, C.V., C. BARROETAVERÑA & M. RAJCHENBERG. (2014). Fenología y variables ambientales asociadas a la fructificación de hongos silvestres comestibles de los bosques andino-patagónicos en Argentina. *Rev. Mex. Mic.* 85: 1093-1103.

Wang, Y. C. (1987). Mycology in ancient China. *Mycologist* 1:59-61.

Zervakis, G. I.; Moncalvo, J. -M.; Vilgalys, R. (2004), Molecular phylogeny, biogeography and speciation of the mushroom species *Pleurotus cystidiosus* and allied taxa. *Microbiology*, 150, 715-726

Zhang M, Zhang L, Cheung PCK, Ooi VEC (2004) Molecular weight and anti-tumor activity of the water-soluble polysaccharides isolated by hot water and ultrasonic treatment from the sclerotia and mycelia of *Pleurotus tuber-regium*. *Carbohydr. Polym.* 56(2):123-128.

17

“El Aviturismo como oportunidad para construir una Cultura ambiental basada en el desarrollo sustentable y la biodiversidad en el Occidente Antioqueño – Colombia”

Lina María Gamarra Pineda¹; Ana Lucía Arango Miranda²; Ángel Granda³; Néstor Alejandro Tascón Arias⁴

1. Complejo Tecnológico Turístico y Agroindustrial del Occidente Antioqueño – Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), Instructora área ambiental, Santa Fe, Antioquia – Colombia. 2. Complejo Tecnológico Turístico y Agroindustrial del Occidente Antioqueño - SENA, aprendiz de la Tecnología en Sistemas de Gestión Ambiental, Santa Fe, Antioquia – Colombia. 3. Complejo Tecnológico Turístico y Agroindustrial del Occidente Antioqueño - SENA, aprendiz de la Tecnología en Sistemas de Gestión Ambiental, Santa Fe, Antioquia – Colombia. 4. Complejo Tecnológico Turístico y Agroindustrial del Occidente Antioqueño - SENA, aprendiz Tecnología Guianza Turística, Santa Fe, Antioquia – Colombia

SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE (SENA)

Complejo Tecnológico, Turístico y Agroindustrial del Occidente Antioqueño (CTTAOA)

Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación (SENNOVA)
Semillero de Investigación Ambiental (SIASO)

RESUMEN

Colombia es un **país megadiverso**, siendo el segundo a nivel mundial y el que más cantidad de especies de aves tiene. Sin embargo, el nivel de cultura ambiental de muchos de sus habitantes es bajo, tanto así que la mayoría de actividades económicas ni siquiera contemplan el manejo sostenible de los recursos naturales. Incluso, el ave y el árbol nacional están amenazados de extinción y solo hasta hace pocos años, el valor de la **biodiversidad** comenzó a vislumbrarse, siendo el aviturismo una de las actividades más alineadas con el desarrollo sostenible, ya que articula el turismo sostenible como actividad económica con la conservación de hábitats y especies, y la construcción de una **cultura ambiental**, en vez del turismo convencional que beneficia a un pequeño sector de la población y no a comunidades propias de la región. El presente trabajo de investigación se basó en la **identificación de aves** en varios recorridos en diferentes zonas de vida de los municipios de Sopetrán, Santa Fe de Antioquia, Giraldo, Buriticá, Olaya y Cañasgordas, del occidente antioqueño, donde se hizo el reconocimiento y registro de la avifauna encontrada, logrando registrar 248 especies en 12 recorridos, de las cuales 5 son **endémicas** de Colombia y 58 son **subespecies endémicas** de las cordilleras occidental y central. Con los resultados se pretende generar otras alternativas económicas a partir de la conservación y valoración de servicios ecosistémicos, de tal forma que

aumente el sentido de pertenencia en las comunidades y permita el desarrollo sostenible de la subregión.

Palabras clave: Aviturismo, biodiversidad, conservación, cultura ambiental, desarrollo sostenible.

ABSTRACT

Colombia is a megadiverse country and is second in the number of birds. However, the environmental cultural level of the most of its inhabitants is poor. Hence, the most of the economic activities don't even have a sustainable management of natural resources. Even the National Bird and Tree are at risk, and just some years ago, the importance of biodiversity became visible. Birding is aligned to sustainable development because it combines sustainable tourism as an economic activity with the habitats and species conservation. It also helps to create environmental awareness instead of conventional tourism that only benefit a narrow slice of the population but not the local communities. The present research is based on the identification of birds in different Life Zones in the municipalities of Sopetrán, Santa Fe de Antioquia, Giraldo, Buriticá, Olaya y Cañasgordas from the western side of Antioquia State where recognition and record of the found Birdlife 248 species were recorded in 12 circuits, five of these species are endemic from Colombia and fifty eight are endemic subspecies from the Western and Central Mountains Ranges. With the results it is intended to create economic alternatives in a way that the sense of belonging increases inside communities and allows a sustainable development of the region.

Keywords: Birding, biodiversity, conservation, environmental awareness, sustainable development.

INTRODUCCIÓN

Colombia es **el segundo país más biodiverso del mundo**, su asombrosa gama de vida silvestre lo posicionan en este lugar, siendo superado solo por Brasil. Así, ostenta una gran variedad de especies animales con un aproximado de 62.829 en todo el territorio nacional (SIB, 2011) y además es privilegiado por su posición geográfica que permite la conformación de diversos ecosistemas donde las especies proliferan y la vida se expande (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014). Los estudios indican que Colombia ocupa el primer lugar a nivel mundial en diversidad de especies de aves contando con un total de 1.932 (Ayerbe Quiñones, 2018), que corresponden al 20% de todas las aves del planeta (Mincomercio, Industria y Turismo, 2017). Pero no solo es rico en aves sino que también ocupa el primer puesto a nivel mundial por poseer la mayor cantidad de especies de Orquídeas, el segundo lugar en variedad de plantas, anfibios,

mariposas y peces de agua dulce, el tercer lugar en número de especies de palmas y reptiles, y el cuarto lugar en mamíferos (Instituto Alexander Von Humboldt, 2014). Además, es un país abrazado por el mar Caribe y el océano Pacífico, y es bañado por grandes ríos como son el Amazonas, el Cauca y el Magdalena, contando con una inmensa riqueza biológica y de áreas protegidas que son estratégicas para la conservación y la protección de los ecosistemas (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).

Este potencial natural, y principalmente la gran riqueza de aves del país se convierten en una oportunidad para realizar el turismo que se basa en la observación de aves, denominado **aviturismo**. Por esta razón, la organización internacional Audubon cuya misión es la conservación de la Biodiversidad ha demostrado con un estudio de mercado el gran potencial que Colombia tiene para desarrollar el aviturismo (AUDUBON, 2016) y que proyectado desde una visión de conservación de los ecosistemas donde habitan las aves puede convertirse en una actividad enmarcada en el tan necesario y anhelado desarrollo sostenible.

A pesar de esto y que podría "...generar 6.000 millones de dólares a 2018, y cerca de 300.000 empleos con el programa "Colombia destino mundial de avistamiento de aves"..." que fue presentado por el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, en Pereira en el 2016, de igual manera, "...John Myers, líder del programa Nacional de la sociedad de América Latina Audubon, que se dedica a la conservación de la naturaleza...", recalcó la importancia de conservar las aves y proteger sus ecosistemas, ya que "Colombia podría pasar de ser el país de las aves, al país de la extinción de las aves" (El economista, 2016), y propone aprovechar esta ventaja pues "las aves representan una conexión social, ecológica y económica extrema" (El economista, 2016) pero enfocados en un **desarrollo sostenible**, donde dicha actividad también la realicen comunidades que se beneficien de los ingresos y que a su vez serían los guías locales (AUDUBON, 2016). De esta manera, el país podría mejorar la economía alcanzando cifras de US 46,4 millones y generar nuevos empleos, ya que 278.850 observadores estarían dispuestos a viajar a Colombia para practicarlo (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2016).

Por todo lo anterior, este proyecto se basó en el registro e identificación de especies de aves en el Occidente Antioqueño, para **generar unos listados asociados a unas rutas**, que permitan comenzar a reconocer las especies de la zona y posteriormente promover esto como un producto turístico, aprovechando además todo el potencial del país en este tema, que para el año 2017 se posicionó como un **destino turístico de naturaleza** con especial énfasis en el avistamiento de aves, con un número estimado para el 2018 de 14.978 observadores de aves, los cuales generarían un ingreso anualmente de 9 millones de Dólares, generando así más de 7 mil empleos (Lacouture, 2016). De esta forma, se está dando el primer paso al generar un insumo que permita contribuir a la creación de un producto turístico basado en el avistamiento de aves.

MARCO TEÓRICO

Biodiversidad articulada al turismo de naturaleza se convierten en potencial y oportunidad para desarrollar una actividad sustentable y sostenible.

Colombia posee el 20% de todas las aves que se encuentran en la tierra, de las cuales 197 especies son migratorias, 193 son casi endémicas y 79 endémicas, sin embargo una encuesta reveló que el 29% de la población encuestada ubica a Brasil como el primer país en diversidad de especies de aves, el 15% señala a EE.UU, el 14% señala a Costa Rica y solo el 6% sabe que Colombia es el país más rico en aves a nivel mundial (AUDUBON, 2016). Estos datos reflejan la necesidad de proyectar y mostrar a Colombia como lo que es, **el país poseedor de la mayor cantidad de especies de aves**, un atractivo turístico que genera ganancias millonarias a los países en los cuales se desarrolla la actividad, y en la cual nuestro país puede convertirse en potencia mundial al poseer una gran variedad de ejemplares entre las que se destacan diferentes especies, como por ejemplo, El Cóndor de los Andes (*Vultur gryphus*) que se conoce como una de las aves emblemáticas que surcan nuestros cielos Andinos, además de ser el ave insignia del país, pero que lastimosamente se encuentra amenazada de extinción y es muy raro encontrarlas en nuestro territorio debido a que han sufrido una disminución considerable en los últimos años. A pesar de esto es un atractivo para los avistadores, quienes pueden considerar magnifico poder verlo surcar los cielos a más de 4.500 metros de altura. Adicionalmente, de las casi 375 especies de Colibríes registrados en el planeta, el país posee 170 aproximadamente, lo que significa el 50% de las especies que existen únicamente en América (El Espectador, 2016). Este hecho nos da un pequeño abrebocas de la gran riqueza ornitológica del país, con ejemplares tan llamativos como "...el cóndor andino, el colibrí, el loro orejiamarillo, el águila arpía, el quetzal dorado o fúlgido, la oropéndola chocona, el carpinterito colombiano y el cucarachero de Santa Marta, entre muchas otras que hacen de Colombia una potencia mundial por encima de países como Perú o Brasil" (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018) y que forman parte de la gran representatividad de especies en nuestro país.

La belleza natural y paisajística, así como la biodiversidad que tiene Colombia, ha sido excusa para que miles de turistas visiten nuestro país. En los últimos años **el avistamiento de aves o Aviturismo** se han visto como un potencial turístico y económico, incrementando actualmente el turismo debido a que ahora miles de personas visitan el país únicamente para observar esas especies exclusivas en nuestro territorio, un turismo que a futuro promete dejar un gran capital económico en las economías locales, debido a la gran demanda que se empieza a generar a medida que el país se posiciona a nivel mundial como el principal destino para disfrutar del espectáculo natural de las aves, su canto y sus llamativos colores. Se estima que una persona esté dispuesta a pagar por día 300 dólares según datos del ministerio de Comercio, industria y turismo, generando así un ingreso económico considerable, por lo tanto esta actividad generaría ingresos al país estimados en 9 millones de dólares anuales (Lacouture, 2016). Esto contribuye al crecimiento económico, ya que a partir del aviturismo, se pueden implementar estrategias para el aprovechamiento de los recursos naturales del país, el cuidado

y la “...conservación los hábitos de las aves evitando la deforestación y contaminación, la introducción de especies exóticas y practicando el aviturismo de forma sustentable” según Luis Gilberto Murillo, ministro de ambiente y desarrollo sostenible (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018). Así mismo, “la pérdida de aves afecta a los ecosistemas de distintas formas: si son polinizadoras, se pueden extinguir las plantas que dependen de ellas, además los depredadores pierden un alimento, afectándose la cadena trófica” (Velásquez Gomez, 2017). Por lo tanto, a partir del aviturismo se abren nuevos caminos para la implementación y conservación de estas sin ponerlas en riesgo a futuro, y preservando además la vida y las especies para las generaciones futuras.

Países como Perú y Costa Rica han logrado consolidar el Aviturismo como una fuente de desarrollo sustentable, según estudios realizados apenas hasta el 2013, donde la Nación Inca había recibido a más de 32 mil observadores de aves que dejaron divisas por 89 millones de dólares hasta la fecha (Lacouture, 2016). Perú que posee más de 1.800 especies de aves registradas (Gestión, 2014) es superada por Colombia, quien ocupa el puesto número uno a nivel mundial. Esto también nos da una clara señal del gran potencial turístico que posee Colombia y que, encaminado de una forma correcta hacia la preservación y el cuidado de los ecosistemas, puede contribuir al desarrollo de los territorios y las regiones en donde se genere con más fuerza la actividad, dentro de las cuales son potencia para el avistamiento de aves los departamentos de Amazonas, Huila, Antioquia, Magdalena, Meta, Boyacá, Nariño, Cesar, Chocó, Santander, Cundinamarca, Valle del Cauca, y Risaralda, Calda y Quindio pertenecientes a la región del eje cafetero. Así, el avistamiento en nuestro país sigue tomando vuelo gracias al encanto y la diversidad de nuestras aves Colombianas (Mincomercio, Industria y Turismo, 2017).

Enfoque y posibilidad de realizar el Aviturismo en el Occidente Antioqueño

El departamento de Antioquia (ver Figura 1), se ubica como uno de los principales destinos para el avistamiento de aves a nivel Nacional, donde la **subregión del Occidente Antioqueño**, cuenta con 19 municipios divididos en una superficie de 7.294 km² y posee cerca de 199.723 habitantes (Gobernación de Antioquia, 2005), donde según registros del sistema de información sobre biodiversidad el departamento de Antioquia cuenta con un total de 5.020 especies (SIB, 2011) y 972 especies de Aves (Mincomercio, Industria y Turismo, 2017). Por consiguiente la subregión cuenta con atractivos naturales, riqueza cultural y varias áreas protegidas, como son los parques naturales “Las Orquídeas” y “Paramillo”. Su ubicación geográfica, variedad de climas y contexto ambiental la convierten en una región que posee una vocación turística, principalmente en el “occidente cercano” (Velásquez Moreno, 2016) y ofrece una gran oferta hotelera, donde la región por ende ocupa una posición estratégica y de gran diversidad biológica para realizar un turismo responsable basado en la sostenibilidad como oportunidad para el crecimiento económico “y bienestar para el medio ambiente y los habitantes de la región, si se enfoca en cuidar, preservar, conservar y hacer uso racional de los recursos naturales.

Ecosistemas estratégicos del occidente antioqueño donde realizar el aviturismo

El occidente antioqueño se localiza sobre las cordilleras Central y Occidental estando dividido por el cañón del río Cauca, posee todos los pisos térmicos, por ende una gran variedad de ecosistemas entre los que se destacan el **bosque seco tropical** que es propio de tierras bajas y se caracteriza por presentar una fuerte estacionalidad de lluvias. Este es un ecosistema que originalmente cubría más de 9 millones de hectáreas, pero debido a las actividades antrópicas que el hombre realiza hoy solo queda un 8% de lo que antes fue, es decir 720.000 hectáreas; y a pesar de haber "...sido declarado un ecosistema estratégico para la conservación de la biodiversidad en el país - con cerca de 2.600 especies de plantas, al menos 230 de aves y 60 de mamíferos - su participación dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) es muy pobre, menos del 5 por ciento tiene alguna figura de protección que lo resguarde" (Pardo Ibarra, 2018).

Por otra parte, "también los **bosques montanos** de los Andes tropicales representan una prioridad global de conservación debido a su gran biodiversidad y alto nivel de endemidad..." (Bush et al. 2007; Olson y Dinerstein 1997; Pennington et al. 2010 citado en Tejedor G., 2012) "... y a su importante papel para la provisión de diferentes servicios ecosistémicos en la región" (Anderson et al. 2011; Balvanera 2012 citado por Tejedor G., 2012). Sin embargo, las cifras reveladas por el periódico El Colombiano en abril del 2016 son muy alarmantes, ya que "en solo 13 años fueron deforestadas 290.000 hectáreas de bosque natural..." y se incrementó en un 47% entre el 2013 y 2014, a pesar de que son esenciales para conservar el agua, regular el clima, conservar la biodiversidad, entre muchos más beneficios (El Colombiano, 2016).

Además. se debe tener presente otro ecosistema que corresponde a los **bosques premontanos**, aquellos de clima templado donde se ha realizado la mayor actividad agrícola en el país, principalmente el cultivo del café, que también están amenazados por la ampliación de la frontera agrícola, la ganadería extensiva y actividades extractivas, destruyendo estos importantes hábitats naturales o aumentando la fragmentación de los mismos (Alianza para Ecosistemas Críticos. ALPEC, 2012). Por tales motivos estos ecosistemas montanos andinos, así como los premontanos, requieren también de estrategias que permitan un desarrollo sostenible (Tejedor Garavito, 2012).

Situación Ambiental de Colombia frente al desarrollo sostenible y la educación ambiental

"La situación ambiental de Colombia se caracteriza por: Un deterioro agudo del ambiente físico - biótico y social de los diferentes procesos económicos que en Colombia se han entendido como desarrollo durante los últimos cincuenta años.

Deterioro que se traduce en pérdidas del potencial natural, en desaparición de recursos naturales, en degradación de los asentamientos, en pobreza crónica, en acumulación de riqueza, en corrupción, en violencia, en inseguridad y en insurrección; situaciones que a su vez generan mayor deterioro ambiental en un círculo vicioso difícil de romper que mueve continuamente hacia situaciones más críticas” (El Tiempo, 1998). Sin embargo, en la actualidad cada vez somos más conscientes de que la única forma de contrarrestar ese deterioro es desarrollando políticas públicas que velen por el desarrollo sostenible, pues “está comprobado que son mayores los índices de pobreza en lugares donde más duro ha sido el impacto ambiental” (Gómez Morales, 2018). Para lograr ésto es indispensable que los objetivos del desarrollo sostenible vayan de la mano con la educación, de tal forma que se pueda generar una estructura más duradera, y así alcanzar una visión de país donde exista un equilibrio entre el manejo y el aprovechamiento de los recursos naturales, según la visión de José Francisco Aguirre, director de Planeación de la Fundación Mario Santo Domingo (Gómez Morales, 2018).

El aviturismo como herramienta para generar cultura ambiental

El 5 de mayo del 2018 se realizó a nivel internacional la competencia llamada el “**Global Big Day (GBD)**”, iniciativa promovida por la Universidad de Cornell desde el 2015, que consiste en que ese día se registren la mayor cantidad de especies de aves observadas en diferentes sitios del país, y se suban a la aplicación **@ebird**, logrando unir en torno a este evento, a organizaciones ornitológicas con las autoridades ambientales y el sector empresarial en Colombia (Caracol Radio, 2018), convirtiéndose en una espectacular estrategia ciudadana, enfocada principalmente en el cuidado de las aves y sus ecosistemas (Castaño citado por Velasquez Gomez, 2018). Los resultados de esta iniciativa tanto en el 2.017 como en el 2.018 colocaron a Colombia como el primer país con más aves registradas durante la jornada, con 1.486 y 1.527 especies registradas superando el propio record de un año a otro, lo cual demuestra además la acogida que ha tenido el GBD en Colombia registrando el 80% del total de la diversidad de aves del país en un solo día (Castaño citado por Velasquez Gomez, 2018). Cabe resaltar también que las listas hechas en el aplicativo ebird este año llegaron a ser 4.840 frente al segundo país que fue Perú con un total de 1.490 especies en tan solo 1.569 listados, demostrando nuevamente que no solo los ornitólogos expertos y las autoridades ambientales apoyan el tema, sino que la ciudadanía de Colombia cada vez se culturiza más, reconociendo el valor de su biodiversidad y fortaleciendo la cultura ambiental basada en el avistamiento de aves o “Birding” (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos. Alexander von Humboldt, 2018).

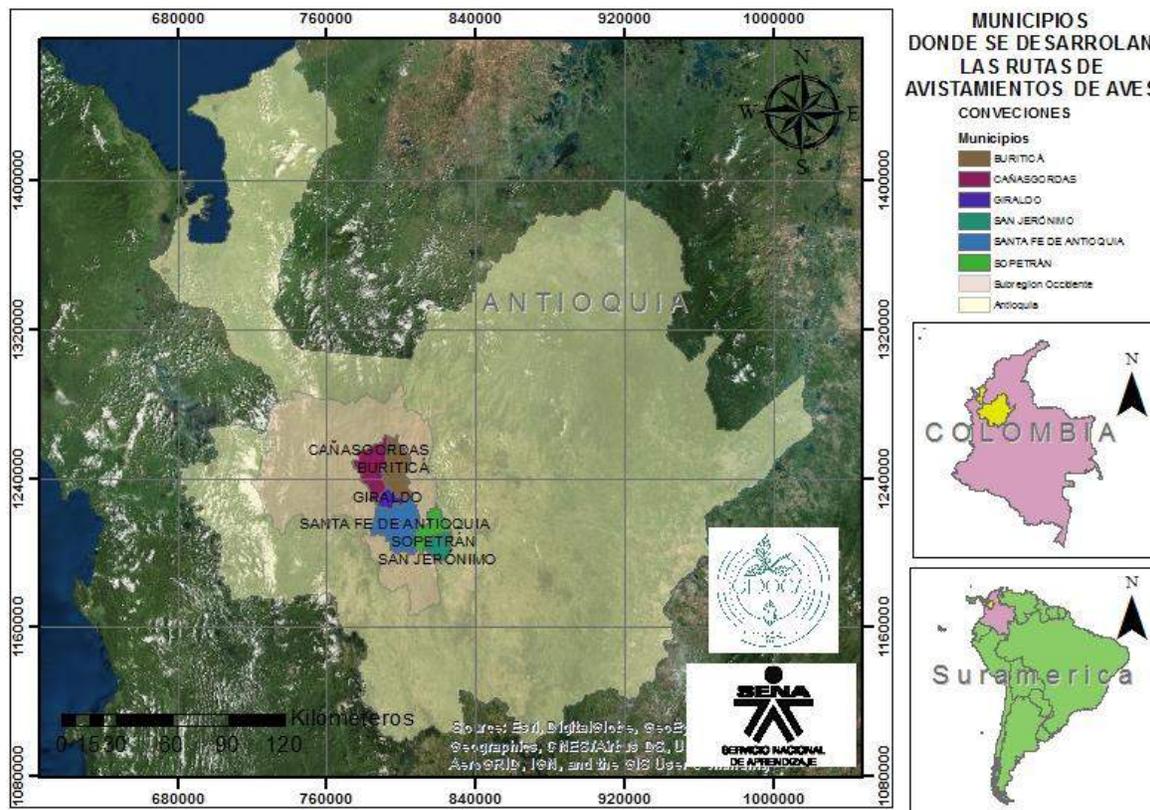
METODOLOGÍA

Esta fase del proyecto se enfocó básicamente en la **identificación y el registro de especies de aves** en varios municipios del Occidente Antioqueño para

generar unos listados en cada recorrido, con el propósito de que ellos sirvan como insumo para la caracterización posterior de las rutas y sobretodo para difundir la información en las comunidades aledañas o que influyen estas zonas, de tal forma que se haga **educación ambiental** y se pueda generar cultura ambiental, pues aún es baja en la mayoría de las comunidades del sector rural.

Los municipios en los que se realizaron los recorridos y allí se definieron las rutas, fueron siete: Sopetrán, San Jerónimo, Santa Fe de Antioquia, Olaya, Giraldo, Buriticá y Cañasgordas. Ver Figura 1.

Figura 1. Mapa del Occidente Antioqueño con los municipios donde se seleccionaron rutas.



Las prácticas de avistamiento se hicieron con aprendices del SENA principalmente de la Técnica en Conservación de Recursos Naturales, acompañados además por tres monitores, dos de ellos de la Tecnología en Sistemas de Gestión Ambiental y uno de la Tecnología en Guianza turística, más un instructor del área ambiental con conocimiento en ornitología. También se debe mencionar que los recorridos y avistamientos realizados, se hicieron siempre bajo las “Buenas Prácticas Ambientales” donde la premisa principal es “No dejar Rastro” (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2017) para minimizar o evitar la ocurrencia de efectos negativos en los sitios visitados, y contribuir en la sensibilización ambiental entre los participantes del proyecto.

Las rutas se seleccionaron básicamente por la facilidad de acceso a los sitios, o porque se conocían con anterioridad algunas de las especies de aves en ellas, observadas por antiguos grupos de estudio con aprendices del SENA del occidente antioqueño CTTAOA (Complejo Tecnológico, Turístico y Agroindustrial del Occidente Antioqueño) o la SAO (Sociedad Antioqueña de Ornitología). Se priorizaron sitios en los municipios del “Occidente cercano” donde el turismo es una actividad más consolidada que en el “Occidente Lejano”. Sin embargo también se visitaron otros que estaban asociados a áreas de reserva, ya que en ellos se podían observar aves poco comunes.

Se seleccionaron 12 rutas y en cada una de ellas las aves encontradas, se registraron y clasificaron taxonómicamente de acuerdo a sus características. Se hicieron varios recorridos en cada ruta para poder realizar listados con una considerable cantidad de especies, y finalmente se determinaron los sitios que presentan mayor cantidad de aves, datos esenciales para definir los sitios específicos que son potencialmente favorables para el avistamiento de aves.

De las 12 rutas, 6 se concentraron principalmente en áreas de bosques secos tropicales, en la Cuenca del Rio Cauca o algunos de sus afluentes, donde la temperatura media anual oscila entre 24 - 27°C. Otras 3 se ubican en bosques premontanos o templados donde la temperatura está alrededor de los 18°C más se desconoce de ellas la precipitación promedia anual, así que no se puede definir la provincia de humedad a la que pertenece. Por último, hay 3 más en bosques de clima frío con temperatura media anual de 12°C y características similares a los bosques de niebla, en alturas entre 2.555 y 1.800 m.s.n.m.

Para hacer el registro y la identificación de las especies de aves encontradas en las rutas, se tuvo en cuenta tanto las observadas como las escuchadas y se utilizaron varios equipos provenientes del área investigativa del SENA – CTTAOA, como binóculos de marcas Olympus 8X40 y 10X50, y Tasco 20X50; cámaras digitales de marcas como Nikon Coolpix B700 y Coolpix B500; y Canon SX50 y T6. Para identificar las aves observadas se utilizaron guías de campo de la reciente edición de la “Guía ilustrada de la Avifauna colombiana”, del biólogo caucano Fernando Ayerbe, “Guía Fotográfica de las Aves del Valle de Aburrá” de la SAO (Sociedad Antioqueña de Ornitología) y la “Guía de las Aves de Colombia” de los autores Hilty & Brown.L; y en algunos casos donde se grabaron sus cantos o sonidos se utilizó la página de XENO-CANTO en donde se comparten las grabaciones de los cantos de las aves de todo el mundo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las 12 rutas realizadas, se muestra en la **Tabla 1**. el municipio en donde se encuentra cada ruta y la altitud sobre el nivel del mar (m.s.n.m.), el número de especies observadas así como el clima base y por último el ecosistema en el que se encuentra.

Tabla 1. Municipio al que pertenece cada ruta, su Zona de vida (según Holdidge) con respecto a la altitud, especies de aves observadas, el clima y el ecosistema.

Municipio	Ruta	Altura m.s.n.m.	Especies observadas	Clima	Ecosistema - Zona de vida
Santa Fe de Antioquia	Túnel (Asequia) Juan Blanco	381 - 589	79	Cálido	bs - T
Olaya	Hostería La Florida Tropical	495	73	Cálido	bs - T
Sopetrán	Vereda La Puerta o Humedal La Bramadora	522 - 542	85	Cálido	bs - T
Sopetrán	Vereda Guayabal parte baja	861 - 1361	112	Cálido a Templado	bs-T - PM
San Jerónimo	Hotel El Tesoro	715	43	Cálido	bs - T
Buriticá	Corregimiento La Angelina	411	42	Cálido	bs - T
Cañasgordas	Quebrada Apocarco	1302 - 1484	53	Templado	PM
Cañasgordas	Vereda El Paso	1092 - 1142	71	Templado	PM
Sopetrán	Vereda Guayabal Medio	1300-1800	58	Templado	PM
Sopetrán	Vereda Guayabal alto	1790 - 2432	59	Templado - Frío	MB - PM
Giraldo	Corregimiento de Manglar	1910 - 2200	69	Frío	MB
Giraldo - Cañasgordas	Alto Insor Cañasgordas	2435 - 2555	86	frio	MB

*bs-T: bosque seco Tropical **b-PM: Bosque Premontano ***b_MB: bosque Montano bajo

De la **Tabla 1**. se puede inferir que todas las rutas presentaron un número considerable de aves registradas, entre 42 y 112 especies (mínimo y máximo), ya que una cantidad baja puede estar por debajo de 30 especies, pero si supera las 40 se considera como un buen registro para un día de avistamiento de aves.

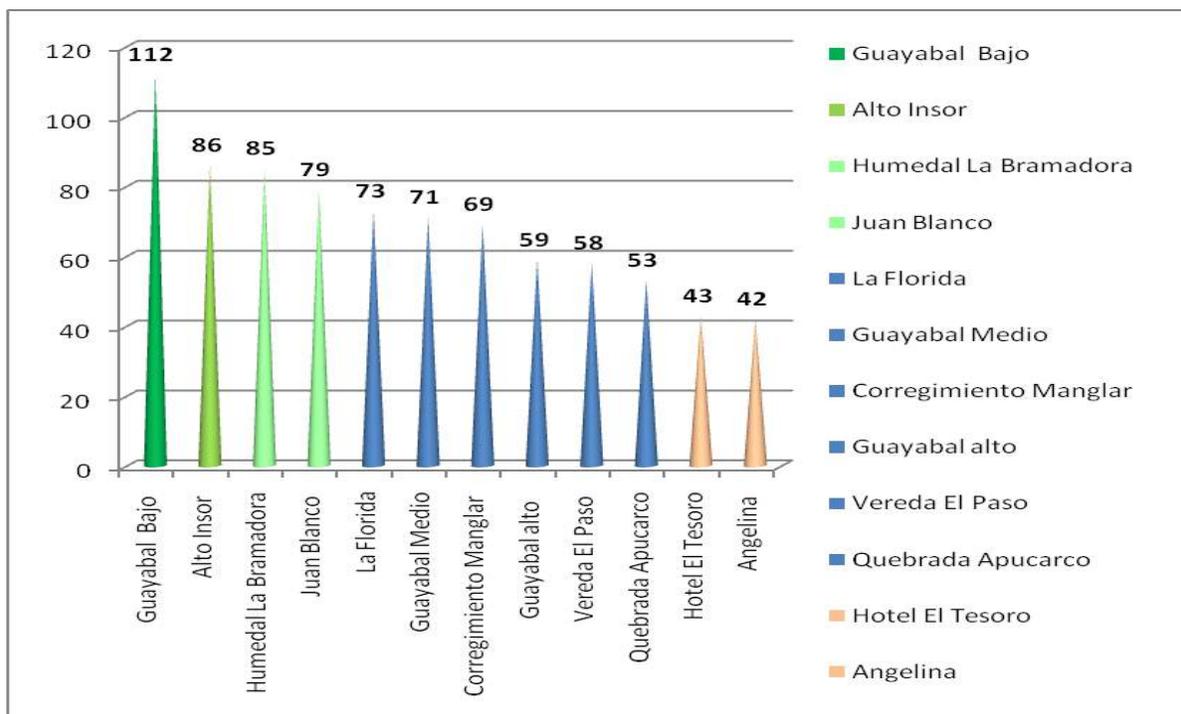
Se observa en la **Tabla 1** que los registros más bajos en las rutas fueron para el **“Corregimiento de La Angelina”** y del **“Hotel El Tesoro”**. La primera de ellas tal vez se deba a que es zona de influencia de un proyecto hidroeléctrico donde se estaba haciendo auyentamiento de fauna y en esta ruta solo se hicieron dos recorridos debido a que presenta dificultad para ingresar; mientras que en la segunda el recorrido se hizo una sola vez al ser un Hotel campestre donde el ingreso debe ser gestionado. También se debe resaltar que se obtuvo una cantidad considerable para las rutas de la **“vereda Guayabal parte baja”**, el **“Alto de Insor”** y el **“humedal La Bramadora”**, donde se hicieron 4 recorridos en cada uno, con un total de 112, 86 y 85 especies registradas respectivamente.

Los dos primeros son áreas que no han sido tan impactadas, y para **“la vereda Guayabal parte baja”** corresponde a un área de una finca privada que viene trabajando como posada rural y presenta zonas de rastrojo alto y bosques

secundarios poco intervenidos entre zonas de cultivos mixtos, algunos de ellos de cafetales abandonados; donde la ruta cruza de un bosque Premontano a una zona transicional de bosque seco Tropical que termina bordeando la franja protectora de una quebrada. Por otra parte, **“el Alto de Insor”** es un área de reserva declarada como Distrito de Manejo Integrado, con 6.900 hectáreas de las cuales 3.975 son de preservación y 86 en protección en ecosistemas de bosques húmedos montano bajo (bh-MB), bosque pluvial montano bajo (bp-MB) y bosque pluvial montano (bp-M), con una topografía de pendientes fuertes, con vestigios de bosques primarios por encima de la cota 1.900 msnm, y con un alta riqueza florística y faunística propia de ecosistemas de alta montaña donde se han reportado 109 especies de aves y 19 de mamíferos (CORPOURABA, 2009).

Por último, entre los lugares donde se registraron más especies de aves está el **“Humedal La Bramadora”** que se encuentra en la vereda La Puerta del municipio de Sopetrán, y cuya importancia radica en que es un relicto de un ecosistema natural de bosque seco pero asociado a un pantano, con alta biodiversidad, oferta de recursos y es potencial para estudios paleoclimáticos que permiten detectar cambios climáticos que son responsables de extinción de especies, así como cambios y dinámica de la vegetación (Osorio Arango, 2016). Sin embargo, el crecimiento poblacional alrededor de él están generando una amenaza continua principalmente por el manejo inadecuado de residuos sólidos, así como la quema de los mismos, por lo que se espera que con el proyecto se pueda generar en un futuro cercano educación ambiental en la comunidad que lo rodea, y que la actividad de avistamiento de aves pueda articularse desde el desarrollo sostenible para conservación del ecosistema.

Figura 2. Gráfico de cantidad de especies por recorrido



El gráfico de la Figura 2. Se asocia también con la Tabla 1. y muestra claramente las rutas con mayor cantidad de especies registradas en ellas de mayor a menor.

El estudio arrojó como resultado 248 especies de aves registradas en total, entre las cuales se identificaron 5 especies endémicas de Colombia y 58 subespecies endémicas de las cordilleras occidental y central según la “Guía ilustrada de la Avifauna colombiana” (2018).

A continuación se incluyen fotos de las especies endémicas observadas en uno o varios de los recorridos.

Figura 3. *Ortalis columbiana*



Figura 4. *Hypopyrrhus pyrohypogaster*



Fotos (Figuras 3 y 4) por: Lina María Gamarra Pineda.

Figura 5. *Picumnus granadensis*



Figura 6. *Myiarchus apicalis*



Foto (Figura 5) por: Nestor Tascón

Foto (Figura 6) por Wilmer Quiceno

Figura 7. *Thryophilus sernai*

Figura 8. *Tangara vitriolina*



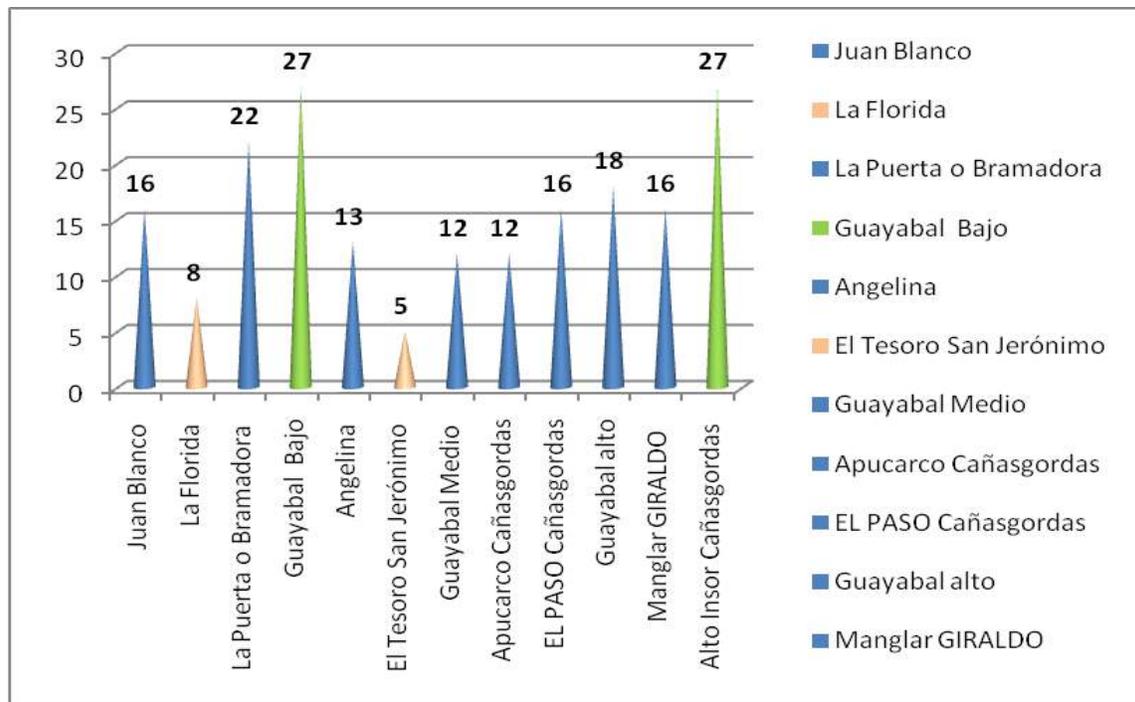
Foto (Figura 7) por: Albeiro Cartagena Foto (Figura 8) por: Lina María Gamarra P.

Otra especie muy agraciada es la **Tangara rastrojera** (*Tangara vitriolina*) que es Casi endémica de Colombia, pues comparte su territorio con el vecino país de Ecuador. En los registros esta fue la única especie Casi endémica identificada.

De esta manera se exponen las especies únicas o endémicas para Colombia, identificadas en este proyecto y que para el **bosque seco tropical** son el **Cucarachero paisa** (*Triophylus sernaii*) endémico del departamento de Antioquia, observado en las rutas del “**Hotel El Tesoro**” y “**Corregimiento La Angelina**” cuyo rango de distribución se limita a una zona de bosque seco tropical en el occidente antioqueño entre los 250 a los 1.000 msnm; la **Guacharaca colombiana** (*Ortalis columbiana*) que solo se encuentra en los valles de los ríos Cauca y Magdalena y se registró en ocho de las rutas, aunque por distribución, podría observarse en todas; así mismo se observó el **Atrapamoscas Apical** (*Myiarchus apicalis*) solamente en el recorrido del “**Humedal La Bramadora**” pero que se encuentra en estos valles con un rango de distribución de los 500 a los 2.200 msnm, muy similar al de la guacharaca que está desde los 300 a los 2.000 msnm. También tenemos otra hermosa especie medianamente difícil de observar que es el **Carpintero punteado** (*Picumnus granadensis*) cuyo rango de distribución va desde los 500 hasta los 2.200 msnm y que solo se observó en el “**Corregimiento de Manglar**” y “**la vereda Guayabal parte baja**” que pasa por el bosque Premontano hasta una zona transición del bosque seco Tropical. Por último, como especie endémica tenemos al emblemático **Cacique Candela** (*Hypopyrrhus pyrohypogaster*), el cual es de zonas más altas desde el bosque Premontano hasta el Montano Bajo, el cual se observó solo en dos de los recorridos, el del “**Corregimiento de Manglar**” y en el “**Alto de Insor**” donde una

bandada de más de 30 individuos sorprendió al grupo de avistamiento en uno de los recorridos realizados en ese lugar.

Figura 9. Especies y subespecies endémicas registradas en los recorridos.



En la Figura 9. Podemos observar que el mayor número de especies o subespecies endémicas se registró para los recorridos de la “**vereda Guayabal parte baja**”, el “**Alto de Insor**” con igual cantidad, seguidos del “**Humedal La Bramadora**”, 27 y 22 especies subendémicas respectivamente.

No sobra decir que también se identificaron dos especies con un grado de amenaza de extinción “**Vulnerable**” para la especie endémica ya mencionada del **Cacique Candela** y otra no endémica pero emblemática para otro municipio (Liborina) que es la **Guacamaya verde** (*Ara militaris*), pues anida en barrancos altos en las montañas de las riveras del río Cauca por lo que su hábitat se verá afectado por el crecimiento progresivo y los altos niveles que alcanzará la orilla del río, gracias a las obras de la presa Hidroeléctrica Ituango.

Se puede generalizar para ampliar el panorama que dentro de los recorridos se encontraron familias muy representativas por el número de especies tales como la Thraupidae y la Tyrannidae, así como también las familias Icteridae, Trochilidae, Psittacidae, Picidae y Ardeidae.

Los datos de las aves identificadas han sido compartidos en varias sensibilizaciones dentro de la institución con un promedio de 230 aprendices de varias tecnologías que se brindan en la sede principal del SENA – CTTAOA y con todos los instructores que son alrededor de 60. Esto ha generado un interés por

parte de varios aprendices e instructores por aprender más sobre las aves y próximamente se abrirán unos cursos complementarios para continuar enamorando a todos en la subregión. Además, cabe resaltar que varios aprendices de Guianza turística ya se han formado en el tema del aviturismo para cubrir la oferta de turistas que se esperan recibir en este sentido y se está conformando un grupo que ya han comenzado a participar en el “Global Big Day” y en algunos Censos de Aves Acuáticas de la zona particularmente en el recorrido de **“La Florida”** ya que existe un espejo de agua artificial de un tamaño considerable. De igual forma se están articulando acciones interinstitucionales para continuar creciendo en el área.

CONCLUSIONES

- El proyecto generó unos listados que sirven como insumo o punto de partida para hacer avistamiento de aves en las 12 rutas visitadas, de las cuales solo la del “Corregimiento de La Angelina” tiene dificultad para el ingreso.
- El haber identificado en las rutas varias especies y subespecies endémicas (5 y 58 respectivamente), indica que ellas están asociadas a ecosistemas que deben ser conservados por esta cualidad y que desde la perspectiva del desarrollo sustentable se deben manejar adecuadamente para evitar el deterioro de los mismos, apoyándose en principio en educación ambiental para la sensibilización de quienes los visiten, considerando su particular biodiversidad.
- También es importante continuar con la caracterización de las rutas para definir en un futuro cercano la capacidad de carga de estos lugares y así realizar un turismo de naturaleza realmente articulado con el desarrollo sustentable.
- Con estos resultados se desea brindar otras alternativas económicas a partir de la conservación y valoración de los servicios ecosistémicos, y la práctica de actividades que se enfoquen hacia el desarrollo sostenible de la subregión, de tal forma que aumente el sentido de pertenencia en las comunidades.
- La región del occidente antioqueño sin duda alguna proyecta liderazgo y vocación turística que se puede potencializar con la práctica de un turismo responsable e innovador, que permita mejorar la calidad de vida de sus habitantes.
- El proyecto como tal ha motivado no solo a los beneficiarios directos (aprendices de la Técnica en Conservación de Recursos Naturales y

monitores del SENA) sino que ha tenido una gran aceptación por la comunidad educativa, así como por una corporación de turismo de la subregión que quiere preparar a más guías turísticos en el tema. Además muchos de los familiares de los estudiantes, también se están enamorando y cada día revela un pequeño aporte en esta dirección.

- Pensar en Colombia es pensar en vida, es asombrarse, es desear descubrir las maravillas que la naturaleza, hoy a pesar de todo, nos sigue brindando. Si la riqueza de un país se midiera en su biodiversidad, entonces Colombia sería sin duda el país más rico del mundo, un paraíso en Sudamérica, una tierra que aún nos sigue sorprendiendo, una tierra que vive y respira, una tierra que empieza a abrir sus alas, para alzar el vuelo... hacia el desarrollo sustentable.

BIBLIOGRAFÍA

Alianza para Ecosistemas Críticos. ALPEC. (2012). *Bosques pre-montanos y montanos*. Recuperado el 10 de Julio de 2018, de http://www.alpec.org/ecosistemas_criticos.html

AUDUBON. (2016). *Qué es el Aviturismo*. Recuperado el Agosto de 2018, de <https://www.ptp.com.co/getattachment/0359eca7-bac2-4fc7-9d37-b8c0f754b18f/Aviturismo.aspx>

Ayerbe Quiñones, F. (2018). *Guía ilustrada de la Avifauna colombiana*. WCS.

Caracol Radio. (2 de Mayo de 2018). *Global Big Day, la iniciativa que crea conciencia para el cuidado de las Aves*. Recuperado el 8 de Agosto de 2018, de http://caracol.com.co/radio/2018/05/02/nacional/1525278373_038840.html

CORPOURABA. (2009). *Acuerdo No.010. Declaración de Distrito de Manejo Integrado "Alto de Insor"*. CORPOURABA, Corporación para el desarrollo sostenible de Urabá., Antioquia. Cañasgordas: CORPOURABA.

El Colombiano. (16 de Abril de 2016). *Amenaza sobre los bosques. La deforestación en Antioquia no sedetiene y alcanza cifras preocupantes*. Recuperado el 8 de Agosto de 2018, de <http://www.elcolombiano.com/opinion/editoriales/amenaza-sobre-los-bosques-HJ3975768>

El economista. (26 de Octubre de 2016). *Una estrategia de aviturismo en Colombia espera generar 6.000 millones de dólares*. Obtenido de <http://www.eleconomistaamerica.co/mercados-eAm/noticias/7919250/10/16/Una-estrategia-de-aviturismo-en-Colombia-espera-generar-6000-millones-de-dolares.html>

El Espectador. (13 de enero de 2016). *La Biblia de los Colibríes en Colombia*. (Baena Jaramillo, Maria Paulina) Recuperado el julio de 2018, de <https://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/biblia-de-los-colibríes-colombia-articulo-610341>

El Tiempo. (14 de Septiembre de 1998). *Falta Conciencia Ambiental*. Recuperado el Agosto de 2018, de <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-737225>

Gestión. (25 de Noviembre de 2014). *Turismo de observación de aves podría mover más de US\$ 7,000 millones en el Perú*. Recuperado el 5 de Agosto de 2018, de <https://gestion.pe/economia/turismo-observacion-aves-mover-us-7-000-millones-peru-83691>

Gobernación de Antioquia. (2005). *Población 2018*. Recuperado el julio de 2018, de https://www.dssa.gov.co/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&id=635&Itemid=118

Gómez Morales, I. (28 de Marzo de 2018). *Desarrollo sostenible, un aliado del medio ambiente*. *El Espectador*. Recuperado el Julio de 2018, de <https://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/desarrollo-sostenible-un-aliado-del-medio-ambiente-articulo-746782>

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos. Alexander von Humboldt. (9 de Mayo de 2018). *Colombia voló lejos y es líder mundial en registro de aves durante el Global Big Day 2018*. Recuperado el 1 de Junio de 2018, de <http://www.humboldt.org.co/es/boletines-y-comunicados/item/1209-colombia-lider-mundial-registro-aves-global-big-day-2018>

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos. Alexander Von Humboldt. (2014). *La biodiversidad y los servicios ecosistémicos en Colombia*. Recuperado el Julio de 2018, de <http://www.humboldt.org.co/es/biodiversidad/que-es-la-biodiversidad>

Lacouture, M. C. (2016). *Colombia: Destino mundial de avistamiento de aves*. Recuperado el Julio de 2018, de <http://www.mincit.gov.co/loader.php?IServicio=Documentos&IFuncion=verPdf&id=79707&name=EstrategiaAvistamientodeAvesMinCit.pdf&prefijo=file>

Mincomercio, Industria y Turismo. (2017). *Avistamiento de Aves*. Recuperado el 7 de Junio de 2018, de www.mincit.gov.co/aviturismo/#

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). *Colombia, potencia mundial en aves*. Recuperado el 15 de Agosto de 2018, de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/2855-colombia-potencia-mundial-en-aves>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). *Quinto Informe nacional de Biodiversidad de Colombia ante el convenio de diversidad biológica*. Bogotá.

Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2017). *Guía de buenas prácticas para la actividad de aviturismo en Colombia*. Bogotá.

Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (26 de Octubre de 2016). *Mincomercio lanzó estrategia de promoción de Colombia como destino internacional de avistamiento de aves*. Obtenido de http://www.mincit.gov.co/publicaciones/37332/mincomercio_lanzo_estrategia_de_promocion_de_colombia_como_destino_internacional_de_avistamiento_de_aves

Osorio Arango, C. Y. (2016). *Dinámica del clima y la vegetación de los últimos 200 años del Holoceno en el Humedal La Bramadora Antioquia - Colombia*. Recuperado el 28 de julio de 2018, de <http://bdigital.unal.edu.co/55672/3/Din%C3%A1mica%20del%20clima%20y%20..Version%205.pdf>

Pardo Ibarra, T. (16 de Marzo de 2018). *El bosque seco tropical en Colombia, amenazado por 13 actividades*. *El Tiempo*. Recuperado el 8 de Julio de 2018, de <https://www.eltiempo.com/vida/medio-ambiente/el-bosque-seco-tropical-en-colombia-esta-amenazado-por-13-actividades-distintas-193442>

SIB. (2011). *SIB. Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia*. Recuperado el 7 de JUNIO de 2018, de <https://sibcolombia.net/actualidad/biodiversidad-en-cifras/>

Tejedor Garavito, N. (Enero - Agosto de 2012). *Evaluación del estado de conservación de los bosques montanos en los Andes tropicales*. Recuperado el 7 de agosto de 2018, de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Eval.%20bosques%20MONTANOS%20de%20os%20Andes%20Tropicales.pdf>

Velásquez Gomez, R. (24 de Marzo de 2017). *¿Qué amenaza Las Aves de Colombia? El Colombiano*. Recuperado el Julio de 2018, de <http://www.elcolombiano.com/tendencias/extincion-de-aves-en-colombia-JA6200830>

Velasquez Gomez, R. (9 de Mayo de 2018). *Colombia se destacó en la 'pajariada': 1.527 especies vistas*. Recuperado el 1 de Junio de 2018, de <http://www.elcolombiano.com/medio-ambiente/80-de-especies-se-vio-en-la-pajariada-GY8670282>

Velásquez Moreno, C. H. (30 de Septiembre de 2016). *Occidente, la ruta del sol y de la fruta*. Obtenido de El mundo: http://www.elmundo.com/portal/noticias/territorio/occidente_la_ruta_del_sol_y_de_la_fruta.php#.W3STHDpKh0w

AGRADECIMIENTOS

A Margarita Lucía Castro Riasco por su apoyo incondicional, empuje y motivación permanente a ser mejor persona y profesional; a Carlos Alejandro Marín Tangarife por la elaboración del mapa del área de influencia del proyecto; a Andrés Felipe Correa Atehortúa por la realización del Abstract; a Paola Milena Ortiz Acevedo por su entusiasmo infinito; a Carlos Arturo Mejía por su apoyo permanente, y a todo el equipo de SENNOVA del Complejo Tecnológico, Turístico y Agroindustrial del Occidente Antioqueño por permitir el desarrollo de este hermoso proyecto que está calando en el corazón de much@s.

18

VULNERABILIDAD A LA CONTAMINACIÓN ACUÍFERA. ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN YUCATÁN, MÉXICO.

González Herrera Roger, Albornoz EuánBethSua, Sánchez y Pinto Ismael, Osorio Rodríguez Humberto, Casares Salazar Rafael

Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Yucatán. Avenida Industrias no Contaminantes por Periférico Norte. Tablaje Catastral 112685. Mérida, Yucatán, México. CP 97000

Email: roger.gonzalez@correo.uady.mx

RESUMEN

El agua subterránea en Yucatán, México, es la principal fuente de abastecimiento para diversas actividades de la población; sin embargo, la alta permeabilidad y fragmentación del material geológico hacen al acuífero vulnerable a la contaminación. La modelación de la vulnerabilidad constituye una parte importante en la implementación de los programas de protección de la calidad del agua. La mayoría de los modelos de vulnerabilidad se basan en condiciones hidrogeológicas estáticas. Sin embargo, la vulnerabilidad depende fuertemente de las condiciones de recarga, que no solamente es el resultado de las características del material de la superficie y del suelo, sino también depende de los patrones de precipitación y evaporación que pueden modificarse en respuesta a los cambios futuros del clima. En esta investigación se usaron los escenarios regionales de cambio climático desarrollados para México basados en tres Modelos de Circulación General y vinculados con Sistemas de Información Geográfica. A partir de los escenarios se obtuvieron los valores de precipitación y temperatura con los cuales se calcularon la evapotranspiración y la recarga. Los valores de recarga fueron usados para modelar la vulnerabilidad bajo escenarios de cambio climático. Los resultados muestran que las variaciones futuras de precipitación y temperatura proyectan una reducción de la recarga para la mayor parte del Estado de Yucatán, México, además de que favorecen un aumento en la clase de vulnerabilidad moderada y una reducción de la clase de vulnerabilidad alta.

Palabras claves: agua subterránea, vulnerabilidad, cambio climático, recarga y modelación.

1. Introducción

El agua subterránea es un recurso vital para los seres humanos; sin embargo, los acuíferos están experimentando una creciente amenaza de contaminación causada por la urbanización, el desarrollo industrial y las actividades agrícolas y mineras. Asimismo es probable que en un futuro cercano, el crecimiento de la población así como el calentamiento global den lugar a una mayor dependencia de las aguas subterráneas

para el abastecimiento en muchas regiones. Por tal motivo, existe una gran necesidad de campañas proactivas y acciones prácticas destinadas a proteger la calidad natural del agua subterránea, dentro de las cuales es necesario incluir los efectos del cambio climático sobre los acuíferos, con el fin de obtener proyecciones fiables de la contaminación del agua subterránea bajo una variedad de posibles escenarios del uso de suelo, del clima y de las condiciones socioeconómicas.

Otro factor importante a considerar aunado a la protección de la calidad del agua subterránea es la vulnerabilidad a la contaminación de este recurso. Existen varios métodos para evaluar la vulnerabilidad a la contaminación del agua subterránea los cuales son implementados en condiciones estáticas; sin embargo, la vulnerabilidad depende fuertemente de factores tales como la profundidad del nivel freático, la recarga y diversas condiciones de cobertura y uso del suelo que son influenciadas por variables climáticas y las actividades humanas (Li y Merchant J. W. 2013). En estudios realizados en el Estado de Yucatán, México, se han aplicado diversos métodos como el DRASTIC, AVI y GOD para la obtención de índices de vulnerabilidad y diferenciación de zonas más amenazadas (Pérez et al. 2008). En estudios similares se han combinado con técnicas estadísticas, análisis multicriterio y SIG para la identificación de zonas con vulnerabilidad alta e identificación de factores de riesgo. Los trabajos mencionados proporcionan una mejor comprensión sobre la situación del acuífero yucateco; sin embargo, se necesita analizar la evolución de la vulnerabilidad del sistema acuífero bajo escenarios de cambio climático, para poder desarrollar mejores estrategias con el objetivo de lograr un manejo sostenible y la protección de áreas prioritarias para la recarga del acuífero.

2. Metodología

El Estado de Yucatán, México, limita al norte y noreste con el Golfo de México formando un litoral arenoso largo y angosto de aproximadamente 325 km; hacia el oeste y suroeste colinda con el Estado de Campeche y, hacia el este y sureste con el Estado de Quintana Roo (Figura 1).



Figura 1. Localización del área de estudio.

Las temperaturas medias anuales del Estado se distribuyen desde los 24 a los 28°C; existen dos zonas térmicas: la cálida entre 24 y 26°C y la muy cálida mayor a 26°C. La precipitación media estatal es de 1,100 mm anuales; las lluvias se presentan en verano en los meses de junio a octubre. El agua subterránea es la principal fuente de abastecimiento para las distintas actividades de la población y a su vez, el acuífero es receptor de las aguas de desecho que se generan en Yucatán. Debido a las condiciones geológicas imperantes el acuífero es considerado como libre, excepto en una franja estrecha paralela a la costa.

Para evaluar la vulnerabilidad a la contaminación del agua subterránea se aplicó una modificación del índice DRASTIC (DRSTIL), en el cual no se incluyen el factor acuífero (A) y la conductividad hidráulica (C) porque para el área de estudio no presentan grandes variaciones (Aller et al. 1987). El factor L (uso del suelo) fue añadido al índice, para reflejar los impactos que las diversas actividades que se desarrollan sobre la superficie del suelo tienen sobre la calidad del agua subterránea (Li y Merchant 2013). El desarrollo de cada uno de los factores del modelo DRSTIL así como su integración en capas para constituir el mapa de vulnerabilidad se realizó a través del programa ArcGIS 10.1.

$$D_R D_W + R_R R_W + S_R S_W + T_R T_W + I_R I_W + L_R L_W (1)$$

Los subíndices R y W corresponden a la puntuación y al valor de ponderación otorgado a cada factor, respectivamente. De acuerdo a la metodología planteada por Aller et al. (1987) se define cada factor del índice DRSTIL, con su correspondiente ponderación entre paréntesis, como sigue: D es la profundidad del agua (5), R la recarga (4), S se refiere al suelo (2), T corresponde a la topografía (1), I al impacto de la zona vadosa (5) y L al uso del suelo (5). Para el factor uso de suelo, las puntuaciones así como la ponderación asignada se tomaron con base en diversos estudios realizados donde se incluye éste término al índice DRASTIC.

Para la obtención del mapa de vulnerabilidad con el índice DRSTIL, todos los factores fueron estandarizados en forma directa a las puntuaciones del método DRASTIC excepto Profundidad al Agua (D) y Recarga (R) que se estandarizaron por medio de ecuaciones derivadas de ajustes de curvas. Los rásteres estandarizados fueron agregados por medio de la Herramienta Suma Ponderada del Módulo Análisis Espacial de ArcGIS 10.1. El ráster de salida fue reclasificado de acuerdo a los rangos de valores para el índice DRSTIL calculados por medio de la suma de cada una de las puntuaciones ponderadas para cada factor (Tabla 1).

En la modelación de la vulnerabilidad en escenarios de cambio climático para el Estado de Yucatán, México, se usaron los escenarios regionales basados en tres Modelos de Circulación General (MCG): MPI-ESM-LR (Max-PlanckInstitute), GFDL-CM3 (Geophysical Fluid Dynamics Laboratory) y HADGEM2-ES (Met Office Hadley) con sus tres forzamientos radiativos: (RCP) 2.5, 4.5 y 8.5. Para el modelo HADGEM2-ES se consideró también el forzamiento RCP 6.0. Los horizontes proyectados para los tres MGC son: 2015-2039 (25 años) y 2075-2099 (25 años) (Cavazos et al., 2013;

Fernández et al., 2015). Las bases de datos de los escenarios de cambio climático de los MCG en formato GeoTIFF georeferenciados se descargaron libremente en la página del Atlas Climático Digital de México (ACDM) de la Unidad de Informática para las Ciencias Atmosféricas y Ambientales (UNIATMOS) de la Universidad Nacional Autónoma de México (Fernández et al., 2015).

Tabla 1

Índice DRSTIL	Clasificación
0 - 65	Mínima
> 65 - 120	Baja
> 120 - 160	Moderada
> 160 - 192	Alta
> 192	Extrema

Intervalos de clasificación del índice DRSTIL

3. Resultados y discusión

Los valores del índice de vulnerabilidad DRSTIL variaron entre 58 y 197. En el mapa (Figura 2) se puede observar las áreas clasificadas con vulnerabilidad mínima que ocupan 1.23% de la superficie total de la entidad. La clasificación de vulnerabilidad baja ocupa el 37.95%. La clasificación de vulnerabilidad con mayor cobertura en la zona de estudio fue la moderada con 42.51% del área total. Las áreas clasificadas con alta vulnerabilidad ocupan 18% del área total. La clasificación extrema se presentó en el 0.31% del área y se localiza en la parte sur de la región oriente del Estado de Yucatán, México.

Se proyectaron los escenarios para la vulnerabilidad a la contaminación del agua subterránea para cada MCG para los horizontes cercano y lejano con sus respectivos reforzamientos radiativos o RCP. Para el escenario GFDL-CM3 horizonte cercano (2015-2039) RCP 2.6, 4.5 y 8.5, las áreas de más alta vulnerabilidad se concentran en algunas porciones de las regiones poniente, noroeste, litoral centro, noreste y oriente del Estado de Yucatán, México.

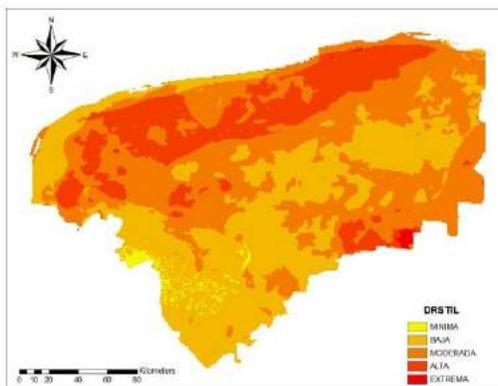


Figura 2. Mapa de vulnerabilidad para la zona de estudio

En el mismo modelo pero para el horizonte lejano (2075-2099) las áreas de alta vulnerabilidad se presentan en las mismas regiones; sin embargo, se observa una disminución de las superficies entre los diferentes forzamientos radiativos, observándose la mayor reducción para el RCP 8.5. En la Figura 3 se muestran los escenarios más extremos del escenario GFDL-CM3. Cabe destacar que para este modelo solamente se observan tres clases de vulnerabilidad (baja, moderada y alta) para todo el área de estudio.



Figura 3. Vulnerabilidad en el escenario GFDL-CM3 (2015-2039) (2075-2099) RCP 8.5

En el escenario HADGEM2-ESM horizonte cercano (2015-2039) RCP 2.6, 4.5 y 6.0 las áreas de alta vulnerabilidad se encuentran también en algunas porciones de las regiones poniente, noroeste, litoral centro, noreste y oriente; no obstante, se observa una dramática reducción de las zonas de alta vulnerabilidad para el RCP 8.5. En los RCP 2.6, 4.5 y 6.0 se presentan tres clases de vulnerabilidad (baja, moderada y alta) solamente para el RCP 8.5 también se presenta la clase de vulnerabilidad mínima. Para el mismo escenario pero referente al horizonte lejano (2075-2099) se hace más evidente la reducción de las áreas de alta vulnerabilidad a partir del RCP 4.5 y continuando hasta el RCP 8.5. En los RCP 4.5, 6.0 y 8.5 se presentan cuatro clases de vulnerabilidad mínima, baja, moderada y alta, ocupando la primera una mayor extensión en el RCP 8.5.

En el escenario MPI-ESM-LR horizonte cercano (2015-2039) en los diferentes RCP 2.6, 4.5 y 8.5 las áreas de alta vulnerabilidad también se localizan en porciones de las regiones poniente, noroeste, litoral centro, noreste y oriente. Las superficies que ocupan son relativamente menores que para los dos modelos anteriores. Para el horizonte lejano (2075-2099) las áreas de alta vulnerabilidad siempre se localizan en las mismas regiones pero con superficies todavía menores a las proyectadas en el horizonte cercano. En el RCP 2.6 se presentan tres clases de vulnerabilidad (baja, moderada y alta) mientras que en los RCP 4.5 y 8.5 se presentan cuatro clases de vulnerabilidad (mínima, baja, moderada y alta) la clase de vulnerabilidad mínima ocupa una mayor extensión en el RCP 8.5.

En todos los escenarios la clase de vulnerabilidad moderada fue la que presentó la mayor cobertura e incrementó su superficie con respecto a la que se presenta en el escenario actual, es necesario indicar que la clase de vulnerabilidad extrema que se presenta en el escenario actual no se presenta en los escenarios futuros. La clase de vulnerabilidad moderada en todos los escenarios muestra aumentos mayores del 25%. La clase de vulnerabilidad alta presenta reducciones mayores del 20% en todos los

escenarios. Los resultados de la modelación de la vulnerabilidad bajo los efectos de la recarga, resultado de las variaciones futuras de temperatura y precipitación, favorecen el incremento de la vulnerabilidad moderada; sin embargo, es importante indicar que la disminución de las cantidades del agua que pueda ser infiltrada resultará en cambios en el almacenamiento y en los niveles freáticos del agua subterránea. Asimismo la disminución de las precipitaciones provocará una mayor dependencia del agua subterránea para los diferentes usos del suelo; de igual manera el cambio en los regímenes climáticos causará modificación en los patrones del uso del suelo. Los escenarios de vulnerabilidad futura presentados en este trabajo son una primera aproximación de cómo los cambios futuros de los diferentes factores que componen la vulnerabilidad afectan la distribución de la misma.

5. Conclusiones

La vulnerabilidad a la contaminación del agua subterránea se evaluó con una modificación del índice DRASTIC (DRSTIL), que mostró una diferenciación conservadora, en la cual la clase de vulnerabilidad moderada ocupa la mayor extensión. Lo anterior se atribuye al empleo del índice DRSTIL y a las diferentes metodologías aplicadas para el desarrollo de cada uno de los factores. Los resultados de la modelación de la vulnerabilidad a la contaminación del agua subterránea en escenarios de cambio climático favorecen un aumento en la clase de vulnerabilidad moderada y una reducción de la clase de vulnerabilidad alta debido a que las variaciones futuras de precipitación y temperatura proyectan una reducción de la recarga para la mayor parte del Estado de Yucatán, México. Se recomienda que en estudios posteriores se incluyan las variaciones en la profundidad del agua subterránea dadas por los niveles freáticos y los cambios en el uso del suelo.

6. Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo otorgado a Beth sua Albornoz Euán, por medio de una beca, para realizar estudios de posgrado. De igual manera al personal y las autoridades de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán por el uso de las instalaciones para llevar a cabo este proyecto.

7. Referencias

Aller, L., Bennett, T., Lehr, J. H., Petty, R. J. & Hackett, G. (1987). DRASTIC: a standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic setting. U.S. Environmental Protection Agency, U.S. Environmental Protection Agency report. EPA/600/2-85/018. Washington, D.C.

Cavazos, T., Salinas, J., Martínez, B., Colorado, G., De Grau, P., Prieto, R., Conde, A., Quintanar, A., Santana, J., Romero, R., Maya, M., Rosario, J., Ayala, M., Carrillo, H.,

Santiesteban, O. & Bravo, M. (2013). Actualización de escenarios de cambio climático para México como parte de los productos de la Quinta Comunicación Nacional. Centro de Ciencias de la Atmósfera UNAM. CICESE. IMTA. INECC. SEMARNAT.

Fernández, E. A., Zavala, H. J., Romero, C. R., Conde, A. A. & Trejo, V. R. (2015). Actualización de los escenarios de cambio climático para estudios de impacto, vulnerabilidad y adaptación en México y Centroamérica. UNIATMOS, Centro de Ciencias de la Atmósfera UNAM, INECC.

Li R. & Merchant J. W. (2013). Modeling vulnerability of groundwater to pollution under future scenarios of climate change and biofuels-related land use change: A case study in North Dakota, USA. *Science of the Total Environment* 447, 32-45.

Pérez R., Pacheco J. & Euán J. (2008). Evaluación a Escala Regional de la Vulnerabilidad del Agua Subterránea a la Contaminación en Yucatán, México. *Revista Ambiente Ecológico. Informes Especiales* 14, 1-18.

19

Evaluación del potencial del aceite esencial de *Siparuna guianensis* Aublet como repelente contra vectores de dengue y malaria en Guaviare, Colombia.

Evaluation of potential of essential oil of *Siparuna guianensis* Aublet as repellent vectors of dengue and malaria in Guaviare, Colombia

Titulo corto: Repelente natural de vectores

González Andrés¹, Laureano Mosquera², Héctor Restrepo¹, Ana Milena Duque¹, Diana Pinilla¹, Tatiana Vargas¹, Steven Beltrán¹, Carlos Suta², John Peña², Jorge Cardona²

1. Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), Semillero SIFFAS, Guaviare, Colombia.

2. Unidad de entomología, Laboratorio de Salud Pública, Secretaría Departamental de Salud del Guaviare, Colombia.

Correspondencia: Andrés Mauricio González Zapata, Servicio Nacional de Aprendizaje SENA Regional Guaviare, San José del Guaviare, Colombia. Carrera 24 número 7-10. Teléfonos: (310) 8762816, (098) 58840403. Correo electrónico: andresosky2002@gmail.com

Contribución de los autores

Andrés González, participó en el diseño y orientación del trabajo de campo, en el trabajo de campo, análisis de datos, análisis estadístico, revisión de resultados y elaboración del manuscrito.

Laureano Mosquera, participó en la orientación del trabajo de campo y de laboratorio, en el trabajo de campo, análisis de datos, revisión de resultados, determinación taxonómica y elaboración de manuscrito.

Héctor Restrepo, participó en el trabajo de campo, montaje y mantenimiento de colonias, ejecución de pruebas en laboratorio, procesamiento y obtención de aceite esencial.

Ana Milena Duque, participó en el trabajo de campo, revisión de resultados y redacción del documento

Carlos Suta, John Peña y Jorge Cardona participaron en el trabajo de campo, mantenimiento de colonia, procesamiento de datos, análisis de datos.

Diana Pinilla, Tatiana Vargas y Steven Beltrán, participaron en el trabajo de campo.

RESUMEN

La limitada eficacia de los métodos tradicionales de control vectorial para dengue y malaria, han creado la necesidad de investigar sobre alternativas complementarias. La Amazonía Colombiana con sus más de 3.000 especies vegetales supone un potencial determinado para el desarrollo de propuestas regionales para protocolos de control de vectores y generación de emprendimientos productivos

El objetivo del presente proyecto fue evaluar el potencial del aceite esencial *Siparuna guianensis* Aublet, como repelente contra vectores de dengue y malaria en el Departamento del Guaviare, Colombia. Para ello se evaluó la viabilidad productiva mediante el análisis de oferta natural, cosecha sostenible mediante la recuperación foliar, y rendimiento del aceite esencial de *Siparuna guianensis* Aublet. Las pruebas de repelencia para *Aedes aegypti* se realizaron en laboratorio con un diseño experimental completamente al azar; mientras que la prueba para *Anopheles darlingi*, se realizó en campo aplicando un diseño experimental en 5 bloques completamente al azar. Para ambas pruebas se emplearon cinco tratamientos: control; alcohol; aceite esencial al 2%, aceite esencial al 10% y repelente comercial; y 3 repeticiones. Se les realizó ANAVA y prueba de medias.

Los resultados permiten demostrar que *Siparuna guianensis* Aublet, registró gran oferta natural en bosques de galería, adecuada recuperación foliar (6 semanas), y rendimiento de aceite esencial significativo (0,410%+ -0,173%). El aceite esencial de *S. guianensis* demostró tener efecto repelente para *Aedes aegypti* en concentraciones de 2% y 10%, con respuestas estadísticamente iguales al repelente comercial con 95% de confianza. Para *Anopheles darlingi* se registró efecto repelente en la concentración al 10%.

Se confirmó la potencialidad del aceite esencial de *Siparuna guianensis* Aublet, como materia prima útil como repelente de vectores de dengue y malaria y su capacidad de recuperación para el aprovechamiento mediante procesos de cosecha sostenible.

Palabras Clave: *Siparuna guianensis* Aublet, *Anopheles*, *Aedes aegypti*, Prevención de enfermedades, Colombia

ABSTRACT

The limited effectiveness of traditional vector control methods for dengue and malaria has created the need to investigate complementary alternatives. The Colombian Amazon with its more than 3,000 vegetal species supposes a determined potential for the development of regional proposals for protocols of vector control and generation of productive entrepreneurship

The objective of this project was to evaluate the potential of the essential oil *Siparuna guianensis* Aublet, as a repellent against dengue and malaria vectors in the Department of Guaviare, Colombia. To this end, the productive viability was evaluated through the analysis of natural supply, sustainable harvest through leaf

recovery, and yield of the essential oil of *Siparuna guianensis* Aublet. The repellency tests for *Aedes aegypti* were performed in the laboratory with a completely randomized experimental design; while the test for *Anopheles darlingi* was carried out in the field applying an experimental design in 5 completely randomized blocks. For both tests, five treatments were used: control; alcohol; 2% essential oil, 10% essential oil and commercial repellent; and 3 repetitions. ANAVA and averages test were performed.

The results show that *Siparuna guianensis* Aublet registered a great natural supply in gallery forests, adequate foliar recovery (6 weeks), and significant essential oil yield (0.410% + -0.173%). The essential oil of *S. guianensis* showed a repellent effect for *Aedes aegypti* in concentrations of 2% and 10%, with statistically equal responses to the commercial repellent with 95% confidence. For *Anopheles darlingi* 10% concentration repellent effect was registered.

The potentiality of the essential oil of *Siparuna guianensis* Aublet was confirmed, as a useful raw material as a repellent of dengue and malaria vectors and its recovery capacity for use through sustainable harvesting processes.

Keywords: *Siparuna guianensis* Aublet, *Anopheles*, *Aedes aegypti*, disease prevention, Colombia.

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades transmitidas por vectores, se constituyen en la mayor causa de afectación de la salud para los habitantes del Departamento del Guaviare, ocasionando un grave deterioro en la calidad de vida. Las condiciones geográficas y ecológicas, la migración poblacional hacia áreas selváticas, el bajo nivel nutricional, el auge de prácticas culturales como la auto-medicación, la alta tasa de deforestación, la débil capacidad institucional, el conflicto armado interno y la presencia de cultivos ilícitos, son factores que favorecen la alta incidencia de estas enfermedades.

En el Municipio de San José del Guaviare, para el año 2015, la incidencia parasitaria anual (IPA) por malaria, fue de 6,4 por 1.000 habitantes para el año 2015(4,7 x 1.000 habitantes en el Departamento), con casos complicados y una mortalidad. En el caso de dengue, la proporción de incidencia fue de 333,4 x 100.000 habitantes (Departamental fue de 360,7 x 100.000 habitantes); para fiebre de chikungunya los valores fueron de 4.233,4 x 100.000 habitantes (3000,8 x 100.000 en el Departamento); y en el caso del Zika se presentó un caso confirmado (1).

Para enfrentar esta situación, el Ministerio de la Protección Social (MPS) por medio de los programas de control vectores, ha venido impulsando la Estrategia de Gestión Integrada de las ETV (EGI -ETV), la cual incluye, entre otras, la implementación de acciones de control integrado y selectivo vectorial, basados en medidas de control biológico, físico y químico. Sin embargo, se ha identificado la urgente necesidad de investigar sobre productos naturales que generen unas mínimas afectaciones a la salud y los recursos naturales y a la vez, que se conviertan en una valiosa herramienta que complementen las acciones de control. Asimismo, es necesario tener en cuenta que las acciones de control químico que se han venido implementando en el país, como el tratamiento residual como insecticidas residuales y toldillos impregnados de larga duración (ambos basados en piretroides), presentan limitantes para la protección de los habitantes en las horas de la noche, especialmente cuando estos los residentes aún no se han acostado, lo cual coincide precisamente con los horarios en los cuales se presenta la mayor tasa de picadura de anophelinos, como es caso de *Anopheles darlingi* (vector primario de malaria en Colombia y principal en el Guaviare (2).

En América Latina la mayoría de las especies del género *Anopheles* tienen una tendencia a picar fuera de las casas y en las horas de la tarde, lo que limita el impacto de las estrategias convencionales (3). Por lo anterior, existe la necesidad de evaluar e incorporar medidas de control complementarias en el programa de control de la malaria, según las condiciones locales, para tener éxito en el control y eliminación de la enfermedad (4).

Una de estas medidas son los repelentes sintéticos, los cuales en su gran mayoría contienen como principio activo N,N-Dietil-meta-toluamida, conocido como DEET, un componente químico sobre el que se han reportado efectos secundarios no deseados, como náuseas, dolor de cabeza y otras afecciones del

sistema nervioso (5). Adicionalmente, la escasa disponibilidad y el costo de estos repelentes en áreas apartadas de la región, dificultan su empleo, ante lo cual el uso de productos naturales se convierte en una herramienta complementaria y valiosa, para fortalecer las acciones de control integrado y selectivo, adaptadas a las condiciones locales.

En la biodiversidad de la Amazonía Colombiana existen más de 3.000 especies vegetales (6), con un potencial desconocido para el aprovechamiento sostenible en productos de línea cosmética, medicinal e industrial. En este sentido se cuenta con variedad de especies de uso viable para el aprovechamiento de aceites esenciales, como el Limonacho *Siparuna guianensis Aubl*: Siparunaceae (A. DC., 1868), referenciada en algunos estudios por presentar propiedades antimicrobianas (7), antibacterianas, antifúngicas, tripanocidas (8) y propiedades repelentes (9). Los estudios de composición química del aceite esencial de hojas frescas y secas de *Siparuna guianensis Aubl*, han mostrado la existencia de diferentes compuestos como ácido decanoico, 2-undecanona, sesquiterpenos, metil cetonas, ácidos grasos, curzeronona, derivados de curzeronona, la miristicina y terpenoides (10, 11,12, 13,14).

El objetivo del presente estudio fue evaluar el potencial del aceite esencial extraído de hojas de la especie *Siparuna guianensis Aublet*, como repelente de vectores de enfermedades transmitidas por *Aedes aegypti* (dengue, zika, chikungunya) y *Anopheles darlingi* (malaria) en el departamento del Guaviare, Amazonia Colombiana

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo en el municipio de San José del Guaviare, ubicado en la zona de vida de Bosque húmedo tropical (Bh-T), con una altura sobre el nivel del mar 230msnm, precipitación superior a 2.700 mm/año (15), temperatura promedio anual 27°C y humedad relativa superior al 80% (16).

El trabajo se desarrolló en dos etapas, la primera fue la evaluación del potencial productivo del aceite esencial de la especie y posteriormente, la ejecución de pruebas de repelencia bajo condiciones de laboratorio y campo con diferentes especies vectoras.

Caracterización productiva del aceite de *S. guianensis*

Para la determinación taxonómica de la especie *Siparuna guianensis Aublet*, se tomaron muestras botánicas en campo, que fueron comparadas con los registros del Herbario Virtual Amazónico del Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas -SINCHI- (17).

La caracterización de oferta natural de *S. guianensis* se realizó en 3 microcuencas hidrográficas de la Serranía de La Lindosa, en el municipio de San José del Guaviare. Esta caracterización se desarrolló bajo la determinación de individuos de *S. guianensis* en un margen de 30m a cada lado del cauce principal de cada una de las cuencas hidrográficas, bajo la georreferenciación con GPS Receptor de 12 bandas y precisión +/- 2 m. A cada individuo se le midió la altura total y

estos datos fueron empleados para generar relaciones de tendencia central y dispersión (Media y Varianza).

El empleo de productos naturales implica la extracción de biomasa de ecosistemas estratégicos y sensibles al aprovechamiento no planificado. De acuerdo esto, y conociendo que la estructura a aprovechar de la planta de *Siparuna guianensis* Aublet son las hojas, se buscó establecer la capacidad de recuperación natural de la planta mediante la determinación de indicadores de producción de follaje, luego de que se había defoliado manualmente. Para esto se realizó un seguimiento para establecer el tiempo de recuperación natural de hojas por individuo. El seguimiento se hizo por 6 semanas a 20 plantas de *S. guianensis*, a las que se les eliminó determinada altura del follaje.

Para cuantificar el rendimiento de obtención del aceite esencial de *S. guianensis* se hicieron 20 ensayos, a través del método de arrastre de vapor, usando una máquina destiladora tipo industrial. En los ensayos se evaluó el rendimiento de extracción, mediante diferentes cantidades de hoja fresca y volumen de aceite esencial emanado. Se empleó alcohol como disolvente para la preparación de la loción repelente al 2% y 10% de concentración del aceite esencial de *S. guianensis*. El producto obtenido se utilizó posteriormente en las pruebas de repelencia en laboratorio y en campo.

Ensayos de repelencia bajo condiciones de laboratorio con *Aedes aegypti*

Las pruebas para *Aedes aegypti* (diptera: Culidae) se realizaron en el laboratorio de entomología de la Secretaría de Salud del Departamento del Guaviare, en hembras adultas obtenidas a partir de larvas capturadas en criaderos artificiales (tanques bajos) de viviendas del sector dos (Barrios Modelo y Porvenir) en el casco urbano de San José del Guaviare. Esta área se seleccionó porque presenta la mayor carga acumulada de dengue en los últimos cinco años (18).

Los mosquitos se criaron bajo condiciones estándares, a una temperatura de $27 \pm 2^\circ\text{C}$, humedad relativa de $80 \pm 5\%$ y fotoperiodo de 12 horas. Su alimentación se realizó con una solución azucarada al 10% y sangre humana, empleando un alimentador artificial.

Preparación previa de los mosquitos. Antes de la realización de los ensayos, se colocaron 100 hembras adultas de 5 a 7 días de edad de *Ae. aegypti* en jaulas de 30x40x30; estas no recibieron comida sanguínea tres días antes de la prueba y fueron privadas de ser alimentadas con solución azucarada 24 horas antes del ensayo.

Personal a cargo. Se emplearon funcionarios con experiencia en actividades de vigilancia entomológica, técnicos en salud pública y tecnólogos en gestión de recursos naturales, de ambos sexos, con edades comprendidas entre 20 y 45 años; sin antecedentes de reacciones alérgicas a la picada de mosquitos y sin enfermedades dermatológicas aparentes. Todos los voluntarios que participaron

en el estudio fueron notificados acerca de los objetivos, la metodología del trabajo y los posibles efectos adversos, antes de que firmaran un acta de consentimiento informado. Pevio a la realización de los bioensayos con repelente, se solicitó a cada participante el lavado riguroso de antebrazos y manos con agua y jabón. Posteriormente se procedió con la limpieza de ambos antebrazos con isopropanol al 70% y se dejó secar. Al momento del ensayo ambas manos fueron protegidas con guantes.

En la ejecución cada ensayo, se siguió el protocolo estándar para la evaluación de repelentes sobre piel humana, recomendado por la Organización Mundial de la Salud (19). Cada ensayo comprendió el uso del mismo lote de mosquitos por el mismo voluntario y se completó el mismo día.

Para el bioensayo se dispusieron 5 tratamientos específicos, con 3 repeticiones de cada uno: control(que no tiene ningún tipo de producto) ; Alcohol; Aceite esencial de *S. guianensis* al 2% + Alcohol Etílico al 98%; Aceite esencial de *S. guianensis* al 10% + Alcohol Etílico al 90% y; Repelente Comercial (con ingrediente activo DEET, diethyltoluamide al 23,8%).

La variable evaluada fue la cantidad de mosquitos que se posaron o picaron en el antebrazo derecho. En cada uno de los tratamientos (excepto en el control), se aplicó el producto en el antebrazo y se dejó secar durante tres minutos antes de someterlo a prueba en la jaula donde se encontraban los mosquitos. En la evaluación se ubicó el antebrazo dentro de la jaula durante 40 segundos.

Ensayos de repelencia en campo para anophelinos

Los ensayos con anophelinos se desarrollaron en las localidades de Barrancón (N 02°37'10,9"; WO 72°34'1,9") y el Progreso (N 02°32'18,8"; WO 72°39'30,97"), las cuales son cercanas al casco urbano de San José del Guaviare y hacen parte de la zona ecoepidemiológica centro, donde se presenta una transmisión constante de malaria rural y periurbana por *Plasmodium vivax*; además, estos sitios se seleccionaron por presentar antecedentes de captura de diferentes especies de anophelinos; así, en la vereda El Progreso se reportan las especies: *An. darlingi* Root 1926; *An. albitarsis* F Brochero et al., 2007; *An. braziliensis* Chagas 1907; *An. oswaldoi* sl.; *An. rangeli* Gabaldon, Cova Garcia & López, 1940 (20); Mientras que en Barrancón, se presentan especies como *Anopheles darlingi* Root 1926, *Anopheles braziliensis* Chagas 1907, *Anopheles oswaldoi* sl, *Anopheles neomaculipalpus* curry (21).

Los tratamientos se aplicaron a las 17:00 horas de cada jornada de colecta; cada individuo recibió un tratamiento diferente por noche. Con el fin de estandarizar la zona expuesta, cada voluntario usó pantalones remangados exponiendo una pierna desde la rodilla hasta el pie y cubriendo la demás partes del cuerpo. Los productos a aplicar se midieron usando un gotero plástico y la aplicación se realizó con guantes. A los voluntarios se les recomendó evitar el lavado y el uso de jabón o desodorante después del mediodía.

Se conformaron cinco grupos ubicados en el peridomicilio de cinco viviendas en las localidades mencionadas. Cada grupo integrado por tres voluntarios, que realizaron el registro de captura de mosquitos anophelinos, mediante la tasa de captura/hora/hombre con la técnica de cebo humano protegido, empleando un capturador manual por individuo. Cada voluntario empleó un tratamiento diferente por noche y cada tratamiento tuvo tres repeticiones por sitio. Para este caso se dispusieron también de los cinco tratamientos mencionados anteriormente.

En cada sitio de captura, los encargados de las colectas se sentaron en sillas, a 5 m de distancia entre sí. Para el tratamiento de aceite esencial de *S. guianensis* al 2% y 10% + Alcohol Etilico, se aplicaron 3 ml del producto de forma manual en la pierna de cada colector, lo más uniformemente posible. Las colectas de mosquitos se realizaron entre 18:00 - 19:00, 19:00 - 20:00 y entre 20:00 - 21:00 horas, a las 1-2, 2-3 y 3-4 horas post-tratamiento. La variable a evaluar en los tratamientos fue la tasa de picadura expresada como: hembras/persona/hora.

Las hembras capturadas durante el periodo de cada hora, se depositaron en vasos de icopor de 200 ml, tapados en la parte superior con una tela toldillo y asegurados con una banda plástica y un algodón empapado en una solución de glucosa al 10%. Los vasos de captura fueron rotulados con datos de colección y reemplazados cada hora con el fin de registrar el número de picaduras por hora.

Cada noche se registró información sobre las variables climáticas de precipitación, temperatura y humedad relativa por cada hora de muestreo. Los mosquitos capturados en cada vaso fueron sacrificados usando acetato de etilo y transportados en cajas de poliestireno, acondicionadas con algodón humedecidos hasta el laboratorio de entomología de la Secretaría Departamental de Salud del Guaviare, para su identificación utilizando un estéreo-microscopio y claves taxonómicas basadas en caracteres morfológicos (22). El material colectado se envió al laboratorio de entomología del Instituto Nacional de Salud con el fin de validar los resultados de la confirmación taxonómica realizada.

El método empleado en las pruebas del efecto repelente del aceite esencial se sometió a la aprobación por el Comité de Ética en Investigación del Instituto Nacional de Salud y la secretaría departamental de salud realizó seguimiento a los voluntarios, en caso de que fuera necesario brindar tratamientos a las personas que pudieran llegar a infectarse por *Plasmodium*.

Diseño experimental y análisis estadístico

Pruebas con *Aedes aegypti* en laboratorio.

Se elaboró un diseño experimental completamente aleatorio de 5 tratamientos: control; alcohol; aceite esencial de *S. guianensis* al 2% + alcohol etílico al 98%; aceite esencial de *S. guianensis* al 10% + alcohol etílico al 90% y; repelente comercial (DEET, diethyltoluamide al 23,8%), con 3 repeticiones de cada uno, donde la variable a evaluar fue el número de mosquitos que se posaron o picaron en el antebrazo derecho.

Estadísticamente se elaboró un ANAVA para evaluar con un nivel de confianza del 95%, la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos y una prueba de medias bajo el método de Diferencia Mínima Significativa (LMS), con el fin de determinar grupos homogéneos dentro de los tratamientos. Todo este desarrollo fue amparado bajo el uso del paquete estadístico STATGRAPHICS Plus Centurion®.

Pruebas con *Anopheles spp.* en campo Se desarrolló un diseño experimental de 5 bloques completamente al azar, con 5 tratamientos: control; alcohol; aceite esencial de *S. guianensis* al 2% + alcohol etílico al 98%; aceite esencial de *S. guianensis* al 10% + alcohol etílico al 90% y; repelente comercial (DEET diethyltoluamide al 23,8%), con 3 repeticiones de cada uno, donde la variable a evaluar fue el número de mosquitos capturados al posarse sobre la pierna desnuda con el tratamiento. Estadísticamente, se elaboró un ANAVA para evaluar con un nivel de confianza del 95%, la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos y una prueba de medias bajo el procedimiento de Diferencia Mínima Significativa (LMS), con el fin de determinar grupos homogéneos dentro de los tratamientos. Todo este desarrollo fue amparado bajo el uso del paquete estadístico STATGRAPHICS Plus Centurion®.

RESULTADOS

Caracterización productiva del aceite de *S. guianensis*

San José del Guaviare presenta áreas de distribución natural de *S. guianensis* en las cuencas hidrográficas La María, El Retiro y Caño negro; específicamente en hábitats de sotobosques a menos de 30 m de los cauces hídricos (

Figura 1). En estas zonas se determinó promedio de altura de individuos de 2,18m + - 1,51m, con máximas de 6 m.

En total se registraron 535 individuos en 32 hectáreas del ecosistema de bosque de galería (

Cuadro 1. Oferta natural de *S.guianensis* en rondas del cauce principal de tres cuencas en San José del Guaviare), lo que implica una gran oferta que se puede

aprovechar desde las zonas bajas del bosque, sin deforestar los elementos arbóreos.

La especie *S. guianensis* demuestra tener características productivas deseables para la extracción y el aprovechamiento del aceite esencial. En primer lugar la evaluación de recuperación foliar demuestra que en 6 semanas, el 95% de los individuos evaluados recuperaron en promedio un 98% de la altura del follaje que fue aprovechado (Cuadro 2).

Desde el punto de vista de la producción de aceite esencial de *S. guianensis*, los resultados demuestran buen rendimiento del método de extracción de aceite vegetal en relación al peso de biomasa (Cuadro 3), aunque también se evidencia una alta variabilidad en el rendimiento (volumen/peso), debido posiblemente a la variabilidad del estado del tiempo y de las características propias de la especie.

Ensayos de repelencia de *Aedes aegypti* en laboratorio

El diseño experimental desarrollado con las pruebas de repelencia de *Aedes aegypti* en laboratorio, demostró a través del análisis de varianza que existen diferencias significativas entre los tratamientos inclusive a un nivel del 99% de confianza. Las pruebas de medias demuestran una homogeneidad en los tratamientos: repelente comercial y aceite esencial de *S. guianensis* (10% y 2%). También se evidencian diferencias significativas entre estos tratamientos y el control. así, los tratamientos de aceite esencial al 2%, aceite esencial al 10% y repelente comercial (DEET, diethyltoluamide al 23,8%), mostraron una tasa de reducción de las picaduras del 94,9%; 87,4% y 92,4% respectivamente con respecto al tratamiento control. El producto que presentó menor tasa de picadura de mosquitos fue el aceite esencial al 2% (Cuadro 4).

Los resultados del análisis de varianza se muestran en la Figura 2 y de medias se presenta en: Figura 3, Figura 4, y Figura 5.

Ensayos de repelencia en campo para anophelinos

Clasificación taxonómica de los ejemplares. De acuerdo con la metodología descrita, se registró la captura de 1.362 ejemplares de hembras anophelinas, representadas en seis especies durante las cinco noches de captura en la localidad de Barrancón, donde se presentó una amplia dominancia de la especie *Anopheles braziliensis* (86,2%) y otras especies como *Anopheles oswaldoi* sl *Anopheles neomaculipalpus* *Anopheles triannulatus* sl. y *Anopheles darlingi* (Cuadro 5)

En el caso de la localidad El Progreso, se identificaron 4 diferentes especies de anophelinos, con una notoria predominancia de la especie *Anopheles darlingi* (92,4%) *Anopheles braziliensis*, *Anopheles oswaldoi*, *Anopheles costai* & *forattinii* (Cuadro 6).

En total para las dos localidades, se capturaron 2.224 hembras anophelinas, distribuidas en 7 especies, con una mayor diversidad en la vereda Barrancón. En ambas localidades se reporta la especie *Anopheles darlingi* aunque con una muy alta densidad en la vereda El progreso, la cual es la principal especie vectora de malaria en Colombia y en el departamento del Guaviare; encontrándose naturalmente infectada con *Plasmodium vivax* VK 247 (21). La especie *Anopheles*

Anopheles noemaculipalpus curry se reporta como naturalmente infectado con *P vivax* en Venezuela (23).

Los diseños experimentales desarrollados demostraron por intermedio del ANAVA, que existe diferencia significativa entre los cinco tratamientos, con un nivel de confianza del 95%, en los tres intervalos de tiempo evaluados. Para los tratamientos de repelente comercial y aceite esencial de *Siparuna* al 10%, no se presentó diferencia significativa en el tiempo considerado, sin embargo entre estos dos respecto a los tratamientos control, alcohol etílico y aceite esencial 2%, se presentaron diferencias significativas, en todos los casos (18:00-19:00 - Cuadro y 19:00-20:00 horas **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, excepto en la última hora 20:00-21:00 **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). La significancia de los tratamientos fue inclusive al 99% de confianza.

En cuanto a la reducción de la picadura, para el intervalo de 18:00 - 19:00 horas, los tratamientos aceite al 2%, 10% y repelente comercial, mostraron tasa de reducción de picadura del 33,32%; 98,64% y 99,39%.

En el periodo entre las 19:00 - 20:00 horas, los tratamientos de aceite esencial al 2%, 10% y repelente comercial, mostraron tasa de reducción de picaduras del 19,9; 79,6% y 99,6% respectivamente.

Para el intervalo de las 20:00-21:00, los tratamientos aceite al 2%, 10% y repelente comercial, mostraron tasas de reducción de picaduras de 20,2%; 79% y 99,65% respectivamente.

Con esto se demuestran semejanzas de reducción de picaduras entre el aceite al 10% y repelente comercial, aunque la tasa de repelencia del aceite esencial al 10% tuvo una tendencia decreciente entre cada hora(18:00-21:00).

Para el periodo de 18:00 a 19:00 horas, los resultados del análisis de varianza se muestran en la Figura 6 y de medias se presenta en la Figuras 7, 8, 9.

Para el periodo 19:00-20:00 horas, los resultados del análisis de varianza se muestran en la Figura 10. Los análisis Cuadro de medias se presentan en las Figuras 11, 12 y 13.

Para el periodo 20:00 – 21:00 horas, los resultados del análisis de varianza se muestran en la Figura 14, los análisis de medias se presentan en las Figuras 15, 16, 17.

En los diferentes muestreos, se registró la captura de otros géneros de mosquitos como *Culex (Melanoconion) ocosa*, incriminado en el ciclo enzoótico de encefalitis, *Mansonia, sp, Psorophora sp; Aedes sp*; lo cual, permite inferir que probablemente existe un amplio efecto repelente del aceite esencial de *Siparuna guianensis* Aublet para diferentes especies de insectos de importancia médica.

DISCUSIÓN

Aunque el alcance del presente estudio no contempló determinar la composición química de *S. guianensis*, sino verificar efectos repelentes del aceite esencial contra insectos vectores, varios estudios realizados en la Amazonía Brasileña han caracterizado el aceite de la especie. En Brasil por ejemplo, se determinó la presencia de componentes mayoritarios de ácido decanoico y 2-undecanona, en las hojas (24); otro trabajo encontró adicionalmente epi-a-cadino y terpinoleno en las hojas de *S. guianensis* (25). Un tercer estudio también en Brasil, documentó la presencia adicional de β -miristicina (26), y comprobó como principios activos de repelencia de insectos a la 2-undecanona y 2-tridecanona (27).

Estudios de la composición química del aceite esencial de *Siparuna thecaphora*, una especie similar a *S. guianensis*, se identificaron 76 compuestos en el 95% del aceite esencial, de los cuales los componentes mayoritarios fueron germacreno D, α -pineno, β -pineno y β -cariofileno; resultados que difieren significativamente de la composición reportada para *S. guianensis* (28).

Para los ensayos productivos de aceite esencial de *S. guianensis*, se evidencian porcentajes de rendimiento del 0,41%, ocupando un lugar intermedio entre los rendimientos de extracción de aceites esenciales para varias especies comerciales. Comparativamente con un reporte de la especie *Siparuna schimpffii* Diels, los resultados de rendimiento de extracción del aceite esencial de *Siparuna guianensis* en San José del Guaviare, presentan una ganancia 27 veces mayor (Cuadro 7. Rendimientos de extracción de aceite esencial Cuadro).

En el aspecto de repelencia de insectos de *Aedes aegypti*, la *S. guianensis* presentó un efecto significativamente similar al repelente de insectos sintético comparado, a un nivel de confianza del 99%. En este caso las concentraciones del 2% y el 10% de aceite esencial tuvieron el mismo efecto repelente sobre individuos de *Aedes aegypti*. Aunque en este ensayo no se evaluó residualidad, estudios de actividad repelente de *S. guianensis* contra *Aedes aegypti*, demostraron protección alrededor de los 120 minutos, siendo una residualidad considerable para una materia prima natural (29). Otros estudios desarrollados con *S. guianensis*, demostraron tener actividad inhibitoria de crecimiento de bacterias del género *Staphylococcus* (36) y de hongos de los géneros *Aspergillus* y *tripanosoma* (30).

En el caso de la evaluación del grado de repelencia de *S. guianensis* con anophelinos, los ensayos no mostraron diferencia significativa en el efecto repelente entre el aceite esencial al 10% y el repelente comercial, ambos evaluados en este estudio, para un periodo de residualidad de 3 horas. Sin embargo estos dos tratamientos si presentaron diferencias significativas con respecto a los otros tres (control, alcohol etílico y aceite al 2%). No se reportan otros estudios de repelencia de *S. guianensis* contra anophelinos, al igual que no se encontró que las diferentes especies de anophelinos sean selectivas en cuanto al repelente empleado.

Estudios etnobotánicos desarrollados en el Oeste de Kenia, demostraron que los aceites de variedad de plantas entre las que se cuentan *Ocimum americanum*,

Lantana cámara, *Tadetes minuta* y *Azadirachta indica*, presentaron acción repelente significativa contra la especie *Anopheles gambiae*, bajo formas tradicionales de aplicación como la quema directa del material vegetal (31).

Otros estudios también han demostrado que los aceites esenciales de especies vegetales como el *Camphora cinamomum*, *Myrtus caryophyllus*, *Eucaliptus globulus* (32), *Enebro macropoda*, *Pimpinella anisum* (33) y *Eucalyptus tereticornis* (34), pueden tener efecto larvicida en *Anopheles stephensi*, *Aedes aegypti* y *Culex quinquefasciatus*(35).

En conclusión el aceite esencial de *Siparuna guianensis* demostró tener efecto repelente en insectos de *Aedes aegypti* bajo concentraciones del 2% y 10%, con respuestas estadísticamente iguales al repelente comercial en un nivel del 95% de confianza.

En el caso de anophelinos, el aceite esencial de *Siparuna guianensis* en la concentración al 10% para el periodo de tiempo evaluado (tres horas) tuvo un porcentaje de reducción total de la tasa de picadura/hembra/persona del 88% con respecto al control. Lo anterior representa un valor estadísticamente significativo, similar a lo observado en el repelente comercial a un nivel de confianza del 95%. Los otros tratamientos no presentaron valores de significancia estadística con respecto al control.

Estos resultados permiten definir la potencialidad de este producto, tanto para diseñar estrategias de control integrado y selectivo vectorial; así como, para la formulación de emprendimientos innovadores hacia la generación de productos repelentes de insectos con componentes naturales.

Se hace necesario realizar estudios complementarios de composición química bajo las condiciones ecológicas del Guaviare, residualidad y la mezcla con otros productos naturales o adherentes que potencialicen el efecto repelente de la especie y su aceptabilidad por parte de la comunidad.

Agradecimientos

Agradecimiento al equipo técnico del Semillero de Investigación en Flora y Fauna Silvestre periodo 2016 – I.

A los ingenieros Edgar Braga y Carlos Galvis, Subdirectores del SENA Regional Guaviare, por su comprometido apoyo en el desarrollo de toda esta investigación.

A la Doctora Diana Cedeño Díaz, coordinadora del laboratorio de salud pública y al Dr. Orley Herrera, coordinador del Programa control vectores por su apoyo incondicional

A las comunidades indígenas y colonas de la Amazonia Colombiana por su continua lucha en conservar su saber tradicional y permitirnos trabajar en sus viviendas.

Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

FINANCIACIÓN

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA; Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación – SENNOVA, Grupo de Investigación BIOGIGAS. Semillero de Investigación en Flora y Fauna Silvestre –SIFFAS.

Secretaria Departamental de Salud del Guaviare, Laboratorio de salud Pública, gestión del conocimiento para la Estrategia de Gestión Integrada de las enfermedades Transmitidas por vectores(EGI-ETV).

REFERENCIAS

1. **Secretaría Departamental de salud del Guaviare.** Oficina de vigilancia epidemiológica. Informe epidemiológico Departamental de las ETV. 2015 Informe técnico (documento no publicado).
2. **Ibíd.**
3. **Ministerio de Salud y Protección Social.** Colombia fortalece estrategias en lucha contra enfermedades transmitidas por vectores, Boletín electrónico para los actores del sistema de salud en Colombia No. 53 abril 7 de 2014. Fecha de consulta: 22 de julio del 2016. Disponible en: https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/COM/Enlace_MinSalud_53_EnfermdadesTRasnisi%C3%B3nVectorial.pdf
4. **Quiñones M.** Retos entomológicos para la eliminación de la malaria en América latina. En 3^{er} Simposio sobre Perspectivas para la eliminación de malaria en América latina. Cali, Colombia. 2014.
5. **Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades ATSDR: División de Toxicología y Ciencias de la Salud, Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU.** Resumen de salud pública N,N-dietilmeta-toluamida (DEET). 2015. Fecha de consulta: 22 de julio del 2016. Disponible en: https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs185.pdf
6. **Pandaorg [Internet].** Plantas y árboles amazónicos. Fecha de consulta: 22 de julio del 2016. Disponible en: http://wwf.panda.org/es/nuestro_trabajo/iniciativas_globales/amazonia/acerca_de_la_amazonia/vida_silvestre_amazonica/plantas_y_arboles_amazonicos/
7. **Faria de Bessa N, Bezerra M, Ferraz V, Queiroz K, Freitas A, & Alves A.** Antimicrobial activity and medicinal biomass of *Siparuna guianensis* in Brazilian Cerrado forest, a global hotspot. Journal of Medicinal Plants Research. 2015; 9(37): 968-980.

8. **Andrade M, Cardoso M, Gomes M, de Azeredo C, Batista L, Soares M, et al.** Biological activity of the essential oils from *Cinnamodendron dinisii* and *Siparuna guianensis*, Brazilian Journal of Microbiology. 2015; 46(1): 189-194,
9. **Aguiar RWS, dos Santos SF, da Silva MF, Ascencio SD, de Mendonça M, Viana K, et al,** Insecticidal and repellent activity of *Siparuna guianensis* Aubl, (Negramina) against *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus*. PloS one. 2015; 10(2): e0116765, doi:10.1371/journal.pone.0116765
10. **Valentini CMA, Rodríguez-Ortiz CE, Coelho MFB.** *Siparuna guianensis* Aublet ("negramina"): una revisión. Instituto Federal de Educación, Ciencia y Tecnología de Mato Grosso (IFMT). Campus Cuiabá - Bela Vista, Brasil. Rev. bras. plantas med. Botucatu. 2010; 12 (1).
11. **Fischer D, Limberger R, Henriques A, Moreno P.** Essential oils from fruits and Leaves of *Siparuna guianensis* (Aubl.) Tulasne from Southeastern Brazil. Journal of Essential Oil Research. 2005; 17 (1):101-104.
12. **Rebouças LMC.** Terpenos de *Siparuna guianensis*: aldehídos a través de la doble epoxidación terminal de 1984 [Tesis de maestría]. Fortaleza: Universidad Federal de Ceará; 1984: 116p.
13. **Zoghbi, MGB et al.** Aceites Esenciales de *Siparuna guianensis* Aubl. Revista de Investigación de aceite esencial. 1998; 10: p.543-6.
14. **Antonio TM et al.** Composición del aceite esencial de las hojas de *Siparuna guianensis* (Monimiaceae). Chemical Industries. 1984; 14: p.514-5.
15. **IDEAM.** Indicadores climatológicos, Promedios climatológicos 1981 -2010. Fecha de consulta: 22 de julio del 2016. Disponible en: <http://www.pronosticosyalertas.gov.co/mapas-graficos-tiempo-clima/indicadores-climatologicos>
16. **IDEAM.** Características climatológicas de ciudades principales y municipios turísticos. Fecha de consulta: 25 de julio del 2016. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21789/1Sitios+turisticos2.pdf/cd4106e9-d608-4c29-91cc-16be>
17. **INSTITUTO SINCHI.** Herbario Virtual del Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. 2011; Fecha de consulta: 20 de julio del 2016. Disponible en: http://www.sinchi.org.co/coleccionesbiologicas/index.php?option=com_herbario_voc&Itemid=29.
18. **Mosquera L.** Priorización y actualización del riesgo por dengue en el Departamento del Guaviare. Secretaría Departamental del Guaviare, laboratorio de Salud Pública. Vigilancia entomológica. Informe trimestral de actividades. 2015. Informe técnico (documento no publicado).
19. **World Health Organization.** Guidelines for efficacy testing of mosquito repellents for human skin. Geneva: WHO. 2009; p: 1-30.
20. **Jiménez IDP.** Bionomía y determinación del papel como vectores de *Anopheles* (Diptera: Culicidae) en localidades endémicas para malaria de Guaviare y Vichada, Colombia. [Tesis de maestría]. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. 2013. p. 15.
21. **Proyecto INAP Malaria.** Taxonomía de vectores de malaria en Barrancón, Guaviare. 2010. Informe técnico (documento no publicado).

22. **Gonzales R, Carrejo N.** Introducción al estudio taxonómico de *Anopheles* de Colombia. Claves y notas de distribución. 2ª ed. Colombia: Universidad del Valle; 2009. 260p.
23. **Moreno JE, Rubio-Pali, Páez E. et al. 2005.** *Anopheles (anopheles) neomaculpalus* a new malaria vector in the amazon Basin. Rev med vet entomol 2005 set;19(3): 392-32
24. **Fischer D, Limberger R, Henriques A, Moreno P.** Op. cit.
25. **Viana F, Andrade-Neto M, Pouliquen Y, Uchoa D, Sobral M, De Moraes S.** Essential Oil of *Siparuna guianensis Aublet* from the Amazon Region of Brazil. Journal of Essential Oil Research. 2002; 14 (1):60-62.
26. **Aguiar RWS, dos Santos SF, da Silva Morgado F, Ascencio SD, de Mendonça Lopes M, Viana KF, et al.** Op. cit.
27. **Ibíd.**
28. **Ciccio JF, & Gómez-Laurito J.** Volatile constituents of the leaves of *Siparuna thecaphora* (Siparunaceae) from Turrialba, Costa Rica. Revista de Biología tropical. 2002; 50(3-4): 963-967.
29. **Prajapati V, Tripathi AK, Aggarwal KK, et al.** Insecticidal, repellent and oviposition-deterrent activity of selected essential oils against *Anopheles stephensi*, *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus*. Bioresour Technol. 2005; 96(16):1749-1757.
30. **Faria de Bessa N, Bezerra M, Ferraz V, Queiroz K, Freitas A, & Alves A.** Op. cit.
31. **Seyoum AK, Palsson S, Kung'a EW, Kabiru W, Lwande GF, Killeen A, et al.** Traditional use of mosquito-repellent plants in western Kenya and their evaluation in semi-field experimental huts against *Anopheles gambiae*: ethnobotanical studies and application by thermal expulsion and direct burning. Trans. Roy. Soc. Trop. Med. Hyg. 2002; 96: 225-231.
32. **Moreno J, López G, & Jara RS.** Modelación y optimización del proceso de extracción de aceite esencial de eucalipto (*Eucalyptus globulus*). Scientia Agropecuaria. 2010; 1(2): 147-154.
33. **Prajapati V, Tripathi AK, Aggarwal KK, et al.** Insecticidal, repellent and oviposition-deterrent activity of selected essential oils against *Anopheles stephensi*, *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus*. Bioresour Technol. 2005; 96(16):1749-1757.
34. **Nathan SS.** The use of *Eucalyptus tereticornis* Sm. (Myrtaceae) oil (leaf extract) as a natural larvicidal agent against the malaria vector *Anopheles stephensi* Liston (Diptera: Culicidae). Bioresource technology. 2007; 98(9): 1856-1860.
35. **Pugazhvendan SR, & Elumali K.** Larvicidal activity of selected plant essential oil against important vector mosquitoes: Dengue vector, *Aedes aegypti* (L.), Malaria vector, *Anopheles stephensi* (Liston) and Filarial vector, *Culex quinquefasciatus* (Say)(Diptera: Culicidae). Middle-East Journal of Scientific Research. 2013; 18(1): 91-95.

CUADROS Y FIGURAS

Cuadro 1. Oferta natural de *S.guianensis* en rondas del cauce principal de tres cuencas en San José del Guaviare

Cauce Principal	No. Individuos
La María	78
Caño Retiro	297
Caño Negro	160
Total	535
Área Evaluada (Has)	32
Promedio Altura (m)	2.19
Varianza	1.52

Cuadro 2. Registro de recuperación del follaje de *S. guianensis*

N°	Altura antes del corte cm	Registro de crecimiento (cm)						Recuperación de altura total %
		Abril 2015				Mayo 2015		
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	
1	300	275	278	280	284	288	298	99,33
2	300	287	292	300	305	310	310	103,33
3	300	280	282	285	290	222	262	87,33
4	300	286	288	290	292	223	240	80,00
5	300	271	275	280	282	292	294,5	98,17
6	85	76	79,3	87	88	83	85	100,00
7	190	175	178,2	180	188	183	185	97,37
8	100	87	94	110	113	70	94,5	94,50
9	140	104	107	111	115	115	137	97,86
10	150	125	130	132	134	155	160	106,67
11	320	305	309	312	317	321	324	101,25
12	300	268,6	273	280	282	290	220	73,33
13	200	145	168	173	180	195	220	110,00
14	200	168	173	180	185	190	209	104,50
15	200	177	186	198	200	207	242	121,00
16	200	153	159	160	x	x	x	X
17	300	242	253	273	283	293	298	99,33
18	530	499,8	512	519	521	532	535	100,94
19	260	196	199	202	207	275	275	105,77
20	240	198	213	220	225	236	234	97,50
Recuperación de altura de follaje promedio								98,85

X: Individuos muertos

Cuadro 3. Rendimiento de la extracción de aceite esencial de *S. guianensis*

No.	Material Vegetal (Kg)	Aceite (cm3)	Rendimiento Extracción (mL/100g)
1	460	1,0	0,217
2	305	0,2	0,066
3	299	0,1	0,034
4	378	2,0	0,529
5	239	0,1	0,042
6	256	1,0	0,391
7	189	0,1	0,053

No.	Material Vegetal (Kg)	Aceite (cm3)	Rendimiento Extracción (mL/100g)
8	171	0,1	0,058
9	193	0,1	0,059
10	145	0,1	0,069
11	176	0,2	0,114
12	115	2,0	1,739
13	112	1,0	0,893
14	145	1,0	0,690
15	280	1,0	0,357
16	149	1,0	0,671
17	194	1,8	0,928
18	132	0,5	0,379
19	125	0,5	0,400
20	132	1,0	0,758
21	284	0,5	0,176
Promedio	213,286	0,729	0,410
Varianza	8731,614	0,380	0,173

Cuadro 4. Resumen tratamientos *Aedes aegypti*

Tratamiento	R1	R2	R3	Sumatoria	Promedio
Control	13	15	12	40	13,33
Control + Alcohol	12	3	2	17	5,67
Aceite 2% + Alcohol 98%	1	0	1	2	0,67
Aceite 10% + Alcohol 90%	4	0	1	5	1,67
Repelente Comercial DEET 23,8%	3	0	0	3	1,00

Cuadro 5. Distribución de anophelinos en la localidad de Barrancón, Guaviare

Especie	Barrancón		El Progreso	
	n	%	n	%
<i>Anopheles braziliensis</i>	1175	86.27	61	7.08
<i>Anopheles oswaldoi</i>	77	5.65	3	0.35
<i>Anopheles spp</i>	94	6.9		
<i>Anopheles neomaculipalpus</i>	9	0.66		
<i>Anopheles triannulatus</i>	4	0.29		
<i>Anopheles darlingi</i>	3	0.22	797	92.46
<i>Anopheles costai & forattinii</i>			1	0.12
Total individuos	1362	100	862	100

Cuadro 6. Resumen prueba de repelencia de anophelinos en horarios de 18:00-19:00, 19:00-20:00, y 20:00-21:00

Tratamiento	Bloque	Promedio Mosquitos Capturados		
		18:00- 19:00	19:00- 20:00	20:00- 21:00
Testigo	Barrancón1	24.666667	30.333333	26.666667
Testigo + Alcohol	Barrancón1	21	10.5	12
Aceite 2% + Alcohol 98%	Barrancón1	20	29.333333	29.666667
Aceite 10% + Alcohol 90%	Barrancón1	0.333333	1.666667	4
Repelente Comercial DEET	Barrancón1	0.333333	0	0
Testigo	Barrancón2	28	26.666667	31
Testigo + Alcohol	Barrancón2	40.333333	37.333333	23
Aceite 2% + Alcohol 98%	Barrancón2	22.666667	24	14
Aceite 10% + Alcohol 90%	Barrancón2	0.666667	0.333333	2
Repelente Comercial DEET	Barrancón2	0	0	0
Testigo	Progreso1	8.666667	13	9.333333
Testigo + Alcohol	Progreso1	2	3	4.333333
Aceite 2% + Alcohol 98%	Progreso1	16	8	17
Aceite 10% + Alcohol 90%	Progreso1	0.666667	2	8.666667
Repelente Comercial DEET	Progreso1	0.333333	0.333333	0
Testigo	Progreso2	10	12	13.666667
Testigo + Alcohol	Progreso2	3.333333	7	8
Aceite 2% + Alcohol 98%	Progreso2	6.333333	2.666667	8.666667
Aceite 10% + Alcohol 90%	Progreso2	0	2	2.666667
Repelente Comercial DEET	Progreso2	0	0.666667	0.333333
Testigo	Progreso3	38	21	16.333333
Testigo + Alcohol	Progreso3	18.333333	17	12.666667
Aceite 2% + Alcohol 98%	Progreso3	8	2.333333	8
Aceite 10% + Alcohol 90%	Progreso3	2	1.333333	3
Repelente Comercial DEET	Progreso3	0	0	0

Cuadro 7. Rendimientos de extracción de aceite esencial

Proyecto de referencia	Especie	Método de extracción	Rendimiento ml/100g	Observaciones
Composición química del aceite esencial de hojas	Siparuna schimpffii	DAV*	0,015 %	

de <i>Siparuna schimpffii</i> Diels (limoncillo) (27)	Diels			
Evaluación de variables agronómicas en el cultivo de limonaria (<i>Cymbopogon Citratus Stapf</i>) para la producción de aceite esencial (28)	<i>Cymbopogon citratus</i>	MWHD **	0,520 %	
Extracción y evaluación del aceite esencial en dos especies cultivadas en la región del Quindío (29)	<i>Cymbopogon citratus</i>	MWHD	1,290 %	Material seco
	<i>Cymbopogon citratus</i>	DAV	1,029 %	Material Seco
	<i>Lippia alba</i> (30)	DAV	0,295 %	Material Fresco
	<i>Lippia alba</i>	MWHD	0,780 %	Material Fresco
Extracción de aceite esencial de <i>Myrtus communis</i> L. y estudio de su actividad antimicrobiana (31)	<i>Myrtus communis</i>	DAV	0,037 %	Material Fresco
	<i>Myrtus communis</i>	Hidrodestilación	0,200 %	Material Fresco
	<i>Myrtus communis</i>	Hidrodestilación	0,500 %	Material Seco
Modelación y optimización del proceso de extracción de aceite esencial de eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i>) (32)	<i>Eucalyptus globulus</i>	DAV	2,330 %	
	<i>Coriandrum sativum</i>	DAV	0,010 %	
Extracción, composición y caracterización de los aceites esenciales de hoja y semilla de cilantro (33)				
Determinación del rendimiento en la extracción de aceite esencial por arrastre de vapor a partir de <i>Eucalyptus sp.</i> y <i>Schinus molle</i> (34)	<i>Eucalyptus sp.</i> y <i>Schinus molle</i>	DAV	0,050 %	
	<i>Siparuna guianensis</i>	DAV		*Promedio 21 observaciones – Material fresco
Presente proyecto			0,410 %	

*DAV Destilación por arrastre de vapor

**Hidro-destilación Asistida por Radiación de Microondas (MWHD)

Figuras

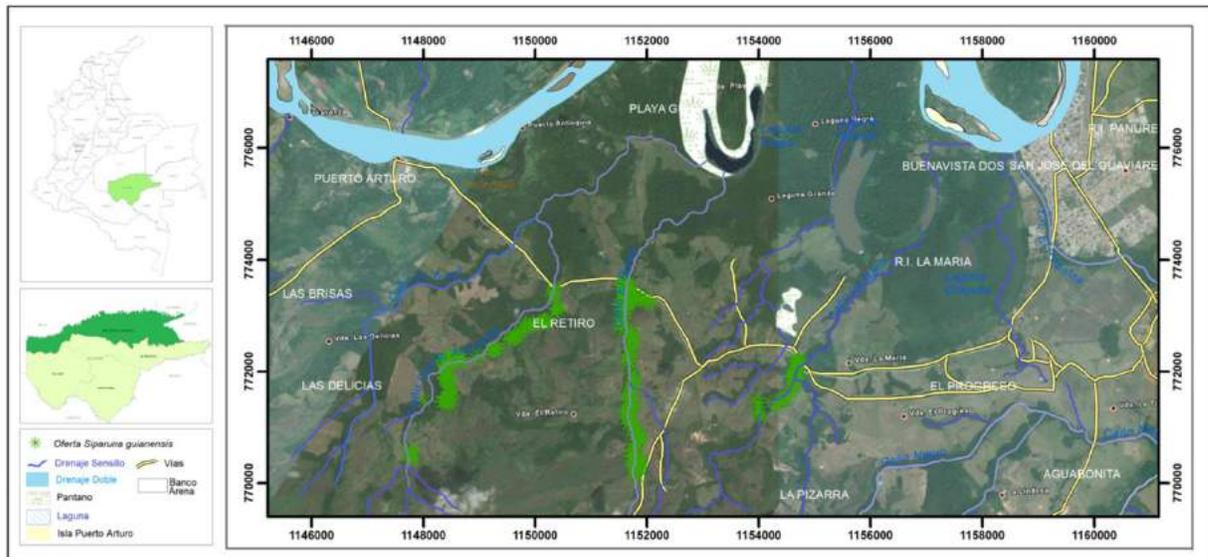


Figura 1. Oferta natural de *S. guianensis*, georeferenciación individuos cercanos a tres cauces principales de San José del Guaviare, La María, Caño Negro y El Retiro.

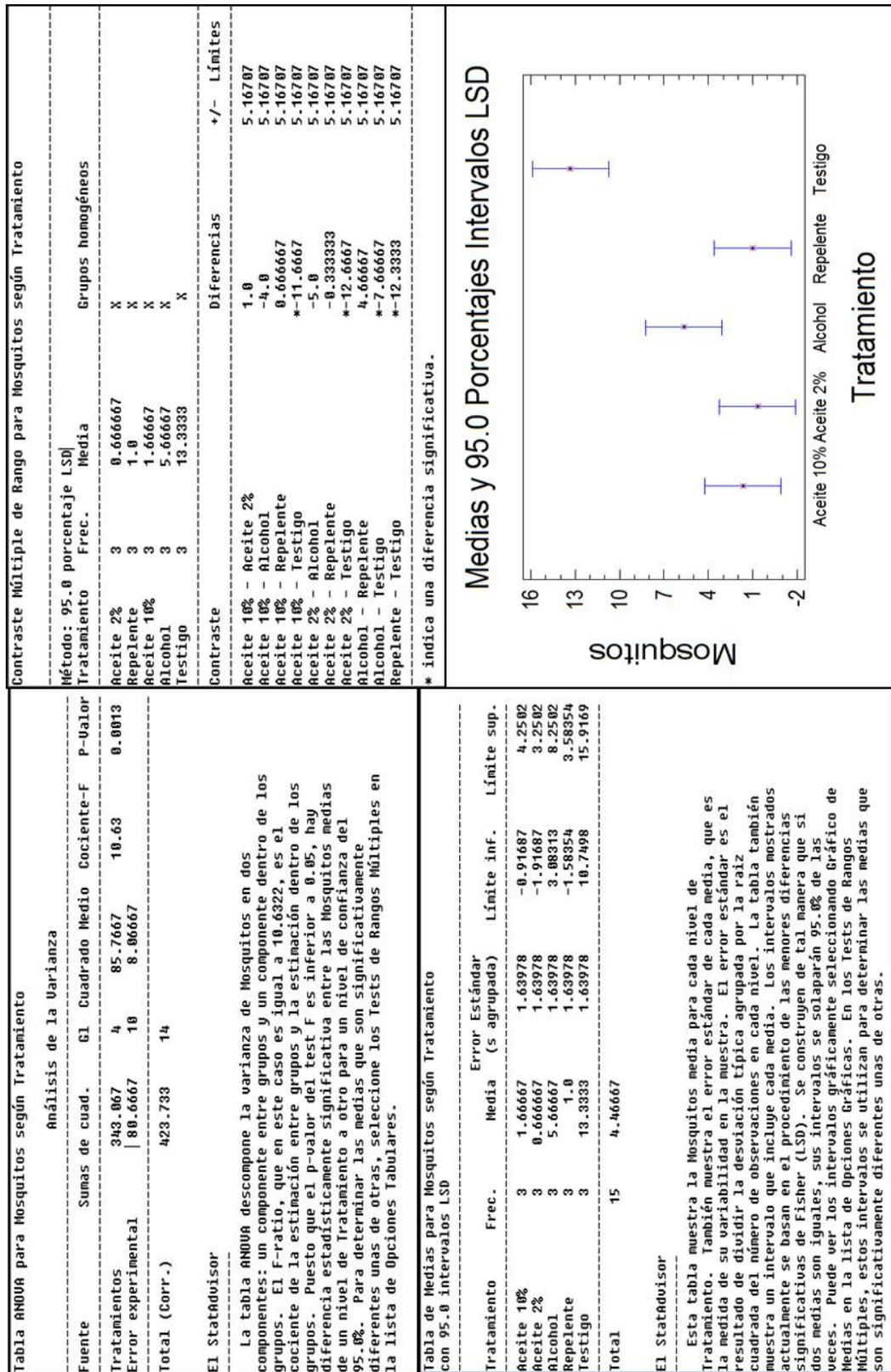


Figura 2. Análisis de varianza, Tabla de medias, Contraste múltiple de rangos y Gráfico de medias para pruebas de repelencia en laboratorio con *Aedes aegypti* en STATGRAPHICS Plus Centurion®

Contraste Múltiple de Rango para Mosquitos según Tratamiento

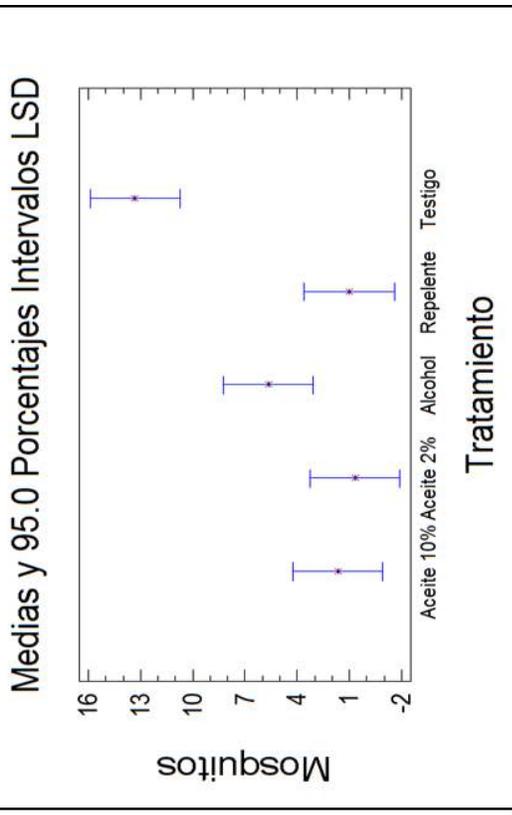
Método: 95.0 porcentaje LSD

Tratamiento	Frec.	Media	Grupos homogéneos
Aceite 2%	3	0.666667	X
Repelente	3	1.0	X
Aceite 10%	3	1.66667	X
Alcohol	3	5.66667	X
Testigo	3	13.3333	X

El StatAdvisor

Contraste	Diferencias	+/- Límites
Aceite 10% - Aceite 2%	1.0	5.16707
Aceite 10% - Alcohol	-4.0	5.16707
Aceite 10% - Repelente	0.666667	5.16707
Aceite 10% - Testigo	*-11.6667	5.16707
Aceite 2% - Alcohol	-5.0	5.16707
Aceite 2% - Repelente	-0.333333	5.16707
Aceite 2% - Testigo	*-12.6667	5.16707
Alcohol - Repelente	4.66667	5.16707
Alcohol - Testigo	*-7.66667	5.16707
Repelente - Testigo	*-12.3333	5.16707

* indica una diferencia significativa.



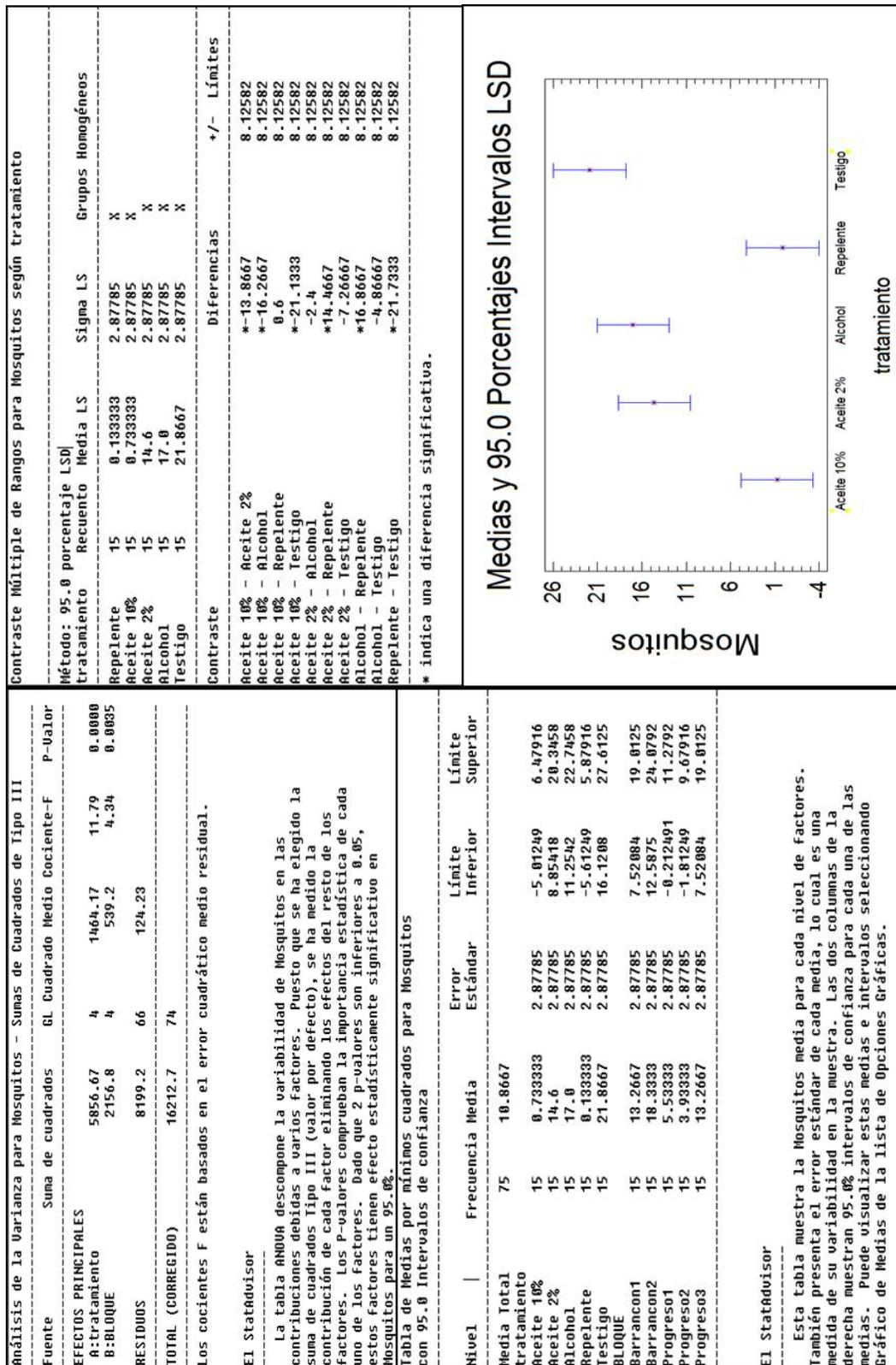


Figura 3. Análisis de varianza, Tabla de Medias, Contraste Múltiple de Rangos y Gráfico de Medias para pruebas en campo con *Anopheles* en STATGRAPHICS Plus Centurion® Intervalo 18.00-19:00.

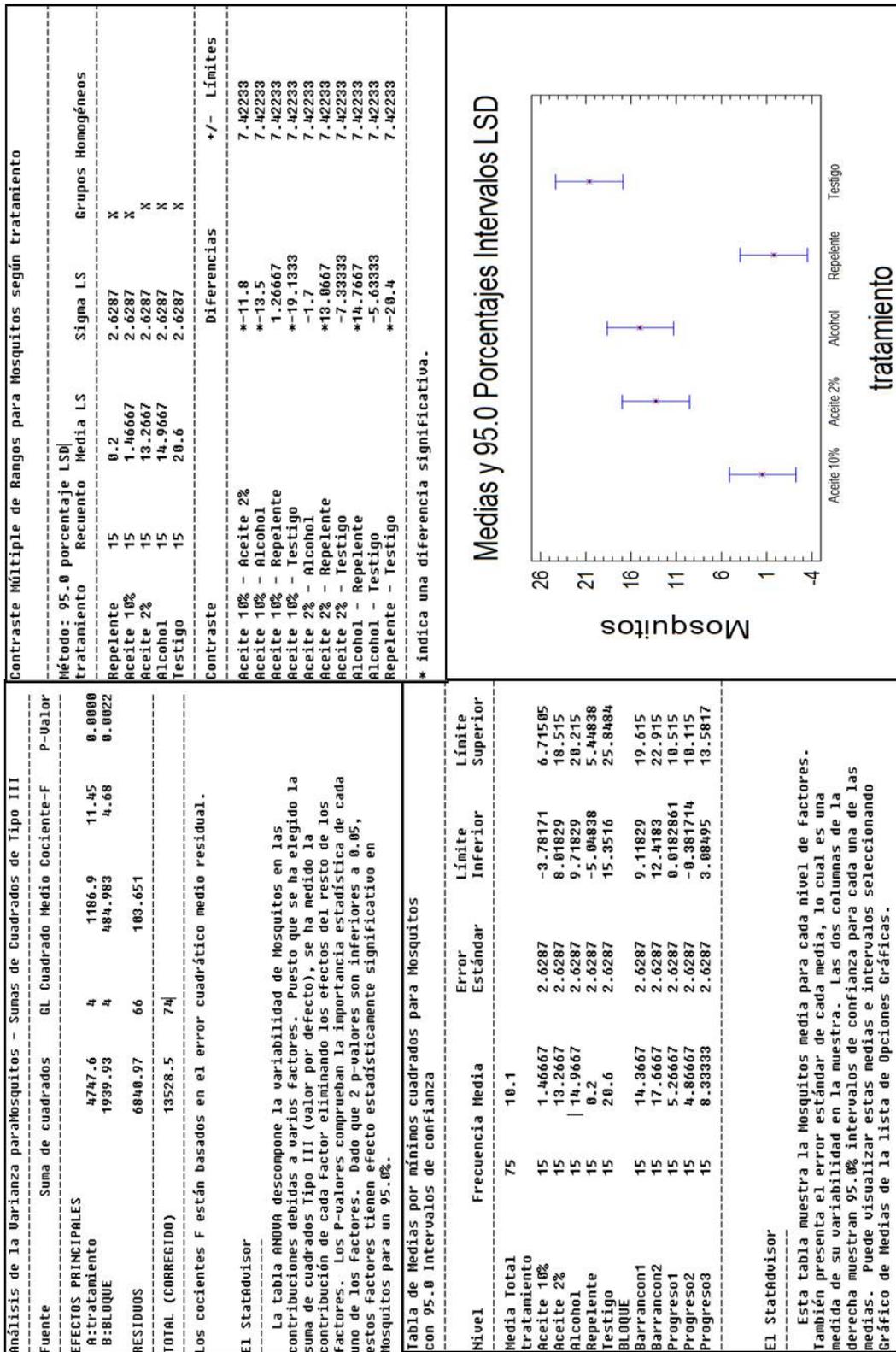


Figura 4. Análisis de varianza, Tabla de Medias, Contraste Múltiple de Rangos y Gráfico de Medias para pruebas en campo con *Anopheles* en STATGRAPHICS Plus Centurion® Intervalo 19:00-20:00

Contraste Múltiple de Rangos para Mosquitos según tratamiento

Método: 95.0 porcentaje LSD

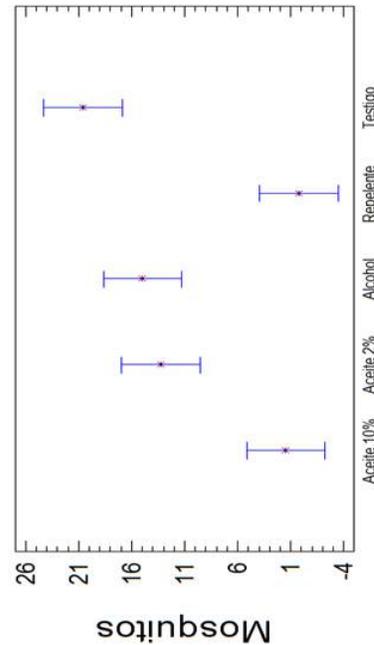
tratamiento	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Repelente	15	0.2	2.6287	X
Aceite 10%	15	1.46667	2.6287	X
Aceite 2%	15	13.26667	2.6287	X
Alcohol	15	14.96667	2.6287	X
Testigo	15	20.6	2.6287	X

Contraste

	Diferencias	+/- Límites
Aceite 10% - Aceite 2%	** -11.8	7.42233
Aceite 10% - Alcohol	** -13.5	7.42233
Aceite 10% - Testigo	1.26667	7.42233
Aceite 2% - Alcohol	** -19.1333	7.42233
Aceite 2% - Repelente	-1.7	7.42233
Aceite 2% - Testigo	*13.0667	7.42233
Alcohol - Repelente	-7.33333	7.42233
Alcohol - Testigo	*14.7667	7.42233
Repelente - Testigo	-5.63333	7.42233
	** -20.4	7.42233

* indica una diferencia significativa.

Medias y 95.0 Porcentajes Intervalos LSD



tratamiento

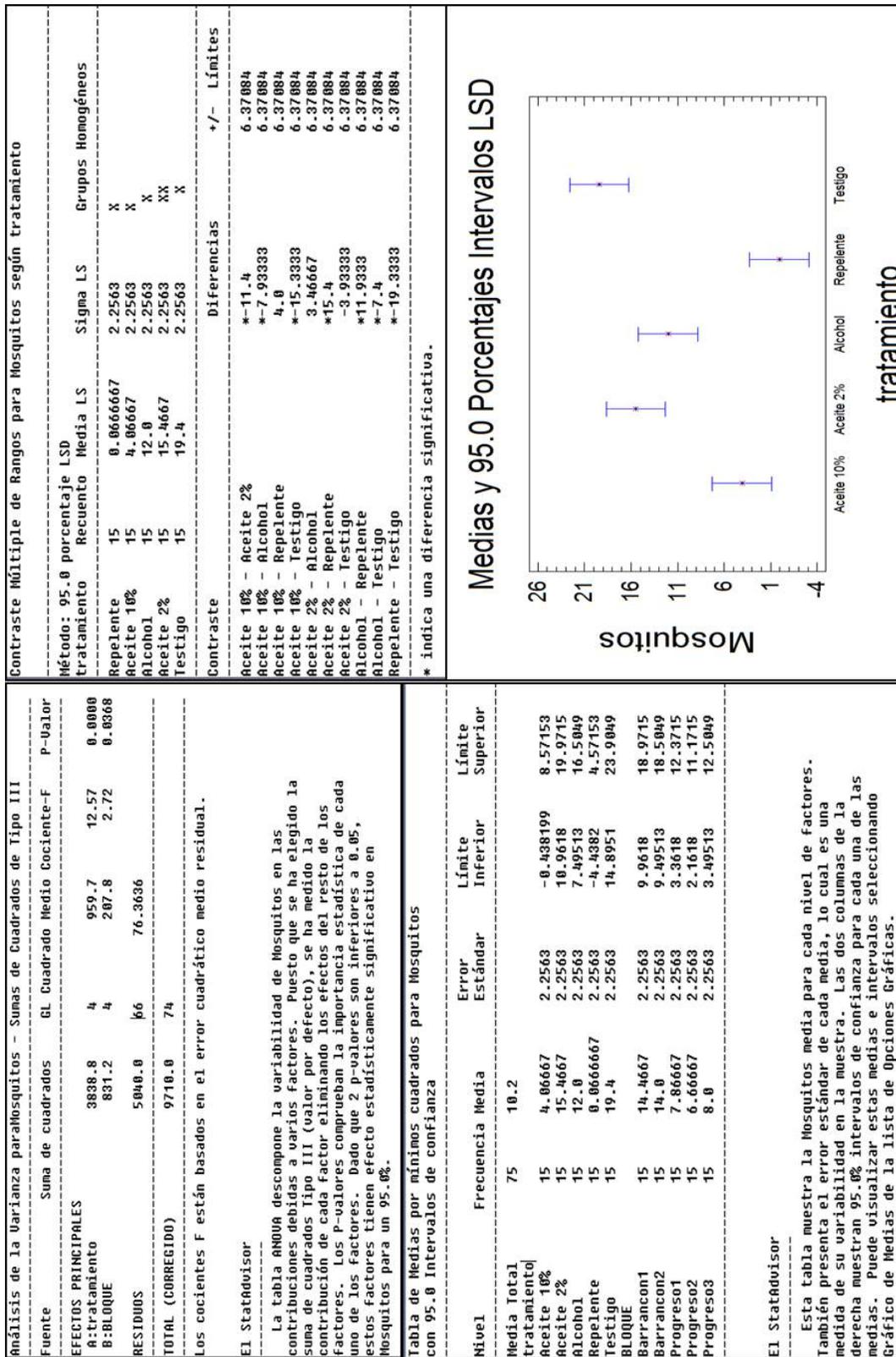


Figura 5. Análisis de varianza, Tabla de Medias, Contraste Múltiple de Rangos y Gráfico de Medias para pruebas en campo con *Anopheles* en STATGRAPHICS Plus Centurion® Intervalo 20:00-21:00

Contraste Múltiple de Rangos para Mosquitos según tratamiento

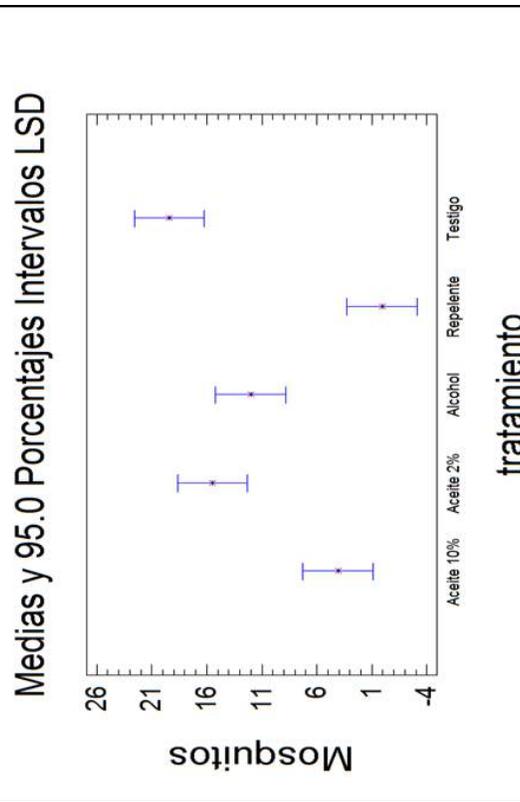
Método: 95.0 porcentaje LSD

tratamiento	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Repelente	15	0.0666667	2.2563	X
Aceite 10%	15	4.06667	2.2563	X
Alcohol	15	12.0	2.2563	X
Aceite 2%	15	15.4667	2.2563	XX
Testigo	15	19.4	2.2563	X

Contraste

Diferencias	+/- Límites
Aceite 10% - Aceite 2%	*-11.4
Aceite 10% - Alcohol	*-7.93333
Aceite 10% - Repelente	4.0
Aceite 10% - Testigo	*-15.3333
Aceite 2% - Alcohol	3.46667
Aceite 2% - Repelente	*15.4
Aceite 2% - Testigo	-3.93333
Alcohol - Repelente	*11.9333
Alcohol - Testigo	*-7.4
Repelente - Testigo	*-19.3333

* indica una diferencia significativa.



Sesión Carteles

Ponencias técnicas tipo cartel

Coordinadora:

Biól. y Soc. Alexandra Pérez Bravo

*Consejo Internacional de Recursos Naturales y Vida
Silvestre AC. México.*



1

Alonso Barrios Trilleras, Ana Milena López Aguirre
Adaptación de especies de *Eucalyptus* bajo diferentes densidades de plantación a
condiciones ambientales del bosque seco tropical en Colombia
Departamento de Ciencias Forestales, Facultad de Ingeniería Forestal
Universidad del Tolima
Ibagué, Colombia
abarriost@ut.edu.co

Introducción

Eucalyptus es uno de los géneros más usados en la reforestación comercial a nivel mundial (FAO, 2010). Se estima que existen aproximadamente 700 especies de *Eucalyptus* en su mayoría originarias de Australia (Ipinza et al., 2014). En Colombia, se ha documentado el empleo de al menos seis especies utilizadas de manera frecuente por los reforestadores del país (Borralho y Nieto, 2012). Los *Eucalyptus*, por sus múltiples variantes de especies e híbridos, representan una evidente alternativa para la reforestación debido a sus altas tasas de crecimiento y sus rotaciones cortas, además de su capacidad de adaptarse en sitios con condiciones medioambientales restrictivas (ENCE, 2009). Sin embargo, existe una alta incertidumbre en la selección de las especies a plantar, así como sus productividades potenciales y la capacidad para la recuperación de zonas degradadas. El proceso de identificación y selección de especies promisorias ha sido desde siempre uno de los más importantes tópicos en los programas de reforestación comercial y de restauración (Sotolongo et al., 2012). La elección de la especie a plantar depende de una serie de factores entre los cuales los más importantes son el objetivo de producción y las características de los sitios a reforestar, principalmente clima y suelo, además de la interacción con las técnicas silviculturales empleadas (Binkley, 1999). Entre las decisiones silvícolas más relevantes en la definición de sistemas productivos forestales esta la determinación de la densidad de siembra que maximice el crecimiento diamétrico de los árboles y el rendimiento volumétrico (Muñoz et al., 2011; Guerra-Bugueño et al., 2014). En este contexto el presente estudio plantea la evaluación de diez especies de *Eucalyptus* bajo diferentes densidades iniciales de siembra, desarrollándose en las condiciones edafo-climáticas de la cuenca Alta del río Magdalena, Colombia, como alternativa productiva para zonas marginales para la producción forestal y como estrategia para la recuperación del bosque seco tropical.

Materiales y métodos

El área de estudio está ubicada en la zona plana del valle del río Grande de la Magdalena, en el municipio de Armero Guayabal, en las coordenadas de latitud Norte 5° 0'57.19" y Oeste 74°54'26.96". La altura sobre el nivel del mar oscila entre 275 a 550 metros. Esta zona presenta una temperatura media anual de 28.2°C, una precipitación media anual de 1791.2 mm y una humedad relativa del 71%, que la clasifica como zona de vida: bosque seco tropical (bs-T) según Holdridge (Rodríguez et al., 2011). El ensayo fue instalado en mayo de 2017 con plántulas de *E. citriodora*, *E. robusta*, *E. urophylla*, *E. camaldulensis* (procedencia Brasil y Colombia), *E. grandis*, *E. tereticornis* (procedencia Brasil y Colombia), *E. brassiana*, *E. pellita* (procedencia Brasil y Colombia), *E. exserta* producidas en el vivero de la Universidad del Tolima.

El diseño experimental empleado corresponde a bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas (Montgomery, 2010). El arreglo de los tratamientos contempla dos factores: especie (doce niveles) y distanciamiento de plantación (tres niveles). Un análisis de varianza fue realizado a través de Statistical Analysis System (SAS) (SAS Institute Inc., 2009). Las variables de interés evaluadas incluyeron sobrevivencia, diámetro, altura, diámetro de copa, área basal y volumen. Para determinar diferencias entre tratamientos, se realizaron comparaciones múltiples utilizando el test de Tukey (Montgomery, 2010).

Resultados y discusión

Después de un año de monitoreo del ensayo el análisis de varianza realizado indica que no existe un efecto significativo del espaciamento sobre la sobrevivencia, el diámetro, altura y diámetro de copa. Sin embargo, el espaciamento afecto significativamente la producción en área basal y volumen (Tabla 1). Contrariamente, la especie presenta un efecto significativo sobre todas las variables evaluadas. El análisis también aporta evidencia para descartar la interacción entre los tratamientos de distanciamiento de plantación y especie (D*E).

Tabla 1. Análisis de varianza para los efectos principales e interactivos de distanciamiento y especie.

Fuente	GL	Sobrevivencia	Diámetro	Altura	Diámetro de copa	Área basal	Volumen
Bloque (B)	1	0.08 ^{ns}	2.63 ^{ns}	0.06 ^{ns}	7.63 [*]	1.49 ^{ns}	0.76 ^{ns}
Distanciamiento (D)	2	3.05 ^{ns}	0.94 ^{ns}	0.21 ^{ns}	1.28 ^{ns}	18.58 ^{***}	11.13 ^{**}
B*D	2	1.14 ^{ns}	0.38 ^{ns}	0.32 ^{ns}	0.39 ^{ns}	0.36 ^{ns}	0.53 ^{ns}
Especie (E)	11	2.78 [*]	9.29 ^{***}	5.73 ^{***}	11.07 ^{***}	9.36 ^{***}	7.96 ^{***}
D*E	22	1.17 ^{ns}	0.72 ^{ns}	1.04 ^{ns}	1.44 ^{ns}	0.88 ^{ns}	0.79 ^{ns}

***: significativo a $P < 0.0001$, **: significativo a $P < 0.01$, *: significativo a $P < 0.05$, ^{ns}: no significativo.

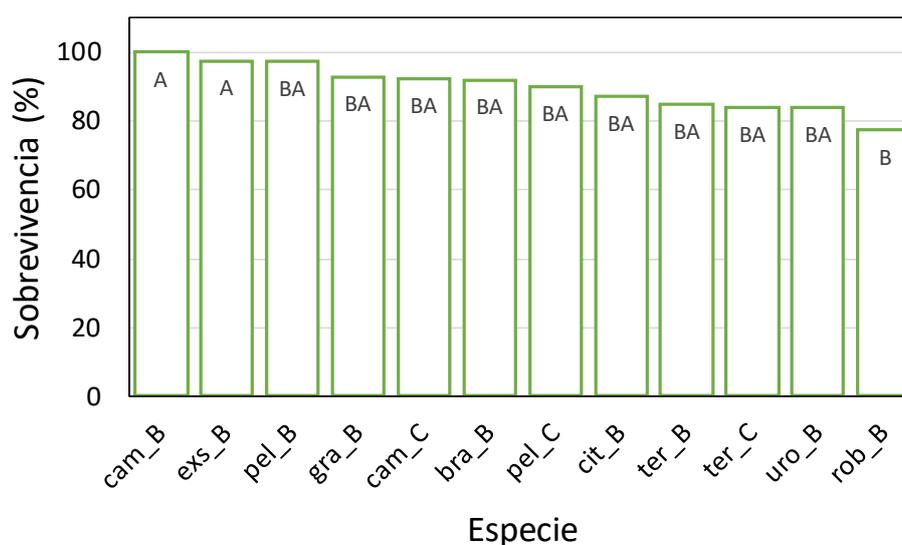


Figura 1. Sobrevivencia de especies de *Eucalyptus* a los 12 meses de edad. Medias con letras diferentes son significativamente diferentes ($\alpha = 0.05$).

La evaluación de la supervivencia del ensayo mostró que las especies han presentado buena adaptación a las condiciones medioambientales con tasas de supervivencia entre 77 al 100% (Figura 1). Destacándose las especies *E. camaldulensis*, *E. exserta*, *E. pellita*, *E. grandis* y *E. brassiana* con sobrevivencias superiores a 90%.

E. camaldulensis, *E. urophylla*, *E. grandis*, y *E. pellita* con valores entre 4.0 y 5.8 m³ ha⁻¹ son las especies que han mostrado mayores tasas de crecimiento en volumen (Figura 2). Estas especies proceden de fuentes semilleras de Brasil. Los volúmenes obtenidos en el presente estudio duplican los valores reportados por Restrepo y Alviar (2010) para *E. grandis* en Colombia, donde se reportó una producción de volumen de 2.4 m³ ha⁻¹ durante el primer año de edad.

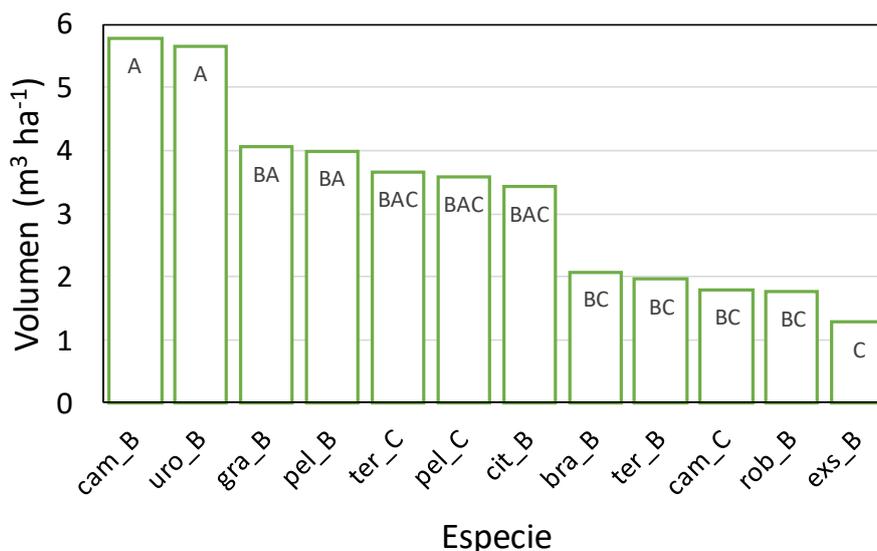


Figura 2. Volumen por hectárea para especies de *Eucalyptus* a los 12 meses de edad. Medias con letras diferentes son significativamente diferentes ($\alpha = 0.05$).

El distanciamiento de plantación afectó significativamente el área basal y volumen. Los distanciamientos de 3 m x 2 m y de 3 m x 2.5 m presentaron mejores resultados en términos de producción de volumen y estos fueron significativamente mejores que el distanciamiento de 3 m x 3 m (Figura 3). Similar a estos resultados, Caterina (2017) evaluó el efecto de diferentes espaciamentos en el crecimiento de clones de *E. grandis* x *E. urophylla* en Brasil. El autor reporta que un espaciamento de 3.0 m x 1.9 m produjo los promedios más altos en las tasas de crecimiento individual y en los valores medios de los volúmenes observados con y sin corteza. Hernández (1993) investigó el efecto de diferentes densidades de siembra sobre el crecimiento de *E. tereticornis* en Colombia, concluyendo que una densidad inicial de 2222 plantas por hectárea bajo un espaciamento de 3.0 m x 1.5 m permite obtener los mayores rendimientos en volumen (230 m³ ha⁻¹) a la edad de siete años. En zonas con déficit hídricos, la disponibilidad de agua puede ser una seria limitación para el crecimiento de los árboles, lo cual implica que las densidades deben ser bajas (Stape, 2002). En áreas de Brasil donde las sequias son comunes, densidades iniciales de 1600 a 2500 árboles ha⁻¹, pueden decrecer hasta 900 árboles ha⁻¹ a los 7 años (Goncalves et al., 1997).

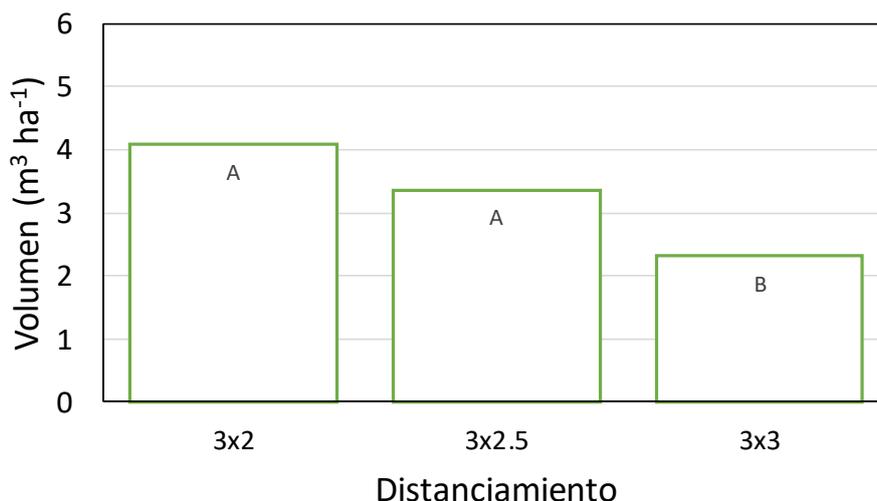


Figura 3. Efecto del distanciamiento de siembra sobre el volumen por hectárea de especies de *Eucalyptus* a los 12 meses de edad. Medias con letras diferentes son significativamente diferentes ($\alpha = 0.05$).

Conclusiones

Los resultados obtenidos han permitido identificar especies de *Eucalyptus* como *E. camaldulensis*, *E. urophylla*, *E. grandis*, y *E. pellita* las cuales son promisorias para los programas de restauración y de producción para zonas áridas y secas del interior de Colombia. Las especies de mejor comportamiento proceden de fuentes semilleras de Brasil. Distanciamientos de plantación de 3 m x 2 m y 3 m x 2.5 m maximizan la producción de volumen para las especies evaluadas.

Literatura citada

- Binkley, C. 1999. Forestry in the next millennium: Challenges and opportunities for the USDA Forest Service. Resources for the future. Discussion Paper, 99-15.
- Borralho, N., Nieto, V.M. 2012. *Eucalyptus* para la Orinoquia: Retos y oportunidades. Revista el Mueble y la Madera, 75, 26-33.
- Caterina, G.L. 2017. Curvas de crecimiento de *Eucalyptus spp* em plantios de diferentes espaçamentos. Tese doutorado Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp, Botucatu. 82 p.
- ENCE, S. A. (2009). Sustainable forest management and *Eucalyptus*. Grupo Empresarial ENCE S.A., Madrid.
- FAO. 2010. Evaluación de los recursos forestales mundiales. Estudio FAO 163. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma. 346 p.
- Goncalves, J.L.M., Barros, N.F., Nambiar, E.K.S., Novais, R.F. 1997. Soil and stand management for short-rotation plantations. In: Nambiar, E.K.S., Brown, A.G. (Eds.), Management of Soil, Water, and Nutrients in Tropical Plantation Forests. ACIAR Monograph 43, Canberra, pp. 379-418.
- Guerra-Bugueño, E., Célis-Mosqueira, F., Moreno-García, N. 2014. Efecto de la densidad de plantación en la rentabilidad de plantaciones de *Eucalyptus globulus*. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 20(1): 21-31.
- Hernández, R. 1993. Evaluación del efecto de la densidad en el crecimiento del *Eucalyptus tereticornis* en la costa atlántica Colombia. Tesis Ingeniería Forestal.

- Medellín, Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia. 101 p.
- Ipinza, R., Barros, S., Gutiérrez, B., Borralho, N. 2014. Mejoramiento genético de Eucaliptos en Chile. Instituto Forestal. Santiago de Chile. 488 p.
- Montgomery, D. 2010. Diseño y análisis de experimentos. 2ª edición. Limusa Wiley. México. 700 p.
- Muñoz, H., Orozco, G., Coria, V.M., García, J., Muñoz, Y., Cruz, S. 2011. Evaluación de *Pinus pseudostrobus* Lindl. y *Pinus greggii* Engelm. con dos densidades de plantación en Michoacán, México. *Foresta Veracruzana*, 13 (1): 29-35.
- Restrepo, C., Alviar, M. 2010. Tasa de descuento y rotación forestal: el caso del *Eucalyptus saligna*. *Lecturas de Economía*, 73: 149-164.
- Rodriguez, J., Urueña, E., Borralho, N. 2011. Mejoramiento de semillas para incrementar las plantaciones de teca (*Tectona grandis* L.F.) y melina (*Gmelina arborea* Roxb.) en el departamento del Tolima. Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal-CONIF – Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural-MADR. Bogotá D.C. 80 p.
- Sotolongo, R., Geada, G., Cobas, M. 2012. Mejoramiento genético forestal. En internet:http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/training_material/docs/Mejoramiento%20Genetico%20Forestal.pdf. Consultado 9 de abril de 2018.
- Stape, J.L. 2002. Production ecology of clonal *Eucalyptus* plantations in northeastern Brazil. PhD thesis. Colorado State University, USA, 225 p.
- Statistical Analysis System Institute Inc. (SAS). 2009. User's Guide 2a ed. Version 9.2 for Windows. Cary, NC, USA. 7869 p.

2

APLICACIÓN DEL MODELO HIDROLÓGICO PARA LA EVALUACIÓN DE SUELO Y AGUA PARA LA CONSERVACIÓN DE LA MICROCUENCA EL CAJÓN UBICADA EN TONALÁ JALISCO

Juan Francisco Mercado Arias¹, Aída Alejandra Guerrero de León¹, Belkis Coromoto Sulbarán Rangel¹, María Azucena Arellano Avelar¹ y Rosana Hamerly²

¹ Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Tonalá, Departamento de Estudios del Agua y la Energía. Guadalajara, México.

² Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas. Santa Fe, Argentina.

Palabras clave: modelos hidrológicos, conservación, balance hídrico, evaluación de suelo

Introducción

El presente trabajo nace del interés de realizar un balance hídrico en la presa El Cajón en Tonalá, Jalisco. El objetivo principal es comparar los volúmenes almacenados en el embalse en un periodo de 10 años esto mediante la metodología de un balance de masas para conocer las entradas, salidas y variaciones en el sistema.

Para conocer los componentes del balance de masas se utilizó el modelo SWAT que es un software de modelamiento hidrológico semidistribuido, de generación continua, diseñado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos y la Universidad de Texas (Arnold et al., 1998).

Modelo de Balance hídrico

El balance hídrico está basado en el principio de conservación de masas, también conocido como ecuación de continuidad. Dicho de otra forma, es el volumen inicial que durante un periodo de tiempo mostrará variaciones por las entradas y las salidas, el resultado se verá reflejado en el volumen de agua almacenado (UNESCO, 2006). Entendiéndose así que el balance está determinado por almacenamientos y flujos de agua.

La fórmula más sencilla para realizar un balance hídrico es la siguiente:

$$dv/ dt = E- S$$

Donde V es el volumen, (E) es igual a las entradas, menos las salidas (S) de agua para un intervalo de tiempo (t) específico, en un sitio determinado.

Para estimar la variación de los volúmenes almacenados en un reservorio es necesario conocer el volumen inicial menos el volumen final en un periodo de

tiempo. Las variaciones del volumen se determinan por los ingresos de agua como: la lluvia que cae sobre la superficie del reservorio y el agua que escurre proveniente de cuencas aguas arriba, menos las salidas como el agua que sale del reservorio a consecuencia de la evaporación y la que escurre por el vertedero si existe exceso en el reservorio. Se puede expresar con la siguiente fórmula:

$$V_{\text{inicial}} + P + Q_{\text{in}} - EV - Q_{\text{ver}} = V_{\text{final}}$$

Donde (v_{inicial}) es el volumen del reservorio al inicio del periodo de análisis, (P) es la precipitación, (Q_{in}) caudal de ingreso de cuencas aguas arriba, (EV) la evaporación del embalse y (Q_{ver}) el caudal que sale del vertedero, para obtener (V_{final}) al término del periodo de estudio, todas estas variables deben de estar en unidades homogéneas.

Descripción de fenómenos que participan en el balance hídrico

Precipitación: Es la entrada principal al sistema, es la cantidad de agua que cae sobre la superficie en cualquiera de sus formas (lluvia, nieve, rocío, etc.). La precipitación puede ser almacenada en distintas formas, como en las zonas donde existe cobertura vegetal donde se le conoce como intercepción, que es la cantidad de agua que la vegetación es capaz de retener inicialmente, otra es la cantidad de agua que llega directamente a la superficie de suelo, que viene siendo la cantidad de agua almacenada sobre el terreno del suelo hasta concentrarse ya sea para formar escurrimiento o almacenarse en alguna parte del terreno donde las características son más impermeables.

Evaporación: se le denomina al cambio de estado de líquido a gaseoso en las superficies libres de agua, esto desde un punto de vista hidrológico y comprende la cantidad de agua que se evapora desde los almacenamientos por intercepción y superficial también denominados evaporación de superficies libres de agua.

Se le denomina **Evapotranspiración** cuando el agua que se almacena en el suelo junto con la que es absorbida por las raíces de la vegetación y después es transpirada a través de las estomas. La evapotranspiración se divide en Evapotranspiración potencial (ETP) y Evapotranspiración real (ETR), la primera se describe como la máxima evapotranspiración posible con las condiciones idóneas, cuando el suelo está abundantemente provisto de agua y la cobertura vegetal es completa, mientras que la evapotranspiración real ocurre bajo condiciones reales, la cantidad de agua disponible no se encuentra en saturación y la cobertura vegetal puede no ser total.

Infiltración: se le denomina así a la cantidad de agua que percola desde la superficie hacia el interior del suelo.

Escurrecimiento: Este fenómeno se origina cuando la precipitación supera a la capacidad de infiltración, así se forma el escurrimiento superficial.

SWAT

El SWAT (The Soil and Water Assessment Tool) es un modelo de simulación que opera a paso de tiempo diario. El modelo trabaja a nivel cuenca permitiendo simular la producción de agua y sedimento, así como el impacto que tienen las prácticas agronómicas en la calidad del agua, por el uso de pesticidas y fertilizantes (Arnold et al. 1998).

SWAT permite simular los procesos físicos del ciclo hidrológico, a escala diaria, mensual y anual con base en un balance hídrico. El modelo divide la cuenca en subcuencas a partir de la topografía, a fin de mejorar la exactitud de los cálculos. Consecutivamente las subcuencas son divididas en unidades de respuesta hidrológicas (HRU) obtenidas por la integración de los diferentes componentes: tipo suelo, uso de suelo y pendiente. De esta manera los cálculos asociados a la simulación hidrológica son más precisos y proporcionan una mejor descripción física de los procesos implicados (FAN, 2015).

La simulación se divide en dos fases: la fase Terrestre del Ciclo Hidrológico: controla la cantidad de agua, sedimentos, las cargas de nutrientes y de pesticidas transportados hacia el canal principal por cada subcuenca y la fase: Enrutamiento del agua, que caracteriza el movimiento del agua y sedimentos a través de la red de drenaje hasta la descarga de la cuenca.

La información requerida por el modelo son principalmente tres archivos ráster: uno es el modelo digital de elevación (DEM) que nos permitirá definir las áreas de aportación a la cuenca, segundo es el ráster tipo de suelo donde encontramos la distribución y clasificación de los suelos, la clasificación debe coincidir con la base de datos que está configurada para uso exclusivo en Estados Unidos contenida en SWAT pero se puede descargar una base de datos de suelo global con escala 1:500000 de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el último ráster es el de uso de suelo y cobertura vegetal, se clasifican conforme a una base de datos de SWAT, considerando los comportamientos hidrológicos similares.

Por último, serían los datos climáticos, SWAT requiere datos climático diarios de entrada de precipitación, temperatura máxima y mínima, radiación solar, humedad relativa, y velocidad del viento, los datos pueden ser de estaciones meteorológicas o generados por un motor climático incluido en el modelo, se generan con una base de datos de estaciones meteorológicas del CFSR_World distribuidas en todo el mundo y es compatible con ArcSWAT.

Metodología

El área de estudio se localiza en la región centro del estado de Jalisco, pertenece al municipio de Tonalá que colinda al norte con el municipio de Guadalajara y al este con los municipios de Zapotlanejo y Juanacatlán, se encuentra entre las

coordenadas geográficas 20° 33' 47.23" latitud norte y 103° 13' 35.89" longitud oeste y se ubica dentro de la cuenca Rio Santiago-Guadalajara.

La presa El Cajón se destina para la captación de aguas pluviales, mismas que se aprovechan como abrevadero y uso piscícola en el poblado de Jauja. La presa consta de una cortina flexible homogénea de tierra, con una longitud en planta de 700 m. y un ancho de corona de 6 m. Su obra de excedencias es de descarga libre.

La metodología empleada se fundamenta en la aplicación del modelo SWAT 2012 (USDA) en la interface ArcSwat en un ambiente ArcGis 10.3 con la finalidad de considerar los procesos hidrológicos que participan en la presa El cajón y de esta manera estimar los volúmenes almacenados en el reservorio.

Los datos de entrada para la implementación de modelo se dividen de la siguiente manera: Topografía, Uso de Suelo, Tipo de Suelo y Datos Climáticos.

Topografía: Lo primero que se realizó fue la delimitación de la cuenca con ARCSWAT derivado de un DEM con resolución de 30 metros obtenida del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2010) siendo esta la información oficial disponible de la zona de estudio. Los resultados obtenidos de la delimitación no eran convincentes debido a que en ciertas secciones de la cuenca la línea divisora presentaba cortes demasiado abruptos posiblemente por la calidad y resolución del DEM. Para realizar una verificación se utilizaron otras dos fuentes de información, imágenes SRTM (Seamless Shuttle Radar Topography Mission) descargadas de la página <https://earthexplorer.usgs.gov/> con resolución de 30 metros y con unidades verticales en metros, del año 2014 y también de la página <https://www.asf.alaska.edu/> imágenes ALOS (Advanced Land Observing Satellite) con resolución de 12.5 metros (m) del año 2010, todo esto con la intención de comparar la delimitación de la cuenca con imágenes de diferente resolución, finalmente se terminó usando las imagen ALOS al ser las que presentaban mayor detalle y delimitaban mejor la cuenca al ser de características llanas según lo observado en el DEM .

Una vez adoptados los límites de cuenca se prosigue a generar las HRU, que forma parte de la preparación del modelo, se inició con la clasificación de las pendientes con el DEM previamente utilizado en la delimitación de la cuenca. Se clasificaron las pendientes en 4 grupos: pendientes menores a 3%, entre 3 y 5 %, entre 5 y 10 % y por último mayores a 10 %. Estos rangos fueron elegidos para discriminar mejor las menores pendientes, por las características de la cuenca donde la mayor proporción corresponde a zonas llanas.

Usos de suelo: Se cargaron los datos del uso de suelo obtenidos del Conjunto de datos vectoriales de uso del suelo y vegetación, escala 1:250000 serie V (INEGI,2013), dentro de la zona se encuentran cuatro tipos de uso de suelo: Agricultura, Zona Urbana, Agua y Pastizal, la clasificación coincide con la base de datos del SWAT donde toma a consideración la respuesta de la cobertura vegetal a los diferentes procesos hidrológicos simulados por el modelo.

Tipo de suelo: Los datos ingresados para este apartado fue la información obtenida del Conjunto de Datos Edafológico Vectorial Escala 1:250,000 Serie II (INEGI,

2007), dentro de la cuenca se identificaron 4 tipos de suelo que posteriormente se reclasificaron según la base de datos SWAT, considerando las características y propiedades del suelo.

Las HRU generadas corresponderán a las áreas de una misma subcuenca representado homogeneidad con las características de la topografía, uso de suelo y tipo de suelo, el mismo software arroja un reporte de las HRU donde se puede observar datos de área y el porcentaje de área que cubre en la subcuenca. Para el presente estudio se obtuvieron 214 HRU de las 34 subcuencas generadas en la delimitación y el reservorio pertenece la subcuenca 24.

Una vez generados los HRU se prosigue con la incorporación de **datos climáticos**, fue una de las etapas más complicadas de la modelación, por la problemática de poca disponibilidad de datos en la zona y al no tener una estación meteorológica dentro de la misma. Lo que se optó por hacer fue utilizar un motor climático con nombre WGEN (Richardson, 1984) por su sigla en inglés (Weather Generator) que genera datos de precipitación diaria, temperatura máxima y mínima, radiación solar, velocidad del viento y humedad relativa que son las variables que necesita el modelo para ser ejecutado, los datos se generan con distintos modelos empíricos con una base global de las estaciones meteorológicas y a través de un modelo de simulación Montecarlo con cadenas de Márkov. La cadena de Márkov se usa para definir el día como húmedo o seco, cuando se genera un día húmedo, se utiliza una distribución sesgada o una distribución exponencial para generar la cantidad de precipitación (Neitsch et al. 2005).

Una vez hecho la anterior solo queda iniciar con la modelación. La simulación para este estudio se ejecutó en un paso de tiempo mensual para un periodo de 10 años (2000-2009), la selección del periodo fue en base a los datos disponibles.

Una vez ejecuta la simulación, el programa arroja los resultados del balance hídrico para los años de simulación en un paso de tiempo mensual o diario según la elección previa, así como un resumen de los datos totales de la simulación para el conjunto de la cuenca.

El balance hídrico del reservorio fue realizado para el periodo (2000-209), un aspecto importante a destacar es que el modelo nos permite observar el comportamiento de las variables en el transcurso del tiempo bajo distintos escenarios tanto presentes como atreves de los años, también nos ayuda a caracterizar el componente del balance hídrico que influye más sobre los volúmenes del embalse, dicho de otra forma conocemos la cantidad de agua y salida que entra a nuestro sistema de análisis en este caso el embalse pero el modelo nos permite hacerlo también para la cuenca en general.

El conocimiento de las variaciones de los volúmenes de un reservorio en un periodo de análisis nos aporta en la toma de decisiones para un correcto manejo integral de agua nos dan la pauta para conocer de qué manera disponer de esa agua y para qué va a ser utilizada y no hablamos solamente para disponer del recurso hídrico para consumo ya que en el caso de la presa del Cajón podría decirse que es de uso

no consuntivo, pero tiene aportes en el ámbito ambiental y nos permite tomar medidas para tener un ambiente sano.

Bibliografía

Arnold, J.G., Srinivasan, R., Muttiah, R.S., Williams, J.R., 1998. Large area hydrologic modeling and assessment part I: model development. *Journal of American Water Resources Association*. 34 (1), 73–89.

Fundación Amigos de la Naturaleza. (2015). Disponibilidad Hídrica y Demanda de Agua en la Cuenca Pirai: Situación Actual y Escenario de Cambio Climático. Modelación Hidrológica en SWAT y WEAP. Bolivia.

INEGI. Conjunto de Datos Vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación Serie V Escala 1:250 000, 2013.

INEGI. Conjunto de Datos Vectoriales edafológicos Serie II Escala 1:250 000, 2007.

INEGI. Información Topográfica Digital Escala 1:250 000, 2010.

Mikhail A. Semenov, Roger J. Brooks, Elaine M. Barrow. Richardson (1998). Comparison of the WGEN and LARS-WG stochastic weather generators for diverse climates. *CLIMATE RESEARCH*. Vol. 10: 95–107.

UNESCO, 2006. Evaluación de los Recursos Hídricos. Elaboración del balance hídrico integral por cuencas hidrográficas. Documentos Técnicos del PHI-LAC, N°4.

VICH, A.J.I., 1996. Aguas Continentales. Formas y procesos. Departamento de Geografía, Fac. F. y L., U.N. Cuyo - IANIGLA (CONICET), 1882 pp.

Software

ArcSWAT, United States Department of Agriculture (USDA): Disponible en <https://swat.tamu.edu/software/arcsWat/>

3

COMPARACIÓN DE DESTILADOR SOLAR ACTIVO Y PASIVO PARA SU USO EN LA PURIFICACIÓN DE AGUA

Q.F.B. Diego Armando Alvarado Camacho, Dr. en C. Hiram Hernández, Dr. en C. Raúl Adrián Martínez Orozco y Dr. en C. Lázaro Canizales Dávalos. Unidad Académica de Ciencias Químicas, UAZ. Campus UAZ Siglo XXI. Zacatecas, Zacatecas, México.

OBJETIVO: Generar un destilador solar que permita eficientar el proceso de obtención de agua potable, como método alternativo de las energías renovables.

INTRODUCCION: La contaminación del agua puede representar un foco de epidemias y enfermedades crónicas en México, dicha actividad es un problema grave ya que existen diversos cuerpos de agua clasificados como fuertemente contaminados. [1] Debido a esta situación es que en la actualidad existen diversos dispositivos para llevar a cabo el tratamiento del agua no potable.[2] Sin embargo, estos aparatos, tienen una serie de desventajas que los convierten en no amigables con el medio ambiente. [2] [3] En este sentido se ha indagado en aras de elaborar equipos que sean más seguros al ambiente y de menor costo, como resultado surgen los denominados destiladores solares, sin embargo, en México no hay un interés generalizado de utilizar dichos dispositivos, por lo que actualmente es necesario elaborar más proyectos de esta índole. [2, 4]

RESULTADOS: Se construyó un destilador pasivo (Figura.1), en el que se realizó un monitoreo de temperatura/tiempo (Figura.2.1 y 2.2), volumen de destilación y medición de conductividad (Tabla.1). Los resultados obtenidos hablando del volumen de destilado fueron de 100 ml, la temperatura máxima alcanzada fue de 53°C y calidad del agua evaluada mediante conductividad ronda valores de 500 a 700 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Una vez que se llevó a cabo un análisis los resultados anteriores, se optó por realizar un destilador solar activo, en el que se permita enfocar la radiación para incrementar la temperatura a 150°C, así como la elaboración de un concentrador metálico que permita cubrir las deficiencias de volumen de destilado y calidad del agua.



Figura.1. Imagen del destilador pasivo elaborado, para su posterior evaluación

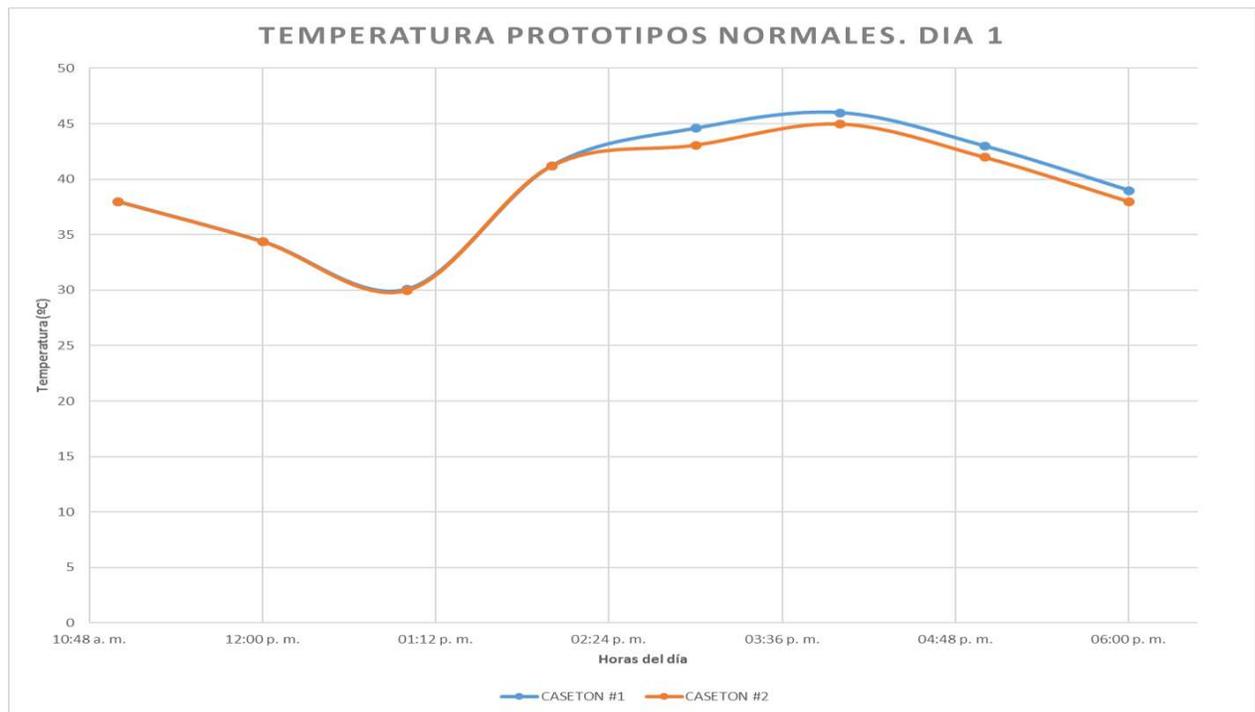


Figura.2.1. Seguimiento temperatura casetón a diferentes tiempos

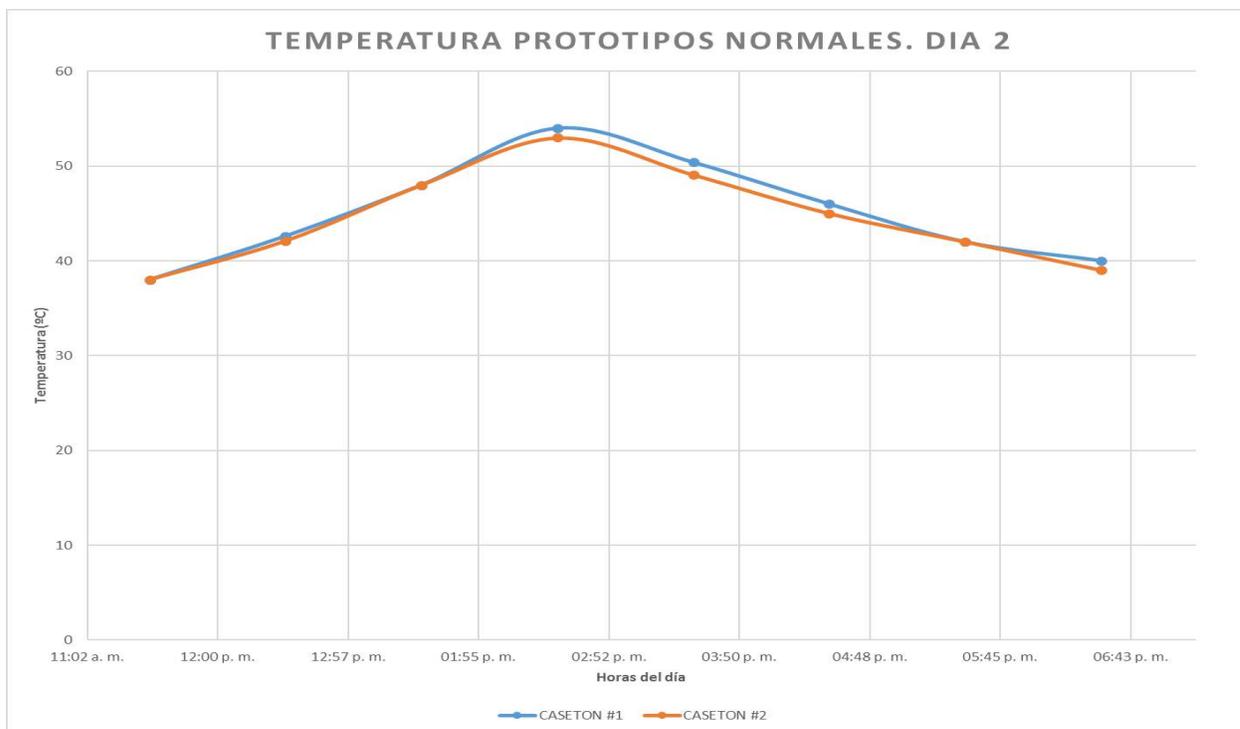


Figura.2.2. Seguimiento temperatura casetón a diferentes tiempos

➤ Muestras del destilado (prototipo #2)	➤ 574.366 $\mu\text{S/cm}$	➤ 509.658 $\mu\text{S/cm}$
➤ Muestras del destilado (prototipo #1)	➤ 695.991 $\mu\text{S/cm}$	➤ 697.947 $\mu\text{S/cm}$
➤ Residuos destilados (prototipo #2)	➤ 41.30 $\mu\text{S/cm}$	➤ 26.44 $\mu\text{S/cm}$
➤ Residuos destilados (prototipo #1)	➤ 50.70 $\mu\text{S/cm}$	➤ 60.10 $\mu\text{S/cm}$

Tabla.1. Valores de conductividad obtenidos por los prototipos (Normales)

RESULTADOS (PROTOTIPO #3): Se construyó un destilador solar activo (Figura.5), en el que se realizó un monitoreo de temperatura interna/tiempo (Figura.3.1, 3.2 y 3.3) y evaluación de la eficiencia (sin carga) (Figura.4), para ver

cómo es su funcionamiento, algunos datos basados en gráficos se muestran enseguida:

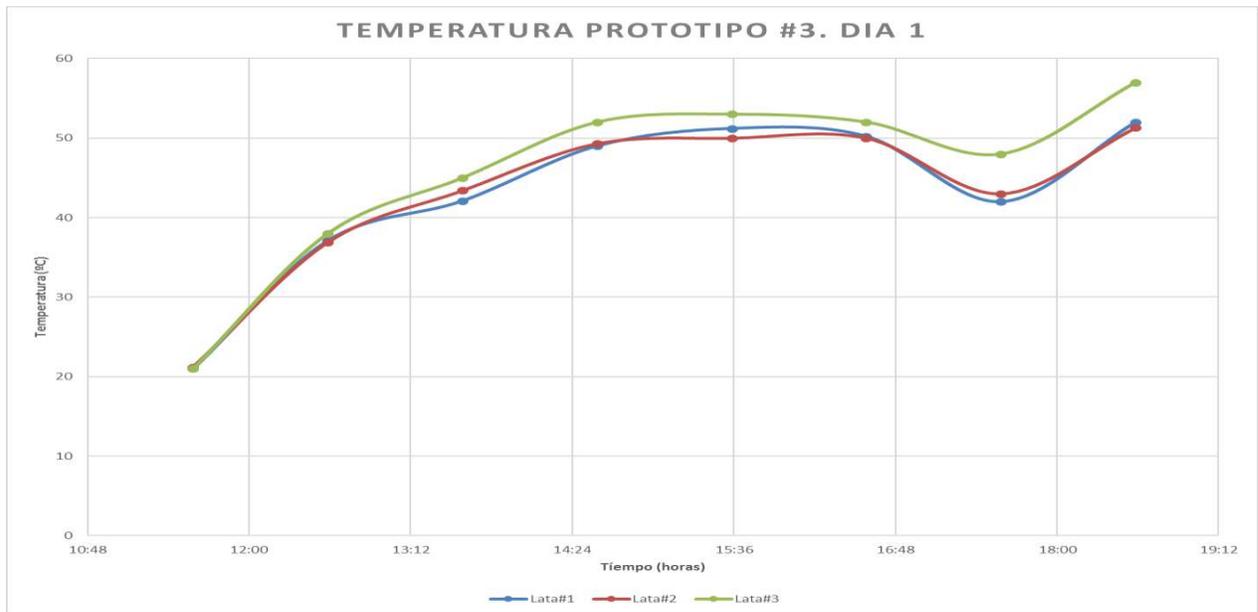


Figura.3.1. Seguimiento de temperatura a diferentes tiempos (prototipo #3)

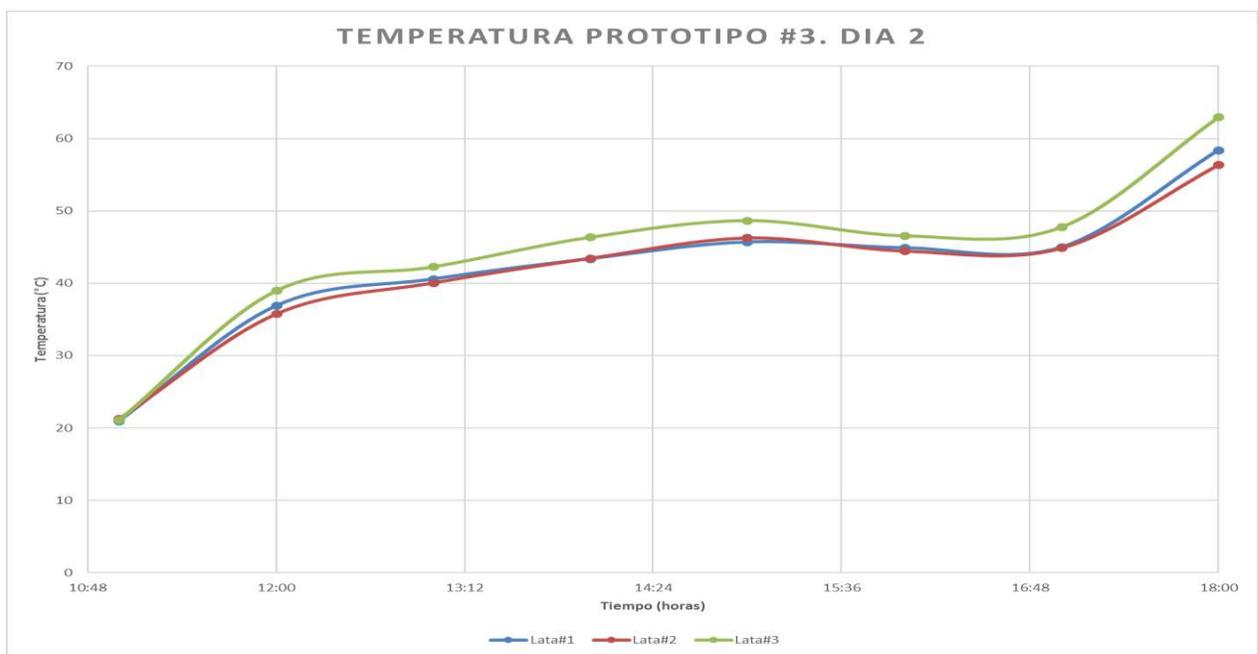


Figura.3.2. Seguimiento de temperatura a diferentes tiempos (prototipo #3)

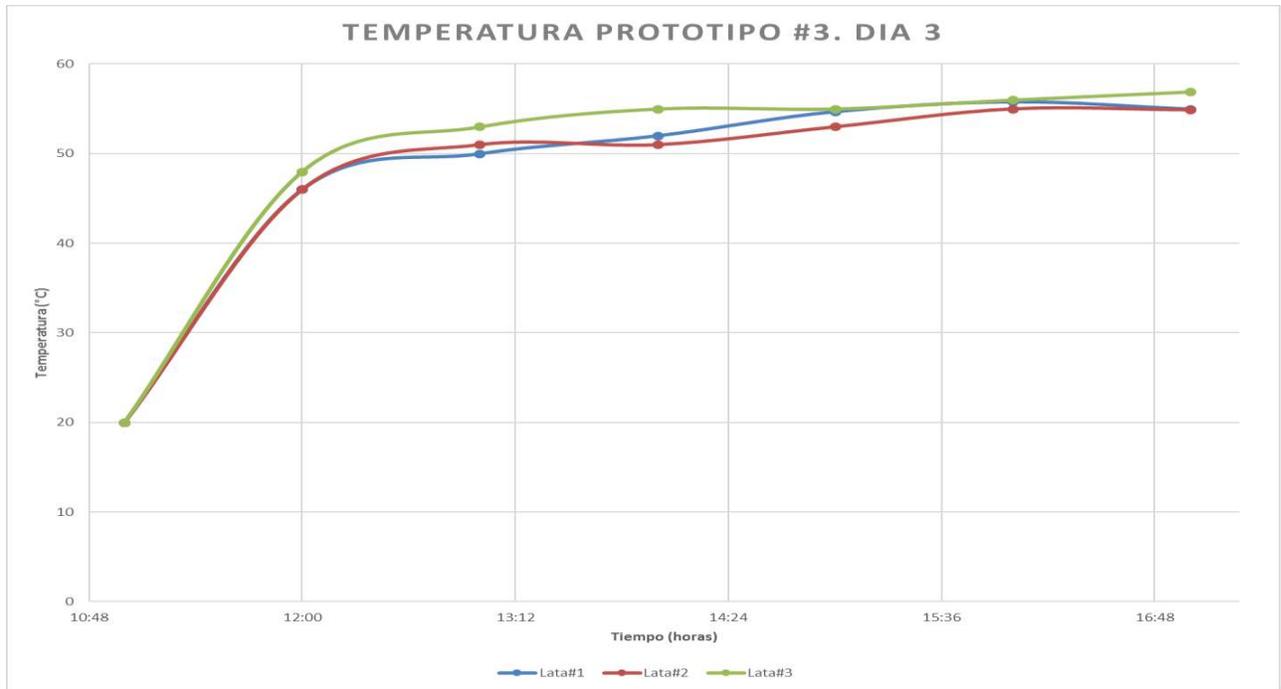


Figura.3.3. Seguimiento de temperatura a diferentes tiempos (prototipo #3)

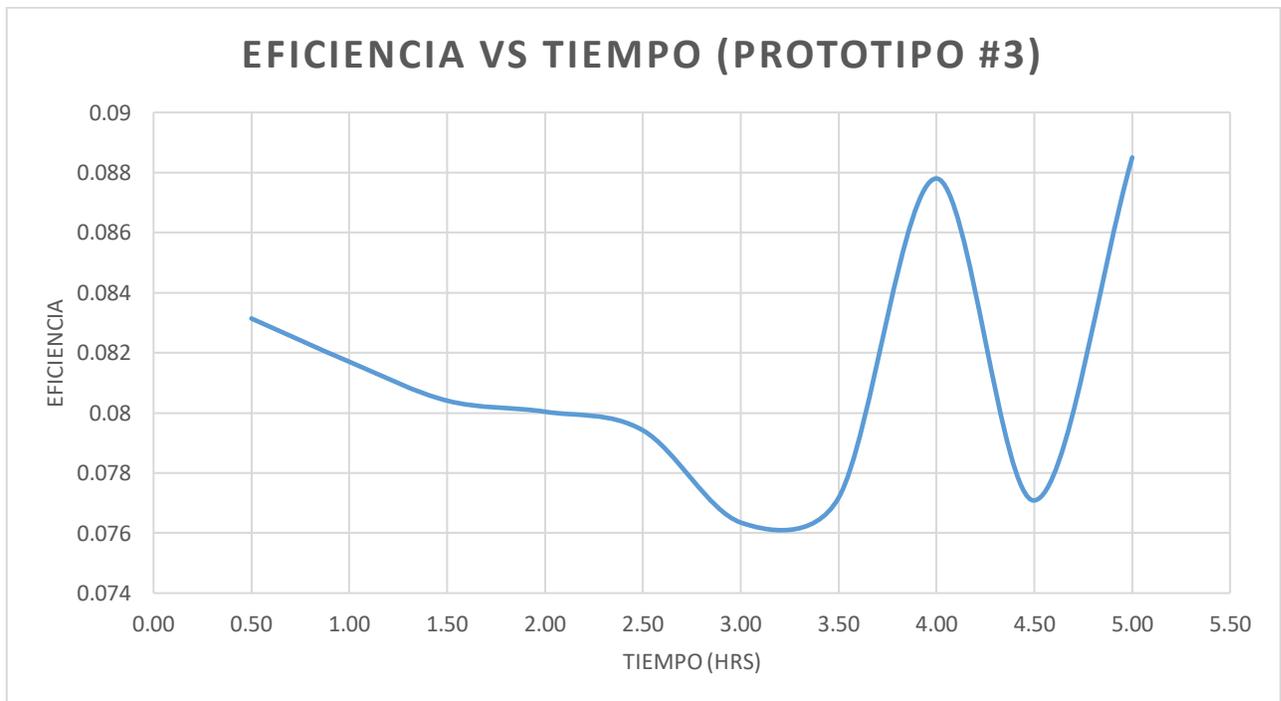


Figura.4. Evaluación de la eficiencia vs tiempo



Figura.5. Prototipo elaborado con espejos para un mayor aprovechamiento de la radiación solar

CONCLUSIONES: Los prototipos elaborados inicialmente muestran resultados bajos hablando de temperatura alcanzada por el equipo, por lo que, indirectamente se verán afectados otros parámetros como son volumen de destilado y valores de conductividad. Entonces bien con las mejoras hechas al prototipo se ha logrado aumentar la temperatura del dispositivo, por lo tanto, esperamos obtener un buen volumen de destilado, así como valores de conductividad cercanos a los del agua potable.

REFERENCIAS:

1. SEMARNAT/CONAGUA, *Diagnostico del agua perspectivas a futuro. Para 2030*. 2011.
2. Castillo Téllez, M., *Análisis teórico-experimental de un destilador solar de doble caseta con convección forzada* 2013.
3. Mendoza, L.H., *Métodos para purificar agua*. 2004.
4. Figueroa, O.G.V.e.I.P., *Aplicaciones térmicas de la energía solar en los sectores residencial, servicios e industrial*. 2017.

4

Raúl Crespi, Marino Pugliese, Fabricio Salusso, Cristina Soler, Rita Pereyra, Esteban Zupan, Eduardo Soler, Diego Ramos, Fabián Venier y Gastón Pautasso

DESARROLLO TECNOLÓGICO PARA EL TRATAMIENTO Y REUTILIZACIÓN DE EFLUENTES URBANOS

Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC)

Facultad de Agronomía, Facultad de Ingeniería y Facultad de Ciencias Exactas
Río Cuarto, Córdoba, República Argentina

Resumen

Desde el año 2009 se trabaja en la UNRC en una planta piloto con tecnologías no convencionales de bajo costo con el objetivo de evaluar diferentes alternativas para el manejo de los efluentes urbanos. El tratamiento se realizó mediante lagunas facultativas, humedales artificiales, filtros verdes, destilador solar y sistema de biodigestión; mientras que la reutilización se enfocó en la producción vegetal bajo riego de: colza, soja, eucalipto, repollo, brócoli, ajo y coliflor; mientras que los lodos se emplearon para la generación de energía térmica y biofertilizantes. La carga del influente en coliformes totales (CT) y fecales (CF) fue: 2.4×10^7 y 1.5×10^6 NMP/100 mL respectivamente. La remoción en las lagunas de NT, PT, DBO₅, CT y CF fue: 32 %, 49 %, 78 %, 98.3 % y 99.9 % respectivamente; en los humedales la mayor eliminación de DQO y DBO₅, se obtuvo con la menor cobertura de plantas y el mayor tiempo de residencia hidráulico (TRH), siendo la remoción de CT mayor a 96 %; con la destilación solar, se produce la eliminación de 100 % de CT, CF y SD. La producción de biogás promedio fue de $0.141 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1} \text{ m}^{-3}$ de biodigestor. Los rendimientos máximos de colza y soja fueron: 3222 y 7911 Kg ha⁻¹ con una eficiencia en el uso del agua de 0.67 y 1.36 Kg m⁻³ respectivamente. El mayor rendimiento de ajo fue: 19086 Kg ha⁻¹ con aportes de 54 Kg ha⁻¹ y 37 K ha⁻¹ de NT y PT respectivamente a través del bioabono. Las pellas frescas de brócoli del cultivar Green pía, manifestaron la mayor respuesta con 16.4 Tn ha⁻¹. En 8 meses -para una densidad de 2667 eucaliptos ha⁻¹-, el área basimétrica se incrementó en 8.61 m². Este desarrollo tecnológico demostró ser adecuado, convirtiendo un desperdicio que en principio es un contaminante, en un recurso económico que permite a su vez, proteger a los recursos naturales y generar fuentes de trabajo.

Palabras clave: planta piloto, efluentes urbanos, contaminación, tratamiento, reutilización.

Introducción

Para usar racionalmente los recursos sin comprometer el bienestar de las próximas generaciones, es preciso proyectar y trabajar atendiendo el concepto de “sustentabilidad del sistema” (Hansen, 1996), analizando de qué manera los ecosistemas y las actividades inherentes a los mismos, deben estar relacionadas con un principio de justicia intergeneracional e intrageneracional para lograr una mejor calidad de vida; de esta manera, se pretende alcanzar un importante objetivo que resulta de compatibilizar el uso de los recursos naturales con el manejo de los mismos, en donde la disminución de la contaminación, debe ser un

compromiso inexcusable de todos los países del mundo. Crespi Bosshardt y Pugliese Stevenazzi, 2017, informaron que la conservación de los recursos naturales y la biodiversidad de especies, han pasado a ocupar el primer plano en la agenda de muchos políticos del mundo que toman este tema con la debida responsabilidad, pues se sienten motivados con todos los beneficios que para el bien público esto trae aparejado.

En el caso particular del recurso natural agua, es sabido que el hombre la utiliza no solo para su consumo, sino también para desarrollar múltiples actividades y como producto de cada una de ellas, se generan desechos que se conducen en cierta dirección usando el agua como vehículo, identificando a este tipo de aguas de calidad marginal -en forma general- como aguas residuales (Crespi et al, 2009).

En este contexto, Vojtěchovská Šrámková et al. (2018), sostienen que las tecnologías modernas en el tratamiento de aguas residuales pueden producir efluentes de alta calidad, por lo tanto, el agua residual es ahora considerada un producto valioso y adecuado para su reutilización, lo que asienten Wielemaker et al (2018) expresando que esta es una forma de metabolismo circular que está ganando impulso como medida para mejorar la administración del recurso hídrico destinado a la agricultura urbana en ciertos municipios como Rotterdam (Holanda), donde se ha logrado autosuficiencia en el aporte de fósforo a los vegetales y minimizado la entrega de nitrógeno y materia orgánica; en consecuencia, es importante la implementación de distintas metodologías para la depuración de las aguas residuales urbanas hasta el límite técnico-económico que posibilite su reutilización, pues resulta ser una alternativa válida, generando las bases para desarrollarse en un mundo ambientalmente correcto, socialmente justo y económicamente viable, toda vez que se comprenda que los efluentes constituyen “un recurso” y no “un desperdicio”. Este es el enfoque holístico que realmente se le debe dar al concepto para la correcta comprensión del desarrollo sustentable (De Gisi et al., 2017; Sinakou et al., 2018), a la vez que es preciso el uso de indicadores de sustentabilidad para cuantificar hacia donde se mueve el fenómeno en un mundo donde ha tomado predominancia la urbanización y se ha convertido en uno de los problemas más importantes que definen la relación humana con el ecosistema (Verma and Raghubanshi, 2018). Este aporte del agua de calidad marginal toma mayor importancia aún, en ciertos países como Marruecos en que su economía depende básicamente de los cultivos bajo riego y las fuentes tradicionales de agua se han visto últimamente disminuidas por la falta de políticas de gestión a nivel institucional y la poca sensibilidad de los usuarios, incluidos los agricultores en el manejo del agua (El Moussaoui et al., 2017).

A tal efecto, es preciso asumir una Gestión Sostenible del Ciclo del Agua en relación con el crecimiento económico de una región, de una provincia o de un país y saber que los problemas ambientales y sociales no pueden y no deben ser considerados en forma aislada, sino que requieren una visión integrada para responder a tres incógnitas básicas (Crites y Thobanoglous, 2004): -¿Dónde ubicar el exceso de oferta de efluentes urbanos? -¿Qué metodologías de depuración se implementarán? y -¿Cuáles serán las mejores alternativas para la reutilización de las aguas residuales tratadas?.

Los sistemas de depuración de aguas residuales consisten en un conjunto de procesos físicos, químicos y/o biológicos que tratan de minimizar la carga de contaminantes del influente. Para ello existen diferentes clasificaciones y usando el criterio según intensidad del proceso de tratamiento, los sistemas pueden emplear tecnologías “duras” (Langergraber et al., 2018) a base de hierro y cemento que significan altos costos fijos y variables dados por el gran consumo energético que la operación de este tipo de plantas requiere, alejándose de la sustentabilidad y contaminando el ambiente con la emisión de gases de efecto invernadero, aunque según Zenga et al., 2017 -después de evaluar el comportamiento de 1079 plantas de saneamiento en China- en cierta manera pueden controlarse incrementando la eficiencia del proceso de depuración. Este tipo de plantas (Hernández et al., 1996) con estructuras como lechos percoladores, sedimentadores primarios y secundarios, lodos activados, contactores biológicos rotativos etc. consumen grandes cantidades de energía y consecuentemente son generadoras de contaminantes ambientales, así la demanda de electricidad para esta actividad en Alemania e Italia es aproximadamente 1% de la energía total de cada país (Reinders et al., 2012; Molinos-Senante et al., 2018) o tecnologías “blandas” (Crespi et al., 2012, Salgot and Montserrat Folch, 2018; Park et al., 2018), como la que opera en la planta pilotode la UNRC, por ser de bajo costo, razonabilidad de su instalación en América, empleo de mano de obra poco especializada y mayor peso ecológico relativo, implementando diferentes tecnologías como: lagunas facultativas (Crespi, 2014), humedales artificiales (Sirianuntapiboon et al., 2006; Ponzi et al., 2014), filtros verdes (Pereyra et al., 2017), destilador solar (Venier et al., 2014) y biodigestores (Crespi et al., 2012).

La población mundial se estima en aproximadamente 7500 millones de habitantes, de los cuales, 50 % no tiene acceso a agua segura para beber (Bouwer, 1994); 1250 millones de personas se enferman cada año por consumir aguas contaminadas y 15 millones mueren anualmente por esta causa, siendo el 80 % niños. La Organización Mundial de la Salud estima que en 2004, más de tres de cada 1000 niños indios menores de cinco años de edad murieron por esta causa (Do et al., 2018) y a pesar del “progreso” que se vive en la actualidad, más de 2400 millones de personas todavía tienen instalaciones de saneamiento inadecuadas (WHO, 2016); se trata pues, de un recurso hídrico vulnerable, que presenta una estrecha frontera entre la salud y la enfermedad, por lo cual sin lugar a dudas, uno de los principales problemas con que se enfrentará la humanidad en este siglo, es el manejo de los efluentes urbanos. A partir de 2005 China ha decidido invertir U\$S 483 billones en la construcción de nuevas plantas de tratamiento y en la compra de equipamientos (Xu, 2003). En tal sentido, Chiu et al., 2018, plantearon la necesidad de medir, monitorear y reportar el progreso hacia un desarrollo sustentable de ciertos desafíos como el cambio climático, los recursos naturales y la contaminación. Orozco Barrenetxea et al., 2008 y Smith et al., 2018, informaron que la cantidad total de aguas residuales tratadas en las ciudades chinas casi se triplicó entre 2007 (17.0 billones de m³ tratados) y 2015 (46.7 billones de m³ tratados) mientras que la energía eléctrica utilizada fue 0.230 y 0.299 KWh m⁻³ respectivamente.

Papa et al., 2017, realizaron una encuesta a gran escala (más de 600 plantas en Europa) planteándose la pregunta “¿Qué tan lejos estamos de cerrar el ciclo de recuperación de recursos en el manejo de las aguas residuales?”, a sabiendas que luego del tratamiento quedaba una gran disponibilidad de materia y energía, concluyendo que más del 60 % de las plantas no realiza ningún tipo de recuperación por lo cual, Italia se encuentra bastante distante de hablar de un criterio de sostenibilidad.

Este equipo de investigación considera que tratar las aguas residuales y luego volcarles a un curso natural, no está mal en cuanto al impacto ambiental, pero lisa y llanamente constituye un despropósito desde el punto de vista económico, por eso es preciso cumplir con la segunda parte de la gestión que es la reutilización de los efluentes tratados (Asano, 1991; Metcalf & Eddy, 2000). En la Universidad Nacional de Río Cuarto existen algunos antecedentes en lo que significa la reincorporación de los efluentes al ciclo productivo como son: riego en soja con aguas de diferente calidad (Crespi et al., 2005), riego con efluentes tratados en ajo bajo riego por goteo superficial (Grosso et al., 2004), riego con borboteadores en eucaliptos con agua de distinta procedencia (Pereyra et al., 2017) y en brócoli bajo riego con efluentes por goteo subsuperficial (Del Valle et al., 2017). En Turquía, Bareera and Büyükgüngör (2017), plantean que debido a la rápida urbanización e industrialización y el avance del turismo ha aumentado en gran medida la descarga de aguas residuales y se presenta un nuevo desafío con grandes oportunidades, en lo que significa el potencial de recuperación y reutilización de los efluentes urbanos tratados, siendo un candidato prometedor para conservar las valiosas fuentes de agua dulce. Woltersdorf et al. (2018), agregan que es preciso afianzar un cambio conceptual hacia un verdadero desarrollo sustentable, donde la depuración de los efluentes urbanos juega un papel fundamental en la calidad de vida de la población y evaluar numerosos criterios a los fines de tener información adecuada sobre los beneficios y desafíos de los sistemas de agua y saneamiento en una transición hacia una economía circular que podría crear sinergias significativas para la amplia adopción de la reutilización del agua (Voulvoulis, 2018). No obstante, es preciso saber que una vez que se toma la decisión de poner en marcha proyectos de esta naturaleza (tratamiento + reutilización) hay que ajustarse a ciertas normas de regulación y seguimiento del agua regenerada (García et al., 2006).

Los objetivos fundamentales del presente trabajo consistieron en evaluar distintas alternativas de tratamiento de efluentes urbanos a los fines de reducir el impacto ambiental y planificar su reutilización en diferentes sistemas de producción; al mismo tiempo que valorar la importancia del establecimiento de una Planta Piloto, para no solo “informar” sobre su creación a los distintos sectores de la comunidad, sino también “formar” recursos humanos.

Material y métodos

En el año 2005 se instaló en la Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC) una Planta Piloto de Tratamientos y Reutilización de Efluentes Urbanos para manejar los efluentes cloacales de un complejo habitacional de 208 habitantes (Fig. 1) llamadas las Residencias Estudiantiles Universitarias (REU) ubicado a 33° 07' LS, 64° 14' LO y a 421 m sobre el nivel del mar.



Figura 1. Trabajos previos de interconexión de la red cloacal. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

La recolección del efluente se hizo mediante una red domiciliar que capta directamente los residuos de los baños y “baipaseando” las cámaras sépticas se conduce un caudal de 25000 Ld^{-1} hacia la planta de tratamiento. En primer lugar se realiza el pretratamiento en la cámara receptora (CR) de los efluentes procedentes de las REU, pasando el material a través de un disco perforado y un canasto colector del material grueso de acero inoxidable, luego se conduce hacia un tanque sedimentador de lodos (SL) de 10000 L de capacidad (Fig. 2).

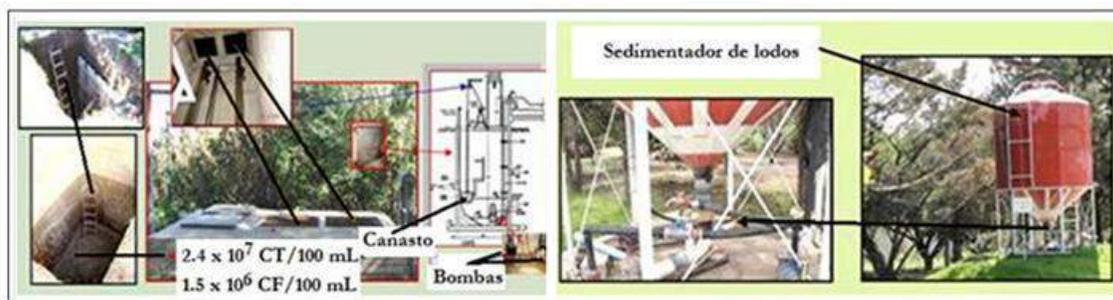


Figura 2. Cámara receptora de los influentes urbanos y sedimentador de lodos. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

A partir de este momento, comienza la primera fase del tratamiento del efluente dividiéndose en dos grandes ramas, la línea de fangos y la línea de aguas. Los barros se van depositando en el fondo y periódicamente son conducidos al sistema de biodigestión (Fig. 3) en que se realizó el tratamiento de los lodos por destrucción de la materia orgánica mediante el proceso biológico de anaerobiosis en un tanque enterrado de 390 L de capacidad, para la carga, se consideró 100 % de lodos urbanos para el lote uno (L1) y los siguientes proceso de codigestión: mezcla de 17 % de lodo, 7 % de césped seco y 76 % de agua residual cruda la mezcla para el lote dos (L2) y 95 % de lodo más 5 % de sorgo en grano para el lote tres (L3); optimizando el funcionamiento del reactor para una relación carbono/nitrógeno (C/N) de 30 y sólidos totales (ST) de 8 %. Cada lote operó en condiciones mesofílicas para un TRH de 28 días. Posteriormente los lodos fueron adicionados como biofertilizantes a distintos cultivos. Sus

características fueron: Cenizas, 62.5 %; Materia orgánica, 37.5 %; Nitrógeno total, 2.15 %; Fósforo total, 1.05 %; Potasio, 0.58 %, Carbono, 22.51 % y C/N, 10.47.



Figura 3. Sistema de biodigestión y aplicación de biosólidos. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Para determinar la calidad física y química del efluente se procedió a realizar el muestreo por medio de la metodología de muestras compuestas (Siñeriz y col., 1999) y las determinaciones respectivas (Tabla 1) fueron realizadas por el Departamento de Química de la UNRC. La carga de patógenos en el influente que se recibió en la cámara receptora fue: 2.4×10^7 NMP/100 mL de CT y 1.5×10^6 NMP/100 mL de CF.



Figura 4. Lagunas facultativas con macrófitas acuáticas. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Cuando el sobrenadante del tanque sedimentador alcanza cierto nivel descarga automáticamente por un sistema de sifonaje hacia una primera laguna (PL) que se conecta a una segunda laguna (SL) contabilizando una capacidad total de 950000 L (Fig. 4), donde se realiza biológicamente el tratamiento secundario con la presencia de macrófitas acuáticas (*Lemna valdiviana*, *Spirodella intermedia*, *Wolffiella oblongata* y *Wolffia brasiliensis*).

Tabla 1. Determinaciones analíticas del efluente domiciliario. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Determinaciones analíticas	Unidades	Valor
Sólidos Sedimentables (10 min)	mg L ⁻¹	0,5
Sólidos Sedimentables (120 min)	mg L ⁻¹	0,8
Sólidos Totales	mg L ⁻¹	842
Sólidos Totales Fijos	mg L ⁻¹	298
Sólidos Totales Volátiles	mg L ⁻¹	544
Sólidos Disueltos Totales	mg L ⁻¹	590
Sólidos Disueltos Fijos	mg L ⁻¹	380
Sólidos Disueltos Volátiles	mg L ⁻¹	210
Sólidos Suspendidos Totales	mg L ⁻¹	252
pH		7,82
Conductividad Eléctrica	dS/m	1,13
Turbiedad	FAU	263,5
Color Verdadero	PtCo APHA	1150
Nitrógeno total	mg L ⁻¹	72,4
Sulfatos	mg L ⁻¹	14,5
Fósforo Total	mg L ⁻¹	3,2
Hierro	mg L ⁻¹	1,3
Litio	mg L ⁻¹	N.D.
Boro	mg L ⁻¹	0,14
Cromo	mg L ⁻¹	0,04
Magnesio	mg L ⁻¹	11,6
Manganeso	mg L ⁻¹	0,08
Níquel	mg L ⁻¹	N.D.
Potasio	mg L ⁻¹	12
Plomo	mg L ⁻¹	N.D.
Selenio	mg L ⁻¹	N.D.
Sodio	mg L ⁻¹	158
Aluminio	mg L ⁻¹	0,99
Arsénico	mg L ⁻¹	0,017
Cadmio	mg L ⁻¹	0,00014
Calcio	mg L ⁻¹	50
Zinc	mg L ⁻¹	0,11
Cobalto	mg L ⁻¹	N.D.
Cobre	mg L ⁻¹	N.D.
Demanda Biológica de Oxígeno	mg L ⁻¹	113
Demanda Química de Oxígeno	mg L ⁻¹	177

En la Fig. 5, se muestra otra línea de investigación puesta en práctica fueron seis humedales artificiales superficiales dispuestos en un diseño al azar con tres repeticiones y trabajando con dos densidades de macrófitas acuáticas, D₁: 50 % y D₂: 100 % para dos caudales: 6 L h⁻¹ y 24 L h⁻¹, que se tradujeron en dos TRH, TRH₁ y TRH₂ para 4 d y 1 d respectivamente (Soler et al., 2018).

En otra línea se dispuso un ensayo de filtros verdes con 120 eucaliptos (*Eucalyptus sp.*) compuesto por 4 especies (*E. viminalis*, *E. globulus*, *E. tereticornis*

y *E. sideroxylon*), mediante un diseño experimental en dos bloques de parcelas completas al azar con tres repeticiones por bloque y cinco árboles por repetición, ocupando una superficie total de 480 m². La lámina de riego aplicada durante el estudio fue de 1382 mm y la precipitación efectiva dentro del dosel fue de 316 mm.

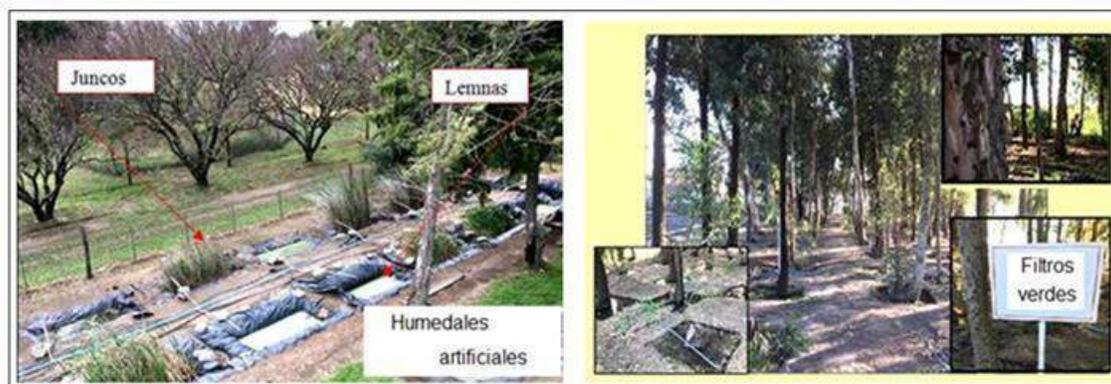


Figura 5. Diseño de humedales artificiales y filtros verdes. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Otra técnica que se utilizó para el tratamiento por medios no convencionales fue usando la energía solar (Marchesi et al., 2006; Venier et al., 2014) a través de un destilador solar de batea simple (Fig. 6). El módulo contiene una batea rectangular de acero inoxidable de 0.001 m de espesor, recubiertas en su parte interior por una manta de PVC de color negro y una cubierta vidriada desmontable.



Figura 6. Tratamiento de aguas residuales con un destilador solar. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

En la fase de reutilización del efluente se sembraron diferentes cultivos: colza (*Brassica napus*), acá se trabajó con riego por goteo enterrado y se efectuaron 20 riegos, aplicando en el ciclo una lámina neta de 224 mm que junto a la precipitación efectiva sumó un total de 480.7 mm. Soja (*Glicine max L.*) (Nidera Semillas, 2001) recibió 520 mm totales, de los cuales 254 mm se aplicaron en 11 riegos mediante un sistema de riego subsuperficial (Crespi, 2003). En estas oleaginosas se utilizó un diseño estadístico factorial en bloques completamente aleatorizados con 8 tratamientos y 7 repeticiones.

En la Fig. 7, se observa la plantación del cultivo de ajo (*Allium sativum*) con un diseño experimental en bloques completos al azar con 5 tratamientos y 4

repeticiones. En el ciclo se aplicaron dos dosis de biosólidos: 25 y 50 Tn ha⁻¹ y 460 mm mediante riego por goteo siendo la precipitación efectiva de 234 mm. El ART utilizada para riego llevó en solución: 98.4 Kg ha⁻¹, 6.64 Kg ha⁻¹ y 51.12 Kg ha⁻¹ de NT, PT y K respectivamente.



Figura 7. Plantación del cultivo de ajo y aplicación de biosólidos. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

En la Fig. 8, se aprecia el cultivo de Brócoli (*Brassica oleracea var. italica*) fueron regados por goteo subsuperficial. Se trasplantaron en un diseño experimental de parcelas divididas, tres cultivares de brócoli Matsuri, Green pia y Almanor y fueron regados con dos calidades de agua: efluentes urbanos tratados (EUT) y agua limpia de perforación (ALP)

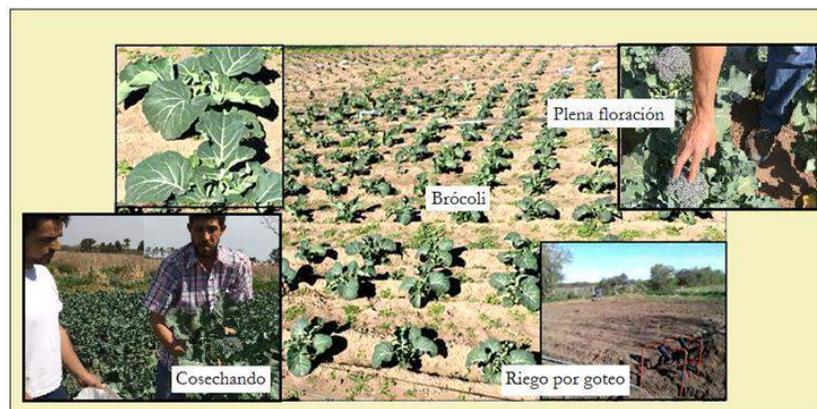


Figura 8. Transplante de brócoli e instalación riego subsuperficial. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Resultados

Cuando se decide proceder a la reutilización de los efluentes para riego, es preciso tener muy en claro lo referente al estudio del recurso hídrico utilizado.

1. Calidad e interpretación del agua de riego

En la Tabla 2, se muestra los resultados producto de la interpretación desde un punto de vista estático del análisis químico del ALP. Se puede considerar que para los cultivos bajo esta experiencia y de acuerdo tanto al nivel de salinidad, sodicidad y toxicidad; no se presenta ningún problema al destinar esta agua para

riego, clasificándola en forma general, como de buena calidad (Hershey, 1993), con un grado de restricción en su uso de ligero a moderado (Montgomery, 1985; Misaghi et al., 2017).

Tabla 2. Resultados del análisis químico del agua limpia para riego. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Determinaciones químicas	Valor
Relación de Adsorción de Sodio (RAS)	0.80
Carbonato Sódico Residual (CSR) en meq L ⁻¹	0.68
Relación de Adsorción de Sodio Ajustada (RASaj)	1.80
Relación de Sodio Ajustada (RNAaj)	0.93
Grado de dureza (° Hidrom. franceses)	11.22
Porcentaje relativo de sodio (%)	25.30
Concentración total de sales (meq L ⁻¹)	6.87
Contenido de sales totales (mg L ⁻¹)	222.72
Presión osmótica (bar)	0.13
Abonado extra por potasio (Kg ha ⁻¹ año ⁻¹)	26.81
Contenido de sodio (mg L ⁻¹)	19.55
Contenido de sulfato (mg L ⁻¹)	16.57
Contenido de cloruro (mg L ⁻¹)	8.51
Contenido de boro (mg L ⁻¹)	0.64
Índice de magnesio	10.71

Respecto al agua residual y observando solo la salinidad, su calidad es regular para riego. Por otro lado, analizando el agente dispersante, se considera un agua de baja peligrosidad sódica ya que el RAS, es 5.22, la RASaj 11.47 y la RNAaj 6.58. En conclusión, atendiendo el comportamiento interactivo del sodio y de las sales, se deduce que la calidad del agua tratada para riego, se encuadra dentro de la categoría de uso restrictivo débil a moderado (Tchobanoglous y Burton, 1991) debiendo tener en cuenta la aplicación de ciertas estrategias de manejo de este tipo de agua (Francois y Maas, 1994; Di Gioia et al., 2018).

Siguiendo la evolución que sufrirá el agua de riego limpia cuando se aplique a este suelo y aun aplicando estrategias deficientes en el manejo, se alcanzarían valores de CE=1.44 dS/m y RAS de 2.37, indicadores que no serían preocupantes. Resulta más delicado cuando se estudia la evolución del agua residual en el suelo, pues si se permite concentrar la solución cuatro veces respecto de la original, se alcanzaría una CE de 3 dS/m, un RAS de 40.52 y un PSI (porcentaje de sodio intercambiable) de 37 habiendo partido de 6. Este planteo traería aparejado serios problemas físico-químico de suelo y es un llamado de atención para corregir la programación del riego.

En relación a la presencia de microorganismos patógenos, algunos autores (Oron y otros, 1999), consideran que cuando se aplica riego subterráneo, podría obviarse totalmente la etapa de desinfección, atendiendo al proceso de edafodepuración; esto coincide con apreciaciones de Contreras y otros (2002), que si bien el principal inconveniente del uso de aguas tratadas, es la presencia de gérmenes patógenos, el sistema de riego por goteo enterrado, reduce la presencia de los mismos en los horizontes superficiales de suelo.

2. Tratamiento del agua residual

Producto del tratamiento mediante las lagunas facultativas, en la Fig. 9, se presenta la remoción de coliformes totales y fecales en distintos puntos de muestreos desde la recepción de los influentes en la cámara receptora (CR), Salida primer laguna (SPL) y Salida segunda laguna (SSL).

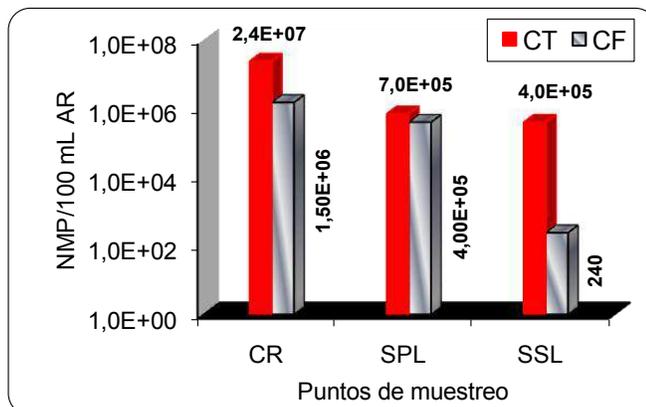


Figura 9. Eliminación de coliformes totales y fecales. UNRC. Río Cuarto. Córdoba. La eliminación de CT y CF fue: 99.3 % y 99.98 % respectivamente.

En la Fig. 10, se puede observar cual es el comportamiento que tiene el tratamiento de aguas residuales en relación a la presencia de diferentes concentraciones de macrom nutrientes y la reducción DBO_5 , todos valores que pensando en la reutilización del efluente entran dentro de la normativa tanto para riego restrictivo como irrestricto (Hussain et al., 2002).

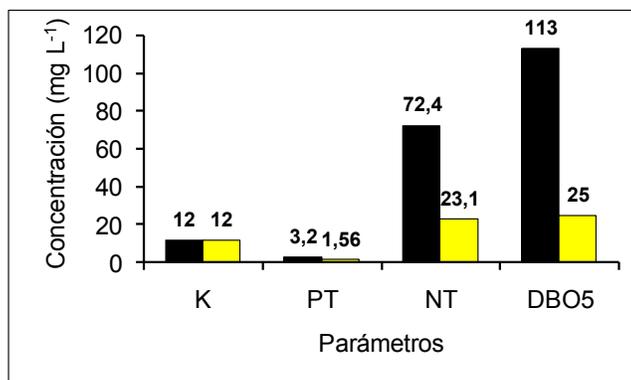


Figura 10. Eliminación de macronutrientes y materia orgánica. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Para el caso de nitrógeno, fósforo y potasio, la remoción fue: 32 %, 49 % y 0 % respectivamente; mientras que para la DBO_5 fue de 78 %.

Los resultados mostrados producto del comportamiento de los humedales artificiales fueron: la menor concentración de DQO y DBO_5 , se obtuvieron con D_1 y TRH_1 , registrándose poca influencia de las variables en la concentración de NT y sólidos suspendidos totales (SST), siendo la respuesta significativa para PT a D_1 independientemente del TRH considerado. Hubo una remoción altamente significativa de CT, independientemente de la densidad y a favor de TRH_1 .

En la Fig. 11, se muestran los promedios alcanzados en cada una de las combinaciones del experimento factorial, con sus desvíos respectivos para las variables que resultaron significativas. Se observa que los humedales con cobertura de plantas al 50 %, tienen mejor rendimiento que aquellos al 100 % para ambos TRH, mostrando mejor desempeño a menor D y mayor TRH.

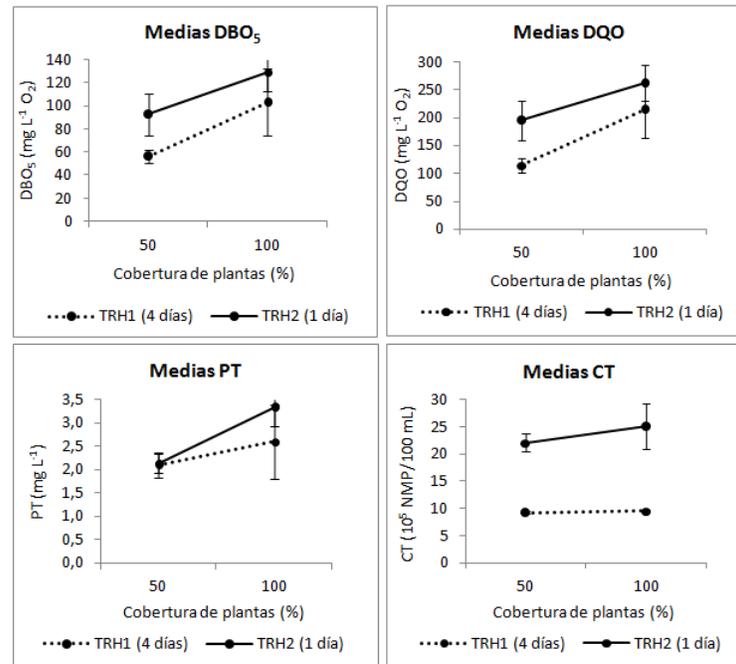


Figura 11. Valores medios alcanzados con los tratamientos combinados en las variables de estudio. UNRC. Río Cuarto. Córdoba

Teniendo en cuenta el proceso de destilación solar, el agua obtenida resultó ser inodora y transparente, con presencia de la mayor parte de los iones disueltos por debajo de las directrices establecidas en el Código Alimentario Argentino y no se observó desarrollo luego del tratamiento de CT, CF y no se registró presencia de *Pseudomona aeruginosa*, amonio y materia orgánica.

En la línea de fangos, se evaluó el comportamiento del sistema de biodigestión arrojando los siguientes resultados: la cantidad de calor requerido por el biodigestor para trabajar en condiciones mesofílicas -asumiendo que el calor específico de lodo es similar al del agua-, fue algo diferente según la época del año; así, los requerimientos totales de calor (Yiannopoulos et al., 2008) fueron de 4935 Kcal, 5014 Kcal y 5026 Kcal para L1, L2 y L3 (Fig. 12) para un aporte diario de 7713 Kcal, 7004 Kcal y 7519 Kcal respectivamente (Crespi y Pugliese, 2011).

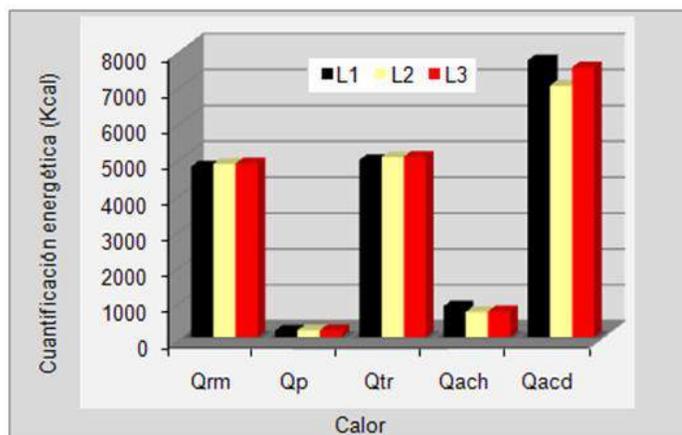


Figura 12. Variables energéticas del biodigestor y el colector solar. UNRC. Río Cuarto. Córdoba

Donde: Qm es el calor requerido por la masa en (Kcal), Qp es el calor perdido (Kcal), Qtr es el calor total requerido (Kcal), Qach es el calor absorbido por el colector en forma horaria (Kcal) y Qacd es el calor absorbido por el colector diariamente (Kcal).

La producción de biogás diaria promedio fue 0.141, 0.148 y 0.264 m³ d⁻¹ m³ de biodigestor para los lotes L1, L2 y L3 respectivamente. En la Fig. 13, se aprecia claramente que el L3 tiene una producción acumulada superior, aunque en el intervalo de 7 a 14 días registró la menor producción de los tres lotes; en tanto, L1 y L2 presentan un comportamiento similar para todo el TRH.

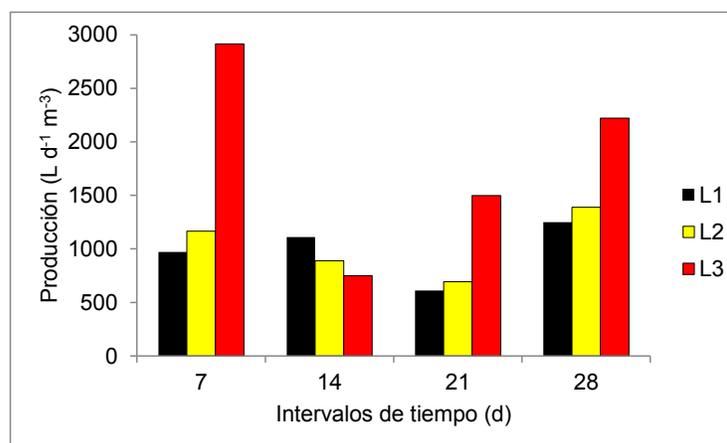


Figura 13. Producción de biogás. UNRC. Río Cuarto. Córdoba

3. Riego de cultivos

A los fines de ART y verificar su potencialidad, los cultivos que se regaron con este tipo de agua, también recibieron ALP.

3.1. Colza

El rendimiento promedio fue de 3222.4 Kg ha⁻¹ para el cultivo regado con ART, superando en 22 % a la colza regada con ALP y la eficiencia del uso del agua fue de 0.67 Kg m⁻³ y 0.55 Kg m⁻³ para ART y ALP respectivamente, coincidiendo con el rango establecido de eficiencias por Johnson y Henderson,

2002; no obstante, estos autores esperan futuros incrementos en el índice de cosecha y la eficiencia en el uso del agua. Por otra parte, se debe incentivar la producción de colza pues es uno de los principales cultivos que aportan materia prima para la producción de biodiesel con rendimientos que duplican al de la soja, y según Crespi 2005, un agricultor de 100 ha con un rendimiento promedio de 2000 Kg ha⁻¹, se autoabastece de biodiesel con 6.5 ha. Otra de sus grandes virtudes, es el elevado índice de residuos (2.70) que permite ser un cultivo muy importante para combustionar y/o gasificar su biomasa agrícola residual y generar energía eléctrica.

3.2. Soja

Crespi, 2003, informó que la conducción de este cultivo con esta tecnología (ART + riego por goteo enterrado); sin inoculación registró un rendimiento de 7911 Kg ha⁻¹ –potencial aún no superada actualmente en Argentina-, versus 5383 Kg ha⁻¹ para riego con ALP. Estos registros marcaron una diferencia de 2528 Kg ha⁻¹, es un valor aproximado al rendimiento promedio nacional que se obtuvo en las últimas campañas bajo condiciones de secano. La eficiencia en el uso del agua, fue 1.32 y 1.12 Kg / m³ para ART y ALP respectivamente.

3.3. Ajo

Según Sánchez (2013) se determinó en primera instancia la calidad comercial de ajo, presentándose el mayor porcentaje de bulbos normales (95.04 %) y el mayor peso individual (63.90 g) en el tratamiento con enmiendas de 50 Tn ha⁻¹ de biosólidos. El mayor rendimiento fue de 19086 Kg ha⁻¹, con aportes de 54 Kg ha⁻¹ año⁻¹ y 37 Kg ha⁻¹ año⁻¹ de NT y PT contenidos en el biofertilizante. Por otra parte, los análisis bacteriológicos a la cosecha de los bulbos, confirmaron ausencia de *Escherichia coli* y *Salmonella sp.*.

3.4. Eucalipto

En la Tabla 3, se puede observar el crecimiento diamétrico de los árboles, tomando como valor inicial la medición del 07/09/2017, independientemente de la calidad de agua con que se regó.

Tabla 3. Diámetros y diferencias altura de pecho en especies de eucaliptos. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Especies	Diámetro altura pecho (DAP) en cm		
	07/09/2015	07/11/2016	Diferencia
E. viminalis	20,75	22,18	1,47
E. globulus	18,58	18,95	0,37
E. tereticornis	12,68	13,38	0,7
E. sideroxylon	15,47	17,61	2,14

Además, se determinó una acumulación de biomasa en el suelo (hojarasca compuesta por ramas, flores, frutos y corteza) de 23301.5 Kg ha⁻¹ de materia seca, con 35 % de humedad en el mismo periodo sin diferenciar especies.

Conclusiones

El empleo de tecnologías no convencionales en este desarrollo experimental, resultó ser adecuado para gestionar las aguas residuales urbanas; evitando no solo la contaminación de los recursos naturales, sino también diseñando alternativas destinadas a reincorporar el efluente al ciclo productivo en un marco de sustentabilidad del sistema. Emprendimientos de esta naturaleza, requieren además de la capacidad técnica, un decidido apoyo institucional -como el aquí realizado por la UNRC-; de tal manera, que además de comprender y compartir esta filosofía de trabajo, brinde apoyo económico concreto, pues solo producto de la acción conjunta se pueden conducir proyectos de esta relevancia, con desarrollos tecnológicos fácilmente transferibles al sector demandante. Por otra parte, la formación de recursos humanos y las solicitudes manifestadas por numerosos municipios e instituciones comprometidas con la protección ambiental y la salud de sus habitantes; son fuertes incentivos que generan compromiso y responsabilidad para el mantenimiento de una labor eficiente y racional que responda a los requerimientos de la sociedad, pensando en su bienestar y en el de las generaciones por-venir

Referencias bibliográficas

1. Asano, T. 1991. "Planning and implementation of water reuse projects". Wat. Sci. Tech. 24(9), pp. 1-10.
2. Bareera M., H. Büyükgüngör. 2017. Wastewater reclamation and reuse trends in Turkey: Opportunities and challenges. Journal of Water Process Engineering. In Press.
3. Bouwer, H. 1994. Irrigation and global water outlook. Agric. Water Man. 25: 221-231.
4. Chiu, A., W. Ashton, V. Moreau, M. Tseng. 2018. Sustainable Management of Natural Resources toward Sustainable Development Goals. Resources, Conservation & Recycling 136:335–336.
5. Contreras París, J., J. Martínez López, M. Alcalde Muñoz, J. Pérez Parra y J. Roldán Cañas. 2002. "Influencia del sistema de riego localizado enterrado en la utilización del agua residual depurada para riego de hortalizas". XX Cong. Nac. de Riegos. Pág. 75-77.
6. Crespi Bosshardt, R. y M. Pugliese Stevenazzi. 2017. Energías renovables con énfasis en bioenergía. Universidad Nacional de Río Cuarto. ISBN: 978-987-688-240-8. UNIRIO. 332 pág.
7. Crespi R., M. Pugliese, L. Grosso, D. Ramos, F. Salusso, E. Soler, A. Solterman, A. Sánchez, F. Rainero, D.Silva y A. Testa. 2012. Generación de biogásy disposición final de biosólidos. Mod. Oral. N° 28. 18° Congreso Argentino de Saneamiento y Medio Ambiente. AIDIS Argentina. Expositor. 18 pág. En CD.Buenos Aires.
8. Crespi, R. 2003. Riego subterráneo con aguas residuales tratadas. En: Escuela Técnica Superior. Departamento de Agronomía. Universidad Nacional de Córdoba. España.
9. Crespi, R. 2005. El Biodiesel. Combustible del futuro. Conferencia en Estancia La Amalia. Grupo CREA Washington-Mackena. Córdoba.

10. Crespi, R. 2014. Riego de cultivos extensivos con aguas residuales. 4º. Reunión Internacional de Riego. Uso eficiente del agua de riego. INTA Manfredi. Pág. 30-38.
11. Crespi, R. y M. Pugliese. 2011. Desarrollo Tecnológico para la generación de biogás a partir de Efluentes Urbanos. II Cong. Internacional de Ambiente y Energías Renovables. 10 pág. Villa María. Argentina.
12. Crespi, R., C. Migani y M. Pugliese. 2012. Evaluación económica de diferentes tecnologías para el manejo de efluentes urbanos. AIDIS Argentina. Ingeniería Sanitaria y Ambiental N° 118. ISSN: 0328-2937. Pág. 70-77. Buenos Aires.
13. Crites, R. y G. Tchobanoglous. 2004. "Tratamiento de Aguas Residuales en pequeñas poblaciones". McGraw-Hill. 776 pág.
14. De Gisi S., P. Casella, C. Carmela, M. Cellamare, M. Ferraris. L. Petta, M. Notarnicola. 2017. Wastewater Reuse. Encyclopedia of Sustainable Technologies
15. Del Valle, D. 2017. Efecto del riego subterráneo con efluentes urbanos tratados sobre el rendimiento y calidad sanitaria de un cultivo de brócoli. Trabajo final de grado. FAV. UNRC. Río Cuarto. 29 pág.
16. Do, Quy-Toan, S. Joshi, S. Stolper. 2018. Can environmental policy reduce infant mortality? Evidence from the Ganga Pollution Cases. Journal of Development Economics 133:306–325.
17. El Moussaoui, T., S. Wahbi, L. Mandi, S. Masi, N. Ouazzani. 2017. Reuse study of sustainable wastewater in agroforestry domain of Marrakesh city. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences 7 pág.
18. Fasulo A., J. Follari, J. Adaro, J. Marchesi, L. Odicinoy R. Monasterollo . 2004. Planta experimental de destilación solar – eléctrica en la U.N.S.L. Primera parte y primeros resultados. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 8, N° 1.
19. García I., J. Betancort Rodríguez, J. Salas Rodríguez, B. Peñate Suárez, J. Pidre Bocardo, N. Sardón Martín. 2006. Guía sobre tratamientos de aguas residuales urbanas para pequeños núcleos de población Mejora de la calidad de los efluentes. España. 60 pág.
20. Grosso, L., A. Ricotto, D. Ramos, A. Thuar, M.L. Giachero, M.S. Giachero y R. Crespi. 2004. Efecto del riego con efluentes urbanos tratados e inoculados con *Azospirillum brasilense* en ajo. XXVII Congreso Argentino de Horticultura. San Luis.
21. Hansen, J. 1996. Is Agricultural sustainability a useful concept?. Agricultural System 50, p. 117-143
22. Hernández Muñoz, A.; A. Hernández Lehmann y P. Galán Martínez. 1996. "Manual de Depuración Uralita". Ed. Paraninfo. 429 pág.
23. Hershey, D. 1993. "Evaluation of irrigation water quality". The Am. Biology Teach. 55:4. 6 pág.
24. Hussain I., L. Raschid, M. Hanjra, F. Marikar, W van der Hoek. 2002. Wastewater use in agriculture: Review of impacts and methodological issues in valuing impacts. Working Paper 37. Colombo. Sri Lanka. Int. Wat. Management Institute. 53 pág.
25. Johnson, B. y T. Henderson. 2002. Water Use Patterns of Grain Amaranth in the Northern Great Plains. Agron. J. 94:1437-1443.

26. Langergraber, G., A. Pressl, F. Kretschmer, N. Weissenbacher. 2018. Small wastewater treatment plants in Austria – Technologies, management and training of operators. *Ecological Engineering* 120:164–169.
27. Marchesi J., E. Ducculi, J. Adaro, A. Fasulo. 2006. Destilación solar en la U.N.R.C. Construcción y primeros resultados. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* Vol. 10.
28. Metcalf & Eddy. 2000. *Ingeniería de Aguas residuales, tratamiento, vertido y reutilización*. 3º ed. McGraw-Hill. España. 1485 pág.
29. Misaghi F., F. Delgosa, M. Razzaghmanesh, B. Myers. 2017. Introducing a water quality index for assessing water for irrigation purposes: A case study of the Ghezal Ozan River. *Science of the Total Environment*, 589:107–116.
30. Nidera Semillas. 2001. “Cultivares de Soja y Colza. Genética de Avanzada”. Campaña 2001. 23 pág.
31. Oron G., C. Campos, L. Guillerman y M. Salgot. 1999. “Wastewater treatment, renovation y reuse for agricultural irrigation in small communities”. *Agr. Wat. Manag.* 38(3): 223-234.
32. Orozco Barrenetxea, C, N. Gonzalez Delgado, J. Blanco, A. Serrano y F. Vidal. 2008. *Contaminación Ambiental*. Ed. Thompson. Madrid. 187 p.
33. Papa M., P. Foladori, L. Guglielmi, G. Bertanza. 2017. How far are we from closing the loop of sewage resource recovery? A real picture of municipal wastewater treatment plants in Italy. *Journal of Environmental Management* 198:9-15.
34. Park, J., R. Craggs, C. Tanner. 2018. Eco-friendly and low-cost Enhanced Pond and Wetland (EPW) system for the treatment of secondary wastewater effluent. *Ecological Engineering* 120:170–179.
35. Pereyra R., E. Zupan, W. Juncos, R. Crespi, M. Croatto. Manejo de efluentes mediante filtros verdes. XXVI Congreso Nacional del Agua. “CONAGUA Córdoba. Argentina
36. Ponzi, J., R. Crespi y M. Pugliese. 2014. Depuración de Aguas Residuales Urbanas mediante Humedales Artificiales. V Congreso Internacional sobre “Gestión y tratamiento Integral del Agua” N° trabajo: 01-05. Córdoba.
37. Reinders, M., Gredigk-Hoffmann, S., Risse, H., Lange, M., 2012. Solution approaches for energy optimization in the water sector. IWA World Congress on Water, Climate and Energy, Dublin, Ireland, May 13–18
38. Salgot, M. and Montserrat Folch. 2018. Wastewater treatment and water reuse. *Current Opinion in Environmental Science & Health*. 2:64–74.
39. Sánchez, A; R. Crespi; L. Grosso; D. Ramos y F. Salusso. 2013. Evaluación del cultivo de ajo bajo riego con efluentes, fertilización nitrogenada y aplicación de biosólidos. XXIV Congreso Nacional del Agua Acta de resúmenes. Pág. 128. ISSN 1853-7685. San Juan.
40. Sánchez, A; R. Crespi; L. Grosso; D. Ramos y F. Salusso. Evaluación del cultivo de ajo bajo riego con efluentes, fertilización nitrogenada y aplicación de biosólidos. XXIV Congreso Nacional del Agua Acta de resúmenes. San Juan.
41. Sinakou, E., J. Boeve-de Pauw, M. Goossens, P. Van Petegem. 2018. Academics in the field of Education for Sustainable Development: Their conceptions of sustainable development. *Journal of Cleaner Production* 184:321-332.

42. Siñeriz, F.; C. Bologna y N. Reartes. 1999. "Tratamiento de Efluentes y Protección del Medio Ambiente". Fac. Cs. Exactas. UNRC. 135 pág.
43. Sirianuntapiboon, S., M. Kongchum, W. Jitmaikasem. 2006. Effects of hydraulic retention time and media of constructed wetland for treatment of domestic wastewater. *African Journal of Agricultural Research* Vol. 1 (2), pp. 027-037.
44. Smith, K., S. Liu, Y. Liu, S. Guo. 2018. Can China reduce energy for water? A review of energy for urban water supply and wastewater treatment and suggestions for change. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 91:41–58.
45. Soler C., R. Crespi, E. Soler, M. Pugliese. 2018. Evaluación de humedales artificiales de flujo libre superficial con macrófitas acuáticas flotantes. *Rev. Ingeniería del Agua*. Vol. 22. N° 2. ISSN: 1886-4996 ISSN: 1134-2196. España. <https://doi.org/10.4995/ia.2018.8596>
46. Soler C., R. Crespi, E. Soler, M. Pugliese. 2018. Evaluación de humedales artificiales de flujo libre superficial con macrófitas acuáticas flotantes. *Rev. Ingeniería del Agua*. Vol. 22. N° 2. ISSN: 1886-4996 ISSN: 1134-2196. España. <https://doi.org/10.4995/ia.2018.8596>.
47. Venier F., C. Ceballos, J. Marchesi, J. Zizzias, R. Crespi. 2014. Desinfección Y desalinización de aguas residuales domésticas con un destilador solar de batea simple. V Congreso Internacional sobre "Gestión y tratamiento Integral del Agua" N° trabajo: 01-05. Córdoba.
48. Venier, F., J. Marchesi, J. Zizzias, R. Crespi y L. Vanella. Tratamiento de Aguas Residuales Domiciliarias mediante Destilación Solar. V Congreso Internacional sobre "Gestión y tratamiento Integral del Agua" N° trabajo: 01-05. Córdoba.
49. Verma, P., A.S. Raghubanshi. 2018. Urban sustainability indicators: Challenges and opportunities. *Ecological Indicators* 93:282–291.
50. Vojtěchovská Šrámková M., V. Diaz-Sosa, J. Wanner. 2018. Experimental verification of tertiary treatment process in achieving effluent quality required by wastewater reuse standards. *Journal of Water Process Engineering*. Vol. 22:41-45
51. Voulvoulis, N. 2018. Water reuse from a circular economy perspective and potential risks from an unregulated approach. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 2:32–45
52. WHO, 2016. Global report on urban health: equitable, healthier cities for sustainable development. Geneva. <http://icuh2016.org/wp-content/uploads/2016/04/WHO-Habitat-Global-Report-Urban-Health-Full-Report-LowRes1.pdf>.
53. Wielemaker, R., J. Weijma, G. Zeeman. 2018. Harvest to harvest: Recovering nutrients with New Sanitation systems for reuse in Urban Agriculture. *Resources, Conservation and Recycling* 128:426–437.
54. Woltersdorf, L., M. Zimmermann, J. Deffner, M. Gerlach y S. Liehr. 2018. Benefits of an integrated water and nutrient reuse system for urban areas in semi-arid developing countries. *Resources, Conservation and Recycling* 128:382–39
55. Xu J. 2003. Big business in China – sewage treatment. *Water and Wastewater International*. Vol. 18:3. p. 12-12.
56. Yiannopoulos, A.; I. Manariotis and C. Chrysikopoulos. 2008. Design analysis of a solar reactor for anaerobic wastewater treatment. *Biosource Tech.* 99. 7742-7749.

57. Zenga S., X. Chena, X. Donga, Y. Liu. 2017. Efficiency assessment of urban wastewater treatment plants in China: Considering greenhouse gas emissions Resources, Conservation and Recycling.120:157–165.

6

Joel Martínez López, Dr¹. Ramírez Ziga Maryland¹, Lizbeth Luna Bautista, M. en C.¹,
Nancy Gabriela Molina Luna, Dra.²

Evaluación de la regeneración natural del género *Pinus* en la Sierra Juárez de Oaxaca, México

¹Instituto de Estudios Ambientales, Universidad de la Sierra Juárez. Avenida Universidad S/N, Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México C.P. 68725. Correo electrónico: mjoel@unsij.edu.mx. ²Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca.

Introducción

El bosque es un satisfactor de bienes y servicios de mucha importancia para las familias que viven en comunidades rurales y para la sociedad en general, por los diferentes beneficios que proporcionan. De esos recursos, la madera ha sido considerada como la de mayor relevancia por ser generadora de ingresos económicos derivados de su aprovechamiento y comercialización. Por esta razón, una de las mayores preocupaciones en la actividad forestal, es asegurar la continuidad del recurso, que está ligado a la regeneración de los bosques que a su vez representa la base de la conservación de los recursos forestales.

Las técnicas silvícolas utilizadas deben ejecutarse de manera adecuada, sin embargo, cualquier actividad de extracción que se realiza ocasiona disturbios en el desarrollo de la nueva masa forestal. El ciclo de desarrollo de un bosque se inicia con la apertura de un claro dentro del ecosistema original, este claro es colonizado por las especies cuyas plántulas o semillas estaban presentes antes de la apertura, por los retoños de tocones, o por las semillas de las plantas que crecen en los lugares vecinos (Jardel y Sánchez, 1989).

Es necesario monitorear el efecto producido por la práctica de métodos de regeneración sobre los árboles del género *Pinus* y otros géneros leñosos para poder determinar su desarrollo y al mismo tiempo realizar adecuaciones en los tratamientos silviculturales, de tal manera que resulte viable en aspectos económicos y ecológicos para los administradores forestales. Al igual que las especies del género *Pinus*, en las áreas intervenidas crecen y se desarrollan otras especies leñosas que formaban el bosque original antes de la aplicación de los tratamientos silviculturales, pero hasta el momento no se cuenta con información de campo para asegurar que la nueva masa tiende a conservar el número de géneros de la masa original, por lo que es de vital importancia contar con estos datos para asegurar que se mantiene la biodiversidad vegetal de los bosques de la Sierra Juárez de Oaxaca. Lo anterior permitirá hacer recomendaciones a los dueños y poseedores de los recursos, así como a los técnicos forestales, para aplicar las técnicas correspondientes que ayuden a conservar la biodiversidad de los ecosistemas forestales.

Debido al impacto que provocan las actividades de aprovechamiento sobre los recursos forestales en las masas forestales, en esta investigación se evaluó la regeneración natural del género *Pinus* y de otras especies leñosas, para conocer la respuesta al tratamiento silvicultural aplicado en una localidad de la Sierra Juárez de Oaxaca.

Metodología

La presente investigación se realizó en la Agencia Municipal de La Trinidad perteneciente al Municipio de Santiago Xiacuí, ubicado en el Distrito de Ixtlán, región Sierra Juárez del estado de Oaxaca. La comunidad cuenta con una superficie total de 1,301.8 hectáreas, ubicada geográficamente en las coordenadas 17° 16' 09.43" de latitud norte y 96° 25' 00.77" de longitud oeste, a una altitud promedio de 2200 msnm.

Para cumplir con el objetivo propuesto, se eligió la anualidad aprovechada en el año 2016 y 2015, debido a que en éstas es posible encontrar regeneración; en las anualidades anteriores, no se encontró regeneración debido a trabajos de limpieza y pre-aclareo y en la anualidad 2017, la regeneración no se ha establecido en su totalidad.

Debido a la exposición del terreno y para un hacer un análisis más detallado de las variables de interés, la anualidad 2016 se dividió en dos áreas (tratamiento 1 = T1 y tratamiento 2 = T2), la anualidad 2015 se dividió en tres (tratamiento 3 = T3, tratamiento 4 = T4 y tratamiento 5 = T5) y el área testigo (área sin aprovechamiento) fue considerado como tratamiento 6 = T6. En las anualidades elegidas se aplicó el sistema silvicultural denominado Corta total en parches.

Para el trabajo en campo se emplearon sitios circulares de 100 m², de acuerdo a lo recomendado por Romanh de la Vega y Ramírez (2010), para la regeneración natural en bosques de clima templado frío, los cuales fueron distribuidos de forma aleatoria. En cada sitio se midió la pendiente utilizando un clinómetro y la exposición utilizando una brújula. La información registrada por sitio fue la densidad, altura total, diámetro del tallo a la altura del cuello y diámetro de copa de especies del género *Pinus*; para otras especies arbóreas sólo se consideró su densidad. La densidad de las parcelas de muestreo fue comparada con los parámetros para la evaluación de la densidad de la regeneración del género *Pinus* propuestos por Moreno-González (2004).

Para comparar el número de regenerados del género *Pinus* en las áreas intervenidas y área testigo, así como la altura total, diámetro del tallo y diámetro de copa, se empleó un diseño completamente aleatorizado (DCA) con tres tratamientos y diferente número de repeticiones. Para el caso de diferencias significativas, se empleó la prueba de medias de Tukey a un nivel de significancia del 5%.

Con la información la densidad de la regeneración del género *Pinus* y densidad de otras especies arbóreas, se calculó el Índice de Valor de Importancia (IVI). Para jerarquizar la dominancia de cada género, se calculó el Índice de Valor de Importancia (IVI) (Acosta *et al.*, 2006), sin embargo, como no fue posible medir los tres parámetros, sólo se sumaron los valores de dos parámetros (Mostacedo y Fredericksen, 2000) correspondientes a la densidad relativa y frecuencia relativa. Adicionalmente, con los datos de densidad de las especies arbóreas se calculó la diversidad Beta mediante el índice de Sorensen y de Jaccard (Moreno, 2001), de esta manera se compararon las diferencias entre los rodales manejados y el área testigo.

Resultados

En el análisis de varianza de las variables: número de árboles, altura total, diámetro de base y diámetro de copa, se encontraron diferencias significativas entre ellas, con una confiabilidad del 95%. Los tratamientos, valores promedio y comparación de medias de cada variable en estudio se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Comparación de medias de tratamientos para las variables: número de árboles, altura total, diámetro del tallo y diámetro de copa, del género *Pinus* en la comunidad de La Trinidad, Ixtlán, Oax.

Densidad			Altura			Diámetro de Base			Diámetro de Copa		
Trat	Med		Trat	Med		Trat	Med		Trat	Med	
T4	18.4	a	T5	131	a	T5	27.5	a	T5	55.5	a
T1	17.8	a	T3	119	ab	T3	24.5	ab	T3	51.4	a
T3	17.0	a	T6	102	ab	T4	17.7	bc	T6	33.9	b
T5	13.6	b	T4	86.9	bc	T1	16.1	cd	T4	32.8	b
T2	7.4	c	T1	62.9	cd	T2	13.5	cd	T1	20.3	bc
T6	7.3	c	T2	49.7	d	T6	9.66	d	T2	16.9	c

Trat = tratamiento, Med = valores promedios. Letras iguales significan. Igualdad de tratamientos.

Los principales indicadores estadísticos de las variables: número de árboles, altura total, diámetro de base y diámetro de copa de los regenerados del género *Pinus* se muestran en las Tablas 2, 3, 4 y 5, respectivamente.

Tabla 2. Principales indicadores estadísticos de la variable número de árboles del género *Pinus* en la comunidad de La Trinidad, Ixtlán, Oax.

Valores	Tratamientos					
	Anualidad 2016 T1	Anualidad 2016 T2	Anualidad 2015 T3	Anualidad 2015 T4	Anualidad 2015 T5	Testigo T6
Tamaño de muestra (n)	30	27	24	8	43	7
Media	17.77	7.44	17.04	18.38	13.56	7.29
Desviación Estándar	2.64	1.48	2.79	1.92	2.5	0.95
Coefficiente de Variación	14.83	19.83	16.37	10.46	18.44	13.06
Mínimo	13	5	12	16	8	6
Máximo	23	11	23	22	18	9
Suma de cuadrados	9671	1553	7149	2727	8167	377
Asimetría	0.04	0.23	0.19	0.9	-0.28	0.86
Curtosis	-0.66	-0.09	-0.13	-0.39	-0.59	-0.23

Tabla 3. Principales indicadores estadísticos de la variable altura total del género *Pinus* en la comunidad de La Trinidad, Ixtlán, Oax.

Valores	Tratamientos					
	Anualidad 2016 T1	Anualidad 2016 T2	Anualidad 2015 T3	Anualidad 2015 T4	Anualidad 2015 T5	Testigo T6
Tamaño de muestra (n)	30	27	24	8	43	7
Media	62.93	49.66	119.46	86.86	130.71	102.12
Desviación Estándar	15.74	16.9	47.8	25.3	38.01	53.42
Coefficiente de Variación	25.01	34.04	40.01	29.13	29.08	52.32
Mínimo	36	20	40.38	52.55	54.7	29.71

Máximo	96.91	93.71	233.42	131.12	191.91	186.33
Suma de cuadrados	125976.9	74023.79	395049.8	64831.83	795357.5	90117.39
Asimetría	0.53	0.43	0.5	0.54	-0.04	0.32
Curtosis	-0.28	0.04	-0.13	-0.64	-1.27	-0.88

Tabla 4. Principales indicadores estadísticos de la variable diámetro de base del género *Pinus* en la comunidad de La Trinidad, Ixtlán, Oax.

Valores	Tratamientos					
	Anualidad 2016 T1	Anualidad 2016 T2	Anualidad 2015 T3	Anualidad 2015 T4	Anualidad 2015 T5	Testigo T6
Tamaño de muestra (n)	30	27	24	8	43	7
Media	16.06	13.51	24.51	17.68	27.48	9.66
Desviación Estándar	3.39	6.96	8.66	4.9	7.87	6.08
Coeficiente de Variación	21.08	51.51	35.35	27.72	28.64	62.97
Mínimo	10.24	3.75	11.36	11.02	8.89	3.03
Máximo	23.31	41.17	48.7	24.81	41.55	20.06
Suma de cuadrados	8073.86	6186.48	16145.57	2667.69	35066.22	874.67
Asimetría	0.15	2.53	0.64	-0.03	-0.31	0.93
Curtosis	-0.61	7.43	0.83	-1.34	-0.89	-0.78

Tabla 5. Principales indicadores estadísticos de la variable diámetro de copa del género *Pinus* en la comunidad de La Trinidad, Ixtlán, Oax.

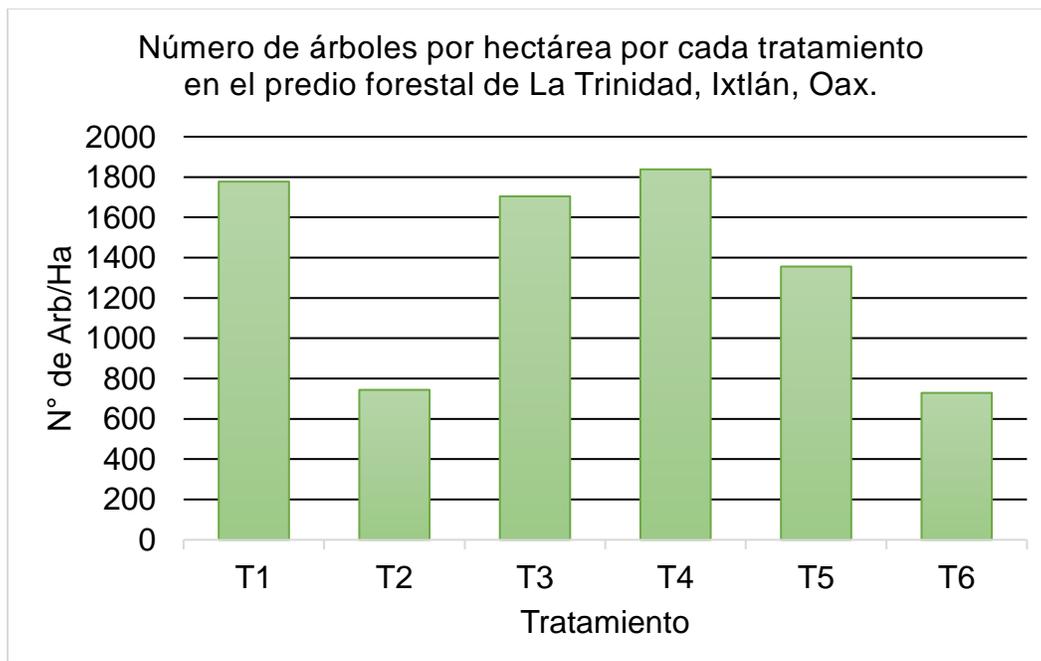
Valores	Tratamientos					
	Anualidad 2016 T1	Anualidad 2016 T2	Anualidad 2015 T3	Anualidad 2015 T4	Anualidad 2015 T5	Testigo T6
Tamaño de muestra (n)	30	27	24	8	43	7
Media	20.32	16.93	51.41	32.79	55.45	33.85
Desviación Estándar	8.02	6.82	20.81	10.1	17.18	21.03
Coeficiente de Variación	39.48	40.3	40.47	30.79	30.99	62.13
Mínimo	8.45	8.42	24.13	19.5	21.32	8.36
Máximo	40.16	32.2	111.41	48.29	83.91	66.71
Suma de cuadrados	14247.69	8949.3	73393.69	9315.51	144607.38	10672.18
Asimetría	0.47	0.57	1.13	0.66	-0.15	0.37
Curtosis	-0.32	-0.67	1.37	-0.86	-1.09	-1.11

La distribución de edades del género *Pinus* para el T1 es de un 42% de la regeneración con edad de 1 año; el T2 posee un 31% de regeneración con edad de 2 años; el T3 posee un 27% de árboles con edad de 4 años; el T4 tiene un 38% de árboles con edad de 3 años; el T5 tiene un 73% de árboles de 5 años y el T6 con edad de 2 años en la mayoría de árboles.

De los resultados obtenidos se identificaron dos especies de coníferas, *Pinus Pseudostrobus* y *Pinus patula*, y 21 especies arbóreas en las áreas muestreadas. Los géneros más importantes para la anualidad 2016 fueron *Pinus* (39.45%), *Litsea* (14.68%) y *Quercus* (12.43%); para la anualidad 2015 los géneros más importantes fueron *Pinus* (23.7%), *Litsea* (15.1%) y *Quercus* (14.6%); para el área testigo se encontró que los géneros más importantes son *Myrsine* (20.02%), *Litsea* (17.26%) y *Quercus* (14.59%). Los coeficientes de similitud indicaron que la diversidad de especies arbóreas es similar en un 92.30% entre las anualidades 2015 y 2016 en comparación con el sitio testigo que fue del 50%.

Los parámetros para la evaluación de la densidad de la regeneración propuestos Moreno-González (2004) indicaron que la abundancia del género *Pinus* es recomendable en los tratamientos 1, 3, 4 y 5, a diferencia de la abundancia del tratamiento 2 y 6, donde es suficiente, lo que indica que la regeneración es buena en las áreas aprovechadas en comparación con el área no aprovechada.

Arboles/ha	Abundancia	Tratamiento
<722	Insuficiente	
722 a 1282	Suficiente	T2
		T6
1283 a 2890	Recomendable	T1
		T3
		T4
		T5
2891 a 11547	Excesiva	



Conclusiones

El aprovechamiento forestal modifica la riqueza, la diversidad y la composición de los estratos arbóreos de forma positiva; esta información aporta elementos básicos que posteriormente pueden contribuir a definir las estrategias de conservación más adecuadas en áreas bajo manejo y conocer el efecto de los tratamientos aplicados a las masas forestales.

Los resultados obtenidos indican que las áreas de aprovechamiento tienen mayor regeneración que las áreas en donde no se realiza aprovechamiento. Los claros realizados en las áreas de aprovechamiento de la comunidad de La Trinidad favorecen la incorporación y el crecimiento del género *Pinus* y de otras especies arbóreas encontradas en las áreas de estudio. Se determinó que la densidad no muestra diferencias significativas entre las anualidades 2015 y 2016, por lo tanto, la regeneración del género *Pinus* es favorable en las áreas de aprovechamiento forestal.

Bibliografía

- Acosta V. H., P. A Araujo y M. C. Iturre. 2006. Caracteres estructurales de las masas. Serie didáctica No. 22. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Chile. 35 p.
- Jardel P. E. y L. Sánchez. 1989. La sucesión forestal, fundamento ecológico de la Silvicultura. Ciencia y Desarrollo 14(84):35-43.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T - Manuales y tesis SEA, Vol. 1. Zaragoza, 84 pp.
- Moreno-González D. A. 2004. Uso de matrices para evaluar la regeneración en pino. Publicación Técnica Núm. 1. INIFAP – CIRPAC. Guadalajara, Jalisco. México. 24 p.
- Mostacedo B. y T. Fredericksen. 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR). Bolivia 92 p.
- Romanh de la Vega C. y H. Ramírez-Maldonado. 2010. Dendrometría. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México. México. 292 p.

7

Ana Milena López Aguirre y Alonso Barrios Trilleras

Evaluación de la respuesta de *Gmelina arborea* a prácticas de silvicultura intensiva en fase de establecimiento en condiciones ambientales del bosque seco tropical en Colombia

Departamento de Ciencias Forestales, Facultad de Ingeniería Forestal
Universidad del Tolima
Ibagué, Colombia
amlopeza@ut.edu.co

Introducción

El éxito del negocio forestal es ampliamente determinado por la productividad de las plantaciones. De ésta dependen en gran medida los retornos financieros que puedan obtenerse al final de la rotación del cultivo. En el contexto del manejo forestal el potencial productivo de un sitio está definido por las interacciones entre la genética de la especie y las características climáticas, edáficas y bióticas presentes en el lugar (Clutter et al., 1983). A través de la aplicación de las técnicas silviculturales adecuadas es factible influir en algunas de estas interacciones, lográndose incrementar la productividad para algunas condiciones de suelo-clima (Binkley y Fisher, 2013). La silvicultura intensiva es un paquete de tratamientos diseñados para aumentar la producción de plantaciones forestales a lo largo de la rotación (Toro, 2004). Sin embargo, son las técnicas de silvicultura intensiva aplicadas en la fase de establecimiento de la plantación las que más influyen en el desarrollo posterior del cultivo (Rubilar et al. 2008a). La preparación del sitio y la fertilización inicial son los componentes esenciales en el establecimiento de la plantación (Albaugh et al., 2004; Rubilar et al., 2008b). Los tratamientos de preparación del sitio incluyen métodos para remover residuos vegetales, mejorar las condiciones del suelo y facilitar las operaciones de plantación. Estos tratamientos aumentan la profundidad efectiva del suelo y son de gran importancia en terrenos con capas endurecidas, comunes en suelos agrícolas (Albaugh et al., 2004). Por otro lado, la fertilización es utilizada para corregir las limitaciones nutricionales del suelo y proveer una adecuada nutrición de las plantas para lograr el crecimiento potencial de la especie (Rubilar et al., 2008a). Estas dos técnicas, junto con un adecuado control de malezas en los primeros años de desarrollo, permiten la captura del potencial natural de producción del sitio y el posterior desarrollo de la plantación libre de mayores interferencias (Rubilar, 2005). Los éxitos de las técnicas de preparación de sitio y de la fertilización al inicio de plantación reportados estimulan la realización de estudios con especies de rápido crecimiento en Colombia. Para el caso de las plantaciones de *G. arborea* creciendo en las condiciones ambientales del Alto Magdalena, las cuales reportan productividades bajas (López et al., 2011), asociadas a condiciones limitantes en cuanto a la disponibilidad de nutrientes en el suelo y técnicas silviculturales inapropiadas, la aplicación de silvicultura intensiva surge como una alternativa única de mejorar la productividad y la competitividad de estas plantaciones. El presente estudio plantea generar conocimientos propios sobre las necesidades nutricionales y la respuesta a la preparación de sitio de *G. arborea*, requisito para un manejo silvícola más adecuado de la especie, que conlleve al desarrollo de plantaciones con mayores rendimientos volumétricos.

Materiales y métodos

El área de estudio está ubicada en la zona plana del valle del río Grande de la Magdalena, en el municipio de Armero Guayabal, en las coordenadas de latitud Norte 5° 0'57.19" y Oeste 74°54'26.96". La altura sobre el nivel del mar oscila entre 275 a 550 metros. Esta zona presenta una temperatura media anual de 28.2°C, una precipitación media anual de 1791.2 mm y una humedad relativa del 71%, que la clasifica como zona de vida: bosque seco tropical (bs-T) según Holdridge (Rodríguez et al., 2011).

El ensayo fue instalado con plántulas producidas en el vivero del CURDN a partir de semilla seleccionada de un ensayo de familias de medios hermanos. El diseño experimental empleado corresponde a un diseño en bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas. El arreglo de los tratamientos contempla dos factores: preparación de sitio (dos niveles) y fertilización (ocho niveles) y tres repeticiones (bloques). Las parcelas primarias corresponden a la preparación de sitio (ahoyado mecánico y subsolado a 60 cm), mientras que las subparcelas corresponden a ocho tratamientos de fertilización (Tabla 1). La dosis de fertilizantes fue dividida y aplicada a los 6 y 12 meses.

Tabla 1. Matriz de tratamientos de fertilización.

Fertilización	Urea	SFT	KCL
	(gramos por árbol)		
Sin Fertilización	0	0	0
N	167	0	0
P	0	84	0
K	0	0	128
N+P	167	84	0
N+K	167	0	128
P+K	0	84	128
N+P+K	167	84	128

SFT: superfosfato triple, KCL: cloruro de potasio.

Las variables medidas a los 6 y 12 meses edad fueron: diámetro a 1.3 m, diámetro de copa, altura total. La comparación y evaluación del efecto de la preparación de sitio y fertilización sobre el crecimiento de *G. arborea* se realizó mediante un análisis de varianza (ANOVA) y comparaciones de medias empleando la medición realizada a los 12 meses. Las variables respuesta que se utilizaron fueron diámetro, altura total, diámetro de copa, área basal, volumen, y sobrevivencia. El volumen fue calculado empleando la fórmula general de volumen ajustada por Ramos y Niño (2017) para la especie en la zona. Para determinar las diferencias entre tratamientos, se realizaron comparaciones múltiples utilizando el test HSD de Tukey (Kuehl, 2001; Montgomery, 2010). Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el procedimiento PROC GLM contenido en Statistical Analysis System (SAS Institute Inc., 2011)

Resultados y discusión

El análisis de varianza realizado no encontró demostró que los efectos principales e interactivos no incidieron en la sobrevivencia. En general, la sobrevivencia del ensayo fue alta, con valores entre 95.8% a 100%, con promedio de 99.2% (Tabla 2).

Tabla 2. Análisis de varianza para los efectos principales e interactivos de preparación de sitio y fertilización.

Fuente	DF	Diámetro	Altura	Diámetro de copa	Área basal	Volumen	Sobrevivencia
Bloque (B)	2	6.7**	5.03*	1.43 ^{ns}	6.95**	7.37**	3.32 ^{ns}
Preparación (P)	1	38.59***	54.25***	19.43**	42.82***	54.55***	0.37 ^{ns}
B*P	2	2.18 ^{ns}	2.94 ^{ns}	1.27 ^{ns}	2.05 ^{ns}	2.45 ^{ns}	0.37 ^{ns}
Fertilización (F)	7	0.59 ^{ns}	1.46 ^{ns}	0.89 ^{ns}	0.79 ^{ns}	1.13 ^{ns}	1.63 ^{ns}
P*F	7	0.28 ^{ns}	0.35 ^{ns}	1.01 ^{ns}	0.22 ^{ns}	0.15 ^{ns}	0.37 ^{ns}

***: significativo a $P < 0.0001$, **: significativo a $P < 0.01$, *: significativo a $P < 0.05$, ^{ns}: no significativo.

Adicionalmente, la fertilización y su interacción con la preparación de sitio tuvieron un efecto significativo sobre ninguna de las variables evaluadas. Contrariamente, la preparación de sitio presentó un efecto significativo sobre el diámetro, altura, diámetro de copa, área basal y volumen (Tabla 2).

Un test de comparaciones de medias de Tukey mostró que, para todas las variables analizadas, la preparación con subsolado fue significativamente superior a la preparación con ahoyado mecánico (Tabla 3). Albaugh et al. (2004) reportaron que el subsolado mostró respuestas positivas en el crecimiento de *Pinus radiata*, en suelos de arenas volcánicas y de sedimentos fluviales comparado con la preparación manual, sin embargo, la respuesta al subsolado se mantuvo solo por un corto periodo de tiempo. En Brasil, Gatto et al. (2003) evaluó cuatro métodos de preparación de sitio en plantaciones de *Eucalyptus grandis*, los tratamientos consistieron en: quema de residuos-arado-subsolado, quema de residuos-arado, quema de residuos y el testigo (sin quema). Similar a los resultados expuestos, los autores encontraron que los resultados disminuían a medida que disminuía la intensidad de la preparación del sitio. Los mejores resultados fueron obtenidos con el tratamiento quema de residuos-arado-subsolado con una biomasa total de 81.6 t/ha (a los 38 meses) y el peor fue el testigo con 50.4 t/ha.

Tabla 3. Test de comparaciones de medias de Tukey para niveles de preparación de sitio.

Variable	Ahoyado	Subsolado
Diámetro (cm)	5.27B	7.48A
Altura total (m)	4.27B	5.90A
Diámetro de copa (m)	2.07B	3.06A
Área basal (m ² ha ⁻¹)	3.31B	6.14A
Volumen (m ³ ha ⁻¹)	9.94B	21.37A

Medias con letras diferentes son significativamente diferentes ($\alpha = 0.05$).

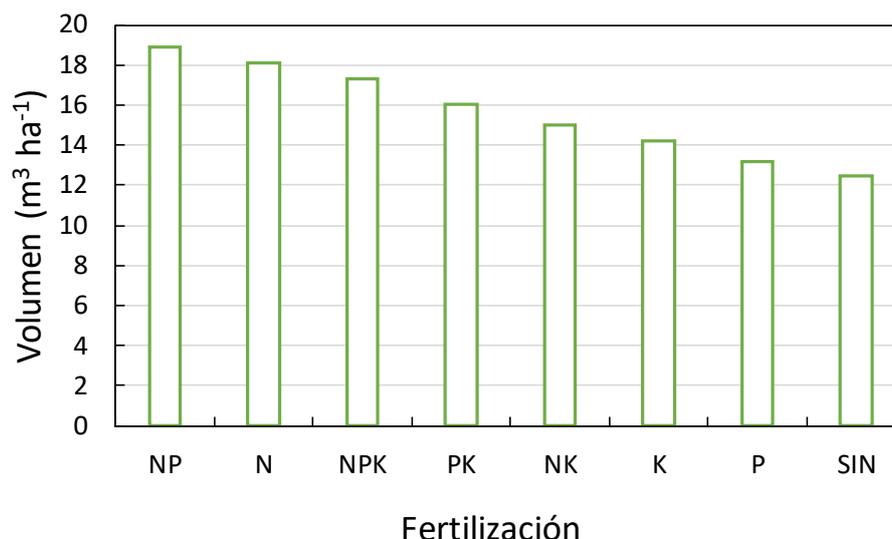


Figura 1. Volumen por hectárea para tratamientos de fertilización aplicados a *Gmelina arborea*.

A pesar de que el efecto de la fertilización no fue significativo, los tratamientos con N+P, N y N+P+K sobresalieron (Figura 1). Similar a los resultados del presente estudio, Barrios et al. (2011b) reportan que la aplicación de dosis altas de fertilización (N=60 g, P₂O₅=30 g, K₂O=120 g, Mg=68 g) permitió mejorar los incrementos periódicos anuales en un 29% en diámetro, 15% en altura total, 30% en área basal y 15% en volumen total sin corteza comparado con las parcelas testigo. Los resultados obtenidos difieren de los de Cadena y Guauque (2009) quienes concluyeron que la especie responde positivamente a la aplicación de dosis altas de N y K, siendo no significativo el uso de fertilizantes fosforados. En el presente estudio el tratamiento con N+K no obtuvo resultados satisfactorios, siendo solo superior a la aplicación de K, P y al tratamiento sin fertilización (Figura 1).

Conclusiones

Los resultados de la evaluación del crecimiento para el primer año, mostró que existe un efecto significativo de la preparación de sitio sobre el diámetro, altura, diámetro de copa, área basal y volumen. Los tratamientos de fertilización mostraron diferencias (no significativas) en crecimiento principalmente para el volumen, alcanzando un incremento medio anual de hasta 19 m³/ha/año en el tratamiento con fertilización a base de N+P en contraste con las parcelas sin fertilización las cuales alcanzaron tan solo 12 m³/ha/año. Sin embargo, se debe seguir evaluando el ensayo para evaluar el efecto de los tratamientos en el tiempo.

Literatura citada

- Albaugh, T., Rubilar, R., Álvarez, J. And Allen, I. 2004. Radiata pine response to tillage, fertilization, and weed control in Chile. *Bosque* 25(2):5-15.
- Barrios, A., López, A.M., Nieto, V.M. 2011a. Experiencias y avances en el manejo silvícola de plantaciones forestales comerciales. Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal-CONIF–Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural-MADR. Bogotá. 92 p.

- Barrios, A., López, A.M., Nieto, V., Burgos, N., Yaya, M., González, I. 2011b. Efecto del control de malezas y fertilización sobre el crecimiento inicial de *Gmelina arborea* Roxb. en el departamento del Tolima, Colombia. *Colombia Forestal* 14(1): 31-40.
- Binkley, D y Fisher, R. 2013. *Ecology and Management of Forest Soils*. Fourth edition. John Wiley & Sons, Ltd. USA. 347 p.
- Cadena, M. y Guauque G. 2009. Respuesta a la fertilización N:P:K en plantación de *Gmelina arborea*. Bosque Seco Tropical (Bajo Magdalena – Colombia). XIII World Forestry Congress. Buenos Aires. 14 p.
- Clutter, J., Forston, J., Pienaar, L., Brister, G., Bailey R. 1983. *Timber management: A quantitative approach*. John Wiley & Sons, New York. 333 p.
- Gatto, A., De Barros, N., Ferreira, R., Da Costa, L., Lima, J. 2003. Efeito do método de preparo do solo, em área de reforma, nas suas características, na composição mineral e na produtividade de plantações de *Eucalyptus grandis*. R. *Árvore* 27(5):635-646.
- Kuehl, R. 2001. *Diseño de experimentos*. International Thomson Editores. México. 666 p.
- López AM, Barrios A, Trincado G, Nieto VM. 2011. Monitoreo y modelamiento del crecimiento para el manejo de plantaciones forestales comerciales. Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal-CONIF–Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural-MADR. Bogotá D.C. 90 p.
- Montgomery, D. 2010. *Diseño y análisis de experimentos*. 2ª edición. Limusa Wiley. México. 700 p.
- Ramos, P., Niño, G. 2017. Modelamiento de atributos fustales y volúmenes comerciales de árboles de *Gmelina arborea* creciendo en el departamento del Tolima. Tesis de pregrado de Ingeniería Forestal, Facultad de Ingeniería Forestal, Universidad del Tolima. Ibagué, Colombia. 30 p.
- Rodríguez, J., Urueña, E., Borralho, N. 2011. Mejoramiento de semillas para incrementar las plantaciones de teca (*Tectona grandis* L.F.) y melina (*Gmelina arborea* Roxb.) en el departamento del Tolima. Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal-CONIF – Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural-MADR. Bogotá D.C. 80 p.
- Rubilar R. 2005. Environmental constraints on growth phenology, leaf area display, and above and belowground biomass accumulation of *Pinus radiata* (D. Don) in Chile. Thesis Ph.D. Raleigh, Estados Unidos. Department of Forestry, North Carolina State University. 208 p.
- Rubilar, R., Fox, T., Allen, L., Albaugh, T., Carlson, C. 2008a. Manejo intensivo al establecimiento de plantaciones forestales de *Pinus sp.* y *Eucalyptus sp.* en Chile y Argentina. *Informaciones Agronómicas* 40: 1-6.
- Rubilar, R., Blevins, L., Toro, J., Vita, A., Muñoz, F. 2008b. Early response of *Pinus radiata* plantations to weed control and fertilization on metamorphic soils of the Coastal Range, Maule Region, Chile. *Bosque* 29(1): 74-84.
- SAS Institute Inc. (2011) *Base SAS® 9.3 procedures guide*. SAS Institute Inc., Cary
- Toro, J. 2004. Alternativas silvícolas para aumentar la rentabilidad de las plantaciones forestales. *Bosque* 25(2): 101-113.

8

Ana Milena López, Camila Andrea Báez, Alonso Barrios Trilleras
Evaluación de parámetros morfológicos en especies comerciales de *Eucalyptus*
producidas en diferentes contenedores y sustratos
Departamento de Ciencias Forestales, Facultad de Ingeniería Forestal,
Universidad del Tolima
Ibagué, Colombia
amlopeza@ut.edu.co

Introducción

La producción de plántulas, tanto en cantidad como en calidad, es una de las fases más importantes para el establecimiento de plantaciones forestales. El establecimiento exitoso de las plantaciones depende del uso de plántulas cuyas características morfológicas y fisiológicas cumplan con los objetivos asociados con el crecimiento y la supervivencia en un rango anticipado de condiciones del sitio a establecerse (Davis y Jacobs, 2005; Ortega et al., 2006). La selección de plantas de calidad incidirá directamente en el costo de los proyectos de reforestación, al disminuir o aumentar la tasa de reposición de individuos y los manejos a implementar (Villar-Salvador, 2003). Las prácticas silviculturales realizadas en el vivero permiten modificar la morfología y fisiología de las plantas, adaptándolas a las condiciones ambientales del lugar de plantación (Rodríguez, 2008). Producir plantas de calidad requiere de un manejo específico, de acuerdo a la especie y teniendo claro el sistema productivo a utilizar, pues de este dependerá la planta a obtener, los costos de producción y su desarrollo al sitio de plantación (Buamscha et al., 2012). El tipo de sustrato, el contenedor que se utiliza, la elección de la semilla, así como un manejo adecuado del riego; son los elementos principales para obtener plantas de calidad y resultados económicamente satisfactorios (Frias et al., 2013). En Colombia, las empresas reforestadoras han sido las principales proveedoras del material vegetal requerido en los programas de reforestación, éstas, han avanzado en sus programas de mejoramiento genético y de producción vegetal, a pesar de ello, la divulgación de esta información es escasa. La mayoría de los pequeños o medianos productores forestales en muchos casos desconocen o no incorporan avances e innovaciones tecnológicas que permitan mejorar su productividad. El género *Eucalyptus* ha sido uno de los más implementados en los proyectos de reforestación en el país, sin embargo, existe la necesidad de mejorar las diferentes labores y técnicas que se emplean en los sistemas productivos de los viveros forestales. De acuerdo a esto, la presente investigación plantea evaluar el crecimiento de plántulas de cuatro especies de importancia comercial de *Eucalyptus* producidas en diferentes tamaños de contenedor en combinación con diferentes sustratos. Para lo cual se plantea los siguientes objetivos específicos: a) evaluar el efecto del tamaño de contenedor sobre variables morfológicas de plántulas de *Eucalyptus*, b) evaluar el efecto del tipo de sustrato sobre el desarrollo de plántulas de *Eucalyptus* y c) determinar los parámetros morfológicos de fácil implementación para la selección de plantas de calidad.

Metodología

El estudio fue desarrollado en el vivero forestal del Centro Universitario Regional del Norte (CURDN) de la Universidad del Tolima, ubicado en el municipio de Armero-Guayabal, Colombia. La Granja presenta una temperatura media anual de 28°C, una

precipitación media anual de 1738 mm y una humedad relativa promedio anual del 71%, que la clasifica como zona de vida: bosque seco tropical (bs-T) según Holdridge.

Diseño experimental: El diseño experimental fue bloques completamente al azar con arreglo factorial. El efecto del bloque correspondió a las especies de *Eucalyptus* (*E. camaldulensis*, *E. grandis*, *E. pellita* y *E. tereticornis*); cada bloque era una réplica del arreglo factorial, en donde el orden de las combinaciones de los tratamientos fue completamente al azar. El experimento constó de dos factores: tamaño de contenedor (dos niveles: grande y pequeño) y tipo de sustrato (tres niveles: tierra + cascarilla de arroz, turba y fibra de coco), para un total de 6 tratamientos. Fueron utilizadas 24 bandejas, para un total de 768 individuos.

Variables evaluadas: El periodo de desarrollo de las plántulas en el vivero fue de tres meses, durante los cuales, se realizaron mediciones repetidas en el tiempo a la edad de 60, 75 y 90 días. Las variables evaluadas fueron la supervivencia, la altura (cm), el diámetro de cuello (mm) y el número de hojas para todos los individuos del ensayo. A una muestra de las plántulas de cada tratamiento se le determinó el peso seco radicular (PSR), aéreo (PSA), y el peso seco total (PST) (suma entre PSR y PSA). A partir de la determinación de variables morfológicas se calcularon los índices morfológicos: relación altura (cm) / diámetro de cuello (mm) (H/DC), relación peso seco aéreo y peso seco radicular (PSA/PSR), y el índice de Dickson (ID), determinado a través de la Ecuación 1 (Dickson et al., 1960).

$$ID = \frac{PST(g)}{\frac{H(cm)}{DC(mm)} + \frac{PSA(g)}{PSR(g)}} \quad [1]$$

Análisis de datos: Las variables supervivencia, altura (H), diámetro de cuello (DC) y número de hojas (NH) se evaluaron a través de un análisis de varianza para medidas repetidas (RM-ANOVA) mediante un modelo lineal mixto, utilizando el procedimiento PROC GLIMMIX contenido en SAS versión 9.4 (SAS Institute, Cary, NC). El modelo para un diseño en bloques completamente al azar con arreglo factorial y medidas repetidas fue el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + C_i + S_j + (C \times S)_{ij} + \beta_k + T_l + (C \times T)_{jl} + (S \times T)_{kl} + (C \times S \times T)_{jkl} + e_{ijkl} \quad [2]$$

donde Y_{ijkl} es la variable respuesta, μ es la media global, C_i es el efecto del i -ésimo tamaño de contenedor, S_j es el efecto del j -ésimo sustrato, $(C \times S)_{ij}$ es el efecto de la interacción entre tamaño de contenedor y sustrato, β_k es el efecto del bloque, T_l es el efecto del l -ésimo tiempo de medición, $(C \times T)_{jl}$ es el efecto de la interacción entre tamaño de contenedor y tiempo de medición, $(S \times T)_{kl}$ es el efecto de la interacción entre sustrato y tiempo de medición, $(C \times S \times T)_{jkl}$ es el efecto de la interacción entre tamaño de contenedor, sustrato y tiempo de medición, y e_{ijkl} es el error aleatorio, asumiendo $e_{ijkl} \sim N(0, V\sigma_e^2)$, siendo $V\sigma_e^2$ la estructura de covarianza modelada. El contenedor, el sustrato, el tiempo de medición y sus interacciones, así como el bloque, se modelaron como factores fijos. El tiempo de medición correspondió al factor con medidas repetidas. Con el fin de determinar el efecto principal, así como identificar si hubo interacciones significativas entre el tipo de contenedor y el sustrato para las variables e índices determinados, se adoptó un análisis de varianza (ANOVA), utilizando el procedimiento PROC GLIMMIX de SAS versión 9.4 (SAS Institute, Cary, NC). Se

utilizó el siguiente modelo para el diseño en bloques completamente al azar con arreglo factorial (Montgomery, 2004):

$$Y_{ijk} = \mu + C_i + S_j + (C \times S)_{ij} + \beta_k + e_{ijk} \quad [3]$$

donde Y_{ijk} es la variable respuesta, μ es la media global, C_i es el efecto del i -ésimo tamaño de contenedor, S_j es el efecto del j -ésimo sustrato, $(C \times S)_{ij}$ es el efecto de la interacción entre tamaño de contenedor y sustrato, β_k es el efecto del bloque, y e_{ijk} es el error aleatorio.

Cuando el análisis de varianza encontró diferencias significativas para algún factor, se determinaron las diferencias entre las medias de los tratamientos evaluados a través de un test de rangos múltiples de Tukey (Montgomery, 2004). En todos los análisis estadísticos se consideró un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

Resultados

El análisis de varianza para medidas repetidas de la supervivencia y parámetros morfológicos mostró que el sustrato tuvo un efecto altamente significativo ($P < 0.0001$) en el crecimiento de las plántulas, mientras que el tamaño de contenedor no fue significativo para ninguna de las variables evaluadas. El factor tiempo de medición y su interacción con el sustrato tuvo un efecto altamente significativo ($P < 0.0001$), y un efecto significativo ($P < 0.01$) en la interacción tiempo de medición, tamaño de contenedor y sustrato para la variable altura, evidenciando que las diferencias entre tratamientos no se mantienen en el tiempo (Tabla 1).

Tabla 1. Análisis de varianza (valores de F) para la supervivencia y parámetros morfológicos de plántulas de eucaliptos.

FACTORES	SUPERVIVENCIA	ALTURA (H)	DIÁMETRO DE CUELLO (DC)	NÚMERO DE HOJAS (NH)
Bloque	1.46 ^{ns}	3.92 [*]	9.58 ^{***}	6.84 ^{**}
Tamaño de contenedor (C)	1.68 ^{ns}	1.29 ^{ns}	0.59 ^{ns}	0.74 ^{ns}
Sustrato (S)	10.34 [*]	74.18 ^{***}	83.08 ^{***}	115.55 ^{***}
CxS	1.33 ^{ns}	3.02 ^{ns}	2.19 ^{ns}	0.71 ^{ns}
Tiempo de medición (T)	57.48 ^{***}	210.18 ^{***}	85.47 ^{***}	87.39 ^{***}
TxC	0.34 ^{ns}	5.79 ^{**}	0.7 ^{ns}	1.12 ^{ns}
TxS	40.12 ^{***}	56.76 ^{***}	20.75 ^{***}	9.18 ^{***}
TxCxS	0.49 ^{ns}	3.84 ^{**}	0.99 ^{ns}	2.51 ^{ns}

*, ** y *** indican efectos significativos a $P < 0.05$, $P < 0.01$ y $P < 0.0001$, respectivamente; ns: no significativo.

De acuerdo a la comparación de medias realizada para la interacción tiempo de medición y sustrato, el mejor desarrollo morfológico de las plántulas se obtuvo en el sustrato de tierra, seguido por el sustrato turba, en el que las plantas alcanzaron en la última medición los valores obtenidos por las plantas producidas en tierra en la primera medición. Las plantas que crecieron en fibra de coco tuvieron un crecimiento muy inferior a los otros sustratos evaluados durante todo el periodo de evaluación, y

con la menor supervivencia al final del ensayo. La diferencia de medias de la interacción tiempo de medición, tamaño de contenedor y sustrato para la variable altura (Tabla 1), señala que debido a la influencia del sustrato tierra existen diferencias notables entre los valores obtenidos para cada medición en los dos tamaños de contenedor, ya que para los sustratos turba y fibra de coco, aunque existan diferencias de altura entre los tamaños de contenedor los valores son muy semejantes (Tabla 2).

Tabla 2. Efecto de la interacción del tiempo de medición, tamaño de contenedor y sustrato en la altura. Las medias con diferentes letras son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$) según el test de Tukey.

TAMAÑO DE CONTENEDOR	SUSTRATO	TIEMPO DE MEDICIÓN		
		60	75	90
Grande	Tierra	12.39 cde	19.01 b	24.16 a
	Turba	6.95 efg	9.42 def	11.68 de
	Fibra de coco	3.31 g	3.49 g	4.06 fg
Pequeño	Tierra	10.46 de	15.22 cbd	18.08 cb
	Turba	8.07 efg	10.91 de	12.22 de
	Fibra de coco	3.08 g	3.56 g	4.00 fg

En la Tabla 3 se encuentra el análisis de varianza para los pesos secos e índices morfológicos, en el que se evidencia la importancia que tuvo el sustrato en el desarrollo de plántulas de eucalipto, con un efecto altamente significativo ($P < 0.0001$) para todas las variables evaluadas. Por el contrario, el efecto del tamaño de contenedor no fue significativo para ninguna de las variables, tan solo tomó importancia en interacción con el sustrato, para los pesos secos aéreo y total con una significancia de $P < 0.05$.

Tabla 3. Análisis de varianza (valores de F) para los pesos secos e índices morfológicos de plántulas de eucaliptos.

FACTORES	PESO SECO RADICULAR (PSR)	PESO SECO AEREO (PSA)	PESO SECO TOTAL (PST)	RELACIÓN H/DC	RELACIÓN PSA/PSR	ÍNDICE DE DICKSON (ID)
Bloque	8.17**	6.07**	9.94**	5.31*	2.8 ^{ns}	9.62**
Tamaño de contenedor (C)	0.85 ^{ns}	3.19 ^{ns}	3.56 ^{ns}	0.25 ^{ns}	0.77 ^{ns}	1.12 ^{ns}
Sustrato (S)	31.35***	129.21***	141.35***	18.21***	4.85*	75.65***
CxS	1.9 ^{ns}	5.51*	5.98*	0.76 ^{ns}	0.17 ^{ns}	3.47 ^{ns}

*, ** y *** indican efectos significativos a $P < 0.05$, $P < 0.01$ y $P < 0.0001$, respectivamente; ns: no significativo.

En la comparación de medias de la interacción tamaño de contenedor y sustrato para las variables peso seco aéreo y total, se observa que la principal diferencia se da por

influencia del sustrato tierra, ya que para los sustratos turba y fibra de coco los valores obtenidos en los dos tamaños de contenedor son muy semejantes (Tabla 4).

Tabla 4. Efecto de la interacción tamaño de contenedor y sustrato en los pesos secos aéreo y total. Las medias con diferentes letras son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$) según el test de Tukey.

TAMAÑO DE CONTENEDOR	SUSTRATO	PSA (gr)	PST (gr)
Grande	Tierra	0.35 a	0.44 a
	Turba	0.08 c	0.11 cd
	Fibra de coco	0.01 c	0.04 cd
Pequeño	Tierra	0.25 b	0.32 b
	Turba	0.09 c	0.13 c
	Fibra de coco	0.01 c	0.03 d

Tabla 5. Efecto del sustrato en los índices morfológicos. Las medias con diferentes letras son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$) según el test de Tukey.

SUSTRATO	RELACIÓN H/DC	RELACIÓN PSA/PSR	ÍNDICE DE DICKSON (ID)
Tierra	16.192 a	3.805 a	0.019 a
Turba	13.812 a	2.805 ab	0.007 b
Fibra de coco	10.514 b	2.367 b	0.003 c

Los valores medios de los índices morfológicos bajo el efecto del sustrato, se presentan en la Tabla 5. Los altos valores de la relación H/DC para los sustratos tierra y turba, evidencian que las plantas adquirieron gran altura y bajo diámetro. El valor de la relación PSA/PSR para el sustrato tierra resulta ser muy alto, indicando que las plantas tuvieron un mayor desarrollo aéreo en comparación al desarrollo radicular.

Las plantas que crecieron en el sustrato fibra de coco obtuvieron bajos valores en la relación H/D y PSA/PSR, debido a su pobre desarrollo morfológico. De acuerdo al Índice de Dickson, las plantas con mejor calidad fueron las obtenidas con el sustrato tierra. Los bajos valores del ID para los sustratos turba y fibra de coco indican una mala calidad de planta.

Conclusiones

El tamaño de contenedor no resultó un factor significativo en la producción de plántulas de *Eucalyptus*. Sin embargo, el contenedor de tamaño grande permite un mayor desarrollo de las plantas, su elección acarrea un mayor costo debido a la cantidad de sustrato a emplear, y disminuye la cantidad de plantas producidas por área. Para la producción de plántulas de *Eucalyptus* con un ciclo de crecimiento de 90 días se sugiere el uso de un contenedor con un volumen entre los 60 y 90 cm³, rango que se considera adecuado para este tiempo de permanencia en el vivero. Para las plántulas de *Eucalyptus* es posible obtener en el sustrato tierra + cascarilla de arroz un buen desarrollo morfológico y calidad de planta aceptable, sin embargo,

este sustrato es empleado principalmente por el sistema de producción tradicional, además, suele ser muy susceptible al crecimiento de malezas y ataque de patógenos, por lo que requiere mayores labores de desinfección en comparación a los sustratos comúnmente utilizados por el sistema de producción tecnificado. En futuros ensayos, los sustratos de turba y fibra de coco podrían otorgar mejores condiciones de crecimiento para plantas de *Eucalyptus*, si en su implementación se incluyese un programa de fertilización edáfica o foliar que permita potencializar las ventajas que brinda el uso de estos sustratos.

Literatura citada

- Buamscha, G., Contardi, L., Dumroese, R., Enricci, J., Escobar, R., Gonda, H., ... Wilkinson, K. (2012). Producción de plantas en viveros forestales. Buenos Aires, Argentina.
- Davis, A., & Jacobs, D. (2005). Quantifying root system quality of nursery seedlings and relationship to outplanting performance. *New Forests*, 30(2–3), 295–311.
- Dickson, A., Leaf, A., & Hosner, J. (1960). Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *Forest Chronicles*, 36, 10–13.
- Frías, M., Pérez-Díaz, N., & Castillo-Martínez, I. (2013). Evaluación de plantas *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden a los 60 meses de plantadas obtenidas en contenedores con diferentes sustratos y riego de endurecimiento. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 1(1), 74–83.
- Ortega, U., Kindelman, A., Hevia, A., Álvarez, E., & Majada, J. (2006). Control de calidad de planta forestal. *Tecnología Agroalimentaria*, 3, 23–28.
- Rodríguez, D. (2008). Indicadores de Calidad de Planta Forestal. Universidad Autónoma Chapingo. Mundi-Prensa México.
- Villar-Salvador, P. (2003). Importancia de la calidad de planta en los proyectos de revegetación. In *Restauración de ecosistemas en ambientes mediterráneos* (pp. 65–86). Universidad de Alcalá / Asociación Española de Ecología Terrestre.

9

Título: Evaluación físico-químico de residuales líquidos, generados por unidades porcinas, tratadas con microorganismos eficientes (*ME-AgroAmbiental*).

Autores: Dra MV. Teresa Figueroa Barrios, MSc. Lic. Odys N Hernández Vasallo MSc. Dr.C. Angel Entrena García. Dr. Silde Arabadat Arango. Téc. Noel Tejeda. Dr.C Abdulahi Alfonso Morales. Téc. Vilma Espinosa. Lic. Fé Fernandez Zamora. Dra. Itamys C García Villar, MSc. Ing. Lency Pérez Pino, MSc. Dr.C. Layna Riera Ojeda. Ing. Leonardo Cabezas Rodríguez.

Centro Nacional para la Producción de Animales de Laboratorio. (CENPALAB).

teresa.figueroa@cenpalab.cu terefigueroa69@gmail.com

La Habana. Cuba.

Resumen.

Los microorganismos eficientes (ME) constituyen una de las mejores herramientas para el tratamiento natural de los efluentes o residuales líquidos, de la granja de cerdos. Su uso evita la construcción de instalaciones caras con altos costos de mantenimiento para el tratamiento de los efluentes. El presente trabajo tiene como objetivo demostrar la efectividad del tratamiento con él *ME-AgroAmbiental*, producto a base de microorganismos eficientes, en residuales líquidos generados por unidades porcinas. Se evaluaron dos muestras de los residuales por cada una de las empresas porcinas, la UBP-2143 y UBP-2156, según la norma cubana 27/2012 de vertimiento de las aguas residuales. El muestreo se realizó mediante una muestra compuesta durante el ciclo productivo Punto 1. Aguas residuales sin tratar y Punto 2. Aguas residuales Tratadas. Las muestras fueron evaluadas en la ENAST, para la determinación de: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Nitrógeno total (NTK), Fosforo total (PT), Grasas y Aceites (G y A). Los resultados obtenidos se compararon con los *Límite Máximo Permisible Promedio* (LMPP) de la norma vigente de vertimiento. Las muestras evaluadas, de ambas unidades, para la DBO_5 revelaron un 5.16% y un 6.06% de reducción en comparación con la no tratada. Para la DQO un 1,86% y un 58% respectivamente aunque en ambos resultados los valores quedaron por encima del LMPP de la NC:27/2012, no obstante los niveles de reducción de la carga contaminante son mayores a los resultados obtenidos anterior al uso de los ME. Para el caso de NT y PT, los valores de las muestras después de tratadas, quedaron por debajo de lo establecido por la norma, en ambas unidades y en el parámetro de HCT y G y A, se encontraban dentro de los LMPP. Los resultados obtenidos, demuestran la efectividad del tratamiento de estos residuales con *ME-AgroAmbiental*.

Palabras claves: Microorganismos eficientes, *ME-AgroAmbiental*, residuales líquidos porcino.

Abstract.

The efficient microorganisms (ME) constitute one of the best tools for the natural treatment of effluents or liquid residuals, from the pig farm. Its use avoids the construction of expensive installations with high maintenance costs for the treatment of effluents. The present work has as objective to demonstrate the effectiveness of the treatment with it ME-AgroAmbiental, product based on efficient microorganisms, in liquid residuals generated by porcine units. Two samples of the residuals were evaluated by each of the pig companies, UBP-2143 and UBP-2156, according to the Cuban norm 27/2012 of dumping of wastewater. Sampling was carried out by means of a composite sample during the productive cycle Point 1. Untreated wastewater and Point 2. Treated wastewater. The samples were evaluated in the ENAST, for the determination of: Biochemical Oxygen Demand (BOD5), Chemical Oxygen Demand (COD), Total Nitrogen (NTK), Total Phosphorus (PT), Fats and Oils (G and A). The results obtained were compared with the Maximum Permissible Average Limit (LMPP) of the current dumping regulation. The samples evaluated, from both units, for BOD5 revealed a 5.16% and a 6.06% reduction compared to the untreated one. For the COD, 1.86% and 58% respectively, although in both results the values were above the LMPP of the NC: 27/2012, although the levels of reduction of the pollutant load are greater than the results obtained prior to the use of ME. In the case of NT and PT, the values of the samples after treatment were below the norm established, in both units and in the parameter of HCT and G and A, they were within the LMPP. The results obtained demonstrate the effectiveness of the treatment of these residuals with ME-AgroAmbiental.

Key words: Efficient microorganisms, ME-AgroAmbiental, liquid waste porcine.

Introducción.

Las excretas generadas en las producciones porcinas, resultan responsables de impactos sobre el aire, el suelo y el agua ya que se concentran en áreas reducidas y con una fuerte carga de nutrientes, metales pesados, antibióticos, otras drogas veterinarias y patógenos (Herrero y Gil, 2008). También son responsables de generar olores indeseables cuando no tienen un adecuado tratamiento y la proliferación de plagas sinantrópicas (FAO – INTA, 2012).

Es importante destacar que toda actividad intensiva genera un deterioro ambiental que puede ser mitigado por una correcta gestión en este caso de las excretas, transformando así un deshecho en un recurso. Se puede convivir con y en el medio ambiente sin dañarlo, siempre y cuando las emisiones no superen la capacidad de neutralización de los mismos ecosistemas (Sánchez Gómez, 2006). De esta manera queda plasmada la importancia de tratar los residuos porcinos en los sistemas de producción para mantener la sustentabilidad ambiental.

Las excretas como residuos porcinos están conformadas por un 45% de orina y un 55% de heces, la humedad es del 90% y el contenido de materia seca es del 10% aproximadamente. La densidad de la misma es cercana a 1, siendo un fluido de peso comparable con el agua. Posee sólidos que flotan, algunos que sedimentan y otros que se mantienen en suspensión. (INIA; MINAGRI. 2005). El efluente porcino, como anteriormente habíamos expresado, está conformado por heces, orina, alimento desperdiciado, agua de bebida y otros. La composición del mismo va a depender del peso del animal, su estado fisiológico, el sistema de producción en el que se encuentra, la dieta, la época del año, el estado de los bebederos, tipo de almacenamiento, tiempo de residencia del efluente y cantidad de agua utilizada en la limpieza.

Su alto potencial contaminante está definido básicamente por los siguientes parámetros: alto contenido de materia orgánica, alto contenido de macro nutrientes, (N, P, K) y micronutrientes (Fe, Zn, Cu, Mn), emisión de gases con efecto invernadero (GEI), amoníaco, metano y óxido nitroso, presencia de metales pesados como el cobre y pesticidas.

Para poder determinar su potencial y comparar con otras cargas, debemos utilizar determinadas unidades como lo son la demanda biológica de oxígeno (DBO_5) y la demanda bioquímica de oxígeno (DQO). El cerdo genera una excreta con una elevada proporción de nutrientes por ser ineficiente en la asimilación. Sólo puede aprovechar el 33% de la proteína de la dieta consumida. El nitrógeno no absorbido se encuentra en las heces (16%) y en la orina (51%), luego el 34% se transforma en gas y un 32% se incorpora al suelo (BPP, 2012).

Según el tipo de producción porcina que se desarrolle y su grado de intensificación, el impacto ambiental de los residuales no tratados será diferente. Los parámetros a medir más comunes para tener un criterio son (Carr, 2009):

DBO_5 : es la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos para degradar la materia orgánica por vía biológica a un tiempo y temperatura específica. Se expresa en mg/litro de oxígeno disuelto a los 5 días y a una temperatura constante de 20 °C. Es el

método usado con mayor frecuencia en el campo de tratamiento de las aguas residuales.

DQO: es la demanda química de oxígeno, es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltos o en suspensión en una muestra líquida. Mide la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar por vía química la totalidad de la materia orgánica. Se expresa en miligramos de O₂ por litro (mg/l). Los productos que se obtienen son CO₂ y agua por parte de la materia orgánica y NH₃ por parte del nitrógeno orgánico. (Peralta et al, 2005)

Sólidos Totales: es la suma de los sólidos suspendidos y los sólidos disueltos en la muestra. (Gestión Ambiental, 2000). En el caso de los efluentes existe una gran proporción de sólidos en suspensión de digestión lenta (Cervantes et al, 2007).

pH: es una medida de la concentración de iones hidronio (H₃O⁺) en la disolución. En las medidas de pH hay que tener presente que estas sufren variaciones con la temperatura y que los valores indicados son para 20 °C. En el caso de los efluentes porcinos, el pH varía entre 6 y 8, tendiendo a la neutralidad en la medida que las excretas sean más frescas.

Cuando necesitamos caracterizar el efluente para luego determinar el tratamiento que le vamos aplicar existen dos metodologías, por un lado, está la analítica de laboratorio, que entrega datos con la exactitud necesaria para el posterior diseño del tratamiento, y por otro lado las estimaciones matemáticas a través de balances de masa, que otorgan valores estimativos preliminares para la toma de decisiones (Peralta et al, 2005).

La cuantificación analítica es el método más exacto que se puede aplicar para la planificación del manejo de excretas. Dentro de éste existen dos puntos para analizar, el primero es la caracterización y el segundo es la cuantificación del flujo total de excretas.

Con respecto a la caracterización esta queda definida, como lo vimos con anterioridad, por los siguientes parámetros: DBO₅ (mg/l). DQO (mg/l), Cantidad de Materia Seca (mg/l) Sólidos Volátiles (mg/l) Nitrógeno Total (mg/l) Fósforo (mg/l) K soluble, Zinc (mg/l) Salinidad Flujo medio total diario (m³/día). La cuantificación del flujo se puede realizar a través del uso de instrumentos medidores llamados caudalímetros, o en su defecto, a través de la medición directa por el método del flotador (Peralta et al, 2005).

Otros de los aspectos relacionados con la necesidad de tratar las excretas en criaderos porcinos. Está relacionado con la contaminación en el suelo que se produce por una aplicación excesiva de excretas como fertilizante orgánico en los cultivos, rompiendo el equilibrio preexistente dando lugar a uno nuevo que altera la calidad del suelo receptor. Los principales contaminantes son el N, P y metales pesados.

Para ello hay una gran variedad de métodos para la descontaminación de aguas y aguas residuales, entre los que se encuentran la utilización de microorganismos, denominados eficientes (ME), y su importancia resulta de que ellos no generan subproductos contaminantes y, además, son eficientes (López 1981). Un buen ejemplo

es el sistema a partir de lodos activados, que se basa en el trabajo de las bacterias, para degradar los desechos existentes en el agua (García 2001).

En un inicio estos microorganismos fueron utilizados para mejorar la calidad del suelo y la eficacia del uso de la materia orgánica por las plantas respectivamente, así como suprimir putrefacción incluyendo enfermedades. Este estudio fue desarrollado por el Doctor Teruo Higa en la Universidad de Ryukyus, Okinawa, Japón, y se completó en 1982 (EEAITAJ 2013).

Posteriormente, los ME se han aplicado en diferentes contextos como las actividades pecuarias (apicultura, porcicultura, ganadería, acuicultura), rellenos sanitarios, botaderos de basura y desechos, tratamiento de los suelos, de aguas y aguas residuales, etcétera. Un ejemplo de ello lo es el informe realizado por Productores y Distribuidores de EM1 en México (EM Yucatán s/a), se exponen los distintos usos que se les pueden dar a los ME, tales como sustitutos de artículos de aseo (limpiador de piso, baño y cocinas), para eliminar el olor desagradable a humedad y drenaje, en la conservación de frutas y verduras, para reducir la contaminación de los lodos sépticos, en trabajos de construcción y restauración, jardinería, terapia medicinal y otros muchos más.

La base de la tecnología de ME es la mezcla de diferentes tipos de microorganismos, todos ellos benéficos, que poseen propiedades de fermentación, producción de sustancias bioactivas, competencia y antagonismo con patógenos, todo lo cual ayuda a mantener un equilibrio natural entre los microorganismos que conviven en el entorno, trayendo efectos positivos sobre la salud y bienestar del ecosistema. (Higa, T (2013), Kyan, T (1999).

La utilización de ME posibilita que el agua servida de viviendas, ciudades y fábricas, entre otras, puedan ser tratadas de una manera que asegure que su retorno al medio ambiente se produzca de forma segura y pueda restaurar el balance ecológico del área. Kyan, T (1999), López M.V (1981).

Basado en el conocimiento anterior, en Cuba se ha desarrollado un producto en el Centro Nacional Para Producción de Animales de Laboratorio, a base de microorganismos eficientes, denominado *ME-AgroAmbiental*, que ha sido aplicado en aguas residuales de diferentes orígenes: albañales, cocina comedor, residuales industriales, desechos agropecuarios, así como lagunas de oxidación, zanjas, ríos, donde se han detectado afectaciones de la calidad de las aguas terrestres con peligro para la salud animal y humana; de ahí que el interés de esta institución sea continuar el estudio, entre otros, de la eficacia del mismo en estas y otras actividades, en aras de disminuir la contaminación ambiental en diferentes zonas del país.

En el presente trabajo tiene como objetivo demostrar la efectividad del tratamiento con el *ME-AgroAmbiental*, producto a base de microorganismos eficientes, en residuales líquidos generados por unidades porcinas, mediante la evaluación físico-químico de control de la contaminación para DBO₅, DQO, Coliformes totales (CT), Coliformes Termotolerantes (CTT), Nitrógeno total (NT), Fosforo total (PT), Hidrocarburos totales (HCT) y Grasas y Aceites (G y A).

Materiales y métodos.

Para el desarrollo de la investigación se seleccionaron dos unidades básicas de producción porcina (UBP), la UBP-2143 y UBP-2156, a su vez se utilizaron dos muestras para la evaluación Físico - Química (FQ) de los residuales por cada una de las empresas porcinas, ambas se rigen por la Norma Cubana Obligatoria NC 27:2012 Vertimiento de Aguas Residuales a las Lagunas Terrestres y al Alcantarillado.

Las muestras provenían de las aguas residuales colectadas en los puntos de muestreo previamente seleccionados, el muestreo se realizó mediante una muestra compuesta durante el ciclo productivo donde se identificaron como Punto 1. Aguas residuales sin tratar y Punto 2. Aguas residuales Tratadas con *ME-AgroAmbiental*.

Las muestras fueron remitidas a los Laboratorios de la Empresa de Análisis y Servicios Técnicos, de recursos Hidráulicos (ENAST), laboratorio acreditado con la norma ISO 9001, para la determinación de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) y Demanda Química de Oxígeno (DQO), Coliformes totales (CT) y Coliformes Termotolerantes (CTT), así como para la determinación de: Nitrógeno total (NT), Fosforo total (PT), Hidrocarburos totales (HCT) y Grasas y Aceites (G y A). (Tabla 1.)

La DQO se determinó adicionando una cantidad pesada de dicromato potásico ($K_2Cr_2O_7$) a un volumen conocido de muestra, acidulando el medio ($pH < 7$) y destilando a reflujo el sistema durante 2 o 3 horas. El dicromato sobrante de la oxidación de la materia orgánica se evalúa mediante un agente reductor (generalmente sulfato amónico ferroso). La diferencia entre la cantidad inicial de dicromato y la determinada por valoración con el agente reductor, es la consumida en la oxidación de la materia orgánica presente en el efluente (Jiménez, 2008).

El cálculo de la DBO_5 se efectuó determinando el contenido de oxígeno de una muestra de agua y lo que queda después de un tiempo determinado (se toman 5 días como medida estándar) comparada con otra muestra semejante conservada durante este período a una temperatura de 20 °C en un recipiente cerrado, fuera del contacto del aire y en la oscuridad, para evitar el aporte de oxígeno por fotosíntesis. La diferencia entre los dos contenidos representa la DBO en 5 días (DBO_5).

Tabla 1. Ensayos realizados en ENAST

Ensayos	Método
DBO_5	Prueba de DBO - 5 días
DQO	Método acelerado autoclaveando muestras bajo presión con dicromato
CT	Técnica de tubos múltiples de fermentación para miembros del grupo coliformes
CTT	
NT	Método Kjeldhal
PT	La determinación se efectúa por espectrofotometría, previa digestión de los polifosfatos.
HCT	Método espectroscópico UV-VIS
G y A	Extracción en caliente (Extracción embudo separación). Método gravimétrico.

Los resultados obtenidos se compararon con los *Límite Máximo Permissible Promedio (LMPP)* de la norma vigente de vertimiento de residuales según la clasificación del cuerpo receptor en la Norma Cubana Obligatoria NC 27:2012 Vertimiento de Aguas Residuales a las Lagunas Terrestres y al Alcantarillado. En el caso que nos ocupa Cuerpo receptor C. (Tabla 2).

Resultados y discusión.

Las muestras tratadas con *ME-AgroAmbiental* evaluadas, de ambas unidades porcinas, para la DBO_5 (Mg/ml), revelaron un 85.2 % y un 97.59% de reducción en comparación con la muestra no tratada. (Tabla 2). En los dos puntos la DBO_5 disminuyó notablemente, lo que significa que este producto es capaz de interactuar con la materia orgánica de las aguas, aunque aun los resultados no quedan por debajo de la norma, el patrón fue totalmente similar, para ambas unidades porcinas, apreciándose una tendencia a la disminución de este parámetro de forma brusca con relación al punto no tratado con *ME-AgroAmbiental*. Este resultado muestra que el producto actúa sobre la materia orgánica de forma acumulativa, es decir, en el transcurso de los tres meses de tratamiento se logra disminuir significativamente, el grado de contaminación existente.

El comportamiento de la DQO, muy similar al de la DBO_5 . Para la DQO el porcentaje de reducción de la muestra tratada con la no tratada con *ME-AgroAmbiental* fue de 85.87% y un 97.47% respectivamente, aunque en ambos resultados los valores quedaron por encima del LMPP de la NC: 27:2012, no obstante los niveles de reducción de la carga contaminante son mayores a resultados obtenidos anterior al uso de los ME. (Tabla 2).

Tabla 2. Resultados de evaluación Físico-Químico y Microbiológicos. De aguas residuales del centro porcino UBP-2143 y UBP-2156

Muestras	ENAST (mg/L)							
	DBO_5	DQO	CT	CTT	NTK	PT	HCT	G y A
Punto 1 Centro Porcino UBP-2143 (Aguas residuales sin tratar)	1529	4027	2.7×10^6	1.7×10^6	100.9	17.8	< 1	2.61
Punto 2 Centro Porcino UBP-2143 (Aguas residuales Tratadas)	227	569	1.3×10^2	4.9×10^2	11.76	9.6	< 1	0.66
% de Reducción	85.2	85.87	-	-	88.34	46.06	-	74.7
Punto 1 Centro Porcino UBP-2156 (Aguas residuales sin tratar)	5571	8195	3.3×10^6	2.4×10^6	103.9	56.5	< 1	6.57
Punto 2 Centro Porcino UBP-2156 (Aguas residuales Tratadas)	134	371	1.4×10^6	1.2×10^2	13.7	7	< 1	1.41
% de Reducción	97.59	95.5	-	-	86.81	87.6	-	78.53
LMPP de NC: 27:2012	100	250	No regulado (NR)		15	10	NR	30

LMPP: Límite Máximo Permissible Promedio.

Tabla 3. Remoción de DBO₅ y DQO según diferentes autores, al aplicar ME a las aguas residuales de diferentes procedencias (Fuente: Toc, A. R. M. 2012)

Procedencia del residual	Remoción DBO ₅ (%)	Remoción DQO (%)	Autores
Aguas granja Porcina (ME Zamora)	96	96	Toc (2012)
Aguas granja Porcina (ME comercial)	98	97	Toc (2012)
Aguas industria azucarera (elaboración panela)	91	93	López et al. (2006)

La relación DBO₅ y DQO, en ambas unidades se comporto de forma similar, con valores de DQO, por encima del valor de DBO₅, resultados que coinciden con lo plateado por Jiménez, 2008, y otros autores, planteando que siempre el valor de DQO debe ser mayor que el de DBO₅, debido a que no toda la materia oxidable químicamente (condiciones enérgicas) pueden ser bio-oxidable (condiciones suaves). En general, se puede decir que cuando DBO₅/DQO es < 0,5 estamos ante un efluente fácilmente biodegradable, mientras que si este cociente es inferior a 0,2 será escasamente biodegradable. Diariamente, se generan alrededor de 0,25 Kg de demanda biológica de oxígeno (DBO) y 0,75 Kg de demanda química de oxígeno (DQO) por cada 100 kilos de peso vivo (Purdue Research Foundation, (2003).

Para el caso de NT y PT, las muestras tratadas, en ambas unidades mostraron valores por debajo de lo establecido por la norma NC: 27:2012 según corresponde. En ambas unidades en los parámetros de HCT y G y A, los valores de igual forma a los anteriores, se encontraban dentro de los LMPP de la norma establecida, como se observa en la Tabla No.2

Con relación a los parámetros microbiológicos, los coliformes termotolerantes (CTT) en los residuales evaluados, después de incorporado el producto *ME-AgroAmbiental*, disminuyeron en el punto de muestreo, desde 1.7×10^6 hasta 4.9×10^2 NMP/100ml en la UBP -2143 y desde 2.4×10^6 hasta $1,2 \times 10^2$ NMP/100 mL en la UBP-2156, para el período evaluado. Este proceder muestra los beneficios del *ME-AgroAmbiental* para disminuir o eliminar contaminación fecal, independientemente que para las residuales de aguas de granja porcina no está regulado por la NC:27 (2012).

Acerca de los microorganismos Kyan et al. (1999) plantean que de manera general, ellos son capaces de mineralizar la materia orgánica de manera rápida y efectiva, y convertir las aguas residuales en productos no tóxicos para determinados usos, incluyendo desde aguas albañales hasta las que se generan en los procesos industriales, aunque la ventaja radica no solo para remediar aguas contaminadas, sino también para mejorar la calidad de los suelos con vistas a su uso en los cultivos, para beneficiar las aguas que beben los animales de corral, para la cría de animales acuáticos (peces y crustáceos), para la fermentación de ciertos alimentos, para eliminar olores en los tanques sépticos, etcétera.

Figura.1 Porcentaje de reducción de DBO₅ y DQO. Unidad - UBP-2143.

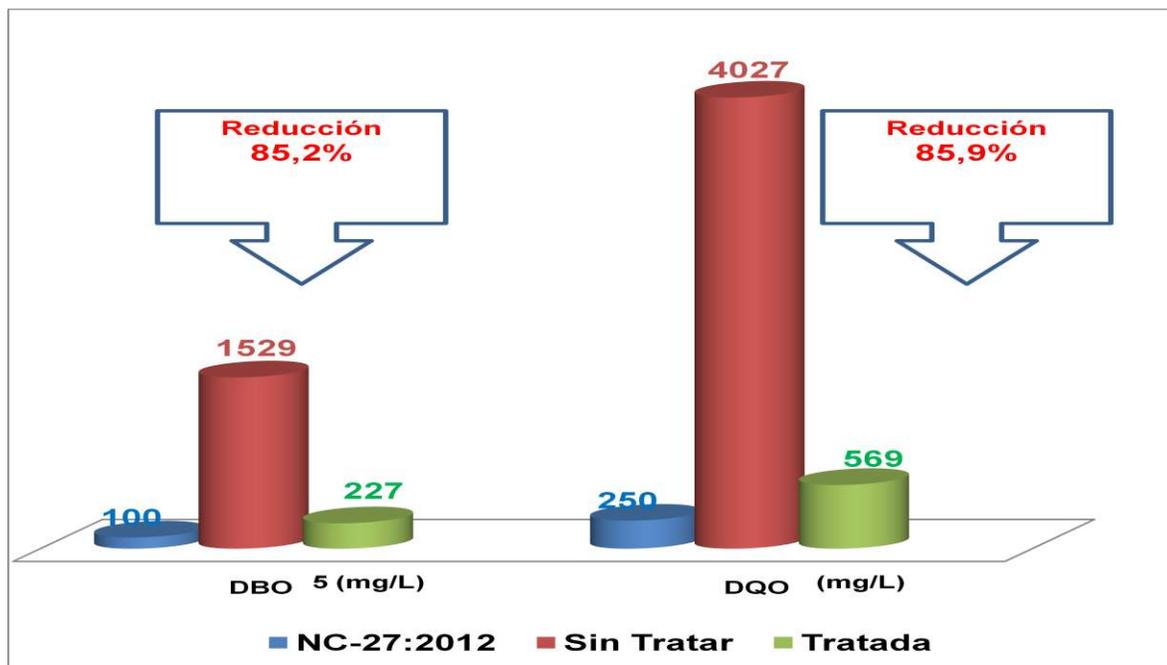
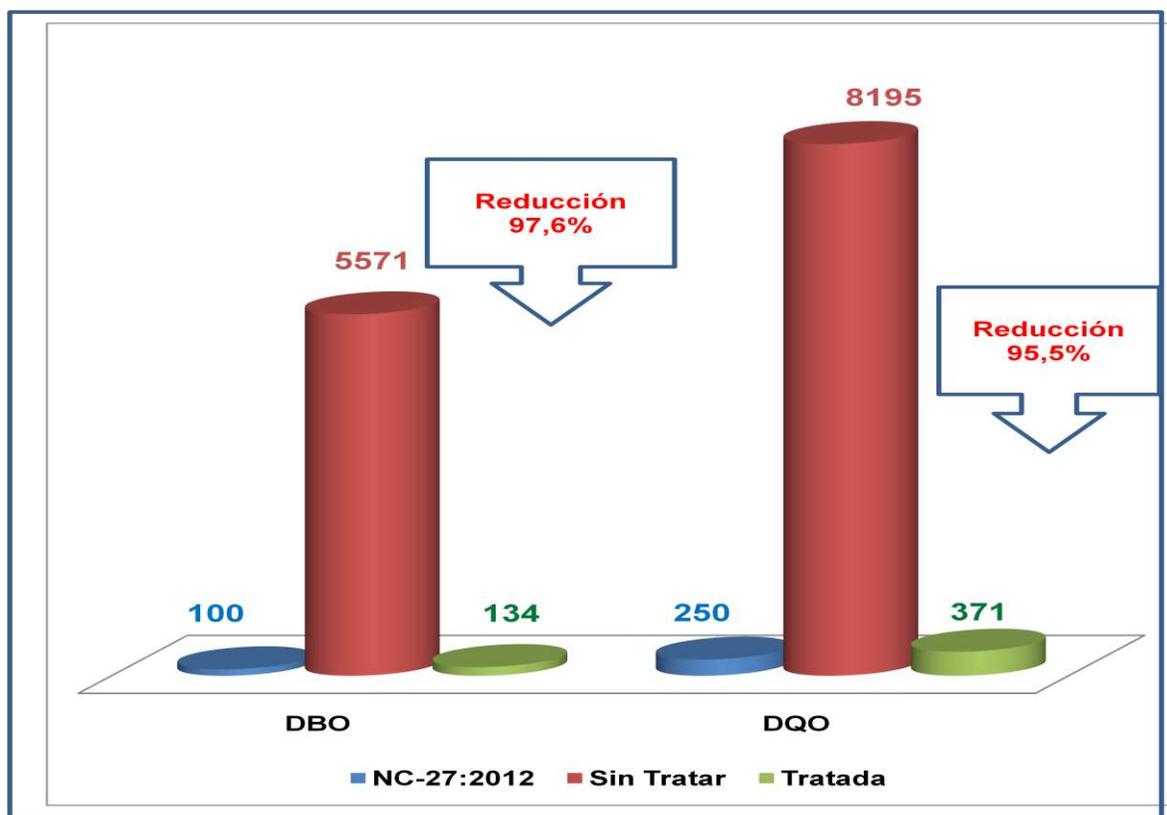


Figura.2 Porcentaje de reducción de DBO₅ y DQO. Unidad - UBP-2156.



Conclusiones.

1. Se logró demostrar la efectividad del *ME-AgroAmbiental* en residuales líquidos, generados por unidades porcinas, con la disminución de los valores de resultados químico de control de la contaminación para DBO_5 , y DQO.
2. El producto *ME-AgroAmbiental* es capaz de ejercer su influencia degradadora sobre la materia orgánica existente en las aguas residuales de granjas porcinas.
3. Se recomienda continuar el tratamiento de estos residuales con *ME-AgroAmbiental*, manteniendo la dosis indicada, ya que su acción se incrementa en el tiempo a medida que colonizan su hábitat y estas unidades llevaban sólo tres meses de aplicación en el momento del muestreo.

Bibliografía.

1. Agüero Y. (2013). Indicaciones administrativas y técnicas para la implementación en Cuba de la utilización de microorganismos eficientes: tratamiento de agua y aguas residuales en lugares de interés para el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos. Informe Técnico. Sistema de Gestión de la Calidad. Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, Habana.
2. Andreadakis, A. D. (1992). Anaerobic digestion of piggery wastes. *Wat. Sci.Tech.* 25:9-16.
3. Arias, A. (2010). Microorganismos eficientes y su beneficio para la agricultura y el medio ambiente. *J. Ciencia Ing,* 2, 42-45.
4. BIOTECNOLOGIA, D. M. E. (2008). Importancia de Microorganismos Eficientes. Dustan Salgado, L. Una nueva tecnología ambientalista para la producción animal, Artículo Tecnología de Microorganismos Eficientes, consultado el 28 de septiembre del 2016. Disponible en [http](http://).
5. Carr, J. (2009). Herramientas básicas para controlar el ambiente de las explotaciones. *Suis:* mayo: 24 - 37.
6. Cervantes et al. (2007). Estrategias para el aprovechamiento de desechos porcinos en la agricultura. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 3 (1): 3-12.
7. Chávez, A., & McDonald, J. (2005). Uso práctico de microorganismos eficientes. *Bogotá CO. ACCS*, 34-52.
8. Córdova, A. (2004). Evaluación de los Microorganismos Eficientes (SCD EM™) en el Tratamiento de Aguas Residuales domesticas mejorando las características de vertimiento final. *Disponible: URL: <http://www.grupoprotech.net/scdem/publicaciones/informefinalptar.html> [citado 21 de mayo de 2016][Links].*
9. EM. Yucatán (2016). Microorganismos efectivos. El uso de EM en hoteles, gastronomía y lugares públicos. Mérida-Yucatán, México. Extraído de <http://www.emyucatan.com>, en junio de. (s/a).
10. FAO, INTA. (2012). Manual de Buenas Prácticas Pecuarias para la producción y comercialización porcina familiar.
11. García, S. J. (1993). Evaluación del efecto de la adición de un ensilado elaborado a base de cerdaza y sorgo sobre el comportamiento productivo de cerdos alimentados durante la etapa de desarrollo. Tesis Licenciatura. FMVZ-UNAM. México.
12. Henry, D. P. Frost, A. J., O'Boyle, D. A. and Cameron. R. D. (1995). The isolation of salmonellas from piggery waste water after orthodox pondage treatment. *Australian Veterinary Journal* 72 (12): 478-479.
13. Hernández, C. B. (1997). Determinación de bacterias patógenas en ensilados de excretas porcinas con caña de azúcar. Tesis Licenciatura. FMVZ-UNAM. México.
14. Higa, T. (1993). Una revolución para salvar la tierra. *Traducido por Del Mar Riera. EMRO, España.*
15. Higa, T., James, F., por FUNDASES, T., & Peña, P. A. R. (2013). Microorganismos Benéficos y efectivos para una agricultura y medio ambiente sostenibles. *Maryland (USA): Centro internacional de Investigación de Agricultura Natural, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.*

16. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). (2012). Manual de Buenas Prácticas Pecuarias (BPP) para la producción y comercialización porcina familiar
17. Iñigo, D. C., Angelo, I. S., Soto, C. S. y Alcaíno, H. (1991). Caracterización bacteriológica y parasitológica del desecho fecal porcino en Chile. *Avances en Ciencias Veterinarias* 6(1) 23-28
18. Kyan T., Shintani M., Kanda S., Sakurai M., Ohashi H., Fujisawa A. and Pongdit S. (1999). Kyusei nature farming and the technology of the effective microorganisms». Guidelines for practical use. Asia Pacific Natural Agriculture Network (APNAN), Bangkok, Thailand. International Nature Farming Research Center (INFRC), Atami, Japan. 44 pp.
19. Liceaga, M. M. (1994). Manejo de excretas en granjas porcinas: Estudio recapitulativo. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México.
20. López-Girón, B. A., & MEDINA-MINA, I. E. (2011). Efecto de la aplicación de Microorganismos Eficientes (EM) sobre la calidad de efluentes en Porcicultura [Tesis Ingeniero Agropecuario]. *Popayán (Colombia): Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Ingeniería Agropecuaria.*
21. López, G. G. (1994). Importancia del reciclaje de excretas porcinas. *Acontecer porcino* 2 (10), 5-12
22. López M. V. (1981). Tratamiento biológico de aguas residuales en perspectiva de la biotecnología en México. Editorial CONACYT, México. pp. 259-284.
23. Martínez-Córdova, L. R., Martínez-Porchas, M., López-Elías, J. A., & Enríquez-Ocaña, L. F. (2014). Uso de microorganismos en el cultivo de crustáceos. *Biotecnía*, 16(3), 50-55.
24. Martínez C. A. (1999). Efecto de la inclusión de cerdaza en ensilados de planta de maíz y melaza sobre los parámetros productivos de corderas criollas. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México.
25. Martínez G. R. (2004). Alternativas para el tratamiento de las excretas en granjas porcinas. *Los porcicultores y su entorno*. Año 7 No. 40. Julio-Agosto 2004.
26. McCollough, M. E. (1978). Fermentation of silage. National Feed Ingredients Association. Des Moines, Iowa, USA. PP. 3, 4, 31, 35.
27. NC 27: 2012. (2012). Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y alcantarillado- especificaciones. Norma Cubana obligatoria. 11 pp. Oficina Nacional de Normalización, La Habana. Cuba.
28. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).
29. Pérez, E. R. (1997). Porcicultura y medio ambiente. Memorias II Seminario Manejo y Reciclaje de Residuales Porcinos. CMP Octubre 22-25. Querétaro, México.
30. Peralta, J.M., Araya, A., Herrera, C. (2005). Manejo de purines porcinos y tecnologías aplicables: 60-90. In: Peralta, J.M (Ed.) INIA – Ministerio de Agricultura. Recomendaciones técnicas para la gestión ambiental en el manejo de purines de la explotación porcina.
31. *Revista Gestión Ambiental*, (2000). vol. 2(23) pág. 12-19
32. Toc A. R. M. (2012). Efecto de los microorganismos eficientes (ME) en las aguas residuales de la granja porcina de Zamorano, Honduras. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado Académico de Licenciatura. Departamento

de Ciencia y Producción Agropecuaria. Zamorano, Honduras. 22 pp. Extraído de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1039/1/T3265.pdf>, en agosto de 2017.

33. Valdes, C. E. M., Macías, E. B., Álvarez-González, C. A., Hernández, C. T., & Sánchez, A. J. (2013). Efecto de microorganismos con potencial probiótico en la calidad del agua y el crecimiento de camarón *Litopenaeus vannamei* (Decapoda: Penaeidae) en cultivo intensivo. *Rev. Biol. Trop*, 61(3), 1215-1228.

10

Marco A. Castillo-Campohermoso, Dr¹, Brenda O. Baylon-Palomino, M en C¹, Ricardo López-Delgado, Ing², María G. Castillo-Nieto, Ing², Ana M. Rodríguez-Hernández, Dra¹, Antonio S. Ledezma-Pérez, Dr^{*1}.

Extractos de especies vegetales del desierto chihuahuense y su potencial como agentes biocidas.

¹ Centro de Investigación de Química Aplicada (CIQA), Blvd. Enrique Reyna Hermosillo # 140, Colonia San José de los Cerritos, C.P. 25294, Saltillo, Coahuila, México.

² Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) Antonio Narro 1923, C.P. 25000 Saltillo, Coahuila, México.

* Autor para correspondencia: antonio.ledezma@ciqa.edu.mx

Introducción

Los compuestos naturales extraídos (metabolitos secundarios) de diversas plantas han sido propuestos como una alternativa sustentable en cuanto al control de enfermedades fúngicas y/o bacterianas [1]. En el desierto Chihuahuense las plantas nativas se caracterizan por soportar sequías prolongadas, temperaturas extremas y alta radiación UV [2], estas condiciones de estrés han sido reportadas como inductoras de compuestos metabólicos en las plantas. Dichos compuestos tales como fenoles, flavonoides, taninos y capacidad antioxidante han sido correlacionados con cierta capacidad antifúngica y/o antimicrobiana [3, 4, 5, 6]. Por lo que, el objetivo de la presente investigación fue determinar el contenido de dichos compuestos de 4 especies nativas del desierto chihuahuense para establecer una correlación con su potencial como agente biocida.

Materiales y métodos

Material vegetal

Se colectaron muestras de *Agave lechuguilla*, *Parthenium argentatum*, *Euphorbia antisiphilitica* y *Larrea tridentata*, en Mapimí, Durango; en el mes de junio del presente año. Las

muestras fueron secadas durante 6 días a 40°C y fueron molidas en un molino ultra centrifuga (Retsch, ZM 100. USA).

Preparación de la muestra

La extracción se llevó a cabo pesando 1 gr de muestra de las 4 diferentes especies, agregando 10 ml de solventes orgánicos (metanol, acetona) y agua destilada. La mezcla se mantuvo en agitación durante 1 h para después ser filtrada utilizando papel whatman n^o1, el extracto resultante fue centrifugado a temperatura ambiente durante 15 min a 10,000 rpm. El extracto obtenido fue secado por completo mediante liofilización durante 24 h., utilizando un equipo freeze dry system / frezone 4.5. Una vez que se obtuvo el extracto, fue pesado y guardado en refrigeración a 4°C hasta su análisis posterior. Para cada una de las determinaciones, las muestras se analizaron por triplicado. Los resultados obtenidos en la determinación de fenoles, flavonoides y taninos fueron expresados como mg de ácido gálico por gr de muestra; capacidad antioxidante se expresó como mg de quercetina por gr de muestra.

Determinación de fenoles

El método de Folin – Ciocalteu se utilizó para determinar el contenido total de fenoles [7]. Para ello el procedimiento consistió en el pesado de una cantidad de extracto seco el cual fue diluido en acetona. Se utilizaron soluciones estándar de ácido gálico para construir la curva de calibración. Todas las mediciones de la absorbancia se establecieron a una longitud de onda de 760 nm utilizando un espectrofotómetro UV-visible (Shimadzu, mod.UV-2401pc) y utilizando agua destilada como blanco.

Determinación de flavonoides

La determinación de flavonoides se realizó aplicando el método colorimétrico de cloruro de aluminio [8] con algunas modificaciones. Para ello se pesó una cantidad de extracto seco y la extracción se realizó con un volumen de etanol. Para construir la curva de calibración se utilizaron diferentes concentraciones de quercetina como estándar (20, 40, 60, 80 y 100 mg/l). Las mediciones de absorbancia se efectuaron a 510 nm utilizando un espectrofotómetro UV-visible (Shimadzu mod.UV-2401pc) y con el uso de agua destilada como blanco.

Determinación de taninos

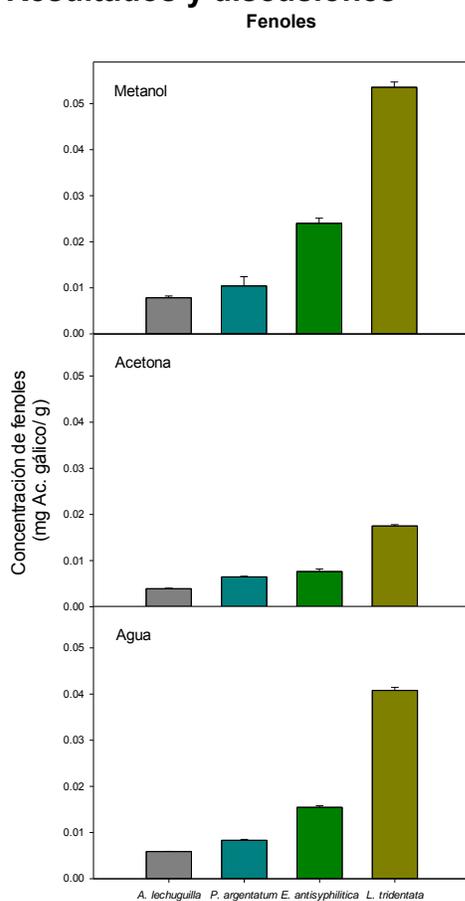
El contenido de taninos se determinó aplicando el método de Folin – Ciocalteu [9]. Para esta determinación se procedió al pesado de una cantidad de extracto seco el cual fue disuelto utilizando acetona como solvente. Se utilizaron soluciones estándar de ácido gálico (20, 40, 60, 80 y 100 µg/ml) para construir la curva de calibración. La absorbancia se determinó a 725 nm utilizando el espectrofotómetro UV-visible (Shimadzu mod.UV-2401pc) y

utilizando agua destilada como blanco.

Capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante fue determinada por el método del radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH) [10] con algunas modificaciones. En este caso se pesó una cantidad de extracto seco disuelto en metanol. Para construir la curva de calibración se utilizaron soluciones estándar de ácido gálico (100, 125, 150, 175 y 200 µmol/g). La absorbancia se determinó a 515 nm usando un espectrofotómetro UV-visible (Shimadzu mod.UV-2401pc) y se utilizó metanol al 80% como blanco.

Resultados y discusiones



Plantas del desierto

Grafico 1. Comportamiento del contenido de fenoles en las especies de *Agave lechuguilla*, *Parthenium argentatum*, *Euphorbia antisiphilitica* y *Larrea tridentata*, empleando metanol, acetona y agua como solventes.

La concentración de fenoles obtenida empleando metanol, acetona y agua en las plantas evaluadas; se muestra en el grafico 1. En general el contenido de fenoles fue mayor con el uso de metanol como solvente, obteniéndose la mayor concentración para la especie *Larrea tridentata* (0.053 mg Ac. gálico/g de muestra). Estos resultados difieren de los contenidos fenólicos reportados por López-Romero *et al.*, los cuales es posible encontrar variaciones que van desde 2.06 hasta 12.37 mg/g de muestra. Sin embargo, es de mucha importancia resaltar que estas concentraciones de fenoles fueron

obtenidas a partir de diferentes tipos de agave tales como *A. tequilana*, *A. americana*, *A. impressa*, *A. ornithobroma*, *A. rzedowskyana*, *A. schidigra* y *A. angustifolia* [11]. Estas variaciones encontradas posiblemente puedan estar relacionadas a diversos factores bióticos y abióticos de acuerdo a informes realizados [12, 13, 14, 15].

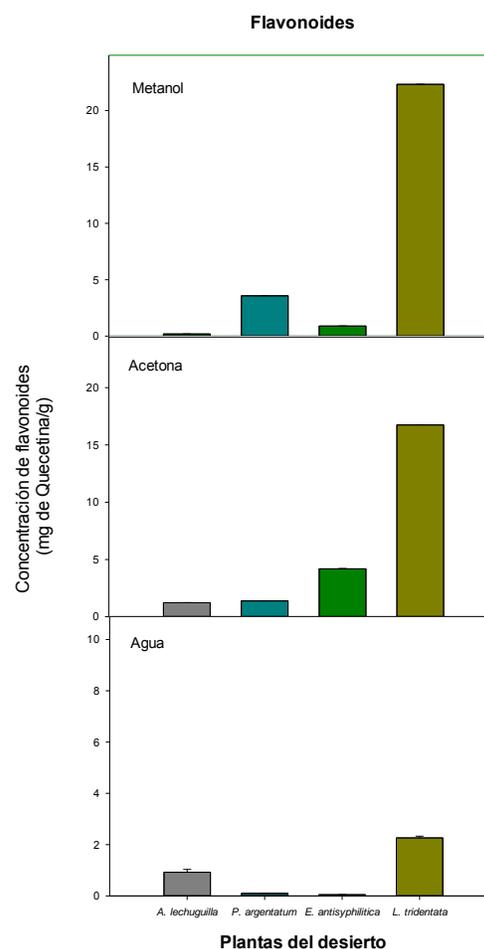


Grafico 2. Comportamiento del contenido de flavonoides en las especies de *Agave lechuguilla*, *Parthenium argentatum*, *Euphorbia antisiphilitica* y *Larrea tridentata*, empleando metanol, acetona y agua como solventes.

En este sentido es importante mencionar, que en particular las plantas del desierto debido a sus diferentes condiciones de estrés, experimentan diferentes cambios en

su metabolismo [16]. Uno de los principales cambios está asociado a los metabolitos secundarios, como los compuestos fenólicos, cuya síntesis aumenta durante los diferentes tipos de estrés [17].

En el gráfico 2, se muestra el comportamiento del contenido de flavonoides en las especies de *Agave lechuguilla*, *Parthenium argentatum*, *Euphorbia antisyphilitica* y *Larrea tridentata*, empleando metanol, acetona y agua como solventes. El extracto obtenido para la especie *L. tridentata* registró el mayor contenido de flavonoides para la extracción realizada con metanol cuyo contenido fue de 22.32 (mg de quercetina/g de muestra) vs *A. lechuguilla* la cual registró una concentración de 0.198 (mg de quercetina/g de muestra). Estos resultados concuerdan con los reportados por Martins *et al.*, quienes encontraron concentraciones de flavonoides similares [18]. Los contenidos de flavonoides en plantas vegetales han sido reportados como compuestos fisiológicamente activos, para protección contra el estrés biótico y abiótico, como atrayentes o como alimento repelente para patógenos e insectos plaga y en general en el rol que tienen para la resistencia de las plantas [19]. Los flavonoides a menudo se almacenan en sitios estratégicamente localizados en las plantas, donde juegan un papel muy importante para su defensa. Su biosíntesis se presenta bajo la influencia de varios tipos de estrés. La relación existente entre la acumulación localizada de flavonoides y su actividad de defensa es debida a la acumulación de la absorción de rayos UV en los tejidos epidérmicos [18] sin embargo, aún no

se dilucida esta información. También se ha reportado que los flavonoides se encuentran en los núcleos de varias especies de árboles [20]. Aunque su función en estos sitios celulares sigue en estudio [19].

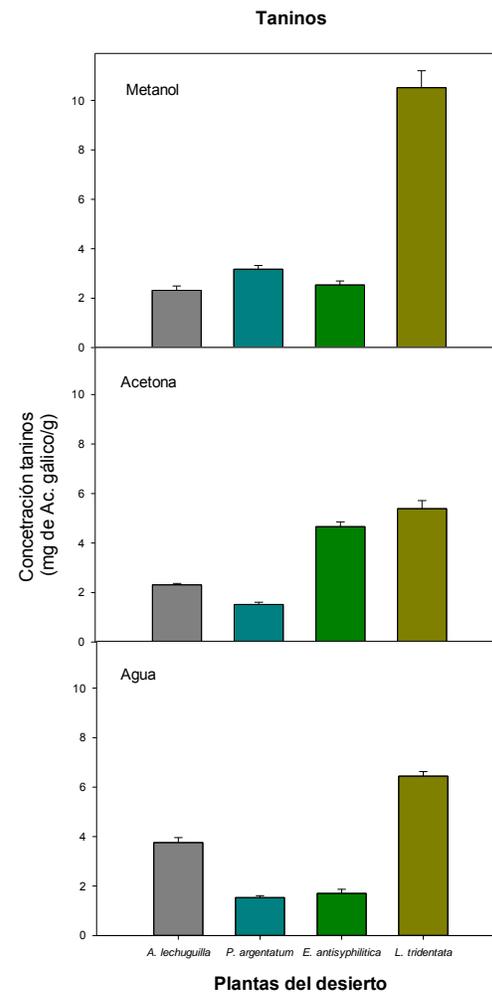


Gráfico 3. Comportamiento del contenido de taninos en las especies *Agave lechuguilla*, *Parthenium argentatum*, *Euphorbia antisyphilitica* y *Larrea tridentata*, empleando metanol, acetona y agua como solventes.

El comportamiento del contenido de taninos en las especies *Agave lechuguilla*, *Parthenium argentatum*, *Euphorbia antisyphilitica* y *Larrea tridentata*, empleando metanol, acetona y agua como solventes se presenta en gráfico 3. La mayor concentración de taninos obtenida en *L. tridentata* (10.52 mg de Ac. Gálico

/g de muestra) fue empleando metanol como solvente. Estos resultados concuerdan con otros estudios reportados para *L. tridentata* [21] donde esta especie obtuvo los máximos rendimientos en la concentración de taninos, comparado con otras especies del desierto como *F. cernua*, *L. graveolens*, *Y. filifera*, *C.illinoensis* y *O. ficus-indica*.

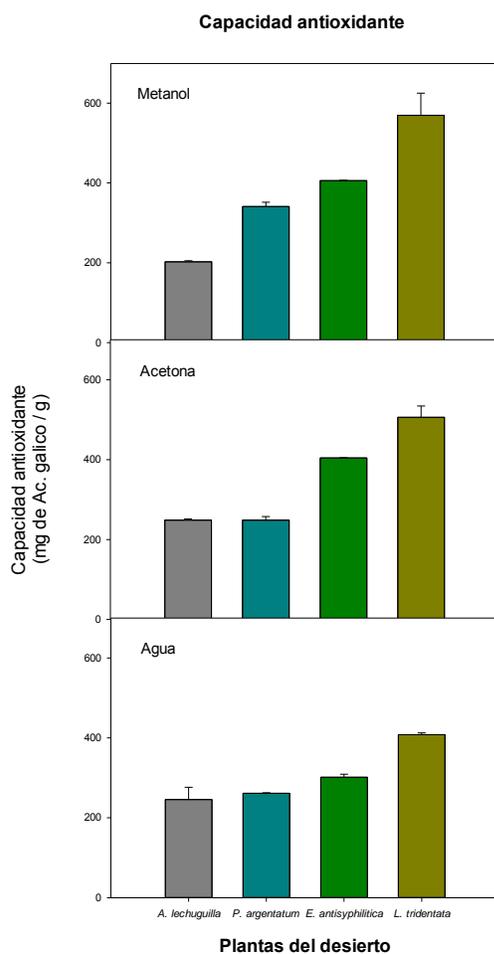


Grafico 4. Comportamiento de la capacidad antioxidante en las especies *Agave lechuguilla*, *Parthenium argentatum*, *Euphorbia antisiphilitica* y *Larrea tridentata*, empleando metanol, acetona y agua como solventes.

El comportamiento de la capacidad antioxidante en las especies *Agave lechuguilla*, *Parthenium argentatum*, *Euphorbia antisiphilitica* y *Larrea*

tridentata, empleando metanol, acetona y agua como solventes. Se describe en el grafico 4. En este caso *L. tridentata* fue la especie que presentó la mayor capacidad antioxidante cuando se utilizó metanol como solvente en el proceso de extracción en comparación con acetona y agua. Los resultados obtenidos registraron los siguientes valores 569.2; 506.1 y 408.0 mg de Ac. Gálico/g de muestra respectivamente. Este resultado para la capacidad antioxidante de los extractos evaluados está muy relacionado con la concentración de fenoles obtenidos; ya que en otros estudios se ha encontrado una estrecha correlación entre la cantidad de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante de plantas en las zonas áridas de México [22, 23, 24].

En base a los resultados obtenidos en este trabajo, se considera importante dilucidar exactamente el compuesto activo con mayor efecto biocida de estas especies de plantas desérticas principalmente la especie *Larrea tridentata*, ya que fue la planta que presentó mayor contenido de los compuestos evaluados. Por lo tanto, es importante mencionar que este trabajo continua en proceso y se identificará y evaluará la actividad antimicrobiana y antifúngica de los compuestos activos específicos que presenten un efecto biocida contra organismos patógenos (*Fusarium oxisporus*, *Rhizoctonia solani*, *Thielaviopsis basicola* y *Pythium spp.*) de interés agrícola.

Conclusiones

En resumen, a pesar de que las plantas fueron colectadas en la misma época y que todas son plantas del desierto Chihuahuense, este estudio mostró cambios en la concentración de fenoles, flavonoides, taninos y capacidad antioxidante en las diferentes plantas. Además, los contenidos de dichos compuestos se ven afectados significativamente por los solventes utilizados. El metanol extrajo una mayor cantidad de todos los compuestos evaluados. Sin embargo, se tiene que considerar que las variaciones encontradas pudieran ser atribuidas a diferentes factores tales como: el tiempo de cosecha de la planta, su almacenamiento, las condiciones geoclimáticas, métodos de extracción y solventes utilizados contribuyen a la cantidad de compuestos bioactivos y su actividad antioxidante.

Bibliografía

1. Jiménez-Reyes, M. F., Carrasco, H., Olea, A., & Silva-Moreno, E. (2018). Natural compounds: A sustainable alternative for controlling phytopathogens (No. e26664v1). PeerJ Preprints.
2. Silva, M.P., Piazza, L.A., López, D., López Rivilli, M.J., Turco, M.D., Cantero, J.J., Tourn, M.G., Scopel, A.L., 2012. Phytotoxic activity in *Flourensia campestris* and isolation of (-)-hamanasic acid A as its active principle compound. *Phytochemistry* 77,140–148.
3. de Rodríguez, D. J., Salas-Méndez, E. D. J., Rodríguez-García, R., Hernández-Castillo, F. D., Díaz-Jiménez, M. L. V., Sáenz-Galindo, A., & Carrillo-Lomelí, D. A. (2017). Antifungal activity in vitro of ethanol and aqueous extracts of leaves and branches of *Flourensia* spp. against postharvest fungi. *Industrial Crops and Products*, 107, 499-508.
4. Emad M. Abdallah. (2011). Plants: An alternative source for antimicrobials. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. 01(06):16-20.
5. Castillo, Francisco., Hernández Daniel., Gallegos, Gabriel., Méndez, Martha., Rodríguez, Raúl., Reyes, Alonso y Aguilar Cristobal. (2010). In vitro antifungal activity of plant extracts obtained with alternative organic solvents against *Rhizoctonia solani* Kühn. *Industrial Crops and Products*. 32:324-328.
6. Marjorie, Murphy Cowuan. (1999). Plant Products as antimicrobials agents. *Clinical Microbiology Reviews*. 12(4): 564-582.
7. Bärlocher, F., & Graça, M. A. (2005). Total phenolics. In *Methods to study litter decomposition* (pp. 97-100). Springer, Dordrecht.
8. Atanassova, M., Georgieva, S., & Ivancheva, K. (2011). Total phenolic and total flavonoid contents, antioxidant capacity and biological contaminants in medicinal herbs. *Journal of the University of Chemical Technology & Metallurgy*, 46(1).

9. Mohammed, S., & Manan, F. A. (2015). Analysis of total phenolics, tannins and flavonoids from *Moringa oleifera* seed extract. *J Chem Pharm Res*, 7(1), 135-7.
10. Alarcón Z. A. M. (2011). Actividad antioxidante y biológica de extractos de maíz azul (*Zea mays* L.). Tesis Maestría en ciencias. Universidad Veracruzana.
11. López-Romero, J. C., Ayala-Zavala, J. F., González-Aguilar, G. A., Peña-Ramos, E. A., & González-Ríos, H. (2018). Biological activities of *Agave* by-products and their possible applications in food and pharmaceuticals. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(7), 2461-2474.
12. Hamissa, A. M. B., Seffen, M., Aliakbarian, B., Casazza, A. A., Perego, P., & Converti, A. (2012). Phenolics extraction from *Agave americana* (L.) leaves using high-temperature, high-pressure reactor. *Food and bioproducts processing*, 90(1), 17-21.
13. Almaraz-Abarca, N., del Socorro González-Elizondo, M., da Graça Campos, M., Ávila-Sevilla, Z. E., Delgado-Alvarado, E. A., & Ávila-Reyes, J. A. (2014). Variability of the Foliar Phenol Profiles of the *Agave victoriae-reginae* Complex (*Agavaceae*). *Botanical Sciences*, 91(3), 295-306.
14. Chirinos, R., Pedreschi, R., Rogez, H., Larondelle, Y., & Campos, D. (2013). Phenolic compound contents and antioxidant activity in plants with nutritional and/or medicinal properties from the Peruvian Andean region. *Industrial Crops and Products*, 47, 145-152.
15. Barriada-Bernal, L. G., Almaraz-Abarca, N., Delgado-Alvarado, E. A., Gallardo-Velázquez, T., Ávila-Reyes, J. A., Torres-Morán, M. I. & Herrera-Arrieta, Y. (2014). Flavonoid composition and antioxidant capacity of the edible flowers of *Agave durangensis* (*Agavaceae*). *CyTA-Journal of Food*, 12(2), 105-114.
16. Jaleel, C. A., Manivannan, P. A. R. A. M. A. S. I. V. A. M., Wahid, A., Farooq, M., Al-Juburi, H. J., Somasundaram, R. A. M. A. M. U. R. T. H. Y., & Panneerselvam, R. (2009). Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. *Int. J. Agric. Biol*, 11(1), 100-105.
17. Sánchez-Rodríguez, E., Moreno, D. A., Ferreres, F., del Mar Rubio-Wilhelmi, M., & Ruiz, J. M. (2011). Differential responses of five cherry tomato varieties to water stress: changes on phenolic metabolites and related enzymes. *Phytochemistry*, 72(8), 723-729.
18. Martins, S., Aguilar, C. N., Teixeira, J. A., & Mussatto, S. I. (2012). Bioactive compounds (phytoestrogens) recovery from *Larrea tridentata* leaves by solvents extraction. *Separation*



COIRENAT



Por el derecho universal



- and Purification Technology, 88, 163-167.
19. Dieter Treutter. (2006). Significance of flavonoids in plant resistance: a Review. 4: 147-157.
 20. Feucht, W., Treutter, D., & Polster, J. (2004). Flavanol binding of nuclei from tree species. Plant cell reports, 22(6), 430-436.
 21. Méndez, M., Rodríguez, R., Ruiz, J., Morales-Adame, D., Castillo, F., Hernández-Castillo, F. D., & Aguilar, C. N. (2012). Antibacterial activity of plant extracts obtained with alternative organics solvents against food-borne pathogen bacteria. Industrial Crops and Products, 37(1), 445-450.
 22. Osorio-Esquivel, O., Álvarez, V. B., Dorantes-Álvarez, L., & Giusti, M. M. (2011). Phenolics, betacyanins and antioxidant activity in *Opuntia joconostle* fruits. Food Research International, 44(7), 2160-2168.
 23. Paz, J. E. W., Márquez, D. B. M., Ávila, G. C. M., Cerda, R. E. B., & Aguilar, C. N. (2015). Ultrasound-assisted extraction of polyphenols from native plants in the Mexican desert. Ultrasonics sonochemistry, 22, 474-481.
 24. Salazar-Aranda, R., Pérez-Lopez, L. A., Lopez-Arroyo, J., Alanís-Garza, B. A., & Waksman de Torres, N. (2011). Antimicrobial and antioxidant activities of plants from northeast of Mexico. Evidence-Based

Complementary and
Alternative Medicine.

11

Juan Antonio Barrios Pareja, Biól., María Luisa Alquicira Arteaga, Dra.
Germinación de semillas de tres especies de *Bursera* sobre suelo nativo de forma in situ y ex situ. Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación (CIByC), UAEM. Cuernavaca, Morelos, México. ja-barrios@outlook.com, mara@uaem.mx.

La selva baja caducifolia (SBC) es el tipo de vegetación ampliamente distribuido en el estado de Morelos en la cual se presenta una gran diversidad biológica, la actividad humana y el cambio de uso de suelo son alguno de los factores que han generado alteraciones en las áreas originalmente cubiertas por SBC. Las especies del género *Bursera* se encuentran asociadas a este tipo vegetación las cuales cumplen diversas funciones dentro del ecosistema, así mismo algunas especies son utilizadas por el hombre debido a su importancia cultural y económica entre otras. Por lo cual estas especies de *Bursera* pueden ser consideradas especies potenciales para la restauración ecológica, por ello es necesario realizar estudios que nos permitan conocer el comportamiento y desarrollo de las especies e incentivar la utilización de especies nativas para la restauración ecológica, por lo cual en este trabajo se plantea la evaluación de la germinación, emergencia y desarrollo de tres especies de *Bursera* sobre el suelo donde se desarrollan comparándolo con un sustrato de uso forestal.

Este trabajo se lleva a cabo en el poblado de San Andrés de la Cal perteneciente al municipio de Tepoztlan, Morelos, Mexico. Se seleccionaron dos áreas de muestreo, 1) zona 1 lava perteneciente al área con piedra de origen volcánico, 2) zona 2 caliza perteneciente al área cerril con piedra caliza, las cuales presentan un tipo de vegetación de selva baja caducifolia.

Se utilizaron tratamientos pregerminativos para romper la latencia de las semillas, los cuales fueron: escarificación química con ácido clorhídrico al 0.1 N, escarificación mecánica con lija de agua Fandeli C-99 180 y un testigo (sin tratamiento).

A inicios de la temporada de lluvias del 2017 se realizó la prueba de germinación en laboratorio bajo tres diferentes tratamientos pregerminativos (Escarificación mecánica, escarificación química y control) con un total de 240 semillas y 80 por tratamiento. Para la emergencia *ex situ* se pusieron a germinar 960 semillas por especie bajo los tres tratamientos pregerminativos en invernadero sobre el suelo de las dos zonas y un sustrato para comparar el desarrollo de las plantas. En el caso de la emergencia *in situ* se pusieron a germinar 720 semillas por especie bajo los tres tratamientos pregerminativos sobre el suelo en las dos zonas de estudio.

Los resultados preliminares de la germinación en laboratorio dieron como resultado que *B. copallifera* fue la especie que presentó el mayor porcentaje de germinación con un 9.8%, seguida por *B. grandifolia* con 9.1%, siendo *B. fagaroides* la especie que menor porcentaje germinación presentó con un 7.5% del número total de semillas puestas a germinar, para los tratamientos pregerminativos la escarificación química fue la que mejor resultados obtuvo para *B. copallifera* y *B. grandifolia* con un 15% y un 13.7% respectivamente, para el caso de *B. fagaroides* que fue la que menor porcentaje de germinación presentó el control fue el que obtuvo los mayores resultados.

Por otra parte, los resultados obtenidos para la emergencia *ex situ* (en vivero) arrojan que tanto *B. copallifera* y *B. grandifolia* presentaron un 8.8% de emergencia siendo *B. fagaroides* la que presentó el menor porcentaje total de las semillas con el 2.8%. En el caso de los tratamientos pregerminativos en vivero la escarificación mecánica fue la que presentó un mayor porcentaje en las tres especies, siendo la escarificación química la que presentó el menor porcentaje para *B. copallifera* y *B. grandifolia* y el control para *B. fagaroides* con el 1.8%.

La emergencia para el área de estudio de las dos zonas *in situ* se observó que *B. copallifera* fue la que presentó el mayor porcentaje de emergencia con un 16.2% seguida por *B. grandifolia* con el 12.5% y *B. fagaroides* con 4.3% del total de las semillas. Con respecto a los tratamientos pregerminativos la escarificación química presentó el mayor porcentaje en *B. copallifera* y *B. grandifolia* siendo para *B. fagaroides* la que menor porcentaje presentó con tan solo el 2.5%.

Finalizando la toma de datos en julio del 2018, se realizaron una ANOVA para determinar si existen diferencias significativas entre la altura de la planta, diámetro y tipo de suelo o sustrato según sea el caso sobre el que se pusieron a germinar las semillas utilizando datos fisicoquímicos del suelo complementando así el estudio.

13

Alonso Barrios Trilleras, Ana Milena López
Modelamiento de la productividad de *Gmelina arborea* con base en
modificadores ambientales en Colombia
Departamento de Ciencias Forestales, Facultad de Ingeniería Forestal,
Universidad del Tolima
Ibagué, Colombia
abarriost@ut.edu.co

Introducción

La productividad forestal se define como el resultado de la interacción entre la genética de la especie, el suelo y el clima (Clutter et al., 1983; Diéguez et al., 2009). La evaluación de la productividad del sitio es esencial para identificar el potencial productivo de la tierra, proporcionar un marco de referencia para el diagnóstico correcto y la prescripción silvícola durante el proceso de planificación forestal y predecir el crecimiento y rendimiento de los recursos forestales (Burkhardt y Tomé, 2012). *Gmelina arborea* Roxb es una especie de rápido crecimiento nativa del sudeste asiático. En Colombia, las plantaciones forestales con esta especie cubren más de 20,000 hectáreas plantadas en la Costa Atlántica y los valles interandinos debajo de 1,000 m sobre el nivel del mar. Estas plantaciones forestales constituyen una importante fuente de materia prima para la industria de aserraderos y tableros en la región (Obregón, 2006). Modelos de altura dominante para *G. arborea* se han desarrollado en diferentes países (Guzman, 1988; Vallejos, 1996; López et al., 2011). Sin embargo, la debilidad de los modelos desarrollados anteriormente radica en su falta de flexibilidad para adaptarse a los cambios en la productividad producidos por los cambios en la estructura del rodal y debido a las variaciones climáticas. El objetivo principal de este trabajo es proponer un modelo empírico para la predicción del índice de sitio / altura dominante para *Gmelina arborea* que considere las variables de rodal y ambientales, mejorando las estimaciones de productividad en áreas sin historia de plantaciones forestales y agregando flexibilidad y capacidad predictiva en un ambiente cambiante. Los objetivos específicos incluyen, i) ajustar y seleccionar un modelo de crecimiento de altura dominante, ii) evaluar variables de rodal y clima relacionadas con el índice de sitio, iii) ajustar un modelo de regresión múltiple para predecir el índice del sitio basado en variables de clima y rodal, y iv) incluir variables significativas de rodal y clima en el modelo base de crecimiento de altura dominante.

Materiales y métodos

Se utilizaron datos de 159 parcelas de muestreo temporales y permanentes ubicadas en el estado central de Tolima, los estados del norte de Magdalena, Atlántico, Cesar, Bolívar y Sucre y el estado occidental de Chocó, Colombia (López et al., 2011; Florez y Florez, 2013). Las edades de los rodales variaron de 1 a 16 años y la densidad actual del rodal varió de 125 a 1327 árboles ha⁻¹. La altura dominante por parcela se calculó como la altura media de los 100 árboles de mayor diámetro por hectárea de cada parcela (Figura 1). Los índices de densidad de rodal tales como el espaciamento relativo (RS) (Pardé y Bouchon, 1988) y el índice de densidad del rodal (IDR) (Reineke, 1933) se calcularon como medidas de competencia. En el estudio se utilizó datos de suelo

y clima provenientes de Harmonized World Soil Database (FAO/IIASA/ISRIC/ISS-CAS/JRC, 2009) y WorldClim (Fick et al., 2017).

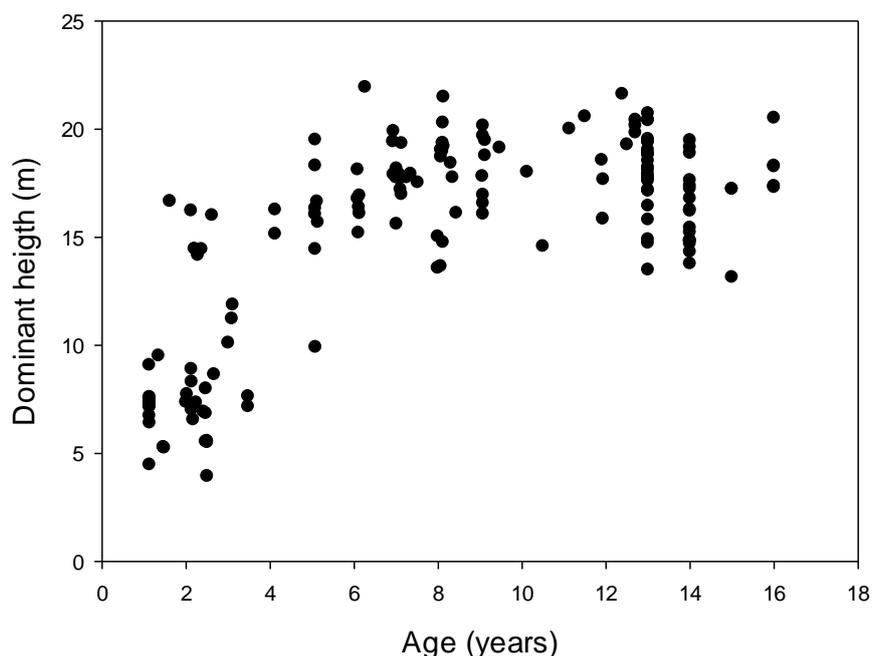


Figura 1. Distribución de la altura dominante versus la edad de las 159 parcelas utilizadas.

Una primera etapa se enfocó en la evaluación y selección de un modelo base de altura dominante que describiera la variación del conjunto de datos (Fig. 1). Se evaluaron cuatro modelos de crecimiento considerando medidas de bondad de ajuste y predicción. Los modelos evaluados corresponden a las ecuaciones de Chapman-Richards, Korf, Schumacher y Weibull (Kiviste et al., 2002). Los parámetros de estos modelos se estimaron utilizando el procedimiento MODEL del Statistical Analysis System -SAS (SAS Institute Inc., 2009). Finalmente, el modelo seleccionado se usó para predecir el índice del sitio para cada parcela, utilizando una edad base igual a 10 años.

Un análisis de correlación de Pearson se utilizó para evaluar y seleccionar las variables de rodal y ambientales significativamente relacionadas con el índice del sitio. Las variables de rodal y ambientales se incluyeron en el modelo base de altura dominante seleccionado comenzando secuencialmente con la variable que exhibió la mayor correlación con el índice del sitio, hasta que las variables adicionales no fueron significativas en el nivel de 0.05. El modelo de altura dominante, incluyendo las variables de rodal y ambientales, se evaluó utilizando el mismo enfoque utilizado para la selección del modelo base. Este enfoque nos permitió comparar el modelo base con el modelo con covariables adicionales en términos de ganancia de precisión. El modelo final ajustado se usó para predecir los cambios esperados en la altura dominante para diferentes combinaciones de estructura de rodal y escenarios climáticos.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos permitieron identificar la función de crecimiento de Chapman-Richards como modelo base para la proyección de la altura dominante y la determinación del índice de sitio de cada parcela (Tabla 1).

Tabla 1. Coeficientes estimados y estadísticos de bondad de ajuste y predicción para los modelos de altura dominante evaluados.

Modelo	Parámetro	Estimado	Límites confidenciales		IA	Sesgo	REMC
			Inferior	Superior			
Chapman-Richards $H = \beta_0 \left(1 - e^{-\beta_1 A}\right)^{\beta_2}$	β_0	18.1360	18.0910	18.1810	0.70	0.035	2.575
		4	2	5			
	β_1	0.37461	0.36246	0.38676			
	β_2	1.04491	1.00121	1.08861			
Korf $H = \beta_0 e^{-\beta_1/A^{\beta_2}}$	β_0	20.9333	20.6575	21.2092	0.68	0.029	2.687
		9	3	6			
	β_1	1.39967	1.36432	1.43503			
	β_2	0.88627	0.85182	0.92071			
Schumacher $H = \beta_0 e^{-\beta_1/A}$	β_0	20.1353	20.0449	20.2257	0.68	0.035	2.677
		1	1	2			
	β_1	1.43384	1.39682	1.47086			
Weibull $H = \beta_0 \left(1 - e^{-\beta_1 A^{\beta_2}}\right)$	β_0	18.0464	18.0056	18.0872	0.70	0.052	2.573
		8	8	8			
	β_1	0.33833	0.32445	0.35222			
	β_2	1.07309	1.04725	1.09894			

IA: índice de ajuste.

Así mismo, un análisis de correlación permitió identificar la precipitación de julio, la radiación solar de abril y el espaciamiento relativo como covariables climáticas y de rodal asociadas a la productividad de estas plantaciones. La incorporación de estas covariables en el modelo base de altura dominante/índice de sitio permitió aumentar en 29% y reducir en 42% y 45% el índice de ajuste, el sesgo promedio, y el error medio cuadrático del modelo, respectivamente.

Similar a los resultados del presente estudio, Anton-Fernández et al. (2011) encontraron un efecto negativo significativo del espaciamiento sobre la altura dominante para *Pinus taeda* L. En su estudio, las diferencias entre las densidades de rodal fueron evidentes a partir de los 6 años y fueron consistentes al final del período de 25 años de estudio. Estudios de raleo para *Pinus nigra* Arn. han demostrado que existe una zona óptima de densidad para propiciar el aumento de la altura dominante, en términos de espaciamiento relativo esta zona se ubica entre el 17 y el 62%, fuera de esta área no se alcanzó el máximo de altura dominante (Meredieu et al., 2003). Guzman (1988) correlacionó el índice del sitio de *G. arborea* con variables fisiográficas, de suelo y de clima en Filipinas. El autor encontró correlaciones significativas con los factores climáticos, similar

a nuestros resultados, solo la precipitación mostró correlaciones positivas. Por el contrario, la temperatura y la humedad relativa se correlacionaron negativamente. Vallejos (1996) ajustó modelos de crecimiento de altura dominante considerando 59 parcelas de muestra y encontró que el índice del sitio de *G. arborea* en Costa Rica se correlacionaba con la posición topográfica, el viento y el contenido de calcio en el suelo a una profundidad de 0-20 cm.

Tabla 2. Coeficientes estimados y estadísticos de bondad de ajuste y predicción para el modelo Chapman-Richards con variables de rodal y climáticas.

Parámetro	Variable relacionada	Estimado	Límites confidenciales		IA	Sesgo	REMC
			Inferior	Superior			
β_{00}		13.1839	11.8408	14.5270	0.91	0.020	1.425
		3	4	2	(29%)	(-45%)	
β_{01}	Precipitación Julio	0.01824	0.01698	0.01951		42%)	
β_{02}	Espaciamiento relativo	-	-	-			
β_{03}	Radiación solar Abril	0.18242	0.18722	0.17763			
β_1		0.00049	0.00042	0.00056			
β_2		0.18045	0.16989	0.19101			
		0.49135	0.47244	0.51027			

Nota: entre paréntesis, el porcentaje de ganancia en precisión en comparación con el modelo base sin covariables. IA: índice de ajuste.

Conclusiones

El mejor modelo para la predicción de la altura dominante / índice de sitio para *G. arborea* fue el de Chapman-Richards. Adicionalmente, la altura dominante / índice de sitio correlacionó significativamente con la precipitación de julio, la radiación solar de abril y el espaciamiento relativo. Estas variables permitieron mejorar la bondad de ajuste y de predicción del modelo base. El modelo desarrollado permitirá a los silvicultores tener mayor certeza en sus proyecciones, mejorando la planificación forestal, ya que cambios en la productividad del sitio tendrán un efecto sobre los volúmenes de madera producidos y esto se verá reflejado en cambios en la edad óptima de rotación y la rentabilidad de las plantaciones.

Literatura citada

- Antón-Fernández, C., Burkhart, H.E., Strub, M., Amateis, R.L. 2011. Effects of initial spacing on height development of loblolly pine. *Forest Science*, 57(3): 201–211.
- Burkhart, H., Tomé, M. 2012. *Modeling forest trees and stands*. Nueva York: Springer. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-90-481-3170-9>
- Clutter, J.L., Fortson, J.C.L., Pienaar, V., Brister, G.H., Bailey, R.L. 1983. *Timber management – a quantitative approach*. Florida: John Wiley and Sons; p. 31–58.

- Diéguez, U., Rojo, A., Castedo, F., Álvarez, J., Barrio, M., Crecente, F., González J., Pérez, C., Rodríguez, R., López, C., Balboa, M., Gorgoso, J., Sánchez, F. (2009). Herramientas selvícolas para la gestión forestal sostenible en Galicia. Galicia, España: Dirección Xeral de Montes, Consellería do Medio Rural.
- FAO/IIASA/ISRIC/ISS-CAS/JRC. 2009. Harmonized World Soil Database (version 1.2). FAO, Rome, Italy and IIASA, Laxenburg, Austria
- Fick, S.E., Hijmans, R.J. 2017. Worldclim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*.
- Florez, J.A., Florez, O.R. 2013. Estudio del crecimiento de “Gmelina arborea” en los consejos comunitarios de Quiparadó y Domingodó (Chocó – Colombia). Tesis de Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, Universidad de Manizales, Manizales. 122 p.
- Guzman, R.Z. 1988. Site productivity evaluation of some yemane (*Gmelina arborea* Roxb.) plantations in the Philippines. Tesis University of the Philippines. 223 p.
- Kiviste, A., Álvarez, J.G., Rojo, A., Ruíz, A.D. 2002. Funciones de crecimiento de aplicación en el ámbito forestal. Madrid: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, p. 190.
- López, A.M., Barrios, A., Trincado, G. y Nieto, V. 2011. Monitoreo y modelamiento del crecimiento para el manejo de plantaciones forestales comerciales. Bogotá: Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (CONIF), Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
- Meredieu, C., Perret, S., Dreyfus, P. 2003. Modelling dominant height growth: Effect of stand density. In: A. Amaro, D. Reed, P. Soares, Modelling forest systems. CABI Publishing, Cambridge, MA, pp. 111-121.
- Obregón, C. 2006. *Gmelina arborea*: versatilidad, renovación y productividad sostenible para el futuro. *Revista el Mueble y la Madera (M&M)*, 50, 14-20.
- Pardé, J., Bouchon, J. 1988. Dendrométrie, 2nd edn. In: ENGREF (ed.), Nancy, France, 328 pp.
- Reineke, L.H. 1933. Perfecting a stand-density index for even-aged stands. *J. Agric. Res.* 46, 627–638.
- SAS Institute Inc. (2009). SAS/STAT® 9.2 User’s Guide, Second Edition. Cary, EE. UU.: SAS® Publishing.
- Vallejos, O. 1996. Productividad y Relaciones de Índice de Sitio con Variables Fisiográficas, Edafoclimáticas y Foliares para *Tectona grandis* L.,



Bombacopsis quinatum (Jacq) Dugand y *Gmelina arborea* Roxb en Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 147 p.

15

**Domínguez-Calderón Nayeli, Estay-Stange Andrés, Oidor-Méndez
Álvaro, José-Ramírez Sandra**

**Prueba de prótesis 3D para cernícalo americano (*Falco sparverius*) con
amputación distal de tarsometatarso.**

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Centro para la Conservación de Vida Silvestre “Konkon”

Puebla, México.

nayli_624@hotmail.com, andres.estay@correo.buap.mx

Introducción

Principales lesiones en aves rapaces

Roth et al. (2002) sugieren que hay causas tanto naturales como antropogénicas involucradas en las lesiones que presentan las aves y que pueden incluso contribuir a la disminución de poblaciones, entre las presiones de origen antropogénico se encuentran las colisiones con cables de conducción de energía, edificios y accidentes relacionados con vehículos en carreteras, caza incidental y directa y lesiones causadas por proyectiles, contaminación por plaguicidas, metales pesados y otros factores (bioacumulación), entre las causas naturales que afectan las poblaciones están la escasez de recursos alimenticios y hábitats de forrajeo durante la migración (vegetación de diferentes tipos, lagunas costeras, entre otras) y la falta de disponibilidad de hábitats adecuados para la temporada no reproductiva (Ruelas-Inzunza, 2010; Morrow, 2018).

Las aves rapaces en su hábitat natural son susceptibles a una variedad de lesiones, muchas de las cuales se infligen mientras persiguen y / o capturan presas vivas. Sin embargo, existe evidencia de aves con lesiones que logran adaptarse y sobrevivir en la naturaleza sin rehabilitación (Blodget et al., 1990; Houston, 1993; Murza et al., 2000; Roth et al., 2002; Tingay et al., 2004).

Se han registrado casos de aves rapaces que sobreviven después de sufrir distintos tipos de lesiones como garras o dedos fracturados o faltantes, pododermatitis, fracturas de alas, daño del iris, pico, pies y piernas (Bedrosian y St.Pierre, 2007; Blodget et al., 1990; Murza et al., 2000).

En los centros de rescate de vida silvestre, las aves que sobreviven a lesiones pero que no pueden ser liberadas tienen un papel muy importante debido a que pueden ser integrados en diferentes programas para su conservación como reproducción, exhibiciones, programas de educación ambiental e investigación (Durham, 1981).

Amputación

La amputación se recomienda para aves con fracturas severas que no pueden ser alineadas, fracturas expuestas gravemente infectadas, neoplasia, trauma severo o infecciones. Si la amputación es en una extremidad posterior en su tercio distal, el

ave intentará apoyar y utilizar el muñón restante para compensar la pérdida de la extremidad (Ritchie et al., 1994).

Los casos en los cuales es necesaria la amputación deben ser evaluados previo y posteriormente al proceso quirúrgico, evitando que el ave presente obesidad, osteoartritis de la pierna restante o que no puede utilizar sus alas para ayudarse a recuperar el equilibrio. Una vez realizada la amputación, es importante proporcionar material de percha apropiado para permitir un agarre fácil y prevenir la pododermatitis postoperatoria. En las rapaces en cautiverio, la pododermatitis postoperatoria del pie contralateral es una secuela común y puede derivar en casos de necrosis (Harrison y Lightfoot, 2006).

Principales problemas de aves con una extremidad pélvica amputada

Una rapaz silvestre que pierde una extremidad pélvica enfrenta distintos problemas debido a que la capacidad de usar ambas extremidades es una parte importante de su estrategia de caza en la naturaleza, por lo que al perder una extremidad se debe valer más por la recolección, lo que deja expuesta al ave en una situación de vulnerabilidad y limita sus posibilidades de supervivencia, por tanto, no se recomienda su liberación.

El peso adicional que se aplica a la extremidad funcional frecuentemente conduce al deterioro de las almohadillas del pie y puede dar lugar a una infección que es extremadamente difícil de tratar, especialmente si ocurre en la única extremidad con la que el ave puede pararse, por lo que rapaces amputadas que han desarrollado una infección generalmente deben ser sacrificados (Durham, 1981).

La pododermatitis es una condición común en aves criadas en cautiverio caracterizadas por lesiones locales en la epidermis del pie (generalmente las almohadillas metatarsales digitales o plantares). Los síntomas incluyen formación de costras, engrosamientos, hinchazones, inflamación y lesiones ulcerativas de la piel, tejidos subcutáneos de las almohadillas para los pies y, en casos extremos, distorsión de los dedos, artritis séptica de las articulaciones y osteomielitis. La pododermatitis es una consecuencia común derivada de una amputación en especies de aves como las rapaces y generalmente se le atribuye a la distribución asimétrica de peso en el pie (Rodríguez, 1997; Stone, 1997).

Prótesis

Las prótesis de miembros inferiores están constituidas por tres partes principales: el socket, la pierna o poste y el pie o base. El socket es la parte más importante de la prótesis, ya que recibe la mayor parte de los impactos al caminar (Lee, 1997).

Actualmente hay 2 tipos de prótesis que se utilizan en para compensar la pérdida de extremidades inferiores: Las prótesis exoesqueléticas y las esdoesqueléticas. Las prótesis endoesqueléticas tienen una parte implantada a la que se adjunta una exoprótesis, este tipo de prótesis requiere cirugía debido a que la endoprótesis se integra en el hueso y piel, no requieren socket. Las primeras se han utilizado en humanos durante siglos y se conforman por un socket en el que reposa el muñón de la extremidad amputada y una extensión o pierna que proporciona contacto con el

suelo a través de alguna forma de pie. Las prótesis basadas en un socket basan la suspensión y retención de la prótesis a través del muñón. Ha habido mejoras en los materiales, funciones mecánicas y microprocesadores que han revolucionado éste tipo de prótesis. (Mich, 2014).

Materiales

Se ha demostrado que la impresión en 3D puede ser utilizada para fabricar sockets para prótesis que los pacientes encuentran cómodos, siendo también de más rápida fabricación y simple de usar que otras tecnologías (Herbet et al., 2005).

El uso de un socket ajustable tiene la finalidad de alargar el periodo de tiempo en el que el paciente debe sustituir el socket debido a las alteraciones sufridas por el muñón, de tal manera que el usuario podrá ajustar el socket de acuerdo a estos cambios (Simón et al., 2006).

Galicia et al, 2018 realizaron una prótesis impresa en 3D para un ejemplar de loro (*Amazona autumnalis*) que presentaba una amputación en la pierna izquierda a nivel de la articulación tibiotarsal-tarsometatarsal debido a eso, la pata derecha presentaba pododermatitis tipo 2 caracterizado por resequedad generalizada de la piel de la almohadilla plantar, aplanamiento de las papilas y llagas de presión leve a severa en la almohadilla del pedal principal y todas las primeras almohadillas de falanges.

Cernícalo Americano

Los cernícalos americanos (*Falco sparverius*) se encuentran en hábitats abiertos en la mayor parte de América del Norte y del Sur (Smallwood et al., 2009). Sin embargo, su población ha disminuido significativamente desde la década de 1970 (Sullivan y Wood, 2005; Farmer et al., 2008).

Las posibles causas de la disminución de su población incluyen el virus del oeste del Nilo, envenenamiento por organofosfato, una depredación aumentada por las poblaciones crecientes de gavilán de Cooper (*Accipiter cooperii*), disminución de poblaciones de carpintero escapulario (*Colaptes auratus*) y el cambio de uso de suelo que afecta su hábitat (Sullivan and Wood, 2005; Medica et al., 2007; Farmer et al., 2008).

Murza et al., (2000) encontraron una tasa de lesiones de 5.9% para individuos capturados en el medio silvestre en una población canadiense de cernícalos americanos, mientras Bedrosian y St. Pierre (2007) encontraron un 14% en una población invernante en el noreste de Arkansas.

OBJETIVO GENERAL

Probar una prótesis para un ejemplar de Cernícalo americano (*Falco sparverius*) con amputación distal del tarsometatarso para corregir el eje corporal.

Objetivos específicos

- ✓ Documentar el avance que va teniendo el ejemplar en el eje corporal a partir del uso de la prótesis de Cernícalo americano.
- ✓ Determinar si la prótesis funciona y hasta qué punto la utiliza el ejemplar en sus actividades cotidianas.

Metodología

Estudio de caso

El ejemplar de Cernícalo americano (*Falco sparverius*) fue recibido en las instalaciones de la Unidad de Manejo Ambiental Para la Conservación de Vida Silvestre “Konkon”, registrada ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

En el momento de la recepción, el ejemplar fue ingresado en el Hospital Veterinario para Pequeñas Especies de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, después de una revisión diagnóstica se identificó necrosis en la extremidad pélvica izquierda, fractura en la región distal de la extremidad anterior derecha y abrasión con exposición de radio en la misma extremidad.

La necrosis de extremidad pélvica se encontraba focalizada en la articulación metatarso-falangiana y no existía infección en la región circundante, por tanto, se permitió que la región necrosada fuera amputada a través del proceso natural de cicatrización, manteniendo una desinfección constante. De igual forma presentaba lesiones en el plumaje debido a una conducta de picaje, así como plumaje muy maltratado y cubierto de grasa debido a una alimentación deficiente y una lesión de pododermatitis derivada de la alteración del eje corporal y la redistribución del peso.

Desarrollo de Prótesis 3D

Los prototipos de prótesis fueron diseñados con ayuda del programa AutoCad y se imprimieron en una impresora 3D de la marca Ultimaker de doble extrusor.

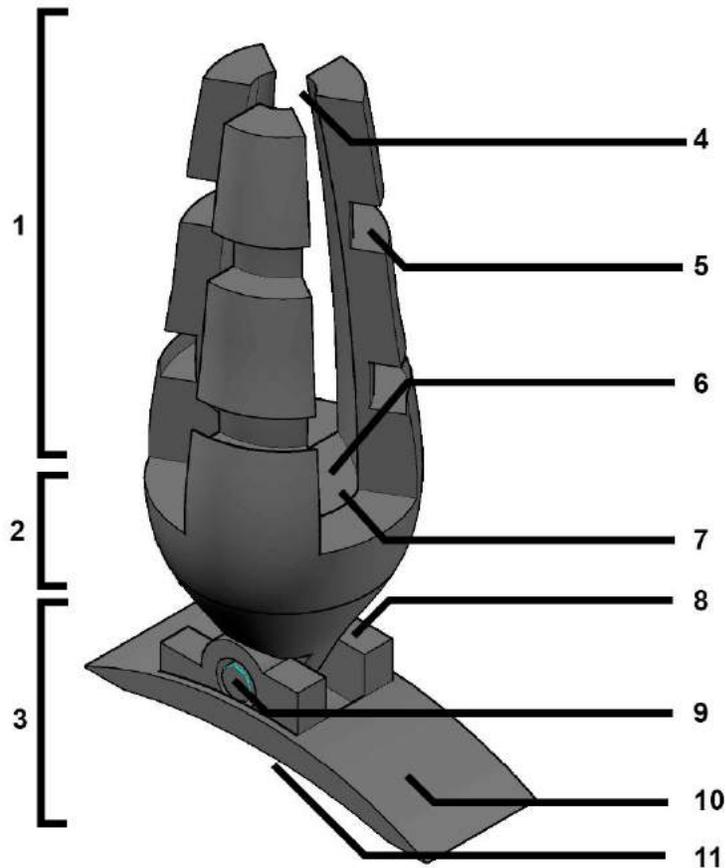
El socket de la prótesis se imprimió con filamento TPU95A (Poliuretano termoplástico) debido a su capacidad semiflexible y su resistencia al deterioro por uso e impactos, además de presentar una fuerte adhesión entre capas y una mayor resistencia a la temperatura (Ultimaker, 2018).

El poste y base de la prótesis se imprimieron en una sola pieza para evitar el montaje de la articulación. Fueron impresos con filamento ABS (Acrilonitrilo butadieno estireno) el cual destaca por sus propiedades mecánicas y adhesión entre capas que permite crear prototipos funcionales y piezas de uso final con mucha precisión y mecánicamente fuertes (Ultimaker, 2018).

Se tomó evidencia fotográfica previa a la prueba de prótesis para tener un registro acertado de la condición inicial del ejemplar de cernícalo americano realizando diferentes actividades cotidianas.

El primer prototipo que se probó en el ejemplar presentaba un problema de ajuste en el socket teniendo un diámetro ligeramente mayor al necesario por lo que se corrigió para el segundo prototipo en el que se redujeron las medidas y se probó la prótesis con nuevas dimensiones de socket. Con esa modificación la prótesis se

ajustó perfectamente al muñón del ejemplar (Figura 1). El peso aproximado de la extremidad amputada era de 1g, por lo tanto, en el proceso de impresión se redujo el relleno de la prótesis hasta lograr un peso total de 1 gr para evitar nuevas afecciones a nivel muscular y articular producidas por un peso excesivo.



- 1 Socket - altura total de 30.74mm**
- 2 Poste - altura total de 9.26mm**
- 3 Base - altura total de 6.42mm**
- 4 Diámetro de extremidad 3.50mm**
- 5 Anillos para amarre 7.14mm**
- 6 Diámetro de muñón 8.00mm (irregular)**
- 7 Altura de extremidad perdida 13.00mm**
- 8 Límite de amplitud de movimiento 145°**
- 9 Diámetro de bisagra 3.00mm**
- 10 Superficie de soporte de la base 8.00x25.00mm**
- 11 Altura del arco del soporte de la base 1.00mm**

Figura 1. Diseño 3D de prótesis para cernícalo americano con amputación a la altura de la articulación metatarso-falangiana.

Una vez que se confirmó el ajuste correcto de la prótesis se comenzó a tomar evidencia fotográfica del ejemplar en reposo y realizando diferentes actividades para poder comparar asertivamente el avance presentado, así como la utilización de la prótesis para actividades cotidianas, como perchar y caminar.

Para comparar el estado del eje corporal se midieron los ángulos del eje longitudinal y la extremidad no amputada en las fotografías previas a la prueba y posteriores a la misma. Para la medición de los ángulos de inclinación tanto del eje corporal como de la extremidad no amputada se utilizó el programa Measure. El ejemplar no presentó ningún otro tipo de alteraciones posturales derivados de la ausencia de la extremidad.

De igual forma se hizo un registro de la conducta del ejemplar al incorporar la prótesis en sus actividades diarias.

Resultados

Previo a la prueba de prótesis el ejemplar presentó una inclinación compensatoria de 6.7° en dirección contraria a la extremidad amputada en el eje longitudinal, así como una inclinación compensatoria de 21.5° en la extremidad sana, medida del centro de la base de la pata a la articulación pélvico-femoral (Figura 2).



Figura 2. Ejemplar de cernícalo americano (*Falco sparverius*) con amputación tarsometatarsal, previo a la prueba de prótesis. Se muestran los ángulos de inclinación en el eje longitudinal y la extremidad derecha.

Después de la prueba de prótesis el ejemplar de cernícalo americano presentó una corrección total tanto del eje corporal como de la inclinación de la extremidad, lo cual le permitió tener una postura adecuada y una mejor distribución de peso, por lo que la pododermatitis en la extremidad no amputada se pudo tratar exitosamente (Figura 3).



Figura 3. Ejemplar de cernícalo americano (*Falco sparverius*) con prótesis tarsometatarsal. Se muestran los ángulos de las inclinaciones en el eje longitudinal y la extremidad derecha.

Durante la prueba el ejemplar comenzó a utilizar la prótesis gradualmente en sus actividades diarias empezando por tomarla como apoyo al percharse y desplazarse, después comenzó a utilizarla para acomodar y sujetar su alimento y, gracias a la articulación, la utilizó también al impulsarse para saltar.

El plumaje del ejemplar mejoró considerablemente debido a un programa de rehabilitación nutricional específico (Figura 3).

Conclusiones

La prótesis diseñada y desarrollada específicamente para un ejemplar de cernícalo americano (*Falco sparverius*) demostró ser eficiente para la corrección de inclinación corporal, así como para la redistribución del peso corporal del ejemplar, logrando reducir las lesiones de pododermatitis.

Los materiales utilizados para el desarrollo de la prótesis han funcionado de forma eficiente, después de 6 meses de probar la prótesis no ha sufrido ningún tipo de daño, a pesar de estar expuesta a las inclemencias del clima y en algunas ocasiones a golpes producidos por el mismo ejemplar en el proceso de acostumbramiento al uso de la prótesis.

La utilización de prótesis impresas en 3D significan una reducción en costos de materiales y un menor tiempo de trabajo, ya que no se deben realizar moldes para cada modificación de prótesis y pueden representar una buena alternativa para el mantenimiento en cautiverio de ejemplares amputados que no pueden ser reintegrados al medio ambiente.

Bibliografía

Bredosian, B. E. y St. Pierre, A.M. (2007) Frequency of injuries in three raptor species wintering in northeastern Arkansas. *Wilson Journal of Ornithology*, 119:296-298.

- Blodget, B. G., W. J. Davis, And M. Pokras. (1990) Bald Eagle survives two years in the wild with one foot. *Journal of Field Ornithology* 61:76-78.
- Durham, K. (1981). Injuries to birds of prey caught in leghold traps. *International Journal for the Study of Animal Problems*, 2(6), 317-328.
- Farmer, C.J., R.J. Bell, B. Drolet, L.J. Goodrich, E. Greenstone, D. Grove, D.J.T. Hussell, D. Mizrahi, F.J. Nicoletti, And J. Sodergren (2008) Trends in autumn counts of migratory raptors in northeastern North America, 1974–2004. Pages 179–215
- Harrison, G. J., Lightfoot, T. L. (2006) *Clinical Avian Medicine*, vol. 2. Spix. Florida, US.
- Herbert, N., Simpson, D., Spence, W., y Ion, W. (2005). A preliminary investigation into the development of 3-D printing of prosthetic sockets. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 42(2), 141-146.
- Houston, D. C. (1993) The incidence of healed fractures to wing bones of White-backed and Ruppell's Griffon vultures (*Gyps africanus* and *G. rueppelli*) and other birds. *Ibis* 135:468-475.
- Lee VSP, Solomonidis SE, Spence WD. (1997) Stump-socket interface pressure as an aid to socket design in prostheses for trans-femoral amputees—a preliminary study. *Proc Inst Mech Eng.* 1997;211(H):167–80.
- Medica, D.L., R. Clauser, And K. Bildstein (2007) Prevalence of West Nile virus antibodies in a breeding population of American Kestrels (*Falco sparverius*) in Pennsylvania. *J. Wildl. Dis.* 43:538–541.
- Mich M. Patrice (2014) The Emerging Role of Veterinary Orthotics and Prosthetics (V-OP) in Small Animal Rehabilitation and Pain Management. *Topics in Companion Animal Med* 29 (2014) 10–19
- Morrow L, J. Morrow (2018) American Kestrel Surviving With Electric Shock Injuries. The Raptor Research Foundation, Inc. *J. Raptor Res.* 52(1):102–103
- Murza, G. L., G. R. Bortolotti, and R. D. Dawson. (2000) Handicapped American Kestrels: needy or prudent foragers? *Journal of Raptor Research* 34:137–142.
- Newton, I. (1979) *Population ecology of raptors*. T. & A. D. Poyser, London. 399 p.
- Ritchie BW, Harrison GJ, Harrison LR. (1994) *Avian Medicine: Principles and Application*. Lake Worth, FL, Wingers Publishing, pp 1096-1136.
- Rodriguez Lainz, A. J., D. W. Hird, P. H. Kass, and D. L. Brooks (1997) Incidence and risk factors for bumblefoot (pododermatitis) in rehabilitated raptors. *Prev. Vet. Med.* 31: 175-184.
- Roth, A. J., G. S. Jones, and T. W. French (2002) Incidence of naturally-healed fractures in the pectoral bones of North American accipiters. *Journal of Raptor Research* 36:229-231.
- Ruelas Inzunza, E. (2010) Aves rapaces migratorias. *CONABIO. Biodiversitas*, 2:11-15

Simberloff, D. (1987) The Spotted Owl fracas: mixing academic, applied, and political ecology. *Ecology* 68:766-772.

Simón, L. F., Guerra, H. L. G., & González, J. M. D. (2006). *Diseño de un socket ajustable para prótesis de miembro inferior*.

Smallwood, J. A., Causey, M. F., Mossop, D. H., Klucsarits, J. R., Robertson, B., Robertson, S., & Bortolotti, G. R. (2009). Why are American Kestrel (*Falco sparverius*) populations declining in North America? Evidence from nest-box programs. *Journal of Raptor Research*, 43(4), 274-282.

Stone, I., and J. White (1997) Case history: bumblefoot in four oil-rehabilitated American coots (*Fúlca Americana*). *J. Wildl. Rehabil.* 20

Sullivan, B. L., and C. L. Wood (2005) A plea for the common birds. *North American Birds* 59: 18–30

Thiollay, J. M. (1989) Area requirements for the conservation of rain forest raptors and game birds in French Guiana. *Conservation Biology* 31:128 –137.

Tingay, R. E., M. L. Clarke, R. T. Watson, R. Thorstrom, And L. Kalavah (2004) Survival and behavior of a one-footed Madagascar Eish Eagle in the wild. *Journal of Raptor Research* 38:85-88.

Ultimaker. (2018) Consultado el 27 de Junio de 2018, en <https://ultimaker.com/en/resources/manuals/materials>

16

Título: Resultados de la evaluación "in Situ" de la aplicación de microorganismos eficientes (*ME AgroAmbiental*) en los residuales líquidos de empresas contaminadoras de bahías y cuencas.

Autores: Lic. Odys N Hernández Vasallo MSc. Dra MV. Teresa Figueroa Barrios, MSc. MSc. Dr.C. Angel Entrena García. Dr. Silde Arabadat Arango. Téc. Noel Tejeda. Dr.C Abdulahi Alfonso Morales. Téc. Vilma Espinosa. Lic. Fé Fernandez Zamora. Dra. Itamys C García Villar, MSc. Ing. Lency Pérez Pino, MSc. Dr.C. Layna Riera Ojeda. Ing. Leonardo Cabezas Rodríguez.

Centro Nacional para la Producción de Animales de Laboratorio. (CENPALAB).

odys.hernandez@cenpalab.cu

La Habana. Cuba.

Resumen.

La utilización de los microorganismos eficiente (ME) en el tratamiento de residuales contaminantes, posibilita que el agua servida de viviendas, ciudades y fábricas, puedan ser retornadas al medio ambiente de forma segura y evita construcciones de instalaciones caras con altos costos de mantenimiento para el tratamiento de dichos efluentes. El trabajo tuvo como objetivo demostrar la efectividad de los ME, aplicados en las empresas seleccionadas, en las condiciones específicas de sus residuales, mediante monitoreo compuesto, a partir de un mes de tratamiento. Los tipos de residuales muestreados fueron de cocina comedor y albañales, trampas de grasas e industriales, pertenecientes a centros de elaboración de alimentos. Se tomaron dos muestras por cada empresa una sin tratar, considerada como control y otra del residual tratado con ME. Las muestras fueron remitidas a la ENAST, Laboratorios acreditado ISO 9001. Se determinó la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅) y Demanda Química de Oxígeno (DQO), Coliformes totales (CT), Coliformes Termotolerantes (CTT). Los resultados fueron comparados con los *Límites Máximos Permisibles Promedios* (LMPP) por la norma cubana vigente de vertimiento de residuales según la clasificación del cuerpo receptor: NC:27:2012. Especificaciones" (ONN, 2007). En los residuales líquidos de cocina comedor y albañales se logró una reducción de la carga contaminante que osciló entre 50 y 91%, en comparación con el control sin tratar y en el caso de trampas de grasas y residuales industriales de centro de elaboración de alimentos, la reducción alcanzó valores entre 29 y 97%, logrando incluso reducir los valores de estos parámetros a niveles aceptados por la NC 27, regulación aplicable a estos residuales, como en el caso de los resultados microbiológicos. El uso de microorganismos eficientes (*ME-AgroAmbiental*), demostró efectividad sobre los residuales de cocina comedor y albañales, residuales de trampas de grasas e industriales de centro de elaboración de alimentos.

Palabras Claves: Microorganismos eficientes, residuales líquidos, *ME-AgroAmbiental*.

Abstract.

The use of efficient microorganisms (ME) in the treatment of residual pollutants, allows the water served from homes, cities and factories, can be safely returned to the environment and avoids expensive facilities construction with high maintenance costs for the treatment of said effluents. The objective of the work was to demonstrate the effectiveness of ME, applied in the selected companies, in the specific conditions of their residuals, through compound monitoring, after one month of treatment. The types of residuals sampled were kitchen and sewage, fat and industrial traps, belonging to food processing centers. Two samples were taken for each company, one untreated, considered as control and another one of the residual treated with ME. The samples were sent to the ENAST, Laboratories accredited ISO 9001. The Biological Oxygen Demand (BOD5) and Chemical Oxygen Demand (COD), Total Coliforms (TC), Thermotolerant Coliforms (CTT) were determined. The results were compared with the Maximum Permissible Maximum Limits (LMPP) by the current Cuban norm of dumping of residuals according to the classification of the receiving body: NC: 27: 2012. Specifications" (ONN, 2007). In the liquid waste of the kitchen and sewer, a reduction of the contaminant load was achieved, which ranged between 50 and 91%, in comparison with the untreated control and in the case of grease traps and industrial waste from the food processing center, the reduction reached values between 29 and 97%, even reducing the values of these parameters to levels accepted by NC 27, regulation applicable to these residuals, as in the case of microbiological results. The use of efficient microorganisms (ME-AgroAmbiental), demonstrated effectiveness on the residuals of kitchen dining room and sewage, waste of grease traps and industrial food processing center.

Key words: Efficient microorganisms, liquid residuals, ME.

Introducción

La contaminación de los suelos y de las aguas subterráneas y superficiales se origina en prácticamente cualquier actividad humana económica o culturalmente importante, constituye un problema grave que es ocasionado por desperdicios, desechos orgánicos, residuos industriales, domésticos, entre otros. (Revista Gestión Ambiental, 2000).

La remediación definitiva de estos sitios requiere la extracción de los contaminantes. Desafortunadamente, las técnicas de remediación empleadas actualmente son muy costosas, algunos países desarrollados encontraron soluciones específicas para este tipo de problema haciendo uso de tecnologías modernas, así se desarrollaron métodos electroquímicos, técnicas de precipitación, membranas impermeables, resinas de intercambio iónico, entre otras, en el caso particular de los suelos, suelen afectar la fertilidad y/o el uso posterior de los mismos, mientras que en el caso de los acuíferos y aguas superficiales, puede comprometer seriamente el uso de este recurso como fuente de agua para el consumo humano (Molina et al, 2006).

Por estas razones la biorremediación, es una opción que cada vez cobra más importancia y constituye un tema sobre el cual, se incrementan las investigaciones y publicaciones científicas a medida que se toma, mayor conciencia ambientalista sobre las posibles soluciones a los problemas generados por el desarrollo industrial, ya que juegan un importante papel en la biodegradación de compuestos tóxicos (Paéz, R. 2011).

El actual crecimiento poblacional y desarrollo socio-económico que está experimentando el mundo, está causando interés en la calidad y cantidad del recurso agua. Este interés genera inquietudes para una intervención eficaz en el uso sostenible del agua y prevención del deterioro medioambiental del agua. Las descargas de agua contaminada sobre ríos, mares, lagunas, lagos y el manto freático, está causando grandes incertidumbres sobre la calidad del agua. "Las aguas residuales pueden definirse como las aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales agrícolas y comunitarias.". (López M. V. 1981).

En los residuales la DBO_5 es necesaria para determinar la materia orgánica biodegradable presente en el agua, la que es una estimativa de la cantidad de oxígeno requerido para estabilizar los materiales orgánicos biodegradables por una población heterogénea de microorganismos, la DQO nos da información de la cantidad de materia orgánica biodegradable presente en la muestra, sin aportar información sobre la naturaleza de la misma, hay que tener presente que un bajo valor de DQO no tiene por qué ser indicativo de un bajo nivel de contaminación orgánica, dado que existen sustancias difícilmente biodegradables (sustancias refractarias) o que incluso inhiben el proceso biológico (tóxicos). Este parámetro indica la cantidad de materia orgánica presente en la columna de agua, concentraciones elevadas de materia orgánica implican una mayor actividad de las bacterias aeróbicas y por ende un consumo de oxígeno mayor y viceversa. (Paéz, R. 2011).

El grupo de coliforme es el más usado como indicador para evaluar la calidad microbiológica del agua. Los coliformes totales incluyen bacilos gramnegativo, aeróbicos y anaeróbicos, no esporulados que fermentan la lactosa con producción de ácido y generalmente de gas en menos de 48 horas a 35-37 °C, los coliforme fecales son un indicador más específico de la contaminación fecal de las aguas, se desarrollan entre 24-48 horas a una temperatura de 42 mas menos 5 ° C. La

presencia de *Escherichia coli* en el agua es también un indicador de contaminación fecal (germen indicador) con la cual pueden haber llegado al agua gérmenes patógenos, esta bacteria se reproduce principalmente en el intestino de los animales de sangre caliente. El agua también puede contaminarse directamente mediante excreciones que contengan especies de salmonella. (Arias, A. 2010).

Uno de los problemas sanitarios más críticos en los países de América Latina y el Caribe, es la descarga incontrolada de aguas residuales domésticas ó industriales sin tratamiento, las cuales contaminan los recursos hídricos superficiales, subterráneos y las zonas costeras.

La Tecnología EM por sus siglas en inglés (E.M Efficient Microorganism) fue desarrollada hace 35 años por el Dr. Teruo Higa, profesor de la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón, como una opción viable y sostenible para el incremento de la producción agrícola, mejora de salud animal y humana y la restauración ambiental (Higa, t). El *Dr. Teruo Higa* creó la organización internacional EMRO (EM® Research Organization) con sede en Japón destinada a la investigación y transferencia de la tecnología desarrollada. Actualmente la tecnología se encuentra distribuida en más de 160 países. (Higa, T.1993).

Los microorganismos efectivos o EM son una cultura mixta de microorganismos benéficos (fundamentalmente bacterias fotosintéticas y productoras de ácido láctico, levaduras, actinomicetos y hongos fermentadores) completamente naturales que se encuentran comúnmente en los suelos y en los alimentos (Higa et al 2013).

Los Microorganismos Efectivos son pequeños “Seres Vivos” que apoyan cualquier descomposición natural y por lo tanto no intoxican más, amortizan los residuos químicos de las tierras y subsuelos, cuando los ME entran en contacto con la materia orgánica, secretan sustancias beneficiosas tales como: vitaminas, ácidos orgánicos, minerales quelados y antioxidantes. Estos microorganismos no son nocivos, ni patógenos, ni genéticamente modificados, ni químicamente sintetizados. (Martínez-Córdova et al 2014); (Rodríguez, D. T. (2003).

El uso y la importancia de los microorganismos eficientes, es cada vez más amplio (Higa, et al 2013), en la literatura se pueden consultar un gran número de trabajos sobre su uso en el tratamiento de residuales domésticos, industriales, así como en la agricultura y el medio ambiente en general. Su uso en la práctica diaria en los países de América es amplio, por otro lado también son usados, con resultados satisfactorios en la producción agropecuaria, como por ejemplo en el tratamiento de efluentes tan agresivos como los generados en instalaciones porcinas. (Córdova, A 2004), (Cubillos, 1970); (Barrionuevo et al 2009), (Arias, 2010), (López-Giron et al 2011),

Existen efectos positivos de la aplicación de los ME en el tratamiento de aguas contaminadas en lugares cerrados (lago, laguna, tanque sépticos, etc): como la de reducir los malos olores (como el amoníaco, el sulfuro y el metilmercaptano entre otros, reducción de lodos (sedimentos) y microorganismos patógenos como Coliformes, Bacterias Sulfitos Reductoras etc, acelerar la descomposición de materias orgánicas, mejoramientos de la calidad de agua químico, físico y microbiológico como DBO, DQO, Turbidez, Solido Suspendidos, ph, Oxígeno Disueltos etc, así como la Reutilización de agua como riego y sólido como abono con alta calidad. (Chávez, A., & McDonald, J.2005).

Teniendo en cuenta estos beneficios, el CENPALAB trabaja desde el 2016 con resultados palpables en la producción y comercialización del *ME-AgroAmbiental* para el tratamiento de residuales provenientes de aguas albañales, de cocina

comedor, residuales industriales, desechos agropecuarios, lagunas de oxidación entre otros usos.

Dadas estas propiedades reconocidas de los microorganismos eficientes y después de la evaluación *"In Vitro"* de *ME-AgroAmbiental*, donde quedó demostrada su efectividad, evidenciada por la reducción de la carga contaminante de los parámetros evaluados, se decide su aplicación en las empresas y el monitoreo de su efectividad en las condiciones *"In Situ"* particulares de cada empresa, con muestreo de sus residuales al mes de aplicación de este producto.

En el presente trabajo se tuvo como objetivo evaluar la efectividad de las dosis aplicadas de *ME-AgroAmbiental*, en las empresas seleccionadas y en las condiciones específicas de sus residuales, mediante monitoreos a partir del mes tratamiento.

Materiales y métodos

Para el desarrollo de la investigación se seleccionaron muestras de tres empresas monitoreadas con anterioridad, estas fueron: Empresa Productora de aceites y grasas comestible, Empresa de Servicios Varios, donde fueron evaluados los Centros de Elaboración 1 y 2 y Empresa productora de Alimento No 5.

Las muestras tomadas fueron muestras puntuales en días de producción en el horario de máxima descarga a partir del mes de aplicados los Microorganismos eficientes en el tratamiento de sus residuales. Fueron tomadas dos muestras por cada empresa una sin tratar (antes de llegar al lugar donde se aplica *ME-AgroAmbiental*), considerada como control y otra del residual tratado. Inmediatamente después de tomadas las muestras los frascos fueron almacenados en recipientes contenedores con temperatura refrigerada de 2 a 4 ° C, siendo trasladados a su lugar de análisis, donde fueron recepcionadas y procesadas cada una de las muestras.

Parámetros evaluados:

Las muestras tomadas fueron remitidas a los laboratorios de la Empresa de Análisis y Servicios Técnicos de Recursos Hidráulicos (ENAST), Laboratorios acreditado ISO 9001, siguiendo las técnicas implementadas en los procedimientos Operacionales de Trabajo, cumpliendo además con lo establecido en las Buenas Prácticas de Laboratorio (BPL) y como establece el control de Calidad de las mismas, para la determinación Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) y Demanda Química de Oxígeno (DQO), Coliformes totales (CT) y Coliformes Termotolerantes (CTT).(Tabla.1).

Tabla 1. Ensayos realizados en ENAST

Ensayo	Método
DBO ₅	Prueba de DBO-5 días
DQO	Método acelerado autoclaveando muestras bajo presión con dicromato
CT, CTT	Técnica de tubos múltiples de fermentación para miembros del grupo coliformes

La DQO se determinó adicionando una cantidad pesada de dicromato potásico (K₂Cr₂O₇) a un volumen conocido de muestra, acidulando el medio (pH<7) y destilando a reflujo el sistema durante 2 o 3 horas. El dicromato sobrante de la oxidación de la materia orgánica se evalúa mediante un agente reductor (generalmente sulfato amónico ferroso). La diferencia entre la cantidad inicial de

dicromato y la determinada por valoración con el agente reductor, es la consumida en la oxidación de la materia orgánica presente en el efluente (Jiménez, 2008).

El cálculo de la DBO_5 se efectuó determinando el contenido de oxígeno de una muestra de agua y lo que queda después de un tiempo determinado (se toman 5 días como medida estándar) comparada con otra muestra semejante conservada durante este período a una temperatura de 20 °C en un recipiente cerrado, fuera del contacto del aire y en la oscuridad, para evitar el aporte de oxígeno por fotosíntesis. La diferencia entre los dos contenidos representa la DBO en 5 días (DBO_5).

Los resultados obtenidos se compararon con los Límites Máximos Permisibles Promedio (LMPP) de la norma vigente de vertimiento de residuales según la clasificación del cuerpo receptor en la Norma Cubana Obligatoria NC 27:2012 Vertimiento de Aguas Residuales a las Lagunas Terrestres y al Alcantarillado.

Para el examen bacteriológico del agua, la técnica se realizó según NC 1095:2015: Microbiología del agua-Detección y enumeración de coliforme, técnica del número más probable (NMP), referida en el Manual de procedimientos Operacionales de Trabajo del laboratorio de bacteriología. Se realizó la determinación cuantitativa de Coliforme totales y Coliformes termotolerantes mediante el procedimiento de los tubos múltiples (en número de 5 tubos) en tres diluciones. Esta prueba se considera como el método bacteriológico principal de control de agua.

Resultados y discusión.

Los resultados obtenidos se muestran en las tablas de la .2 a la 4, donde aparecen los parámetros Microbiológicos y Químicos evaluados, con resultados satisfactorios para el uso del *ME-AgroAmbiental* y así también la referencia de los valores permisibles por la regulación aplicable, de acuerdo al destino de los residuales generados por las empresas y según NC 27: 2012. De Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y alcantarillado. Norma Cubana obligatoria.

En el caso de la empresa Aceites y grasas Comestibles (Tabla 2), durante este período fue posible la realización de dos muestreos (Octubre y Noviembre), por ser la primera empresa en aplicar *ME-AgroAmbiental*. Como se puede observar los resultados obtenidos de las muestra control antes de la aplicación de los microorganismos eficientes se encuentran por encima de lo reportado en la norma cubana 27:2012.

Posterior al mes de aplicación y segundo mes de aplicación en esta empresa se logró una reducción de la carga contaminante en el primer muestreo que oscila entre 50 y 91%, en comparación con el control sin tratar, mientras que el segundo muestreo la reducción se incrementa cuando se comparan los resultados con el control o muestra no tratada con ME.

Como se puede observar en la tabla, en el primer mes de aplicación se reduce un 51.7 % con respecto al control y el segundo mes un 48.7% para DBO_5 . En el caso del DQO en el primer mes se reduce un 50 % y a partir del segundo mes un 96 %. En el caso NC 27:2012 para el caso de los CT y CTT no están regulados por la norma pero de igual manera disminuyeron significativamente.

Estos resultados se encuentran dentro de los valores hallados por (Wisznienski, P. 2006) quien reporta una reducción del 78% de DBO_5 con la aplicación de ME en Aguas residuales industriales y una reducción de un 69 % sobre la DQO para el mismo residual. Los resultados obtenidos son superiores a los obtenidos por Paéz,

R. 2011, que obtuvo una remoción del 50 % del DBO₅ y un 40% de reducción sobre la DQO en aguas residuales lácteas.

Existe también resultados positivos logrados por López et al. (2006), quien logro una remoción en la Industria azucarera en centro de elaboración de panela de un 91 % DBO₅ y 93 % DQO.

Tabla 2. Resultados estudios "In Situ" de Aceites y Grasas Comestibles.

Muestras	Parámetros	Octubre	Reduce (%)	Noviembre	Reduce (%)	LMPP NC:27
Control	DBO ₅ (mg/L)	301.34	51.7	154,5	48,7	< 300
Tratado		145.46				
Control	DQO (mg/L)	768.0	50	< 30	> 96,0	< 700
Tratado		384.0				
Control	CT	>1600	> 50	160	90,0	ORAT
Tratado		800				
Control	CTT	430	91	16	96.3	
Tratado		34.5				

ORAT: Organismos Rector de Aguas Terrestres.

En los resultados alcanzados en la Empresa de Servicios Varios, centros de elaboración de alimentos (Tabla 3), la reducción alcanzó valores entre 29 y 97%, en el caso de la DBO₅ logrando incluso reducir los valores de estos parámetros a niveles aceptados por la NC 27:2012, regulación aplicable a esta empresa, como en el caso de los resultados microbiológicos. Para el caso del centro de elaboración 2 se logro una reducción de un 29 % DBO₅ y un 97 % para el DQO y el centro de elaboración número 1 un 48.2 % DBO₅ y un 90 % para el DQO.

Tabla 3. Resultados estudios "In Situ" de Empresa de Servicios Varios. Centro de Elaboración 1 y 2.

Muestras		Parámetros	Noviembre	Reduce (%)	LMPP NC:27
CE 2	Control	DBO ₅ (mg/L)	102	29	< 300
	Tratado		72,5		
CE1	Control		160	48,2	
	Tratado		82,9		
CE 2	Control	DQO (mg/L)	900	> 97	< 700
	Tratado		< 30		
CE1	Control		305	> 90	
	Tratado		< 30		
CE 2	Control	CT	1600	56,2	1000
	Tratado		700		

CE1	Control	CTT	1600	56,2	200
	Tratado		700		
CE 2	Control		850	42,3	
	Tratado		490		
CE1	Control		1600	56,2	
	Tratado		700		

CT: Coliformes Totales, CTT: Coliformes Termotolerantes.

Por otra parte se evidencia los resultados en la Tabla 4, ME-AgroAmbiental, en la empresa Productora de Alimentos No 5 mostró una mayor efectividad sobre este tipo de residual, logrando niveles de reducción en el orden del 76.4 al 97.8%.

Tabla 4. Resultados de las muestras Empresa productora de Alimento No 5.

Muestras	Parámetros	Valores	Reducción (%)	LMPP NC:27
Control	DBO ₅ (mg/L)	558.03	88.8	< 300
Tratado		62.40		
Control	DQO (mg/L)	652.8	76.4	< 700
Tratado		153.6		
Control	CT	>1600	> 97.2	ORAT
Tratado		44.5		
Control	CTT	>1600	> 97.8	
Tratado		34.5		

RAT: Organismos Rector de Aguas Terrestres.

Similar a estos resultados se encuentran un grupo de autores que han realizado trabajos y han logrado remociones significativas de DBO₅ y DQO al aplicar Microorganismos eficientes a diferentes residuales, tal como se encuentra el tratamiento en agua residuales de centro porcino Zamorano quien logro una reducción hasta el 96 % de DBO₅ y DQO respectivamente, asumiendo así que el uso de estos microorganismos es ventajoso para los fines de tratamiento de agua residuales, así mismo logro con él ME Comercial en granja porcinas una reducción del 98 % para el DBO₅ y 97 % para la DQO. (Toc, 2012)

Conclusiones:

1. Se pudo evaluar la efectividad de las dosis aplicadas de *ME-AgroAmbiental*, en las empresas seleccionadas y en las condiciones específicas de sus residuales, mediante monitoreos a partir del mes tratamiento.
2. El *ME-AgroAmbiental*, demostró efectividad sobre los residuales de cocina comedor, albañales, trampas de grasas e industriales, pertenecientes a centros de elaboración de alimentos, procedentes de empresas con diferentes procesos industriales.
1. Con el uso del *ME-AgroAmbiental* en estos centros de elaboración se logro disminución de la carga contaminante de DBO_5 , y DQO, así como Coliforme totales y Coliformes termotolerantes.
2. Se recomienda continuar con la aplicación del *ME-AgroAmbiental* y el monitoreo de este tipo de residuales en todas las empresas contaminadoras de Bahías y Cuencas en Cuba.

Bibliografía

1. Arias, A. (2010). Microorganismos eficientes y su beneficio para la agricultura y el medio ambiente. *J. Ciencia Ing*, 2, 42-45.
2. Agüero Y. (2013). Indicaciones administrativas y técnicas para la implementación en Cuba de la utilización de microorganismos eficientes: tratamiento de agua y aguas residuales en lugares de interés para el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos. Informe Técnico. Sistema de Gestión de la Calidad. Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, Habana.
3. Barrionuevo, M., Daniel, M. A., Garavaglia, L., Méndez, N., Sosa, G., Candal, R., & Zalts, A. (2009). Tratamiento biológico de efluentes industriales con contenido en metales: factores a tener en cuenta para un diseño eficiente. *Química Viva*, 2(8), 106-124.
4. BIOTECNOLOGIA, D. M. E. (2008). Importancia de Microorganismos Eficientes.
5. Boletín Tecnología EM. Publicado por EM Producción y Tecnología S,A(EMPROTEC) APDO POSTAL 642-1100, San Juan de Tibás, Costa Rica, C.A. TEL:506-236-4726/FAX:506-241 -1783 emprotec@racsa.co.cr.PDF.
6. Chávez, A., & McDonald, J. (2005). Uso práctico de microorganismos eficientes. Bogotá CO. ACCS, 34-52.
7. Córdova, A. Evaluación de los Microorganismos Eficientes (SCD EM™) en el Tratamiento de Aguas Residuales domesticas mejorando las características de vertimiento final. 2004. Disponible: URL: <http://www.grupoprotech.net/scdem/publicaciones/informefinalptar.html> [citado 21 de mayo de 2016][Links].
8. Cubillos, J., & de Estabilización, L. (1970). su eficiencia en la remoción de materia orgánica y microorganismos en las condiciones del trópico-Universidad del Valle-Cali.
9. Dustan Salgado, L. una nueva tecnología ambientalista para la producción animal, Artículo Tecnología de Microorganismos Eficientes, consultado el 28 de septiembre del 2016. Disponible en [http](http://).
10. Higa, T. (1993). Una revolución para salvar la tierra. Traducido por Del Mar Riera. EMRO, España.
11. Higa, T., James, F., por FUNDASES, T., & Peña, P. A. R. (2013). Microorganismos Benéficos y efectivos para una agricultura y medio ambiente sostenibles. Maryland (USA): Centro internacional de Investigación de Agricultura Natural, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.
12. López-Girón, B. A., & MEDINA-MINA, I. E. (2011). Efecto de la aplicación de Microorganismos Eficientes (EM) sobre la calidad de efluentes en Porcicultura [Tesis Ingeniero Agropecuario]. Popayán (Colombia): Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Ingeniería Agropecuaria.
13. López M. V. (1981). Tratamiento biológico de aguas residuales en perspectiva de la biotecnología en México. Editorial CONACYT, México. pp. 259-284.
14. Martínez-Córdova, L. R., Martínez-Porchas, M., López-Elías, J. A., & Enríquez-Ocaña, L. F. (2014). Uso de microorganismos en el cultivo de crustáceos. *BIOtecnia*, 16(3).

15. Molina, A. M. G., Betancur, L. M. A., Mazo, K. I. M., & Alzate, N. A. S. (2006). Aislamiento de consorcio de microorganismos degradadores de cianuro. *Revista Lasallista de investigación*.
16. NC 27: 2012. (2012). Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y alcantarillado- especificaciones. Norma Cubana obligatoria. 11 pp. Oficina Nacional de Normalización, La Habana. Cuba.
17. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).
18. Paéz, R. 2011. Rediseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para la Industria Láctea Proleca Ltda. Cartagena. Cartagena, Colombia, Universidad de Cartagena. 114 p.
19. Revista Gestión Ambiental, (2000). vol. 2(23) pág. 12-19
20. Rodríguez, D. T. (2003). El papel de los microorganismos en la biodegradación de compuestos tóxicos. *Revista Ecosistemas*, 12(2).
21. Toc A. R. M. (2012). Efecto de los microorganismos eficientes (ME) en las aguas residuales de la granja porcina de Zamorano, Honduras. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado Académico de Licenciatura. Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria. Zamorano, Honduras. 22 pp. Extraído de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1039/1/T3265.pdf>, en agosto de 2017.
22. Valdes, C. E. M., Macías, E. B., Álvarez-González, C. A., Hernández, C. T., & Sánchez, A. J. (2013). Efecto de microorganismos con potencial probiótico en la calidad del agua y el crecimiento de camarón *Litopenaeus vannamei* (Decapoda: Penaeidae) en cultivo intensivo. *Rev. Biol. Trop*, 61(3), 1215-1228.
23. Wisznienski, P. 2006. Foro Virtual Riachuelo No. 5. Consultado el 14 de octubre de 2012. Disponible en <http://www.avelaboca.org.ar/sitio/index.php?id=81>

17

Paulina Plata Camarena, Andrés Estay-Stange, Álvaro Oidor-Méndez, Sandra José-Ramírez. Selección de dieta de aguililla de Harris (*Parabuteo unicinctus*) en condiciones de cautiverio. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México. paulinap_14@hotmail.com, andres.estay@correo.buap.mx.

Palabras clave: selección de dieta, aguililla Harris, manejo de vida silvestre, aves rapaces.

Introducción

La alimentación de aves rapaces en vida silvestre ha sido ampliamente estudiada, estableciendo las características generales que permiten caracterizar las presas principalmente consumidas por las aves rapaces. Sin embargo, la dieta de las aves rapaces en vida silvestre va a estar delimitada por la disponibilidad de presas y esta va a depender de las condiciones ambientales generales. Por tanto, la selección que haga un ave rapaz sobre la presa que va a consumir no depende totalmente del ave (Barton, 1992; Coon, et al., 2015).

La mayoría de las aves en vida silvestre, se alimentan de presas enteras, el tamaño de la presa está delimitado por las dimensiones del pico, en el caso de las aves rapaces (Accipitriformes, Strigiformes y Falconiformes), el método de caza está definido por las garras y el pico es una herramienta especializada utilizada para desgarrar e ingerir la presa en pequeños pedazos, por lo tanto, las aves rapaces pueden cazar presas mucho mayores que otras aves. La ingesta de pequeños fragmentos de presas, indican periodos largos de alimentación para las aves rapaces, por lo cual se esperaría una selección específica de presas (Slavsgold, 2010).

Existe poca información sobre las características específicas de la ingesta de alimentos para las diferentes especies de aves rapaces, el peso del alimento ingerido, la preferencia de la dieta y la temporalidad destinada a la alimentación (Samour, 2016). Se sabe que las aves que se alimentan principalmente de mamíferos ocupan un menor tiempo en su alimentación que las que se alimentan de aves, debido a que tienen un sistema digestivo que permite la ingesta de fragmento de mayor tamaño (Slavsgold et al., 2010). Algunos estudios sugieren diferencias específicas entre especies o entre grupos con

características morfológicas similares en el consumo de presas, pero no existen investigaciones que lo puedan corroborar (Burke, 2002; Coles, 2007).

La investigación conductual sobre las preferencias alimentarias de aves rapaces es un tema de gran importancia en los procesos de rehabilitación en centros de conservación, permitiendo que se optimicen recursos y se incremente la eficiencia de dichos procesos (Coon, et al., 2015).

Dentro de los procesos de rehabilitación de aves rapaces, es importante, entre otras cosas, identificar las condiciones nutricionales en las que se recibe el ejemplar (Ritchie et al., 1994), así como establecer programas nutricionales específicos que permiten, en la mayoría de los casos, la ganancia de peso y la disminución de problemas relacionados con una alimentación deficiente tales como bolsas de grasa, movimientos musculares involuntarios, debilidad muscular etc. (Aprile y Bertonatti, 1996; Miller, 2000; Harrison y Lightfoot., 2005).

Los proyectos de rehabilitación con miras a la liberación de aves rapaces deben ser llevados a cabo con especial cuidado y atención para lograr una liberación efectiva y no provocar riesgos para el ejemplar liberado o para la población en vida silvestre (Department of Environment and Conservation, 2008; Coppelia y Ubilla, 2013). La liberación de un ejemplar con una nutrición deficiente puede llevar a un deterioro y la muerte del ejemplar, al no presentar las condiciones necesarias para cazar y en los primeros días posterior a su liberación, mantenerse sin alimento hasta establecer su territorio y conseguir sus primeras presas (Aprile y Bertonatti, 1996; Department of Environment and Conservation, 2008).

En este proyecto, se pretende establecer la selección de presas de 5 ejemplares para determinar la preferencia en base a tamaño de presas y hacer recomendaciones específicas para el manejo y rehabilitación de aves rapaces en cautiverio.

Trabajo con aves en cautiverio

Existen muchos estudios que han analizado la dieta de las aves rapaces en vida silvestre, sin embargo, en los trabajos en campo, existen una gran cantidad de factores que afectan

directa e indirectamente los posibles resultados de dichos estudios, al trabajar con aves en cautiverio, se pueden minimizar muchos de esos factores (White, 1990).

Las aves rapaces en vida silvestre pueden escoger su dieta en función de la disponibilidad de presas en el entorno, lo cual limita el conocimiento de la preferencia de presa, al no poder escoger entre diferentes presas, sino, por temporadas cazar en función de disponibilidad. Al tener las aves en cautiverio, se pueden tener disponibles las diferentes variaciones de presa a manera que el ave pueda seleccionar libremente su dieta.

En el medio silvestre existen factores como la competencia, la defensa de territorio y la perturbación que pueden provocar que el ave rapaz deje de consumir su presa para desplazarse a un lugar más seguro o que no baje a cazar por la presencia de algún competidor. Al trabajar con aves rapaces en cautiverio, se pueden reducir al mínimo el número de estresores del ambiente, conociendo e identificando las características conductuales de cada individuo (Slagsvold, 2010).

El trabajo con aves rapaces en cautiverio permite controlar las variables relacionadas con el entorno para poder hacer descripciones certeras sobre la selección de presas de cada ejemplar, permitiendo hacer generalizaciones más adecuadas sobre el tema.

Centros de conservación de vida silvestre

Los Centros de conservación de vida silvestre juegan un rol fundamental en el manejo efectivo de ecosistemas. Dichos centros facilitan a los ejemplares de vida silvestre, lesionados o decomisados por instituciones de gobierno, servicios veterinarios y biológicos que permitan su reinserción en el medio ambiente (Coon, 2015; Aprile y Bertonatti, 1996).

A pesar de existir una gran cantidad de centros de conservación, la cantidad de individuos y la variedad de especies de vida silvestre que reciben es mayor que la información disponible de cada una. Por eso es necesario establecer proyectos de investigación enfocados en las características de las especies de vida silvestre de diversas partes del

mundo para poder facilitar los procesos de rescate y rehabilitación (Department of Environment and Conservation, 2008).

Objetivos Generales

- Determinar la selección de dieta de ejemplares de aguililla Harris (*Parabuteo unicinctus*)
- Establecer recomendaciones sobre alimentación de aguililla de Harris para centros de rescate y rehabilitación de aves rapaces

Metodología

Lugar de estudio

El presente proyecto se llevó a cabo en el Centro de Conservación de Vida Silvestre “Konkon” con aves rapaces de la especie *Parabuteo unicinctus*, recibidas a través de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA). Todas las aves que se tomaron en consideración son ejemplares que debido a lesiones corporales no pueden ser liberadas. Se seleccionaron cinco ejemplares (tres hembras y dos machos) para identificar las preferencias en la selección de presas independientemente de la disponibilidad de las mismas.

Material y diseño

Para la realización del proyecto se utilizó una tabla de madera cuadrada de 1.20X1.20 mts en la cual se colocó al centro una percha móvil y en las cuatro esquinas de la tabla se ofrecieron cuatro presas diferentes (rata, ratón, cobayo y pollo de un día), tomando en consideración el peso de éstas (Fig. 1). Se estableció que las posiciones de las presas fueran rotando día con día para asegurar que la selección no estuviera determinada por la ubicación de la presa. Y para que la plataforma de prueba no representara un

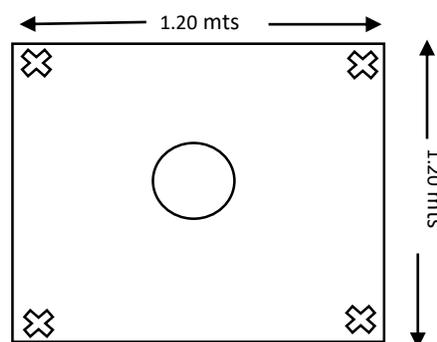


Fig. 1. Diseño de tabla experimental que fue utilizada para el proyecto de investigación de selección de dieta de *Parabuteo unicinctus*.

factor de estrés para el ave, se inició un acercamiento a la plataforma y al espacio de prueba, una semana previa a la experimentación. Así como también se asignó a una sola persona para que manejara a las aves durante todo el proyecto, para estímulos que pudieran estresarlas y afectar la selección de presa.

Muestreo

Una vez finalizado el proceso de acostumbramiento del ave a los materiales del experimento, se inició con la toma de datos. Para cada muestreo, inicialmente, se seleccionaron ratas y cobayos adultos de tamaños similares. Posteriormente se posicionaban las cuatro presas en las esquinas de la tabla. El ave se perchaba en la percha móvil con la cabeza tapada para asegurar que la selección de presas no se viera afectada al ir viendo las presas en el trayecto a la percha.

Una vez perchada, se destapó la cabeza y respetamos el tiempo que cada ave demoraba tanto en escoger, como en terminar su alimento. Se consideró como elección de dieta la primera presa que el ave sujetó y de la cual se alimentó completamente. Al finalizar el muestreo se regresaba el ave a su percha y se limpiaba la tabla de restos como pelos, vísceras, huesos, etc. Este muestreo se realizó una vez al día con los cinco individuos durante un total de diez días, registrando los resultados en una tabla.

Resultados

Los resultados obtenidos indican que las aguilillas de Harris tuvieron una marcada preferencia hacia los ratones y ratas. Sin embargo, escogieron varios ejemplares de cobayo y pollo, lo cual era algo inesperado (Fig. 3).

Durante el muestreo todas las aves permanecían en la percha móvil y miraban detenidamente las opciones que tenían sobre la tabla de prueba, posteriormente seleccionaban. Cabe mencionar que la gran mayoría de las aves hicieron selección durante todos los muestreos realizados, excepto un ave; no seleccionó presa en un muestreo. Teniendo un total de 49 selecciones, en los cuales se notó que puede existir una cierta preferencia en alimentos de masa pequeña por parte de los machos, y por parte de las hembras presas de masa grande.

Con los resultados obtenidos se comprobaron si existían diferencias significativas entre las elecciones de presas, siendo significativas:

- 1) rata-ratón con un nivel de incertidumbre de 11.88% y un nivel de significancia estadística de 97.81%.
- 2) rata-pollo con un nivel de incertidumbre de 7.07% y un nivel de significancia estadística de 99.52%.
- 3) ratón-cobayo con un nivel de incertidumbre de 11.31% y un nivel de significancia estadística de 99.38%.
- 4) ratón-pollo con un nivel de incertidumbre de 8.28% y un nivel de significancia estadística de 99.99%.
- 5) pollo-cobayo con un nivel de incertidumbre de 6.68% y un nivel de significancia estadística de 98.40%.

Y se comprobó que la siguiente relación no fue significativa:

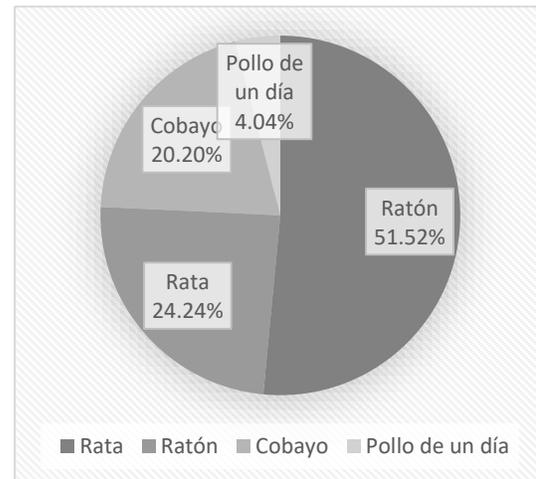


Fig. 3. Comparación de resultados obtenidos en el proyecto de investigación sobre la selección de dieta de *Parabuteo unicinctus*. Observado en el Centro de Conservación de Vida Silvestre "Konkon".

1) rata-cobayo con un nivel de incertidumbre de 9.56% y un nivel de significancia estadística de 32.17%.

Conclusión

Estos resultados nos permiten identificar una preferencia en la selección por presas mamíferos de talla pequeña y permiten continuar con análisis a mayor profundidad. Con la finalidad de relacionar dicha selección con variables morfológicas específicas de los ejemplares y permitirán realizar recomendaciones en cuanto al manejo de vida silvestre en centros de rehabilitación, permitiendo el establecimiento de dietas específicas para aves rapaces, para lograr programas de rehabilitación más efectivos. Coon et al. (2015) desarrollaron un trabajo con *Buteo lineatus* en el cual identificaron, de igual manera, una preferencia de selección de dieta en ratas y ratones.

A pesar de no tener suficientes datos para asegurar, la tendencia de selección de las hembras por presas más grandes y los machos por presas más pequeñas, puede estar definida por la diferencia en tamaño y masa corporal entre ambos, ya que en *Parabuteo unicinctus* las hembras llegan a ser hasta un 30 % más grandes que los machos, sin embargo, se deben continuar haciendo estos estudios para poder establecer si esa tendencia continúa.

El presente trabajo se suma al esfuerzo que se ha desarrollado para conocer a profundidad la selección de dieta de aves rapaces, para establecer programas de rehabilitación y manejo en cautiverio específicos para diferentes especies.

Bibliografía

- Aprile, G., y Bertonatti, C. 1996. Manual sobre rehabilitación de fauna. *Boletín técnico Fundación de Vida Silvestre Argentina*(31), 111.
- Barton, N.W.H. 1992. Morphological adaptation and digestion in relation to raptor feeding ecology. Unpubl. PhD thesis, University of Glasgow.

- Burke, H., Swaim, S., y Amalsadvala, T. (2002). Review of wound management in raptors. *Journal of Avian Medicine and Surgery*, 16(3), 180-191.
- Coles, B. (2007). *Essentials of avian medicine and surgery* (Tercera ed.). Blackwell Publishing. USA. 54 pp.
- Coon, J., Atkin, M., Gabriel, L, y Pangle, W.M. (2015). Food choice of red-shouldered hawks (*Buteo lineatus*) in a rehabilitation setting: behavioral insights from novel methods. *Journal of Wildlife Rehabilitation*, 35(2): 15-22.
- Coppelia, P., y Ubilla, M. J. 2013. Evaluación del bienestar animal de aves rapaces en rehabilitación, descripción de técnicas que promuevan y mejoren su tasa de reintroducción. *Avances en Ciencias Veterinarias*, 28(2), 1-11.
- Department of Environment and Conservation. 2008. *Minimum standards of wildlife rehabilitation in Western Australia*. Kensington: Department of Environment and Conservation.
- Harrison , G., y Lightfoot, T. (2005). *Clinical Avian Medicine*. Spix Publishing. USA. 422 – 427 pp.
- Miller, E.A., editor. 2000. *Minimum Standards for Wildlife Rehabilitation*, 3rd edition. National Wildlife Rehabilitators Association, St. Cloud. 77p.
- Ritchie, B., Harrison, G., y Harrison, L. (1994). *Avian medicine: principles and application*. Wingers Publishing. USA.
- Samour, J. (Ed.). (2016). *Avian Medicine* (Tercera ed.). Elsevier. USA.
- Slagsvold, T., Sonerud, G., Gronlien, H., y Stige, L. (2010). Prey handling in raptors in relation to their morphology and feeding niches. *Journal of Avian Biology*, 41, 488 - 497.
- White, J. 1990. *Rehabilitación básica de fauna silvestre 1AB. Una interpretación de la literatura existente sobre biología y veterinaria para el rehabilitador de fauna silvestre. Edición en Español*. Guatemala. 202 pp.

18

TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL CON COLORANTE DE USO TEXTIL MEDIANTE PROCESOS AVANZADOS DE OXIDACIÓN

Candy A. Bernabe^a, Bethuel Y. Pariente^a, César Torres^a, Josefina Vergara^a, Esteban Montiel^a,
Gregorio Bahena^a, Aarón Gómez^b, Pedro G. Reyes^b, Horacio Martínez^c.

^a Laboratorio de Análisis y Sustentabilidad Ambiental, Escuela de Estudios Superiores de Xalostoc,
Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Xalostoc, Ayala, Morelos, C.P. 62715, MÉXICO.

^b Laboratorio de Física Avanzada, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de
México, Instituto Literario No. 100 Col. Centro, Toluca, Estado de México, C.P. 50000, MÉXICO.

^c Laboratorio de Espectroscopia, Instituto de Ciencias Físicas, Universidad Nacional Autónoma de
México, A. P. 48-3, Cuernavaca, Morelos, C. P. 62251, MÉXICO.

Resumen

En este trabajo se presentan los resultados de la degradación del colorante sintético Negro Ácido (NA52) presente en agua mediante diferentes procesos avanzados de oxidación (PAO's) como: Fotólisis, combinación de radiación ultravioleta con peróxido de hidrógeno (UV/H₂O₂), fotocátalisis, Fenton, foto-Fenton y plasma, a una concentración de colorante de 1.0 mM en todos los procesos realizados, el volumen de la muestra fue de 500 mL. Se utilizaron 3 diferentes catalizadores para llevar a cabo la reacción, sulfato ferroso (FeSO₄), dióxido de titanio (TiO₂), y limadura de hierro (Fe²⁺). La mezcla con colorante se agitó a 500 rpm, en todos los procesos, para asegurar la correcta interacción del colorante con el catalizador. Se usó una fuente de luz ultravioleta (UV) para observar la influencia de la radiación sobre la degradación del colorante. Para el tratamiento con Plasma, se utilizó una fuente de voltaje para generar la descarga sobre el agua. En este estudio se utilizó un espectrofotómetro Ultravioleta/Visible (UV/Vis), de igual manera se realizó un análisis de carbono orgánico total (COT) y se analizó la demanda química de oxígeno (DQO). Además, se midieron pH, conductividad eléctrica, volumen al inicio y final del tratamiento. El mayor porcentaje de degradación del NA52 se logró con el proceso foto-Fenton ya que después de 30 minutos de tratamiento se obtuvo una eliminación del colorante del 99.44%.

Palabras clave: PAO's, Foto-Fenton, Plasma, tratamiento de agua.

Introducción

En el estado de Morelos existen varias industrias textiles, éstas utilizan grandes volúmenes de agua para el teñido de telas. Así mismo, estas empresas generan grandes cantidades de aguas residuales, las cuales desechan sin darles un tratamiento previo. La inadecuada disposición de estos efluentes ocasiona daños en los ecosistemas, afecta la salud de los seres humanos y pone en riesgo la sostenibilidad de las nuevas generaciones (desecharlos en el suelo, por ejemplo, provoca que cambien las características físico-químicas de éste lo que modifica su

rendimiento en la cosecha). La industria textil genera entre 80 y 200 m³ de aguas residuales por tonelada de producto. Estos efluentes son una mezcla de compuestos químicos, con elevada temperatura y pH variable [1]. Los colorantes, presentes en las aguas residuales vertidas en ríos y lagos, dificultan el proceso fotosintético, consumen oxígeno y, son tóxicos y carcinogénicos. Además, pueden ser absorbidos por los microorganismos y, de esta forma, reaccionar con moléculas biológicamente importantes [1]. Aproximadamente el 60 % de los colorantes utilizados en la industria textil son colorantes reactivos, que se caracterizan por formar una unión éter con la fibra, lo que garantiza una mayor duración del color en el tejido. Las estructuras de esta clase de colorantes contienen grupos azo, antraquinona o ftalocianina (Figura 1).

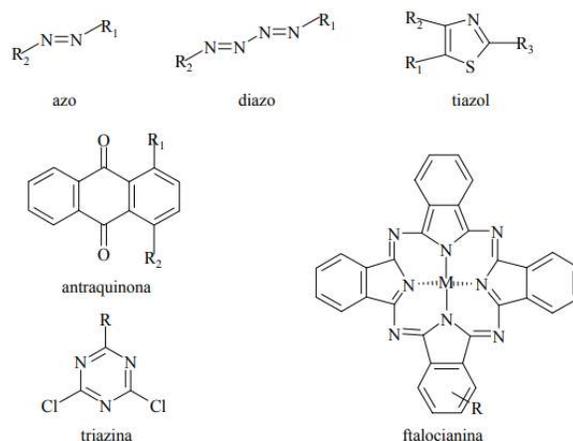


Figura 1. Estructura de colorantes textiles [1].

La solubilidad y estabilidad de estos compuestos dificultan su remoción mediante floculación, sedimentación o adsorción en carbón activado. Estos contaminantes, debido a su toxicidad, son recalcitrantes a los tratamientos biológicos convencionales. El Negro Ácido 52 (NA52), Figura 2, es un azocolorante utilizado para teñir y estampar lana, seda y poliamida.

Colorante	Estructura Molecular	Peso molecular (g/mol)	Longitud de onda λ _{max} (nm)
NA52 C ₂₀ H ₁₂ N ₃ O ₇ NaS Color Index No. 15711 CAS No. 5610-64-0 (PubChem, 2018)		461.38	571

Figura 2. Estructura molecular del colorante Negro Ácido 52 (NA52).

Las Tecnologías o Procesos Avanzados de Oxidación (PAO'S), son una alternativa para tratar este tipo de compuestos ya que no únicamente los

degradan, sino que logran su transformación hasta dióxido de carbono. Estos procesos se basan en el poder oxidante de especies radicales, principalmente radicales hidroxilos ($\bullet\text{OH}$). Los radicales $\bullet\text{OH}$ pueden modificar la estructura química de compuestos orgánicos recalcitrantes convirtiéndolos en compuestos más simples, de menor masa molecular, menos tóxicos a los microorganismos y, consecuentemente, más biodegradables. [2]

Materiales y Métodos

Los reactivos utilizados para los diferentes procesos fueron TiO_2 , FeSO_4 , limadura de hierro (Fe^{2+}), H_2O_2 y H_2SO_4 . La fuente de voltaje de corriente directa (HP Mod. 6525A, 4.0 kV-50 mA) fue utilizada para producir el plasma durante la degradación del contaminante. La absorbancia fue medida con un espectrofotómetro marca Hach modelo DR3900. El pH se determinó con un potenciómetro marca Hach modelo HQ400.

Previo a la experimentación, se midieron las absorbancias de disoluciones del colorante NA52 a diferentes concentraciones (0.2, 0.4, 0.6, 0.8 y 1.0 mM). Los datos obtenidos se utilizaron para graficar la absorbancia versus concentración del NA52. Posteriormente, se obtuvo la ecuación de la línea recta que se ajustó mejor a las mediciones obtenidas. Los experimentos fueron realizados en seis reactores de vidrio, tipo Batch. En este reactor se monitoreo la degradación del azocolorante Negro Ácido 52 a una concentración inicial de 1mM. Las condiciones particulares de cada tratamiento avanzado de oxidación se muestran líneas abajo.

En el tratamiento fotocatalítico, el colorante se sometió durante dos horas a radiación ultravioleta. Las muestras para medir absorbancia fueron tomadas cada 15 minutos. En el tratamiento UV/ H_2O_2 , se mezclaron el azocolorante y el peróxido de hidrógeno a una concentración de 65.2 mM. La mezcla se sometió a radiación UV durante dos horas. Las muestras fueron tomadas cada 15 minutos para medir la absorbancia.

Pruebas fotocatalíticas, se realizaron dos pruebas con y sin H_2O_2 . En una de ellas, a la disolución de colorante se agregaron 100 mg/L de TiO_2 y la mezcla fue sometida a radiación ultravioleta. En la otra, además de lo anterior, se agregó H_2O_2 a una concentración de 65.2 mM. Las pruebas fueron sometidas a radiación UV durante dos horas. Las muestras fueron tomadas cada 15 minutos para medir la absorbancia. Previo a la lectura, las muestras fueron centrifugadas durante cinco minutos a 4000 rpm para evitar que el catalizador interfiriera en las mediciones. En el proceso Fenton, a la disolución de colorante se agregaron 1.0 mM de FeSO_4 y 65.2 mM de H_2O_2 . El experimento fue monitoreado durante 30 min para lo cual se tomaron muestras cada 5 minutos para medir la absorbancia.

En el proceso foto-Fenton, las condiciones experimentales fueron 1.0 mM de FeSO_4 y 65.2 mM de H_2O_2 . La prueba fue sometida a radiación ultravioleta durante 30 minutos. Las muestras se tomaron cada 5 minutos para medir la absorbancia.

Se realizaron pruebas variando las concentraciones de FeSO_4 (0.5 o 1.0 mM) y H_2O_2 (32.6 o 65.2 mM) para encontrar las condiciones óptimas de degradación. Las pruebas realizadas con proceso foto-Fenton fueron sometidas a radiación UV.

Todas las pruebas realizadas se mantuvieron en agitación constante (500 rpm). Se tomaron tres mililitros de muestra para medir la absorbancia, en algunos casos fue necesario diluirla en proporción 1:3 para poder leerla en el espectrofotómetro.

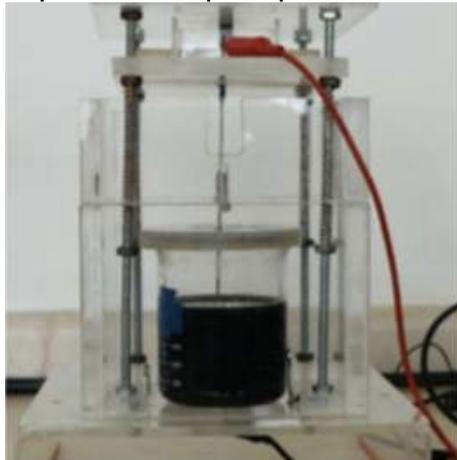


Figura 3. Imagen del reactor tipo Batch para tratamiento con plasma.

El tratamiento por plasma fue efectuado en un reactor tipo Batch (Figura 3), el cual fue diseñado y construido en los laboratorios de Física Avanzada (FC-UAEMex) y en el Laboratorio de Análisis y Sustentabilidad Ambiental (EESuX- UAEM), para producir plasma sobre la superficie de la muestra líquida. El plasma fue generado con una fuente de voltaje de corriente directa, a una potencia constante de 80 W. Se realizó el tratamiento del colorante NA52 a una concentración y volumen iniciales de 1 mM y 500 mL, respectivamente.

Al inicio del tratamiento se midieron pH, conductividad eléctrica, temperatura y absorbancia. El análisis se llevó a cabo a diferentes tiempos de tratamiento (60, 120 y 180 minutos). Los valores iniciales del agua destilada que se usó para cada muestra fueron pH 2.44, conductividad 406 mS y temperatura 25.0 °C, añadiendo como catalizador limadura de Fe^{2+} (1.0 mM).

Los porcentajes de degradación del colorante, decoloración, fueron obtenidos empleando los valores de absorbancia a una longitud de onda de 571 nm. La ecuación utilizada para determinar el porcentaje de degradación fue la siguiente:

$$\text{Porcentaje de degradación} = [(Abs_{inicial} - Abs_t) / Abs_{inicial}] * 100$$

Resultados y Discusión

Curva de calibración NA52.

En la gráfica siguiente (Figura 4) se observa la curva de calibración del colorante NA52, en la cual se advierte la relación entre la absorbancia y la concentración del colorante. Esta curva permite determinar la concentración de colorante presente en una muestra cuando se conoce la absorbancia de la misma. Los valores presentados en la gráfica fueron obtenidos a una longitud de onda de 571 nm, el cual corresponde al pico de máxima absorbancia.

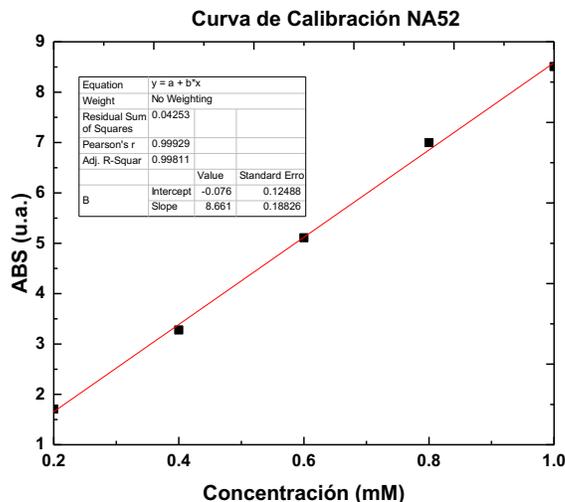


Figura 4. Curva de calibración del colorante Negro Ácido 52 (NA52)

Fotólisis del colorante Negro Ácido 52

Los resultados indican que después de 120 minutos de tratamiento se lograron niveles de degradación del colorante NA52, decoloración, del 5 %. De acuerdo con lo anterior, el tratamiento fotolítico no causa un impacto significativo en la eliminación del NA52. En la Figura 5 se advierte como varían los espectros de absorbancia a diferentes tiempos de tratamiento.

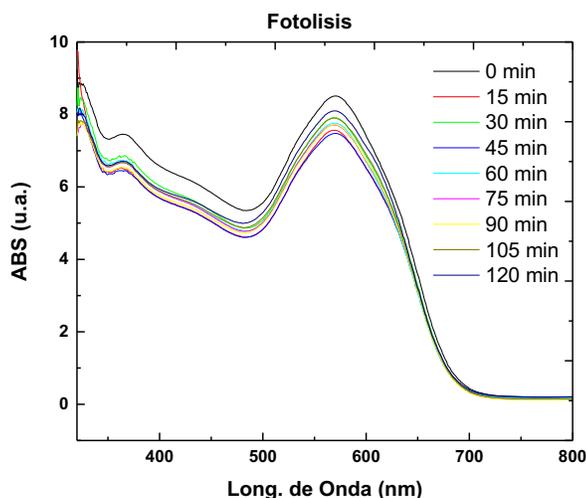


Figura 5. Espectros de absorbancia obtenidos durante la degradación fotolítica del colorante NA52.

Esto quiere decir que la energía proporcionada por el fotón absorbido por la molécula de colorante no fue suficiente para destruir el enlace $-N=N-$ del colorante.

Tratamiento del colorante con UV/H₂O₂

La combinación de radiación ultravioleta con peróxido de hidrógeno produjo una mejora significativa en la degradación del NA52. En la figura 6 se muestran los espectros de absorbancia a diferentes tiempos de tratamiento. Después de 120 minutos, se logró un porcentaje de decoloración del 33%, este porcentaje puede ser atribuido a la fotólisis y, en mayor medida, al uso combinado de radiación UV-agente oxidante (H₂O₂).

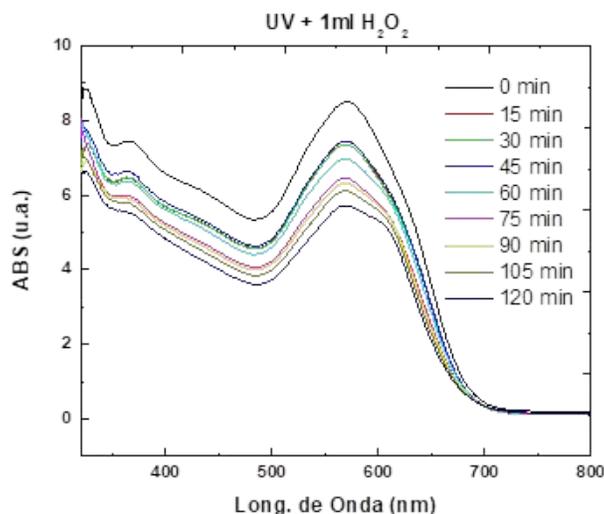


Figura 6. Espectros de absorbancia obtenidos durante la degradación del NA52 con UV/H₂O₂.

La interacción del peróxido de hidrógeno con radiación UV genera dos radicales hidroxilos, los cuales se encargan de oxidar las moléculas de NA52 y transformarlas en moléculas más sencillas. El ataque de los radicales •OH se lleva a cabo, sobre todo, en el grupo cromóforo (-N=N-). Después de 120 minutos, el pH aumentó en 0.11 unidades logarítmicas, la conductividad eléctrica disminuyó 13.50% y la temperatura aumentó de 25.5 hasta 43.4 °C debido al calor generado por la lámpara UV. En este mismo lapso de tiempo, el volumen disminuyó 1.6 %.

Tratamientos fotocatalíticos del NA52 empleando TiO₂ como catalizador

Tratamiento fotocatalítico realizado sin utilizar H₂O₂

Los resultados obtenidos en la degradación del colorante NA52 a una concentración de 1 mM, utilizando 100 mg/L de TiO₂ y radiación UV indican que después de 120 minutos de tratamiento se logró una decoloración de 9%. En la Figura 7 se muestran los espectros de absorción a diferentes tiempos de tratamiento fotocatalítico del colorante NA52. En este lapso de tiempo el pH aumentó de 3.33 a 3.68 unidades logarítmicas, la conductividad eléctrica

permaneció, prácticamente, constante (cambió de 439 a 442 μS) y la temperatura aumentó de 25.6 a 41.4 $^{\circ}\text{C}$. La variación de volumen fue menor al 2 %.

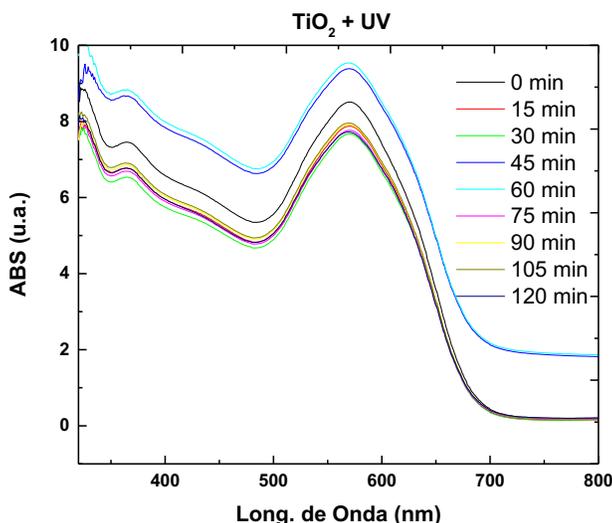


Figura 7. Degradación fotocatalítica del colorante NA52, condiciones experimentales 1.0 mM NA52 y 100 mg/L de TiO_2 .

Los resultados obtenidos pueden atribuirse a la degradación fotolítica y fotocatalítica del contaminante. La baja eficiencia puede deberse a que los pares electrón-hueco generados por la interacción de la luz ultravioleta con el catalizador se recombinan rápidamente, probablemente, debido a que no hay moléculas de colorante adsorbidas que puedan reaccionar con ellos.

Tratamiento fotocatalítico realizado utilizando H_2O_2 como agente oxidante

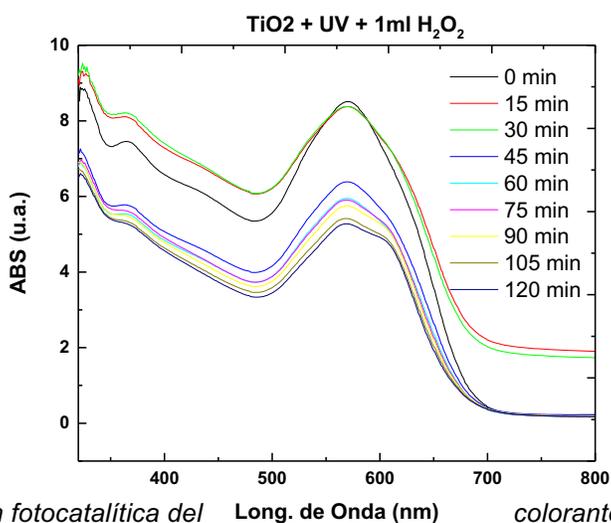


Figura 8. Degradación fotocatalítica del colorante NA52, condiciones experimentales 1.0 mM NA52, 100 mg/L de TiO_2 y 65.2 mM de H_2O_2 .

En la Figura 8 se muestran los espectros de absorbancia obtenidos durante la degradación del colorante NA52. El porcentaje de degradación, después de 120 minutos de tratamiento, fue del 38 %. Al final del tratamiento, el pH fue de 2.66, es decir, aumentó 0.19 unidades logarítmicas. La conductividad eléctrica presentó un valor inicial de 1272 μS y este valor disminuyó 21 % al final del tratamiento. La temperatura final fue de 44.2 °C, aumentó 19.2 °C debido al calor producido por la lámpara. La variación del volumen final fue inferior al 2%. Los resultados, en este experimento, podrían ser atribuidos a la degradación fotolítica y a la oxidación de las moléculas de colorante producida mediante los radicales hidroxilos generados por la interacción UV/H₂O₂. Las moléculas de colorante estarían compitiendo con las moléculas del agente oxidante por los sitios activos del TiO₂. La pobre adsorción del colorante sobre el catalizador impide la reacción de éste con los pares electrón-hueco presentes en la superficie del catalizador. La mayor cantidad de moléculas de H₂O₂, y su menor tamaño, facilitarían su adsorción sobre el catalizador produciendo una mayor cantidad de radicales hidroxilo, dos por cada molécula de H₂O₂, los cuales reaccionarían entre sí generando especies reactivas de oxígeno (ERO) con menor poder oxidante. Estas razones podrían explicar la baja eficiencia del proceso fotocatalítico.

Proceso Fenton

En la figura 9 se observan los espectros de absorción obtenidos durante la degradación del NA52 mediante el proceso Fenton. En 15 minutos de tratamiento se logró una decoloración del 96.4 %. En 30 minutos de tratamiento, el pH disminuyó 0.11 unidades logarítmicas, el valor inicial fue de 2.37.

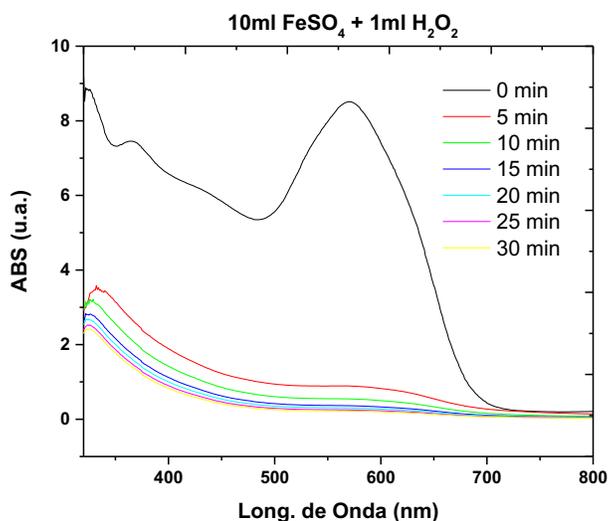


Figura 9. Degradación mediante proceso Fenton del colorante NA52, condiciones experimentales 1.0 mM NA52, 1 mM de FeSO₄ y 65.2 mM de H₂O₂.

La conductividad eléctrica al final del tratamiento fue de 2398 μS , aumentó 9.5 % con respecto al valor inicial. La temperatura se mantuvo en 25.8 °C durante el tratamiento por lo que la variación de volumen fue del 0.2 %. Se puede observar que el proceso Fenton es muy eficiente en la degradación del colorante NA52. En este proceso se generan radicales hidroxilos, los cuales son los responsables de la oxidación del colorante, durante la interacción de los iones Fe^{2+} con el H_2O_2 . Este proceso no presenta problemas en la transferencia de masa, como los procesos fotocatalíticos, por lo que la producción de radicales es más rápida y, en consecuencia, la velocidad de degradación del colorante se incrementa.

Proceso foto-Fenton

En la Figura 10 se presentan los espectros de absorción obtenidos durante la degradación del colorante NA52 mediante el proceso foto-Fenton. La degradación, decoloración, del NA52 fue de 98 % después de 15 minutos de tratamiento. Después de 30 minutos de tratamiento, el pH disminuyó 0.64 unidades logarítmicas, el pH inicial fue de 2.94. Esta disminución puede atribuirse a la obtención de ácidos carboxílicos como subproductos de la degradación del colorante. La conductividad eléctrica, en este mismo periodo de tiempo, aumentó 76 % con respecto al valor inicial (796 μS). La temperatura final fue de 40.9 °C, es decir, aumentó 15.6 °C. El volumen se mantuvo constante a pesar de que la temperatura sufrió un incremento, esto quizás debido a la menor duración del tratamiento.

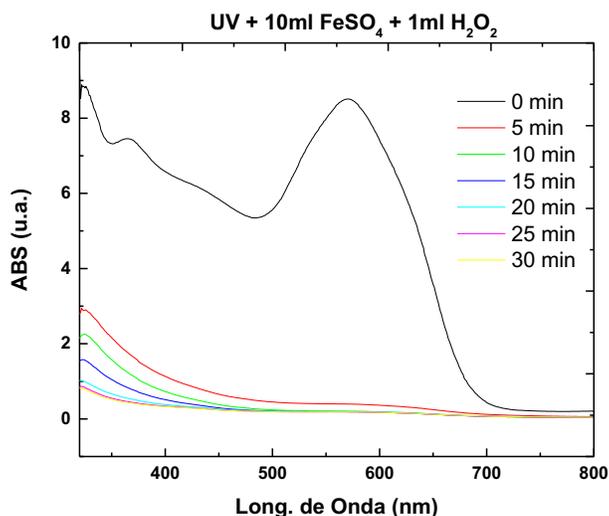


Figura 10. Degradación mediante proceso foto-Fenton del colorante NA52, condiciones experimentales 1.0 mM NA52, 1 mM de FeSO_4 y 65.2 mM de H_2O_2 .

El proceso foto-Fenton presenta mayores velocidades de degradación del NA52 que el proceso Fenton debido a la mayor rapidez en la generación de radicales

•OH por el uso de radiación UV. Sin embargo, la diferencia en los porcentajes de decoloración, después de 15 minutos de tratamiento, no es significativa por lo que el proceso Fenton es más eficiente en la decoloración del agua tratada, debido a su menor gasto energético. No obstante, la menor absorbancia de los espectros a longitudes de ondas ≤ 400 nm, obtenidos con el tratamiento foto-Fenton, sugieren un mayor grado de mineralización del contaminante. Los procesos Fenton y foto-Fenton resultaron ser los procesos avanzados de oxidación más eficientes en la degradación del NA52 por lo que se procedió a probar diferentes condiciones experimentales para optimizar el tratamiento del colorante y disminuir el impacto de los iones Fe^{2+} en el ambiente. Por lo anterior, se probaron distintas concentraciones de $FeSO_4$ (0.5 o 1.0 mM) y de H_2O_2 (32.6 o 65.2 mM). En la Tabla 1 se reportan los resultados obtenidos, a los 30 minutos de tratamiento, cuando la degradación del colorante NA52 se efectúa mediante proceso Fenton. Los mejores resultados de degradación se obtienen cuando se emplean 65.2 mM de H_2O_2 , sin que la concentración de $FeSO_4$ afecte de manera significativa este valor. Sin embargo, la concentración de 0.5 mM representa un menor riesgo de impacto al ambiente.

Tabla 1. Porcentajes de degradación del colorante NA52, obtenidos con el proceso Fenton a diferentes condiciones experimentales.

[FeSO ₄], mM	[H ₂ O ₂], mM	Porcentaje de degradación NA52 (%)
0.5	32.6	91.2
0.5	65.2	97.3
1.0	32.6	83.7
1.0	65.2	97.4

En la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos, a los 30 minutos, en la degradación del colorante NA52 cuando se emplea el proceso foto-Fenton. Al igual que en el proceso Fenton, los mayores porcentajes de degradación se lograron cuando se emplea 65.2 mM de agente oxidante. En este caso, la degradación del colorante fue, casi, completa cuando se utilizó 0.5 mM de sulfato ferroso.

Tabla 2. Porcentajes de degradación del colorante NA52, obtenidos con el proceso foto-Fenton a diferentes condiciones experimentales.

[FeSO ₄], mM	[H ₂ O ₂], mM	Porcentaje de degradación NA52 (%)
0.5	32.6	87.9
0.5	65.2	99.4
1.0	32.6	84.1
1.0	65.2	97.8

En la Figura 11 se presentan los espectros obtenidos durante la degradación del colorante NA52 mediante los procesos Fenton y foto-Fenton. Después de 30 minutos de tratamiento, los porcentajes de decoloración fueron del 97 y 99% para el proceso Fenton y foto-Fenton, respectivamente. Las condiciones óptimas a las que fueron realizadas las pruebas se indican en la Figura 11.

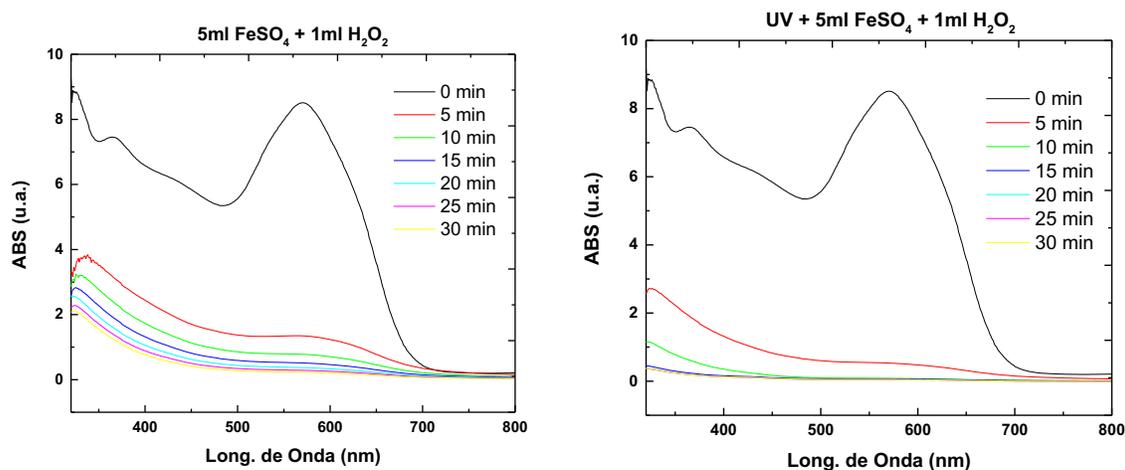


Figura 11 y 12 . Espectros de absorción obtenidos durante la degradación del colorante NA52 (1mM) mediante proceso Fenton (izquierda) y foto-Fenton (derecha). Experimentos realizados a 0.5 mM de FeSO_4 , 65.2 mM de H_2O_2 y $\text{pH} = 3.0$ (condiciones óptimas).

Conclusiones

La degradación del colorante Negro Ácido 52 siguió el siguiente orden: Fotólisis < Fotocatálisis heterogénea (sin H_2O_2) < UV/ H_2O_2 < Fotocatálisis heterogénea (con H_2O_2) < Fenton < Tratamiento por plasma < foto-Fenton. El uso del agente oxidante mejora considerablemente el desempeño de los procesos avanzados de oxidación. Los procesos Fenton y foto-Fenton (catálisis y fotocátalisis homogéneas) son mas eficientes que la fotocátalisis con TiO_2 (fotocatálisis heterogénea) ya que los primeros no tienen limitaciones en la transferencia de masa. La velocidad de degradación del colorante NA52, y de sus subproductos, con foto-Fenton es mayor que la lograda con el proceso Fenton. La degradación por plasma tiene grandes resultados obteniendo una remoción del colorante mayor al 95% en 120 min con un consumo energético de 80 W. Las condiciones óptimas para degradar al colorante NA52 (1mM) mediante los procesos Fenton y foto-Fenton fueron 0.5 mM de FeSO_4 y 65.2 mM de H_2O_2 a $\text{pH} = 3.0$. En estas pruebas se lograron decoloraciones superiores al 97 % a los 30 minutos de tratamiento.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los proyectos DGAPA IN102916, PRODEP DSA/103.5/15/6986, PROMEP 103.5/13/6626, PRODEP CA-5511-6/18-8304 y PII-43/PIDE/2013 y CONACyT 268644.

REFERENCIAS

- [1] Héctor D. Mansilla, C. L. (10 de Abril de 2015). *ResearchGate*. Recuperado el 17 de Julio de 2018, de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/237275070_TRATAMIENTO_DE_RESIDUOS_LIQUIDOS_DE_LA_INDUSTRIA_DE_CELULOSA_Y_TEXTIL?enrichId=rgreq-3b678a6b1f3abb8326558104dc24eca1-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzIzNzI3NTA3MDtBUzoyMTY3MjE2MDU1NjY0NjRAMTQyODY4MTg2NTg1N
- P. R. Gogate, A. B. (2004). A Review of Imperative Technologies for Wastewater Treatment II: Hybrid Methods. *Advances in Environment Research*, 553-597.
- Arpita Ghosh, M. G. (2016). Response Surface Optimization of Bioremediation of Acid black 52 (Cr complex dye) using. *Environmental Technology*, 1-30.
- C., G. S. (2010). TRATAMIENTO POR OXIDACIÓN AVANZADA (REACCIÓN FENTON) DE AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA TEXTIL. *Revistas de investigación UNMSM*, 30-38.
- PubChem. (14 de 07 de 2018). *National Center for Biotechnology Information*. Recuperado el 17 de Julio de 2018, de National Center for Biotechnology Information: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/44135811#section=Top>
- G. A. Borges, L. Pereira, J. Alves, L. Rodrigues, A. Barbosa, G. Dias, "A method for dye extraction using an aqueous two-phase system: Effect of co-occurrence of contaminants in textile industry wastewater", *Journal of Environmental Management*, Vol. 183, p. 196-203, 2016.

19

“Urbanización y agua de lluvia en la Zona Metropolitana de Guadalajara: retorno a la sustentabilidad hídrica”

Juan Pablo Urzúa González¹.
Mario Guadalupe González Pérez².

¹ Maestría en Ciencias de la ingeniería del agua y la energía, Centro Universitario de Tonalá, Universidad de Guadalajara. e-mail: neogeografia.jp@gmail.com.

² Departamento de Ingenierías, Centro Universitario de Tonalá, Universidad de Guadalajara. e-mail: inge_united@hotmail.com

Resumen:

La Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) goza de características geomorfológicas y climáticas aptas para la recarga hídrica, garantizándole por siglos autonomía para abastecer de agua a su población. Tras un precedente desfavorable, entre 1940 y 1960, en que se presenta un fenómeno que duplica la población y por ende, la demanda del recurso hídrico; las autoridades consideraron pertinente la obtención del agua a través de nuevos territorios, sentando así, el inicio de la dependencia hídrica y el descuido de su propio sistema de abastecimiento. Dicha dependencia hídrica ha permitido ir cubriendo las necesidades de la población, pero cada vez la demanda crece y la solución que se sigue considerando es la invadir nuevos territorios, lo cual incrementa costos económicos y desgaste de ecosistemas. Por lo que, el objetivo de esta investigación es evaluar la eficiencia hídrica de la que goza actualmente la ZMG por precipitación y retornar así, a la sustentabilidad hídrica mediante el uso de ecotecnias, como una solución ecológica, económica e integral, recuperando consigo la autonomía que por naturaleza se tiene.

Palabras clave:

Agua de lluvia, políticas públicas, demografía, ciudad, ecotecnias.

1.- INTRODUCCION.

El crecimiento poblacional es un fenómeno al que nos encontramos expuestos al formar una comunidad social, trayendo consigo un posible incremento desordenado de los núcleos culturales cuando no se consideran factores que propicien la dispersión poblacional para fortalecer núcleos más pequeños; al menos, en algún momento de su vida como sociedad se verá rebasado, pues el espacio territorial en que se desenvuelven se mantiene estable, mientras que la ocupación es mayor, aumentando la densidad poblacional y reduciendo la calidad de vida tanto espacial como de recursos.

La buena noticia al respecto es que nunca es tarde para tomar medidas que favorezcan dicha calidad de vida, si bien, no aplica para toda la población, si puede favorecer mayorías sin descuidar a las minorías. Bien podríamos atrevernos a proponer soluciones que subsanen dicha problemática antes de que estas sean lo suficientemente complicadas como para poder ser reparadas; de este modo, la finalidad por ahora es encontrar las causas que la provocan para así adecuar una propuesta.

Todo territorio, como espacio geográfico en el que se desarrollan las poblaciones, tiende a organizarse de tal manera, que la convivencia entre sus integrantes les garantice la supervivencia y la satisfacción de las necesidades básicas como plataforma para una mejor calidad de vida. Sin embargo, en este afán de incrementar el bienestar, aunado al incremento poblacional y a un ordenamiento territorial deficiente, se comienza a transformar el espacio de tal manera que la naturaleza, al seguir su curso, se ve invadida e inevitablemente reclama el territorio que le fue ocupado.

Por sus características geomorfológicas, “El Valle de Atemajac” (territorio sobre el cual se sentó la ciudad de Guadalajara) en condiciones naturales, sin o con escasa presencia humana, posee todas las características que la sitúan en un estado de armonía del territorio que le da la autonomía de ser un sistema integrado y auto-regulado por la propia naturaleza. Desafortunadamente, la sobre-apropiación del espacio, le ha restado armonía y ha desequilibrado dicho sistema.

Una manera de recuperar el espacio apropiado, es a través de la naturación urbana o sustentabilidad hídrica como modelo de resarcimiento al daño generado por la acción humana en el afán de la conquista del territorio para incremento de la calidad de vida de la población; paradójicamente adverso a la realidad, en la que: tanto más espacio apropiado, tanto más la problemática social; tanto más espacio urbanizado, proporcionalmente tanto menos capacidad de campo.

Por lo que al incrementar el área urbana, decrementa el área natural y genera problemática socio-ambiental. Por su parte, considerar incremento del área urbana faculta el incremento del área aprovechable para la captación de agua de lluvia por aprovechamiento de las áreas techadas.

Parafraseando a Julio Cortázar (1914-1984), escritor argentino: *“Nada está perdido si se tiene el valor de proclamar que todo está perdido y hay que empezar de nuevo”*. Tenemos la oportunidad hoy día, mediante ecotecnias – exitosas y ecológicas, de retomar el camino rumbo a la naturación urbana que nos garantice la calidad de vida que como sociedad anhelamos en la medida en que ayudemos a la naturaleza en sus procesos naturales de infiltración.

Todo cambio y mejora en la ciudad, requiere de ciertos sacrificios, que a corto, mediano y largo plazo, trae consigo sus beneficios. El principal sacrificio que sentiremos en el proceso de la naturación urbana será de carácter económico pero el principal beneficio será de carácter ambiental. El proceso será paulatino que al tiempo será de grandes cambios cuantificables en pro de la sociedad; y si el dinero fuera impedimento, recordemos lo que algún día Albert Einstein pronuncio: *“Hay una fuerza motriz más poderosa que el vapor, la electricidad o la energía atómica: la voluntad”*; y por voluntad hablamos de voluntad política y social.

Las propias autoridades del Sistema Intermunicipal de Agua Potable y Alcantarillado (SIAPA) sostienen que se requiere una inversión cuantiosa para dar mantenimiento a los colectores del área urbana y evitar que este sistema colapse (PROCESO, 2008). Adecuar políticas públicas que favorezcan el diseño de un sistema sustentable de abasto hídrico ahorraría pérdidas del recurso a nivel municipal.

2.- Las transformaciones del espacio geográfico natural.

Hablar de espacio natural nos remonta a la parte del territorio de la tierra que no se encuentra modificado por la acción del ser humano y que queda estrictamente administrado y modelado por la naturaleza, misma que da sus propiedades geomorfológicas, las cuales se encuentran en perfecta armonía; esto es, en equilibrio.

Precisando en la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG); Se encuentra situada sobre llanos, los que llamamos “El Valle de Atemajac”, que por su geomorfología, se encuentra rodeado de cerros: al oeste la Sierra Primavera, al este y al sur el eje neo volcánico y al norte la barranca de Huentitán, y se encuentra entre 1530 a 1550 metros sobre el nivel del mar (INEGI, 2012). Estando puestas las condiciones adecuadas para una dinámica armoniosa entre espacio, suelo y naturaleza si de materia hídrica se trata.

El nombre de “Atemajac”, el cual propicia de manera adecuada su toponimia: “Piedra que bifurca el agua” viene de la palabra Atemaxaque, la cual se desprende de las raíces Atl (agua), Tetl (piedra o cerro) y Maxatli (bifurcar - ramas)”(Trujillo, 2009); tiene sustento por las condiciones geomorfológicas del suelo así como a la altitud en que se encuentra propiciando la distribución del agua por la pendiente natural que su altitud provee para desplazar sus aguas rumbo al océano, aunado a los llanos sobre los cuales se sentó la ZMG, que poseen la cualidad de infiltración por los suelos de Jalisco (Xallisco: lugar arenoso)(Gob. Del Edo. de Jalisco, 2014).

Cuando el ser humano llega y se apropia del espacio geográfico natural, en su necesidad de supervivencia, desarrollo y confort; va desequilibrando el territorio – afectando- no solo el paisaje, sino también, el sistema integrado y auto-regulado por la propia naturaleza.

“Hasta hace muy poco en la historia de la Tierra, los seres humanos y sus actividades han sido una fuerza insignificante en la dinámica del Sistema de la Tierra. Hoy en día, la humanidad ha comenzado a igualar e incluso superar a la naturaleza en términos de cambiar la biosfera e impactar otros aspectos del funcionamiento del Sistema de la Tierra. La velocidad de estos cambios está en el orden de décadas a siglos y no de siglos a milenios en referencia al ritmo de cambio comparable en la dinámica natural del Sistema de la Tierra” (Steffen, Sanderson, 2004).

¿Qué factor ha propiciado este acelerado desequilibrio del espacio geográfico en la ZMG? Una distribución desproporcional de la población. En México, en general, existen regiones donde se concentra una multitud de personas y otras en las que la población es mínima, dejando así comunidades rurales con poca densidad de población y en cambio a las ciudades, con un acelerado incremento en la densidad de población.

Aun así, esto no es el único factor que determina el desequilibrio, ya que aunado a ello, hemos rebasado la planeación territorial urbana, que se tuvo en circunstancias distintas a las actuales en donde el territorio habitado y la demanda de la población eran menor, situación que permitía mantener un mayor porcentaje del espacio geográfico natural contra el apropiado, confiando a la naturaleza la capacidad de mantener el equilibrio.

Por otra parte, un mal ordenamiento territorial –como proceso social – en el que interactúan autoridades políticas y administrativas que orientan el desarrollo local y regulan la utilización, ocupación y la transformación del territorio, es factor fundamental para propiciar el desequilibrio del espacio geográfico.

No obstante, se podría suponer que la participación humana no es el detonante para efectuar dicho desequilibrio, sin embargo, remontándonos a la documentación histórica, por ejemplo, no se tienen registros de inundaciones desde mediados del siglo XVI, época en que se fundó la ciudad en el actual Guadalajara hasta 1918, año en que se registró la primer inundación en la ZMG (García, 2003).

Entre los años 1542 a 1940, la ciudad mantuvo un crecimiento poblacional bajo o dentro del llamado “crecimiento natural de población”, lo que sustenta la hipótesis del porque no se sufrían las inundaciones, siguiendo con el ejemplo anterior. Por el contrario, en los dos primeros siglos se tienen registros esporádicos de cómo se sufrían constantes epidemias, sismos, hambrunas, sequias, pero no se mencionan inundaciones (García, 2003).

Sin embargo, dentro de dichos registros, si se reportaron lluvias cuantiosas pero no inundación; por lo que se reafirma que la naturaleza por su propia capacidad de campo permitía las infiltraciones adecuadas y las escorrentías por su cauce natural.

Un aspecto importante a resaltar, es que la tendencia de apropiación del espacio se delimitaba por límites naturales (véase imagen 1) en donde la ciudad tiene la tendencia reticular o de cuadrícula, pero irrumpía el orden y bordeaba el río de San Juan de Dios, respetando el orden natural del territorio.



Imagen 1. Plano de la ciudad de Guadalajara en el año de 1800

Fuente: Imágenes históricas de Guadalajara.

Fue hasta los años de 1940 a 1960 en que se presentan fenómenos de incremento en la densidad de población que propician la disminución de la capacidad de campo de la naturaleza (Véase imagen 2).

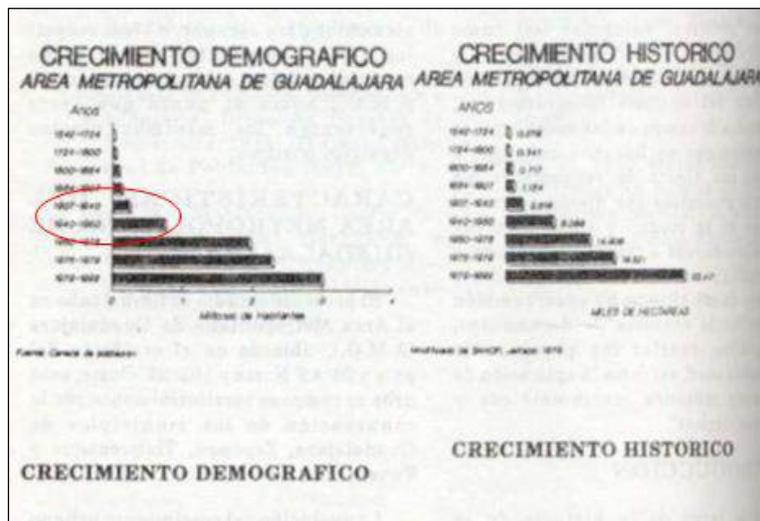


Imagen 2. Crecimiento demográfico histórico de la ZMG.

Fuente: Valdivia, Suarez, 2012.

En la actualidad, la ZMG, se enfrenta a grandes retos ambientales, económicos, sociales y hasta culturales generados en gran medida por este acelerado crecimiento de población, tal como se muestra en la tabla 1; aunado a una falta de planeación territorial.

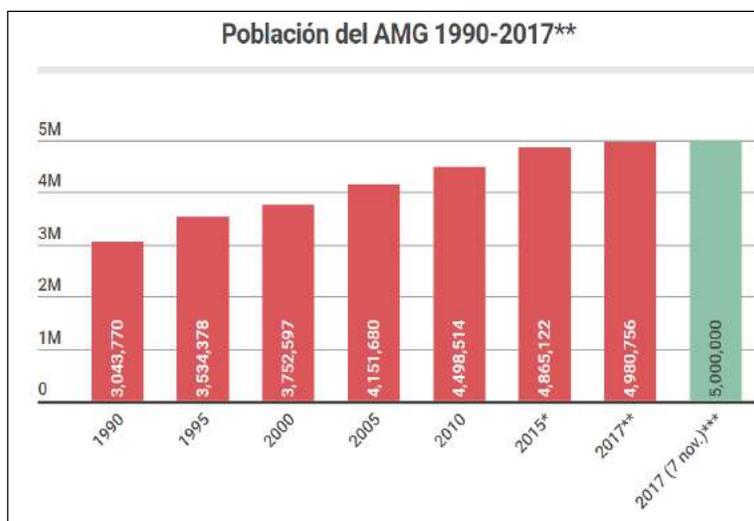


Tabla 1. Fuente: Elaborado por el IIEG con base en INEGI; XI Censo general de población y vivienda 1990, I Conteo de población y vivienda 1995, XII Censo general de población y vivienda 2000, II Conteo de población y vivienda 2005, Censo de población y vivienda 2010, Encuesta Intercensal 2015; y CONAPO; Proyecciones de la Población para los municipios de México 2010-2030 (actualización correspondiente al mes de Abril de 2013).

Cabe señalar que a partir del año 2015, se decretó que el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), quedaría conformada por los siguientes municipios: Guadalajara, Zapopan, San Pedro Tlaquepaque, Tlajomulco de Zúñiga, Tonalá, El Salto, Ixtlahuacan de los Membrillos y Juanacatlán. (Strategos 2017). Lo que supone el incremento demográfico en la ZMG, sin embargo, la tendencia a la alza permanece.

El gobierno del estado de Jalisco, - a través del gobernador Aristóteles Sandoval, en su 4to informe de gobierno, en el apartado “entorno y vida sustentable”, respecto al agua y reservas hidrológicas,- se muestra entusiasta buscando soluciones al aumento de la demanda de agua y a la presión hídrica sobre los sistemas de abastecimiento que han alcanzado niveles poco sostenibles; admitiendo el acelerado crecimiento de la población en las zonas urbanas, la inadecuada planeación de la infraestructura hídrica y la ineficiente regulación de contaminantes, como algunas de las causas que afectan el abasto, la distribución y la calidad del agua.

Por esta razón, el Gobierno del Estado, el Sistema Intermunicipal de Agua Potable y Alcantarillado (SIAPA) y la Comisión Estatal del Agua (CEA) han encabezado las principales iniciativas en este tenor. Los proyectos promovidos se basan en la construcción de presas sobre la cuenca del río Santiago y sus tributarios: La Zurda–

Calderón, El Salto, El Purgatorio, Arcediano y El Zapotillo (López, en Ochoa & Bürkner, 2012).

Las obras de infraestructura han tendido a dar soluciones mediatas a una problemática local, pero no han respondido a las leyes de la naturaleza del ver “el conjunto como un todo” en donde una obra determinada se cimienta sobre un determinado espacio geográfico, el cual está en interrelación constante con el entorno, por lo que al subsanar una particularidad, desequilibramos una parte de la totalidad. La problemática no es el subsanar particularidades, pues estas son necesarias; la deficiencia radica en no responder adecuadamente al crecimiento urbano – como desnaturalización del territorio – con infraestructura adecuada con previsión a futuro.

Del mismo modo, por el afán de mejorar la calidad de vida, desfiguramos el espacio como paisaje natural y reducimos la capacidad de campo que este tenía en armonía, por lo que se acelera el desequilibrio del espacio natural en el que, por un lado, se incrementa la población o espacio apropiado y, por el otro, se reduce la capacidad de campo.

Actualmente nos encontramos con un espacio apropiado que tiende a la saturación y expansión poblacional, e invasión de zonas geomorfológicamente no aptas para la construcción de infraestructura y equipamiento urbano, en su mayor parte; Por lo que estamos siendo testigos de los constantes embates que sufre la ciudad a causa de esta disparidad entre espacio natural y apropiado. Por consecuencia lógica, generando mayor dependencia hídrica externa.

3.- Pérdida de la autonomía hídrica en la ZMG.

Día a día, la ciudad se va transformando, ya sea por desarrollo social o económico, por albergar una actividad cultural o deportiva, por proveer a la población de espacios recreativos o de vivienda, por la propia adopción de personas migradas de otras localidades; así mismo por el propio deterioro que al paso de los años se genera en las infraestructuras, o debido a actividad sísmológica, que obliga la transformación del espacio. Sea cual fuere el motivo, no hay día que pase, sin que la ciudad se transforme.

La transformación no implica únicamente cambio físico en la infraestructura vial, en las edificaciones, en el equipamiento; sino que también se crea una marca social que identifica a la ciudad y a sus habitantes, y esto también es una transformación, quizá de las más importantes, porque al final de cuentas es el ciudadano quien transforma el espacio y este está en función de su ideología.

Cada ciudad puede llegar a ser definida en una o pocas palabras, tanto por sus habitantes como por quien posee un conocimiento de tal. Generalmente la ciudad es definida según su vocación para la cual surgió, pero aún más, por la mera concepción de apropiarse del espacio como medio de subsistencia.

En el afán de desarrollo, se consideran variables como dotar de servicios básicos a la población, como lo son: el agua, la salud, la educación, el alumbrado público, drenaje y alcantarillado, entre otros. Pero lo que es más evidente, es que estos, no se reflejan como sinónimo de crecimiento, en general. Hoy día, en la ZMG, se vive un desorden en dicha infraestructura urbana, la cual se ha visto rebasada tanto por la densidad de población, como por el tiempo eficiente de vida.

Al referirnos que la ciudad se ha visto rebasada por la densidad de población, entran al caso fenómenos de segregación social, en donde parte de sus integrantes, se ven obligados a sentarse en los límites de la ciudad; zonas desprovistas de dicha infraestructura, pero que afectan el espacio natural y este a su vez, al ser modificado y estar en armonía con un todo, termina afectando a toda la ciudad.

Del mismo modo, cuando hablo que la infraestructura se vio rebasada por el tiempo eficiente de vida, interactúa, tanto la misma densidad de población, como la proyección de planeación que se tuvo en un determinado momento de la historia, en que han llegado a sus límites y peor aún, se han incrementado los valores previstos.

Ha sido mencionado con anterioridad que el espacio natural se encuentra en perfecta armonía hasta el punto en que la acción humana le modifica; sin embargo, este tiende a seguir su curso, y por lo cual se genera una cadena de causa y efecto o bien podríamos llamarlo “circulo vicioso”; en el que la armonía se ve fracturada por acción humana en la apropiación del espacio, posteriormente, por la segregación que la sociedad genera, y este a sus vez desplaza el territorio como espacio natural.

Cabe mencionar que desplazar el territorio como espacio natural está referido a priorizar el espacio apropiado del espacio natural, y es aquí cuando continúa el círculo vicioso. De esta forma, de continuar con dichos usos y costumbres, lo único que lograremos es acrecentar la problemática que hemos generado al desequilibrar la armonía que existía en el espacio natural. Esto por supuesto, requiere de un cambio de ideología a nivel sociedad, a nivel gobierno, a nivel institucional, y sobre todo a nivel individual.

Para el caso que nos compete, La ciudad de Guadalajara se sentó sobre un gran valle al margen del río San Juan de Dios y se calcula que la población inicial fue de aproximadamente 300 habitantes (Gov. del Edo. de Jalisco, 2018); abasteciéndose hídricamente, durante años por el mismo cause, hasta el punto en que se decidió verter el drenaje de la ciudad a sus aguas.

“Era la Guadalajara de los lagos, arroyos y ríos, (ver imagen 3) donde al sur de la ciudad, en el Barrio de Mexicalztingo, se encontraba el lago del Agua Azul, alimentado por el río San Juan de Dios, que todavía desemboca en la barranca de Huentitán, que corre por los subterráneos de la calzada Independencia”(Mendoza, 2017).

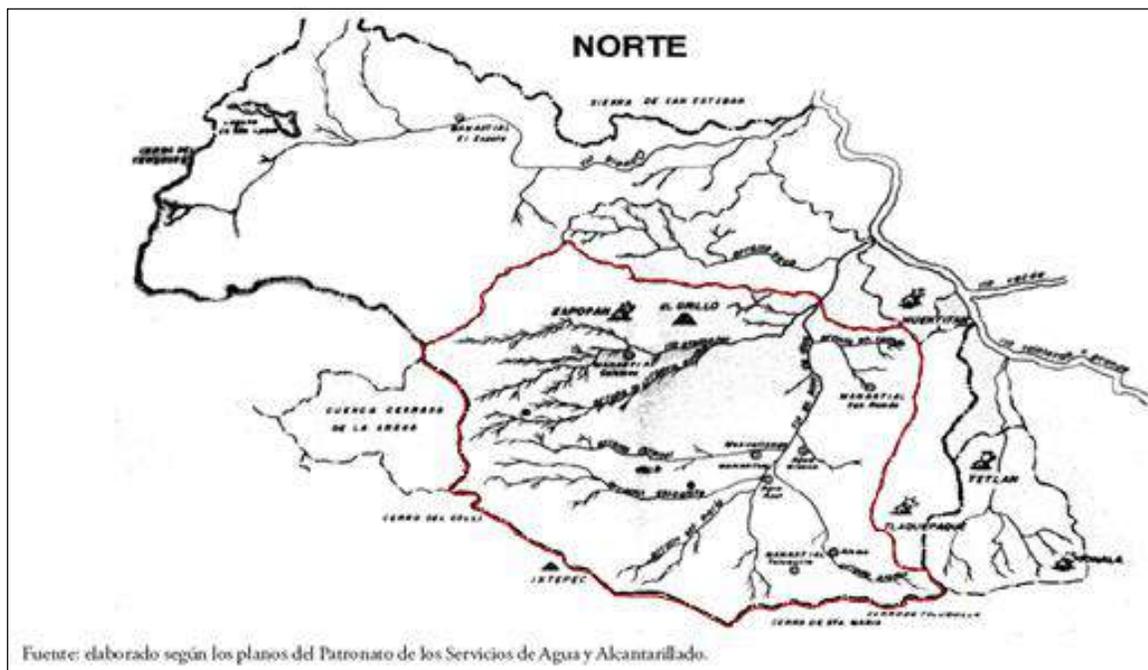


Imagen 3. Hidrografía del Valle de Atemaxac 1542

Fuente: (Torres, 2013) Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/img/revistas/rz/v34n136/a11p1.jpg>

Podemos configurar dos periodos para la ZMG respecto al acceso a sus fuentes de agua: el primero de ellos la Autonomía en la provisión de agua, que incluye la abundancia de aguas superficiales y subterráneas de los valles de Atemajac, Toluquilla y Tesistan, durante un periodo de cuatro siglos (1541 – 1957).

En el que prevalece el uso de agua, según Torres en el 2013, por los ríos San Juan de Dios, Atemajac y los manantiales de Agua Blanca, San Andrés, San Ramón, Mexicaltzingo y Agua Azul, así como una serie de arroyos y manantiales, los cuales se encontraban en las inmediaciones de la ciudad de Guadalajara que abarcaba una superficie de aproximadamente 70 hectáreas en 1542 (Martínez 1988), además de las aguas subterráneas que eran aprovechadas por medio de pozos o norias construidos en el interior de las viviendas (Jiménez 1992).

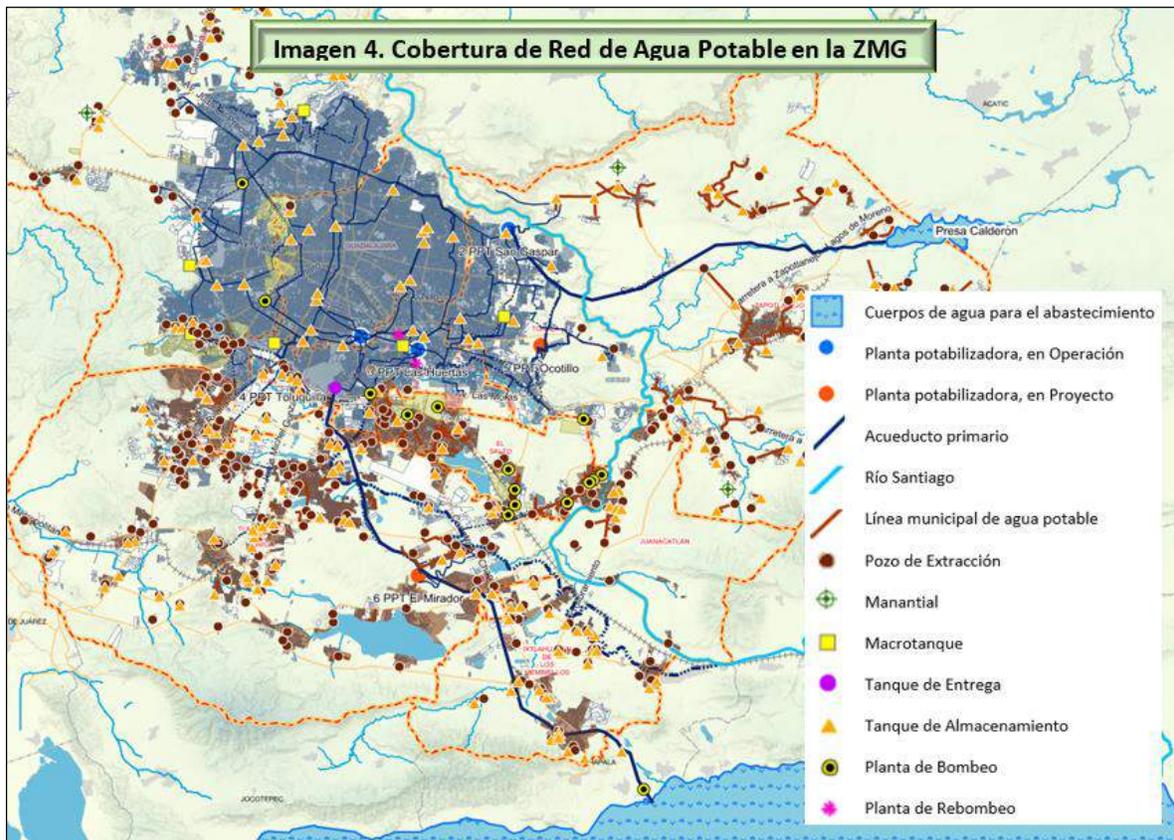
Aun a pesar de la capacidad hídrica disponible, no se tenía un fácil acceso al agua. Guadalajara se localizaba dentro de una región hidrológica con grandes posibilidades de ser abastecida de manera suficiente, sin embargo, las condiciones y características de los recursos hídricos y la orografía de la región no le permitían contar con dicho recurso de manera constante y por largo plazo (Torres, 2013) porque el centro de la ciudad estaba a mayor altura que varias de las fuentes de abastecimiento que estaban disponibles y no se contaba con tecnología para su aprovechamiento.

En 1731, se hace traer a Fray Pedro A. Buzeta, conocido por la introducción que hizo del agua subterránea en la ciudad de Veracruz de 1723-1724. Este basado en estudios anteriores y su propio reconocimiento de la zona, propone el aprovechamiento de agua a través de las galerías filtrantes para la captación y

conducción del agua a la ciudad (Camacho, 1886). Dicha obra marco por más de 200 años el modelo de captación, almacenamiento, conducción y abastecimiento a la ciudad. Algunas de ellas, hoy día, siguen en funciones tal es el caso de las aguas de los arroyos y manantiales de Los Colomos, entre otras. (Torres, 2013).

El desuso de este sistema que por muchos años fue la principal fuente de abastecimiento de agua de Guadalajara se dejó de lado, ya que la laguna de Chapala, a través del río Santiago, resultaba ahora más fácil y menos costosa que el mantenimiento de esta infraestructura para solventar el crecimiento urbano poblacional que ha venido presentando la ZMG y quedó en el olvido el sistema de captación de agua que alimentaba los mantos freáticos de la ciudad, ahora han quedado bajo grandes lozas de pavimento (Torres, 2013).

El segundo periodo está condicionado por una mezcla de factores, entre los que sobresale el rápido crecimiento de la población en la ciudad y “el agotamiento de las aguas” – el cual podemos considerar se ha generado por descuido político que no genero una conciencia ambiental en los habitantes, - lo que llevo a la construcción de un canal en 1957 y un acueducto en 1980 para proveer de agua desde el lago de Chapala (Ochoa, 2012); Convirtiendo a la ZMG, dependiente de las aguas de la cuenca del río Lerma (Ver imagen 4) situación que resolvió el problema hídrico de manera temporal por lo que hoy en día resulta ser insuficiente.



Fuente: Elaboración propia en base con el Sistema de Información y Gestión Metropolitana (SIGmetro) del Instituto Metropolitano de Planeación (IMEPLAN) disponible en: <http://sigmetro.imeplan.mx/map> / Febrero 2018.

Es bien conocido por las autoridades de la ZMG, que el lago de Chapala se encuentra vulnerable a desecación puesto que depende de las precipitaciones que caen sobre su propia cuenca, así como de las reparticiones de agua que se otorga a las localidades por las que corre el cauce principal de la cuenca Lerma – Chapala. Lo que ha llevado al Gobierno del Estado de Jalisco a buscar otras posibilidades para garantizar el suministro de agua y regresar así a una autonomía hidrológica y de control sobre su territorio (Ochoa, 2012).

4.- Reanimar políticas públicas en sustentabilidad hídrica y ecotecnias.

Durante años se habló de aprovechar las aguas subterráneas de acuíferos colindantes al sureste de la ZMG y, recientemente, el SIAPA y los ayuntamientos metropolitanos pugnan a favor de la construcción de un segundo acueducto desde el lago de Chapala (Ochoa, 2012), alimentando con esto la dependencia hídrica que se tiene a las aguas de la cuenca del río Lerma.

SIAPA, tiene su programa integral de manejo de aguas pluviales (PROMIAP) que consiste en ampliar los colectores, creación de vasos reguladores o pequeñas represas en las partes altas, pero la captación de agua de lluvia no es parte de su agenda, en sí, no están de acuerdo con ello, ni la CEA, ni SIAPA, ni CONAGUA (Gleason, 2018).

Los problemas del y con el agua tienen pronta solución, sin embargo, estas no se dan por que “no favorece los intereses de quienes manejan actualmente el agua – alguien o un grupo se beneficia de la desgracia” (Gleason, 2018). El municipio cumple de manera “estricta” con el derecho humano de otorgar agua a la persona; las formas para lograrlo son variadas, sin embargo, se ha optado por beneficiar económicamente a un grupo de personas, haciendo negocio con ello mientras se cumple con proveer el agua.

La solución que visualiza el gobierno estatal inhibe desde el punto de vista presupuestal hacer las obras que no se ven y que constan en poner un tubo más grande que saque de manera más rápida el agua de lluvia, no importando que esta sea mezclada con aguas negras. Esto, más que apostar por recolectar el agua desde las casas, separarla desde las casas, infiltrarla e impedir así que esa agua entre a los drenajes. Esta solución requiere de la participación de la población (Gleason, 2018).

Si hubiera voluntad política, si hubiera estrategia de implementación, de educación para formar a la gente; “el ciudadano promedio no sabe de donde proviene el agua que llega a su casa.” Se le prevé el recurso por el derecho humano al agua, pero no se dan estrategias que inciten a usar bien el recurso (Gleason, 2018), razón por la cual no resulta ser de interés urgente para la sociedad.

Seguir extrayendo el agua de otras zonas cada vez más alejadas no resuelve el problema, da tregua para mitigar el desabasto, sin embargo el costo que se paga es caro, pues incrementa la dependencia que se tiene de otros municipios para su obtención. Un ejemplo empírico sobre el potencial que la ZMG tiene para ser autónomo son las precipitaciones. Desafortunadamente estas, actualmente, son perjudiciales al ocasionar inundaciones pero, porque no, llegar a ser aprovechables.

En la ZMG, las precipitaciones ocurridas en los últimos años han causado el colapso de gran parte de la ciudad, demostrando la capacidad que tiene la naturaleza de proveer el recurso a dicho asentamiento humano; Y por otra parte, exhibiendo que de no aprovecharlo, genera una problemática con afectaciones económicas y hasta mortales, pues acumula un promedio (durante el periodo de 1954 al 2015) de precipitación total anual de 1015.5 mm (INEGI, 2016), lo que supone 1015.5 l/m² de superficie.

Al mismo tiempo, refiere el INEGI, se podría tener una capacidad de hasta los 1807.8 l/m², según el histórico anual de precipitación de los últimos 62 años (considerados hasta el año 2015). Véase figura 1.

Estación	Periodo	Precipitación promedio	Precipitación del año más seco	Precipitación del año más lluvioso
El Chiflón	De 1955 a 2015	1 418.3	824.2	2 022.4
El Cuale	De 1982 a 2015	1 700.3	1 041.3	2 282.0
Contla	De 1971 a 2015	1 154.8	672.4	1 675.4
Unión de San Antonio	De 1942 a 2015	682.9	373.6	1 162.4
Guadalajara	De 1954 a 2015	1 015.5	615.2	1 807.8
La Manzanilla de la Paz	De 1944 a 2015	967.0	337.5	1 742.0
Huejúcar (Observatorio) R/	De 1983 a 2015	589.6	347.4	874.3
El Puesto	De 1967 a 2015	590.4	282.5	840.7

Figura 1. Precipitación total anual

Fuente: Comisión Nacional del Agua. *Registro mensual de precipitación pluvial en mm. 2016*

En conferencia del 8 de Septiembre de 2010, en el Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño (CUAAD), el doctor José Arturo Gleason Espíndola advirtió que “en materia de agua, a Jalisco no le pinta bien”. Al sobreexplotar mantos acuíferos y urbanizar sin planeación, habrá menos captación del vital líquido, y por tanto, una menor disposición. Además, durante las lluvias se darán más escurrimientos, lo que aumentará las inundaciones. Ahí mismo destaco el cambio climático, como fenómeno que traerá lluvias más intensas en menos tiempo.

Estamos frente a un panorama bilateral. Por una parte, prepararnos para aprovechar el recurso natural abasteciendo a la población del líquido vital y mitigar la presión hídrica a la cuenca. Por otro lado, enfrentar el incremento de inundaciones que prevé el dr. Gleason a consecuencia del cambio climático. ¿Por cuál optar?

“México acabará siendo un país líder mundial en el cuidado de sus ríos y acuíferos” Explica el profesor Pedro Arrojo Agudo del departamento de análisis económico de la universidad de Zaragoza, España: “México es el único gran país que conozco en el que todas las grandes ciudades están situadas en medio del continente” (Arrojo, en Ochoa & Bürkner, 2012).

No es de extrañar que investigadores de otros países hablen del potencial hídrico que tiene México, y en lo particular, la ZMG. De llegar a cumplirse este augurio será porque hemos permitido que la naturaleza misma actué con su gran poder de resiliencia. No obstante no basta con dejar de presionar al ambiente, puesto que esto llevaría mucho más tiempo del que necesitamos. Podemos actuar ayudando a mitigar los efectos del cambio climático y de la presión hídrica mediante recursos tecnológicos y ecológicos – los llamados Ecotecnias.

De seguir retardando, o peor aún, de no cumplirse dicho augurio, seguramente tendremos que seguir considerando lo que hace más de 2000 años se pronunció “... os es más conveniente que un hombre muera por el pueblo, y no que toda la nación perezca”(Juan 11,50) por lo que esperemos estar preparados económicamente para hacer frente a los costos que se irán incrementando para la obtención del recurso, ya que este pasara a encontrarse a mayores profundidades y a mayores distancias, lo cual, también afectara a otras localidades que tendrán que ser sacrificadas para poder abastecer a la ciudad que cuenta con mayor concentración de población.

Una paradoja intolerable: más o menos entre 300 y 314 millones de metros cúbicos al año son los que se precipitan en la ciudad, siendo estos nuestra llave (de ingreso hídrico); esto equivale 800 veces llenar de agua el estadio Jalisco. En centros urbanos, esta comprobadísimo, más del 50% (entre el 55 y 60%) de esta agua, se mezcla con aguas negras – se van a los drenajes, esto es, más de 150 millones de metros cúbicos no la aprovechamos (Gleason, 2018).

La ZMG cuenta con 2,384.66 km² de superficie total de las cuales casi 630 km² corresponden a territorio ocupado (Proyecto Intermunicipal de Desarrollo Urbano, 2012), de los cuales, entre 300 y 314 km² sería el área de captación de agua a 1m de altura (Ver imagen 5).

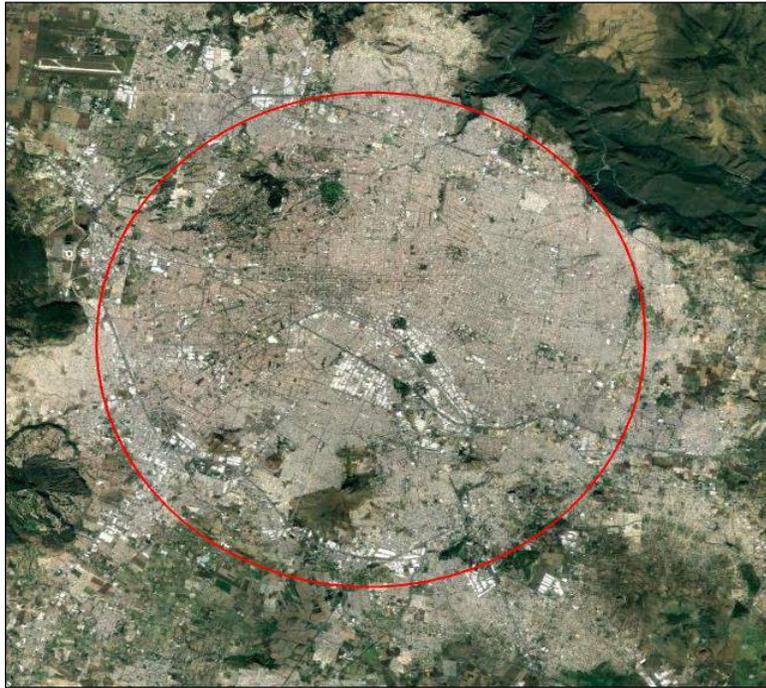


Imagen 5. Área utópica inundable anualmente en la ZMG, por precipitaciones.

Fuente: Elaboración propia mediante herramienta de medición en Google Earth.

Los cerca de 150 millones de metros cúbicos que no aprovechamos, equivalen – casi - a los que le sacamos a Chapala que son 180 – 200 millones de metros cúbicos al año. Si hubiera una política de aprovechamiento de agua de lluvia, fácilmente podríamos cubrir los 90 millones de metros cúbicos que propone el Zapotillo (Gleason, 2018).

El gobierno de Jalisco requiere una inversión de 7 mil 900 millones de pesos para construir 105 metros la cortina para el zapotillo (SEPAF, 2018). Si no se construye y se contribuye con ese dinero entre las más de 1'351,200 viviendas (SCINCE, 2010) de la ZMG el gobierno aportaría \$5,846.00 por vivienda para la recolección de aguas pluviales, lo cual sustenta un sistema de captación de agua de lluvia.

Instalar esta solución tiene un costo a partir de \$5,000 para una superficie de techo aproximada de hasta 120m² (si ya se cuenta con una cisterna). La inversión se recupera de uno a cuatro años, dependiendo del nivel de captación y automatización.

No se propone que el aporte gubernamental sea dado, sino que podría ser, a manera de financiamiento sin fines de lucro; a final de cuentas el impacto ambiental será positivo y no requerirá nomina estatal para manutención de la infraestructura.

Si a estas soluciones implementamos otro tipos de ecotecnias que permitan el rehúso de aguas grises, sin duda alguna, retornaríamos al periodo de autonomía hídrica que la ZMG posee por las características geomorfológicas naturales de las cuales goza.

5.- Conclusiones.

La búsqueda de sistemas alternativos de abastecimiento y la reutilización del agua son funciones imperativas para las ciudades y con un enfoque de sustentabilidad es fundamental para la resiliencia natural del ambiente y por ende, garantía de presencia para las generaciones futuras.

El crecimiento demográfico en la ZMG es inevitable, mas sin embargo, no se puede permitir que ese crecimiento se dé sin una adecuada infraestructura sustentable, puesto que ello acabaría en una crisis ecológica. Debemos considerar que es factible satisfacer las necesidades hídricas sin tener que sacrificar la capacidad ecológica del territorio.

Si bien es cierto que es labor del gobierno tomar las decisiones para cubrir las necesidades hídricas, no implica que las acciones tengan que ser grandes obras de infraestructura que alcen el cuello del gobernante; lo que si las justifica, es que sean de carácter amigable con el ambiente con enfoque sustentable.

En la medida en que se considere lo ambiental por sobre lo socioeconómico, caeremos en cuenta que volver al origen de la propia geomorfología, es decir, las condiciones naturales del territorio, puede ser la solución a los problemas hídricos, aprovechando de manera eficiente el ecosistema que habitamos.

Con ello se evita la afectación a localidades vecinas y sobre todo la dependencia hídrica de otros territorios, solventando así la propia autonomía en materia de agua. Situación que no depende tanto de lo económico, sino que más bien, requiere de voluntad política y social.

Por lo que, cubrir los requerimientos hídricos no impera asolar por completo un ecosistema.

6.- Bibliografía.

- W. Steffen, A. Sanderson, 2004. *Estudio del Programa Internacional Geosfera-Biosfera (IGBP) titulado el Cambio Global y el Sistema de la Tierra*, New York. ISBN 3-540-40800-2.
- INEGI, 2016. *Catálogo de símbolos y sus especificaciones para las cartas topográficas*. disponible en: www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/doc/parte1.pdf
- INEGI, 2012. *Cuaderno estadístico geográfico*. Disponible en: www.inegi.gob.mx
- INEGI, 2015. En: *Programa Municipal de desarrollo urbano y plan de desarrollo urbano de centro de población de Guadalajara 2011*. H. Ayuntamiento de Guadalajara. Libro digital disponible en:

<http://transparencia.guadalajara.gob.mx/sites/default/files/ProgramaDesarrolloUrbanoPlanDesarrolloUrbanoCentroPoblacion.pdf>

- Gob. Del Edo. de Jalisco, 2014. *Desarrollado por la Dirección General de Tecnologías de la Información - SEPAF* Disponible en:
<https://www.jalisco.gob.mx/jalisco/presentacion>
- Trujillo, 2009. <http://cronistajalisciense.blogspot.mx/2009/04/toponimia-de-los-pueblos-de-jalisco.htm>
- V. Garcia, 2003. “*Desastres agrícolas en México: catálogo histórico*”. Edit. Illustrated. Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social. ISBN: 9681670884, 9789681670887.
- L. Valdivia, C. Suarez, 2012. “*Riesgos Naturales en el área metropolitana de Guadalajara*”. Edit. Universidad de Guadalajara, México.
- Gleason 2018. *Entrevista ochotv - En su tinta*. Disponible en:
<https://www.facebook.com/OchoTVoficial/videos/1866654130040998/UzpfSTewMDAwMDgzNzEzMTY5NzoxNjA0MjE5NzMyOTQ5MjQ5/>
- Secretaría de Planeación Administración y Finanzas, (Sepaf). *En el Informador el 3 de Noviembre de 2018*. Disponible en:
<https://www.informador.mx/jalisco/Buscan-frenar-presupuesto-2018-para-El-Zapotillo-20171103-0104.html>
- Revista PROCESO JALISCO. “*Un sistema obsoleto*” 17 de Octubre de 2008.
- Ochoa-García, H. & Bürkner, H.J. (coord.) (2012). *Gobernanza y gestión del agua en el Occidente de México: la metrópoli de Guadalajara*. Guadalajara: ITESO.
- IIEG / Strategos. *Revista Digital de Información Estadística y Geográfica* /6 de nov. 2017.
- Mendoza, A. / 12 de Junio de 2017. Disponible en:
<https://www.eloccidental.com.mx/columna/el-barrio-de-san-juan-de-dios>
- Torres Rodríguez, Alicia. (2013). *Infraestructura hidráulica en Guadalajara para el abastecimiento de agua potable: el caso de sustentabilidad en las galerías filtrantes de Guadalajara*. Obtenido de:
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-39292013000400011#c2
- Martínez Réding, *Agua para la zona metropolitana de Guadalajara 1983-1988, México, Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado (SIAPA), 1988.*
- Jiménez Pelayo, Águeda, “*Agua para Guadalajara, desde su fundación hasta 1902*”, en *Capítulos de historia de la ciudad de Guadalajara, Guadalajara, Ayuntamiento de Guadalajara, 1992, 72-87.*
- Camacho, Francisco, *Informe dado al Excmo. Señor Virrey de Nueva España por el Oidor D. Francisco Camacho, Comisionado de la obra de introducción de agua potable a la ciudad de Guadalajara, Guadalajara, Tipografía del Gobierno, Biblioteca Pública del Estado de Jalisco "Juan José Arreola" de la Universidad de Guadalajara, 1886.*

20

Luisa Patricia Uranga-Valencia, Dra.¹; Héctor Manuel De los Santos-Posadas, Dr.²; Víctor Hugo Villareal Ramírez, M.C.³

SISTEMA DE CRECIMIENTO EXPLÍCITO PARA PLANTACIONES FORESTALES COMERCIALES DE *Pinus patula* Schiede ex Schlftl. et Cham

^{1,3} Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales. Universidad Autónoma de Chihuahua. Km. 2.5 Carretera Delicias a Rosales. Campus Delicias. Cd. Delicias, Chihuahua. México.

² Posgrado Forestal. Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco km.36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. México

RESUMEN

Se desarrolló un sistema de crecimiento y rendimiento maderable explícito, para la Cooperativa Integradora Forestal de Zacualpan, Veracruz, debido a que no contaban con estudios que permitieran predecir el crecimiento maderable para programar cosechas y evaluar financieramente las plantaciones. En su construcción se estableció una red de 50 sitios de remediación bajo un muestreo sistemático estratificado por edad para pino patula. El registro dasométrico se hizo en parcelas de forma rectangular, cubriendo una superficie de 400 m², cada uno de los sitios conformados de tres a cinco parcelas por edad oscilando éstas, entre los 3 y 21 años. En cada parcela se midió el diámetro normal (a 1.30 m) de todos los árboles y la altura total (H) de los cinco árboles dominantes o codominantes. Utilizando la información dasométrica derivada de 2 remediciones; en una crono-secuencia de edades que van de manera compacta de los tres a los 11 años, pero que tienen parcelas aisladas de hasta 21 años. El sistema utiliza un ajuste simultáneo de los componentes vía regresión aparentemente no relacionada y dos modelos para la estimación de área basal por ha. El ajuste explícito sugiere que el turno técnico en volumen se alcanza a los 20 años en el sitio promedio. Comparando estos resultados con los obtenidos en rodales puros repoblados naturalmente de *P. patula* en Zacualtipán, Hidalgo donde el turno técnico se da también a los 20 años en el sitio promedio se tiene un rendimiento de 250m³/ha contra 420 m³/ha estimados en las plantaciones a la edad de 20 años.

Palabras claves. Hossfeld IV, Explícito, turno técnico, volumen

INTRODUCCIÓN

Lograr un manejo forestal óptimo en plantaciones forestales comerciales (PFC), requiere de estimaciones confiables del rendimiento e incremento en volumen de madera para establecer adecuadamente un plan de operación en el mediano y largo plazo, para ello, es necesario que los silvicultores cuenten con las herramientas cuantitativas adecuadas que les permitan simular y predecir los efectos del manejo a realizar. Lo anterior se lleva a cabo mediante la modelación del rendimiento e incremento con ecuaciones matemáticas que representan los componentes del rodal (Davis *et al.*, 2001, Velázquez *et al.*, 2009; Santiago-García *et al.*; 2013). El Sistema de Crecimiento y Rendimiento Maderable (SCRM) explícito a nivel de rodal predice la condición actual de las variables, además de proyectar a tiempo futuro condiciones del rodal y puede utilizarse proveer información para actualizar inventarios forestales (Maldonado y Návar, 2002; Galán *et al.*, 2008; Magaña *et al.*, 2008). En este estudio se evalúa el SCRM explícito para las PFC de la Cooperativa Integradora Forestal de Zacualpan, Veracruz (CIFZA) permitiendo modelar de mejor manera las características dasométrica. La CIFZA cuenta con más de 3,000 ha plantadas de *Pinus patula*, pero carece de información silvícola para realizar planificación a mediano y largo plazo.

MATERIALES Y METODOS

DATOS DASOMÉTRICOS

A partir del establecimiento de una red de 50 sitios de remediación bajo un muestreo sistemático estratificado por edad para pino patula, se efectuó el registro dasométrico en parcelas de forma rectangular de 400 m², cada uno de los sitios conformado de tres a cinco parcelas por edad, oscilando éstas, entre los 3 y 21 años. En cada parcela se midió el diámetro normal (a 1.30 m) de todos los árboles y la altura total (H) de los cinco árboles dominantes o codominantes. Al considerar los datos en un contexto de cronosecuencia se pueden ajustar modelos de crecimiento para la altura dominante. Con el fin de añadir más datos y hacer más robustos los modelos en 2012 se hizo la primer re-mediación de todos los sitios. De esta forma se cuenta con un par de observaciones por parcela y esto permite usar estos datos para llevar a cabo un proceso de ajuste-validación como propone Gómez-Tejero *et al.*, (2009) o utilizar la totalidad de los datos para un ajuste que implique modelos de predicción y proyección ajustados de manera simultánea (Galán *et al.*, 2008).

SCRM EXPLÍCITO COMO UN SISTEMA DE ECUACIONES

Las ecuaciones de predicción y de proyección son los dos tipos de funciones que conforman un SCRM para las variables de estado, como la altura total (H, m), área basal (AB, m²), diámetro promedio (Dn, cm) y volumen (V, m³). El ajuste de las ecuaciones para estimar altura dominante (H) e índice de sitio es generalmente el primer paso para crear un SCRM, ya que a partir de estas ecuaciones se deduce la fertilidad o calidad de estación del bosque o rodal (Clutter *et al.*, 1983; Diéguez *et al.*, 2005).

En un estudio previo sobre la determinación de familias de índice de sitio para la región, Uranga-Valencia *et al.*, 2014, encontró que el modelo más promisorio el de Hossfeld IV en su familia de curvas polimórficas derivadas a partir del parámetro α_1 de la ecuación promedio (cuadro 1) seguido del modelo anamórfico.

Cuadro 1. Estructura del modelo Hossfeld IV para altura dominante

Modelo promedio	$H = \alpha_0 / (1 + e^{\alpha_1 \times E^{-\alpha_2}})$
Anamórfico	$H_2 = H_1 \times \left[\frac{1 + e^{\alpha_1 \times E_2^{-\alpha_2}}}{1 + e^{\alpha_1 \times E_1^{-\alpha_2}}} \right]$
Polimórfico I	$H_2 = \alpha_0 / \left[1 + \left(\frac{\alpha_0}{H_1} - 1 \right) \times \left(\frac{E_1}{E_2} \right)^{\alpha_2} \right]$

donde H =es la altura dominante promedio del sitio; H_1 =Altura dominante en metros a la E_1 en años (condiciones iniciales); H_2 =Altura dominante a proyectar en metros a la edad E_2 de proyección en años; $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2$ = son los parámetros a estimar.

Teniendo en cuenta que el patrón de crecimiento en altura dominante afectará a todo el sistema y que la estructura polimórfica propuesta es muy flexible y puede tomar formas variadas, se decide que el sistema de predicción-proyección utilizará esta estructura que además permite estimar el IS en cualquiera de los modelos del SCRM.

Ecuaciones

Las ecuaciones propuestas para este estudio de se basaron en modificaciones del modelo básico de rendimiento de Schumacher (1939) y Clutter (1963) pues permite flexibilidad para incluir variables dentro del modelo y son ampliamente conocidas. El segundo paso fue obtener un modelo compatible que permitiera hacer una discusión entre los modelos de predicción para el estado actual (E_1) y los modelos de proyección para el estado futuro del rosal (E_2) (Cuadro 2)

Cuadro 2. Modelos de predicción y proyección para la generación del SCRM explícito.

Modelo	PREDICCIÓN	PROYECCIÓN
Área basal	$AB = e^{\beta_0} \times IS^{\beta_1} \times \exp\left(-\frac{\beta_2}{E} + \frac{\beta_3}{E} \times N\right)$	$AB_2 = AB_1 \times \exp\left(-\beta_2 \times \left(\frac{1}{E_2} - \frac{1}{E_1}\right) + \beta_3 \times \left(\frac{N_2}{E_2} - \frac{N_1}{E_1}\right)\right)$
Superficie residual	$AB = \beta_0 \times H^{\beta_1} \times \exp\left(-\frac{\beta_2}{E} + \frac{\beta_3}{E} \times N\right)$	$AB_2 = AB_1 \times \left(\frac{H_2}{H_1}\right)^{\beta_1} \times \exp\left(-\beta_2 \times \left(\frac{1}{E_2} - \frac{1}{E_1}\right) + \beta_3 \times \left(\frac{N_2}{E_2} - \frac{N_1}{E_1}\right)\right)$
	$N = \delta_0 \times \exp(-\delta_1 \times E)$	$N_2 = N_1 \times \exp(-\delta_1 \times (E_2 - E_1))$
Volumen	$V = \gamma_0 \times AB^{\gamma_1} \times H^{\gamma_2} \times \exp\left(-\frac{\gamma_3}{E}\right)$	$V_2 = V_1 \times \left(\frac{AB_2}{AB_1}\right)^{\gamma_1} \times \left(\frac{H_2}{H_1}\right)^{\gamma_2} \times \exp\left(-\gamma_3 \times \left(\frac{1}{E_2} - \frac{1}{E_1}\right)\right)$

Dónde: AB = Área basal en $m^2 \cdot ha^{-1}$; $AB_{1,2}$ =Área basal inicial en m^2 a la E_1 y a la E_2 respectivamente; E = Edad en años; E_1 y E_2 = Edad inicial y edad de proyección; N = Número de árboles vivos por ha; N_1 y N_2 =Número total de árboles vivos por ha a la E_1 y a la E_2 ; IS es el índice de sitio en m a la edad base de 15 años; H =es la altura dominante promedio del sitio; H_1 =Altura dominante a la E_1 y a la edad E_2 ; V =Volumen en m^3 ; V_1 y V_2 =Volumen en m^3 a la E_1 y a la E_2 ; $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ y $\beta_3, \delta_0, \delta_1, \gamma_0, \gamma_1, \gamma_2$ y γ_3 = Parámetros a estimar.

Los parámetros estimados de las ecuaciones se pueden obtener ajustado de manera independiente cada ecuación o haciendo que los parámetros sean estimados de manera simultánea tanto para el modelo de proyección como predicción. Este último enfoque permite que ambas ecuaciones compartan parámetros y es un enfoque adecuado para cada elemento del SCRM. En este caso el SCRM fue ajustado de manera simultánea a través de regresión aparentemente no relacionada (SUR, por sus siglas en inglés), con el paquete SAS (SAS Institute Inc., 2002) usando el procedimiento MODEL y una estructura de diferencia algebraica (Bordes *et al.*, 1987). La técnica de estimación de parámetros SUR produce estimadores consistentes y eficientes, en presencia de correlaciones contemporáneas en un sistema de ecuaciones (Galán *et al.*, 2008 Tamarit *et al.*, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 3, se presentan los parámetros estimados y de bondad de ajuste para el modelo más conservador, el cual fue el del AB dependiente del IS. A pesar de que los resultados para ambos sistemas resultaron estadísticamente robustos y adecuados para estimar el rendimiento y con ambos se puede construir tablas de rendimiento y densidad variable. y cada uno de los sistemas explícitos fueron ajustados de manera simultánea con regresión aparentemente no correlacionada.

Cuadro 3. Estadísticas de bondad de ajuste y parámetros estimados del SCRM explícito con el modelo AB donde su asíntota depende de manera directa del índice de sitio ($AB = e^{\beta_0} \times IS^{\beta_1} \times \exp(-\frac{\beta_2}{E} + \frac{\beta_3}{E} \times N)$); H (altura, m), AB (área basal, m^2ha^{-1}), V (volumen, m^3ha^{-1}) y N (número de árboles vivos por ha^{-1}) ajustados de manera simultánea con regresión aparentemente no correlacionada (SUR, por sus siglas en inglés).

Ecuación	GL Modelo	GL Error	SCE	CME	Raíz CME	R ²	R ² ajustada
H ₁	1.667	48.33	205.9	4.2607	2.0642	0.8254	0.8230
H ₂	0.667	49.33	51.7662	1.0493	1.0244	0.9538	0.9542
AB ₁	3.667	46.33	976.3	21.0713	4.5904	0.8440	0.8350
AB ₂	1	49	224.2	4.5759	2.1391	0.9655	0.9655
V ₁	2.5	47.5	2727.3	57.4172	7.5774	0.9933	0.9931
V ₂	1.5	48.5	372.6	7.6832	2.7719	0.9992	0.9992
N ₁	1.5	48.5	7520582	155064	393.8	0.0956	0.0862
N ₂	0.5	49.5	27047.4	546.4	23.3755	0.9967	0.9968

GL modelo= son los grados de libertad del modelo, GL Error= son los grados de libertad de error, SCE=suma de cuadrados del error, CME=cuadrado medio del error, Raíz CME= raíz del cuadrado medio del error. R²= coeficiente de determinación del modelo. R² ajustada= raíz del coeficiente de determinación del modelo.

No obstante, durante la construcción de las tablas de rendimiento partiendo de una densidad inicial de 1,100 árboles/ha, se pudo establecer que el sistema que utiliza el modelo del AB dependiente de IS en lugar de la altura dominante tiende a ser mucho más conservador a medida que aumenta la edad para las diferentes calidades de estación sobre todo a medida que mejora el IS (Figura 1). Otra implicación es en la estimación del turno técnico. En el

sistema que usa el IS de manera directa el promedio del turno técnico en volumen para los diferentes IS rondan los 15 años (Figura 2); en el otro caso este es en promedio a los 22 años.

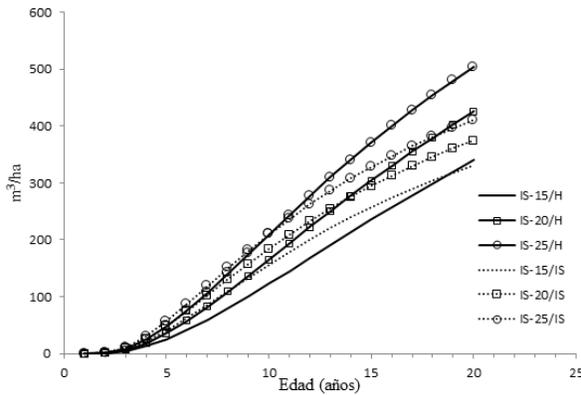


Figura 1. Curva de crecimiento en volumen para el modelo dependiente de la altura dominante (líneas continuas) y para el modelo dependiente del IS (líneas punteadas) para los índices de sitio 15, 20 y 25 a una edad base de 15 años en rodales de *Pinus patula*.

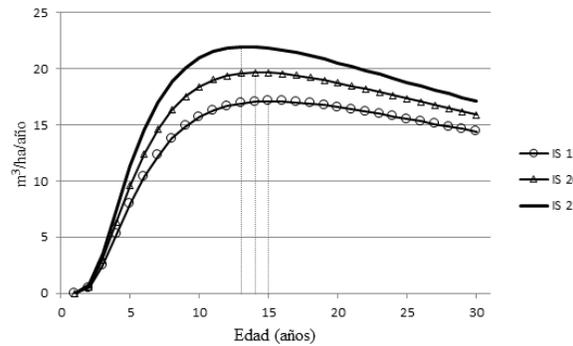


Figura 2. Incremento Medio Anual (IMA) en volumen para determinar el turno técnico (IMA máximo) en volumen para los diferentes IS (15, 20 Y 25) para el modelo dependiente del IS, a una edad base en rodales de *Pinus patula*

Revisando los patrones de las variables utilizadas en el sistema contra la variable proyectada se puede apreciar que cuando se usa el IS de manera directa en los modelos de AB este reproduce un patrón más compacto que cuando se usa directamente la altura dominante (Figura 3) y además con asíntotas menores.

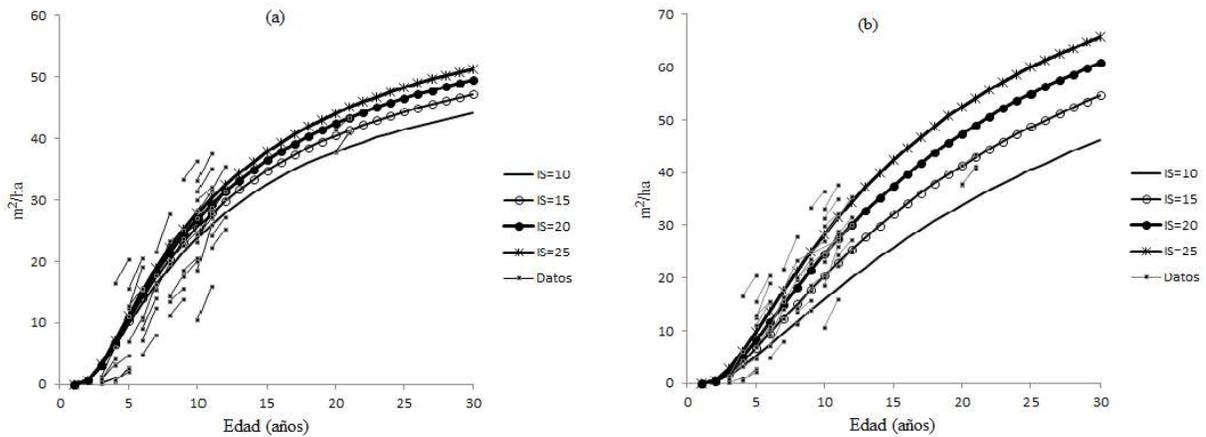


Figura 3. Curvas de crecimiento en área basal para IS (10, 15, 20, 25) para el modelo (a) dependiente del IS y (b) modelo dependiente de la altura dominante, a una edad base de 15 años en rodales de *Pinus patula*.

Para el volumen (Figura 4) se observó que se logra una mejor cobertura de los datos, sobre todo los más extremos, en la estimación del volumen cuando se usa el modelo de AB que depende directamente de la altura dominante

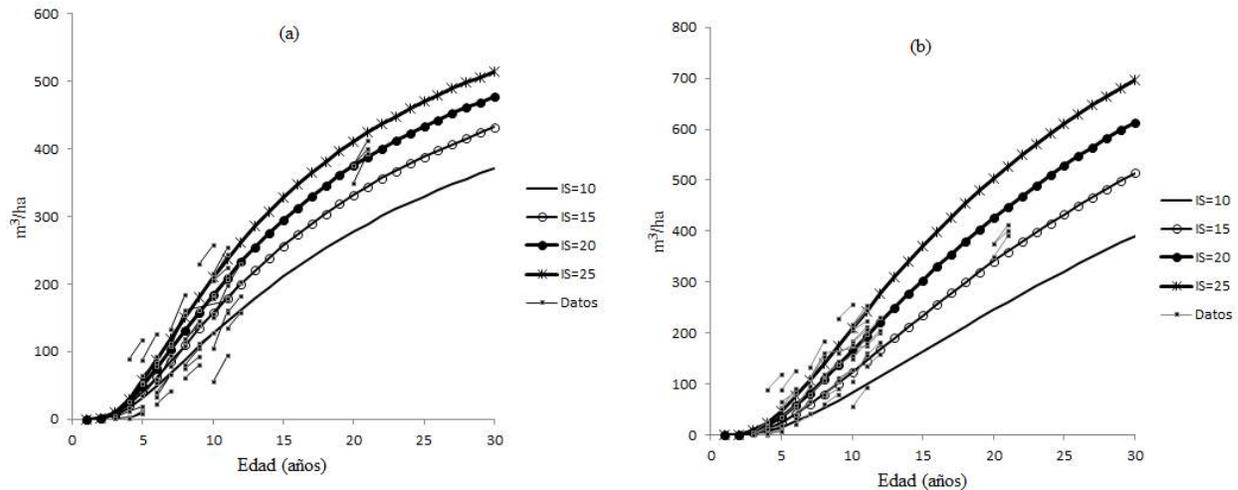


Figura 4. Curvas de crecimiento en volumen para IS (10, 15, 20, 25) para el modelo (a) dependiente del IS y (b) modelo dependiente de la altura dominante, a una edad base de 15 años en rodales de *Pinus patula*.

En este caso y en ausencia de datos que nos permitan validar los resultados sobre todo en el efecto de la densidad es preferible usar el modelo de AB que utiliza la altura dominante pues tiende a producir resultados que cubren de mejor manera el rango de los datos y las condiciones de variabilidad. Sin lugar a duda una nueva remediación permitirá refutar o confirmar estas tendencias.

En una tabla de rendimiento generada para las plantaciones de pino patula en Zacualpan, Veracruz; con una densidad base usada al momento de la plantación de 1,100 árboles por ha y usando los modelos promisorios antes analizados. Se encontró que el comportamiento de los incrementos medios indica que el turno técnico ocurre en promedio a los 22 años en esta zona. Este resultado concuerda con el turno que propone Santiago- García *et al.*, 2013; en donde en su estudio para la zona de Zacualtipán, Hidalgo con la misma especie, el turno técnico es de 25 años y este se podría reducir si se sometieran los rodales a tratamientos silvícolas más intensivos como la reforestación artificial y si se aplicaran prácticas de control de vegetación competidora y de manejo de densidad. No obstante, el rendimiento proyectado en Zacualpan es mucho mayor a edades similares. Para los rodales naturales Santiago-García *et al.*, 2013, reportan un rendimiento promedio a la edad 20 de 220 m³/ha y 275 m³/ha a la edad de 25. En Zacualpan los rendimientos más conservadores son a la edad 20 de 366m³/ha y de 425 m³/ha a la edad 25 (sistema con modelo de área basal compacto). Para el sistema ilustrado en el cuadro 4 se puede observar que a los 20 años el rendimiento estimado es de 426 m³/ha y a los 25 años se estima en 528 m³/ha (409 y 510 m³/ha respectivamente para el IS=19 m).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El sistema de ecuaciones de crecimiento y rendimiento explícito construido permite simular un amplio grupo de escenarios en rodales plantados de *Pinus patula* en Zacualpan, Veracruz. El sistema sugiere un turno técnico en volumen cercano a la edad de 20 años lo que implica que todo trabajo de cultivo debe realizarse antes de esta edad para lograr que la masa responda adecuadamente al tratamiento. El sistema también permite simular escenarios donde cambios

en la densidad inicial de árboles plantados deberían mejorar la distribución de árboles de mayor tamaño. El sistema sugiere que las PFC producen rendimientos mayores que en bosques regenerados de manera natural. Si bien la red de sitios en la crono-secuencia muestreada permitió construir un SCRM estadísticamente robusto es recomendable hacer más remediciones a esta red a fin de mejorar algunos elementos y construir (guías de densidad) que permitan validar estos resultados y completar el SCRM.

BIBLIOGRAFÍA

- Clutter J. L. 1963. Compatible growth and yield models for loblolly pine. *Forest Science* 9: 354-371.
- Clutter J. L., J. C. Forston., L. V. Pienaar., G. H. Brister., R. L. Bailey. 1983. *Timber Management: A Quantitative Approach*. John Wiley & Sons, Inc. New York. 333 p.
- De la Fuente E. A., A Velásquez M., J. M. Torres R., H. Ramírez M., C. Rodríguez F. y A. Trinidad S. 1998. Predicción del crecimiento y rendimiento de *Pinus rudis* Endl., en Pueblos Mancomunados, Ixtlán, Oaxaca. *Rev. Ciencia Forestal en México* 23: 3-8.
- Galán L. R., H. M. De los Santos P. y J. I. Valdez H. 2008. Crecimiento y rendimiento maderable de *Cedrela odorata* L. y *Tabebuia donnell-smithii* Rose en San José Chacalapa, Pochutla, Oaxaca. *Madera y Bosques* 14: 65-82.
- Gómez-Tejedo, J., H. M. De los Santos-Posadas, A. M. Fierros-González, y J. R. Valdez-Lazalde. 2009. Modelos de crecimiento en altura dominante para *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden y *E. rophylla* S. T. Blake en Oaxaca, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 32 (2): 161-169.
- Magaña T. O. S., J. M. Torres R., C. Rodríguez F. H. Aguirre D., y A. M. Fierros G. 2008. Predicción de la producción y rendimiento de *Pinus rudis* Endl. en Aloapan. Oaxaca. *Madera y Bosques* 14: 5-19.
- Maldonado D. A. y J. Nívar Ch. 2002. Ajuste y predicción de la distribución Weibull a las estructuras diamétricas de plantaciones de pino de Durango, México. *Madera y Bosques* 8: 61-72.
- Santiago-García, W., H. M. De los Santos-Posadas, G. Ángeles-Pérez, J. R. Valdez-Lazalde y G. Ramírez-Valverde. 2013. Sistema compatible de crecimiento y rendimiento para rodales coetáneos de *Pinus patula*. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 36 (2): 163-172.
- Uranga-Valencia, L. P., H. M. De los Santos P., y J. R. Valdez L. 2018. Índice de Sitio de *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham. en Plantaciones Forestales Comerciales In press.
- Velásquez M., A. A. M. Fierros G., A. Aldrete., A. Gómez G., H. M. De los Santos P., M. González G., J. López U., T. Llanderal O., y S. Fernández C. 2009. Situación actual y perspectivas de las plantaciones forestales comerciales en México. Comisión Nacional Forestal- Colegio de Postgraduados. México 429p.

21

José Pablo Custodio Rodríguez, Est. Lic. en Biología, Georgina Vargas-Simón, Dra. MCSF, René Fernando Molina Martínez M.E.S.

Aspectos morfológicos, germinación y crecimiento inicial de *Castilla elastica* Sessé
Conservación y restauración del medioo

División Académica de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
km. 0.5 Carretera Villahermosa-Cárdenas.

Villahermosa, Tabasco, México. jpcr9508@gmail.com

Introducción

El árbol del hule es nativo de México, se distribuye tanto en la vertiente del Golfo de México como en el Pacífico, hasta Nicaragua, introducido a Cuba, República Dominicana, Puerto Rico y Trinidad y Tobago (Vázquez-Yanes et al., 1999). Los olmecas fueron los primeros en utilizar el látex de este árbol para la manufactura de pelotas de hule que fueron utilizadas en el juego ritual desde 1600 A.C. Posteriormente los mayas también extraían el látex con el mismo fin y los aztecas se convirtieron en usuarios, quienes las pedían como tributos (Stokstad 1999). Aún en el siglo XX se podían encontrar impermeables hechos con este látex, pero con la incorporación del cultivo de *Hevea brasiliensis*, su utilización y presencia es cada día más escasa. Aunque aún no se considera una especie amenazada de acuerdo a la NOM-059 (Semarnat, 2010), Es un árbol de hasta 25 m de altura y 60 cm de diámetro normal, con hojas alternas simples de 20-45 cm de largo altamente pubescentes. Los frutos son drupas agregadas en un disco de color naranja, la semilla es de 8-10 mm de largo (Pennington y Sarukhán, 2005).

Su uso principal es el látex para la manufactura de baquetas para marimba, impermeables y calzado (Cordero y Boshier 2003; Molina y Leshner, 2008), también es medicinal para el tratamiento de cataratas y como cataplasma en las heridas; también se menciona que sirve como desinflamatorio, principalmente. Su madera aunque es poco durable se utiliza en la construcción rural y como leña (Vázquez-Yanes et al., 1999). Se menciona que es una especie de rápido crecimiento, que germina en 12 días sin tratamiento pregerminativo con un 72% de germinación (González, 1991). El crecimiento medio a los tres años puede ser de 2.4 m de altura y 5.6 dm³ de volumen bajo condiciones de luz, mejorando el crecimiento en sombra, alcanzando 4.3 m de altura y 25.2 dm³ de volumen en el mismo tiempo (Cordero y Boshier, 2003); se desconoce si se puede propagar vegetativamente (Vázquez-Yanes et al., 1999).

Por ser una especie históricamente importante en la cultura olmeca y maya, se plantea este proyecto con el objetivo de conocer su status, tanto en germinación como en su desarrollo y etapas adultas sobre todo en Tabasco ya que ha existido una alta deforestación de bosques tropicales (Sánchez, 2011), originalmente se le tenía registrado en los bosques tropicales perennifolio (vegetación secundaria), tropical subcaducifolio y subperennifolio, asimismo en cafetales (Vázquez-Yanes et al., 1999; Cruz-Lara et al., 2004). Generar información para su conservación y valoración como recurso cultural, forestal y no forestal (por su extracción de látex), puede ser una alternativa para la obtención de ingresos económicos por las comunidades rurales y también para la elaboración de pelotas de hule en el resurgimiento del juego de pelota prehispánico y de otros productos artesanales, en estos tiempos cuando se evita el exceso de plásticos contaminantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Aspectos morfológicos del fruto y la semilla

Los polifrutos maduros se colectaron en Paraíso, Tabasco, México en junio del 2017. El conjunto de frutos se cuantificó, se midió su receptáculo y las semillas en su diámetro polar y ecuatorial.

Germinación y desarrollo plantular

Los frutos con semillas se extrajeron de los polifrutos, se lavaron y se desinfectaron con Hipoclorito de sodio (5%) en el laboratorio de Fisiología Vegetal de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBio) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Posteriormente se sembraron en bolsas de vivero de 1306.9 cm³, con sustrato proporcionado por la Secretaría de Energía, Recursos Naturales y Protección Ambiental (SERNAPAM), que consistió de un suelo arcillo-limoso. Las plantas fueron colocadas en tres repeticiones en medio de dos filas de plantas de la misma especie para evitar el efecto de orilla en el invernadero de la DACBio. Posteriormente se llevaron a Comalcalco, Tabasco, México, bajo condiciones de semi-umbráculo para promover su crecimiento, ya que se reporta como una especie heliófila.

Variables de germinación y crecimiento plantular

Se evaluó el tiempo a germinación y tipo de germinación, a los dos meses de la emisión del coleóptilo se cuantificó la longitud del tallo y el diámetro basal, así como el número de eófilos y sus características morfológicas, que servirán de base para hacer la descripción de la plántula. La Tasas Relativas de Crecimiento (TRC) para cada variable se calcularon de acuerdo a la fórmula de Celis y Jose (2011). Se realizaron tres evaluaciones relevantes (60, 180 y 300 días después de la siembra).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cada polifruito, contiene un promedio de 10.0 (\pm 2.5) aquenios cubiertos con una pulpa de color naranja (indicativo de su madurez), cada receptáculo tuvo un diámetro de 4.5 cm (\pm 0.5). El exocarpo de los aquenios es muy delgado, frágil y de color blanquecino cuando se seca; la cubierta seminal de la semilla es de color beige, miden en su diámetro polar 8.9 mm (\pm 0.6) y en su diámetro ecuatorial 7.3 mm (\pm 0.6), correspondiendo a lo reportado en la literatura (Pennington y Sarukhán, 2005) (Figura 1).

La germinación fue criptocotilar epígea con cotiledones de reserva, emitió sus paracotiledones a los 12 días, obteniéndose una respuesta del 100% de germinación y a los 17 días produjeron sus primeros eófilos (Figura 2). Los paracotiledones son de forma oblonga, color verde y pubescentes con ápices ligeramente acuminados, midieron en promedio 4.5 cm de largo por 2.5 cm de ancho; los eófilos midieron 16 cm de largo en promedio en las diferentes evaluaciones, la forma no varió, pero su ápice es apiculado similar que en las adultas; la longitud obtenida fue más pequeña que lo registrado en hojas adultas (20 a 45 cm de largo por 10 a 20 cm de ancho) según Pennington y Sarukhán (2005).

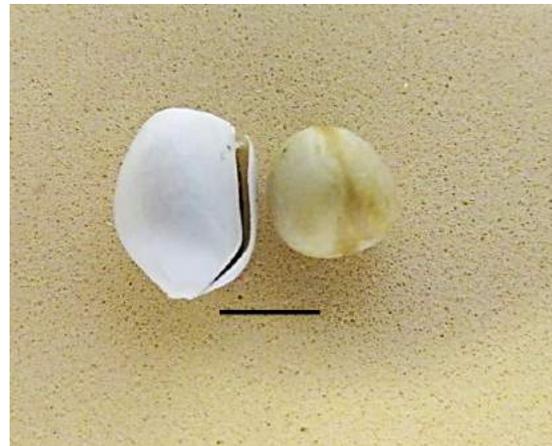


Figura 1. Fruto agregado maduro (izquierda), aquenio y semilla de *Castilla elastica* (derecha). La línea corresponde a 1 cm. Fotografías Georgina Vargas-Simón.



Figura 2. Plántulas de *Castilla elastica* de dos meses de edad, mostrando los cotiledones foliáceos y eófilos (izquierda). Fotografías Georgina Vargas-Simón y Pablo Custodio Rodríguez.

A los 300 días después de la siembra, las plantas tuvieron un promedio de 26.7 cm (± 7.0) de longitud de tallo, 4.7 mm (± 0.8) de diámetro basal de tallo. la TRC de longitud de tallo fue de 0.16 cm cm⁻¹ día⁻¹ (± 0.09) y TRC del diámetro basal fue de 0.19 mm mm⁻¹ día⁻¹ (± 0.07); se cuantificó un máximo de 6 eófilos. La tendencia de cada variable se observa en las Figuras 3 y 4). Vázquez-Yanes *et al.* (1999) la consideran una especie de rápido crecimiento pero existe poca literatura al respecto; Cordero y Boshier (2003), mencionan que los tallos pueden alcanzar una altura de 2.4 m y un diámetro normal de 3.2 cm. En este experimento el crecimiento fue lento, posiblemente por la falta de fertilización y por

el hecho de que las plantas se encontraban en bolsa y que debieron ser trasplantadas a campo para un mejor desarrollo radicular y en consecuencia del vástago.

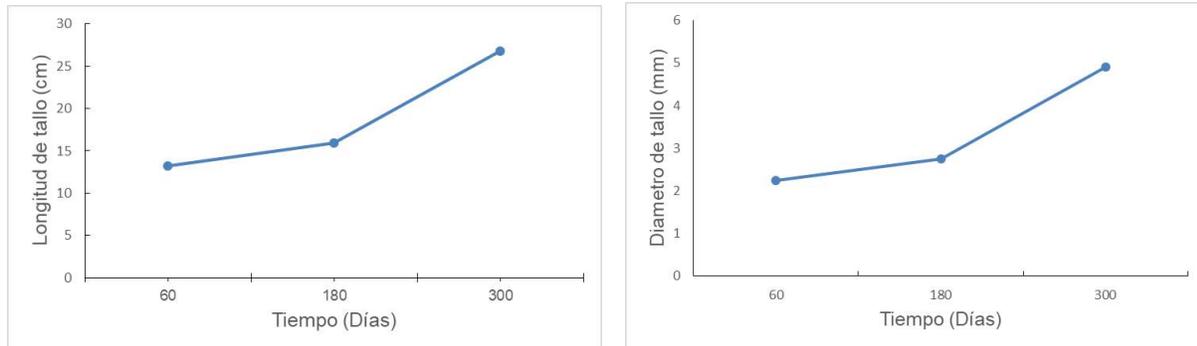


Figura 3. Promedios de Longitud de tallo (izquierda) y Diámetro basal de tallo.

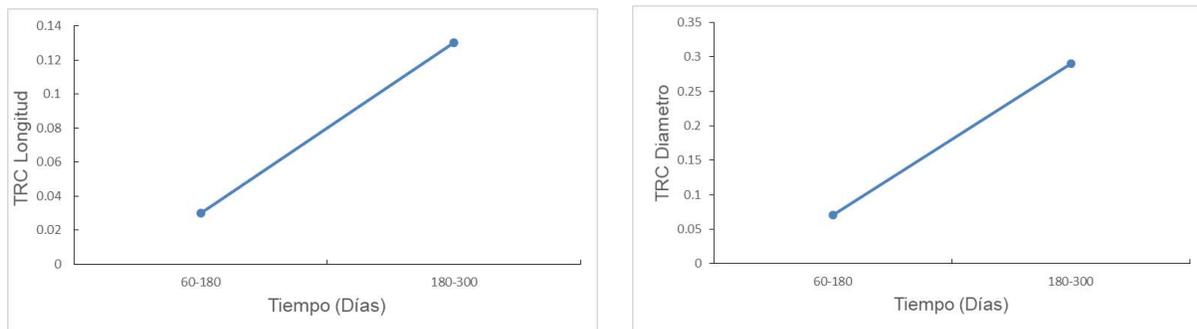


Figura 4. Promedios de la Tasa Relativa de Crecimiento de la longitud de tallo ($\text{cm cm}^{-1} \text{ día}^{-1}$) (izquierda) y del diámetro basal de tallo ($\text{mm mm}^{-1} \text{ día}^{-1}$) (derecha) de *Castilla elastica* en tres diferentes etapas de crecimiento.

CONCLUSIONES

Se obtuvieron datos actuales de los valores promedio de las semillas y del receptáculo frutal, del proceso germinativo y del crecimiento preliminar de *Castilla elastica*. Su crecimiento fue menor a lo mencionado en la literatura, pero fue posible producirla en condiciones de invernadero y semi-umbráculo. Estudios posteriores son necesarios para acelerar su crecimiento.

LITERATURA CITADA

- Cordero J., Boshier D.H. (eds.) 2003. Árboles de Centroamérica, un Manual para Extensionistas. Oxford Forestry Institute, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), CD-ROM, Turrialba.
- Celis G., Jose S. (2011) Restoring abandoned pasture land with native tree species in Costa Rica: effects of exotic grass competition and light. *Forest Ecol Manag* 261:1598-1604

- Cruz-Lara L.E., Lorenzo C., Soto L., Naranjo E. y Ramírez-Marcial, N. (2004). Diversidad de mamíferos en cafetales y selva mediana de las cañadas de la selva Lacandona, Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 20(1), 63-81.
- González E.J. (1991). Recolección y germinación de semillas de 26 especies arbóreas del bosque húmedo tropical. *Revista Biología Tropical*, 39(1): 47-51.
- Molina R.F.M., Leshner J.M.G. (2008). El látex en México, una visión histórica. *Revista Kuxulkab* 15: 34-40.
- Pennington T.D., Sarukhán J. (2005). Árboles tropicales de México. UNAM, FCE. México, pp. 232-233.
- Sánchez M.A. (2011). Tabasco naturaleza en agonía, causas del calentamiento, un análisis geográfico. Colección José N. Rovirosa. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa.
- Semarnat (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres: Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación, México.
- Stokstad E. (1999). How aztecs played their rubber matches. *Science*, 284(5422), 1898-1899.

ADAPTACION Y SUPERVIVENCIA DE LA LOMBRIZ ROJA (*Eisenia foetida*) EN SUELO CONTAMINADO CON CONCENTRACIONES DE HIDROCARBURO

F. de Jesús Rodríguez-Flores¹, Karen Villa Cordero¹, Eduardo Tovalín Castro², Luis Ordaz Díaz³, Fabiola Luisillo-Quiñones⁴, Maribel Madrid del Palacio⁵, Ingeniería en Tecnología Ambiental, Universidad Politécnica de Durango, Carretera Durango-México Km. 9.5, C.P 34300, Durango, México

Correo: jesu_rgz@hotmail.com

Resumen. El manejo inadecuado de residuos peligrosos ha provocado graves problemas de contaminación en el suelo a nivel internacional. En México, la industria del petróleo ha tenido un gran impacto en materia ambiental, debido a la amplia gama de productos y subproductos que se producen de este recurso. El problema de la contaminación del suelo por hidrocarburos, reduce las actividades de los microorganismos y microfauna así como deterioro del ecosistema. Existe un sin número de técnicas para minimizar la contaminación del suelo dentro de las cuales está la degradación a través de bacterias u otros microorganismos. Por esta razón el objetivo del presente estudio fue analizar la sobrevivencia y adaptación de la lombriz roja californiana en tres medios de sustrato con concentraciones de hidrocarburo (diésel en concentraciones de 5, 10 y 15% respecto a un litro) para posteriormente verificar la disminución de hidrocarburo en el suelo contaminado. Existen muchos estudios como el de Monard et al., (2008) que señala que la *Eisenia foetida* cambia las propiedades químicas y físicas del suelo, son eficientes y actúan en simbiosis con otros microorganismos, asimismo Contreras (2008) afirma que las lombrices que se adaptan a suelos contaminados con hidrocarburo lo dextosifican minimizando la concentración del componente resultados que la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* sp) en la concentración de 5% (50 mL) de hidrocarburo (diésel) se adaptaron mejor al medio resultando un crecimiento estable hasta la última fecha de control, respecto a las concentraciones del 1% (10mL), 10% (100mL) y 15% (150 mL). En el que menos sobrevivieron fue en la concentración de 15%, sin embargo en la última fecha su densidad aumento. En conclusión se puede mencionar que este tipo de biorremediación podría ser una alternativa de descontaminar el suelo con hidrocarburo y además más accesible en cuanto a costos.

Palabras clave: biorremediación, sustrato, diésel, humus

Introducción. La contaminación por hidrocarburos se produce por su liberación accidental o intencionada en el ambiente, provocando efectos adversos sobre el hombre o sobre el medio, directa o indirectamente. La contaminación involucra

todas las operaciones relacionadas con la explotación y transporte de hidrocarburos, que conduce inevitablemente al deterioro gradual del ambiente afectando en forma directa al suelo, agua, aire, fauna y flora. En particular los hidrocarburos son parte elemental de los procesos industriales modernos, provocando que aumenten las posibilidades de contaminación por su derrame en el suelo. La contaminación del suelo por hidrocarburos origina que este componente llegue a los mantos acuíferos, deteriorando la calidad del agua ahí presente, la cual en la mayoría de los casos es fuente de abastecimiento para las poblaciones aledañas, además de su uso agrícola. Cabe mencionar también que las propiedades fisicoquímicas se vean afectadas en su composición provocando que los suelos se conviertan inertes. En México existen diferentes fuentes generadoras de contaminación por hidrocarburos principalmente las que se generan por actividades relacionadas con Petróleos Mexicanos (PEMEX), Comisión Federal de Electricidad (CFE) y Ferrocarriles Nacionales de México (FNM), además de considerar otras fuentes como son las actividades relacionadas con minería, y talleres mecánicos. Existen diferentes técnicas para la remediación de espacios contaminados, sin embargo la mayoría de estas resultan costosas, por lo que el uso de nuevas tecnologías y de menor costo para la remediación de sitios contaminados es necesario. Recientemente se han venido desarrollando estudios con lombrices epígeas para la remediación de suelos, la especie *Esenia foetida* debido a que se cultiva con facilidad, y por ser un macro organismo fuerte y con gran capacidad de tolerancia a los altos rangos de temperatura, humedad y potencial de acidez (Callaham et al., 2002). Schaefer y Filser (2007) se ha empleado como agente bioestimulador en la degradación de crudo obteniendo excelentes resultados. Hubálek et al. (2007), comprobaron que la *E. foetida* es un organismo resistente que puede ser utilizado para monitorear la ecotoxicidad de suelos contaminados con crudo durante el proceso de biorremediación, mediante la evaluación de su adaptación, mortalidad y reproducción (Geissen et al., 2008). Contreras et al. (2008), afirman que la aplicación de lombrices a un suelo contaminado con petróleo es una alternativa de detoxificación segura, amigable y económica para remover hidrocarburos aromáticos policíclicos del suelo.

Metodología. La ubicación del trabajo de investigación se instaló en el Laboratorio de Biología de la Universidad Politécnica de Durango, se aplicó un Diseño Completamente al Azar, con 3 tratamientos y 3 repeticiones además de un testigo, utilizando contenedores experimentales con una capacidad de 3 kg c/u. Haciendo un total de 9 unidades experimentales de suelo contaminado con hidrocarburos, proveniente de la composición de una mezcla de 2 kg de sustrato por la concentración de 1, 5, 10, 15% de diésel respecto a un litro (50, 100 y 150 mL) más materia orgánica, que sirvió como un producto estabilizador e inocuo, en la

acción de microorganismos (bajo condiciones aeróbicas y anaeróbicas) además se utilizó un testigo, que solo tenía sustrato de suelo y materia orgánica.(Tabla 1).

Tabla 1. Combinaciones de los 3 tratamientos del experimento y un testigo

Tratamiento	Concentraciones				
	0% (0 mL)	1% (10 mL)	5% (50 mL)	10% (100 mL)	15% (150 mL)
Ttestigo	3				
T1		3	3		
T2				3	
T3					3

Para analizar la sobrevivencia y adaptabilidad de la lombriz roja californiana se realizó un precomposteo con sustrato de suelo natural arcilloso limoso, materia orgánica (hojas secas) y las concentraciones de diésel (Tabla 1) durante 25 días para minimizar la concentración y posteriormente se sembró la lombriz roja. Para realizar el control de producción se consideraron cuatro tiempos (19 de septiembre, 19 de octubre, 19 de noviembre y 19 de diciembre) por un periodo de 3 meses, iniciando 01 septiembre con el precomposteo y siembra de 10 lombrices por contenedor y terminando en diciembre del 2017. Mensualmente y durante el periodo de vermicompostaje, se obtuvieron muestras de 100 g de los sustratos ensayados (de cada tratamiento y repetición) para su evaluación química, los parámetros que se tomaron fue el número de lombrices vivas y muertas, se determinó el peso, grado de desarrollo y presencia de clitelo así como el número de cápsulas producidas para esta investigación solo se consideró la sobrevivencia. El sustrato de cada muestra pote fue volcado en una bandeja, las lombrices y cápsulas separadas manualmente.

Para realizar el análisis estadístico determinaron las diferencias significativas entre tratamientos durante el tiempo de estudio utilizando el análisis de varianza.

Para adaptar a la lombriz roja también se consideró algunas características del suelo y condiciones de adaptabilidad de la lombriz como fue la humedad del sustrato, el pH y conductividad eléctrica esta se midió solo en las fechas de control. Para medir humedad se consideró el método convencional, la extracción de la muestra y el pesado del peso húmedo y el peso seco el cual se obtuvo cuando la muestra se colocó en una estufa secado marca Novatech a una temperatura de 90°C para obtener el peso seco y posteriormente se pesó la muestra seca una balanza analítica de precisión digital de la marca OHAUS y utilizando la siguiente fórmula para obtener el porcentaje de la humedad de la muestra.

$$\%H = \frac{P_i - P_F}{P_i} \times 100 \quad (1)$$

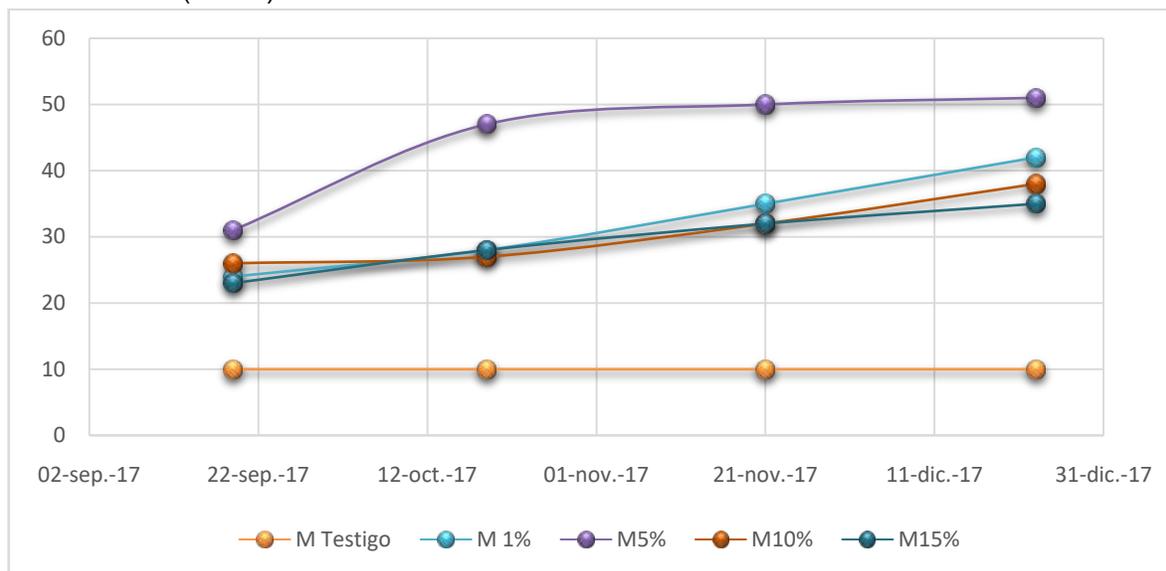
Donde: %H= al porciento de la humedad, Pi= peso inicial y Pf= peso final

Para la medición de pH del suelo se utilizó agua destilada con pH 6,5 y conductividad 6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y un potenciómetro marca Altronix, modelo TPX-II. El electrodo se calibró con soluciones buffer comerciales de pH 4 y 7. Para conductividad eléctrica obtuvo una muestra de 40 g de suelo seco y colocó en un recipiente de plástico y se agregó agua destilada con la bureta y mezcló con una espátula hasta saturación, través de la bomba de vacío se obtuvo el extracto de suelo, para calibrar el conductímetro se utilizó con una solución estándar para esto se requiere de dos soluciones de KCl, 0.1 N y 0.01 N.

Resultados

Durante la primera siembra de la lombriz roja californiana en las diferentes concentraciones de murió, debido a factores relacionados con el pH, conductividad del suelo y la concentraciones de hidrocarburo, sin embargo se realizó una resiembra y otro precomposteo para mantener optimo el medio de reproducción de lombriz roja. Para esto se esperó un periodo de 25 días. Posteriormente los resultados fueron más alentadores en los que se muestra en los resultados que la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida sp*) en la concentración de 5% (50 mL) de hidrocarburo(diésel) se adaptaron mejor al medio resultando un crecimiento estable hasta la última fecha de control, respecto a las concentraciones del 1% (10mL), 10% (100mL) y 15% (150 mL). En el que menos sobrevivieron fue en la concentración de 15%, sin embargo en la última fecha su densidad aumento, los factores que determinaron la sobrevivencia esta relacionada con la aireación, la volatilización y con la cantidad de materia orgánica mezclada en cada una de los tratamientos. (Gráfica 1). Vera (2013), menciona que la biorremediación de los suelos contaminados usando lombriz de tierra y plantas parece ser una tecnología rentable y ambientalmente amigable. La lombriz de tierra mejora la estructura del suelo, contribuye a la descomposición de la materia orgánica y mejora el ciclo de nutrientes, además juega un papel clave en la evaluación del riesgo eco-toxicológico terrestre.

Grafica1. Supervivencia de la lombriz roja californiana con diferentes concentraciones de hidrocarburo (diésel)



En *Eisenia foetida*, el número promedio de individuos por concentración es inferior al reportado por otros autores como Lofs-Holmin 1985; Leon y col. 1992, quienes encontraron un promedio de 2 a 4 lombrices por muestra con un rango de 1 a 7 individuos para especies del género *Eisenia* cultivadas en sustratos óptimos para el desarrollo de estos organismos. Para los tratamientos seleccionados en este estudio el rango varió de 1 a 4 individuos eclosionados, siendo estos resultados similares a los obtenidos por Matusevičiūtė y Eitminavičiūtė, (2005) quienes observaron un descenso en el promedio de individuos expuestas a Cd con un rango de 2.7 a 3.3 lombrices por muestra. Cabe mencionar que muchos investigadores han concluido que las lombrices se adaptan al medio contaminado por hidrocarburo, Tejada y col. 2008, mencionan que el proceso de vermicompost favorece la biodegradación de los hidrocarburos sin la adición a materia orgánica o con adición materia orgánica, al igual que debido a que también permiten el crecimiento microbiano. En los resultados de la Tabla 2, se muestra el valor p es menor que el nivel de significancia de 0.05, usted puede concluir que existen diferencias significativas en la supervivencias de la lombriz roja californiana en las cuatro concentraciones de hidrocarburo (1, 5, 10 y 15%). La supervivencia de las lombrices en las diferentes concentraciones tiene medias diferentes. En la Tabla 2

Tabla2. Análisis de varianza

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad
Entre grupos	52.942	3	17.647	6.078	0.000619
Dentro de los grupos	441.282	152	2.903		
Total	494.224	155			

En lo que respecta a la conductividad, pH y humedad estas variables se trataron de mantener un control adecuado, cuando inicio el precomposteo el pH se mantuvo entre 8.16, la humedad relativa en 86% y la conductividad eléctrica en 2.1 ds^{-1}/m y temperatura del suelo de 20⁰C. Los valores de estas variables durante el periodo de control de crecimiento poblacional de la lombriz se mantuvieron de la siguiente manera (Tabla 3 y Tabla 4).

Tabla 3. de medición de variables en el suelo

Por ciento de hidrocarburo	19 de septiembre de 2017			19 de octubre de 2017			19 de noviembre de 2017			14 de diciembre de 2017		
	pH	Cond	%H	pH	Cond	%H	pH	Cond	%H	pH	Cond	%H
1% (10mL)	7.2	1.5	85	7.4	1.9	85	7.6	2	85	7.8	2.3	80
5% (50 mL)	6.4	1.6	85	6.5		85	6.9		85	7.5		80
10% (100mL)	6		85	6		85	6.5		85	7.3		80
15% (150mL)	5.8		85	6.1		85	6.3		85	7.1		80

Tabla 4. Conductividad eléctrica de las muestras de suelo (ds^{-1}/m)

Por ciento de hidrocarburo	19 de septiembre de 2017	19 de octubre de 2017	19 de noviembre de 2017	14 de diciembre de 2017
1% (10mL)	2.1	2.3	2.5	2.5
5% (50 mL)	1.5	1.4	2.1	2.1
10% (100mL)	1.5	1.6	1.7	1.9
15% (150mL)	1.3	1.4	1.4	1.6

Los valores de pH, temperatura y humedad del sustrato y/o medio usado para la adaptabilidad de la lombriz fueron óptimos para mantener la supervivencias (57–70%) de las lombrices durante todo el bioensayo. Estos valores se encuentran en el rango de lo permisible según lo señalado por otros autores (Toccalino y col. 2004; Ghyasvand y col. 2008), ellos mencionan que las lombrices necesitan un medio aproximadamente neutro para vivir y aunque existen especies eurialinas, la mayoría de ellas toleran un rango estrecho de pH. Un pH neutro de ~7 es el óptimo para el desarrollo de las lombrices, en la Tabla 5 se muestran algunos parámetros esenciales en la supervivencia de la Lombriz roja (*Eisenia foetida*) de acuerdo a estos investigadores.

Tabla5. rangos de la supervivencia de lombriz roja

VARIABLES	muerte	letargo	Produce humus	Optimo crecimiento reproducción Prod. Humus	Produce humus	letargo	muerte
Temperatura (OC)	< 0	7	14	19-20	27	33	>42
Humedad(%)	<55	60	65	65-75	80	85	20
pH	<	6.5	6.8	7.5	8	8.5	9

Fuente Toccalino y col. 2004

La densidad poblacional ha sido estudiada por BOHLEN et al. (1995) en gusanos de tierra como *Lombricus terrestris* y *Aporrectodea tuberculata*, ellos mencionan que para controlar densidades poblacionales se tiene que considerar la humedad, tipo, pH y conductividad del suelo.

Conclusiones

A concentraciones de hidrocarburo no afectó de manera significativa el crecimiento y la reproducción de esta especie. Este hecho aunado a que las lombrices de tierra pueden bioacumular metales pesados en sus tejidos corporales, se convierten en un posible método alternativo económico y eficiente para la biorremediación de suelos contaminados con metales pesados. La mayor supervivencia de lombriz roja californiana se dio en la concentración de 5% (50 mL)

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Durango, por el apoyo otorgado para la realización de este trabajo de investigación

Literatura citada

Atiyeh R.M., C.A. Edwards, S. Subler, y J.D. Metzger. 2000. Earthworm processed organic wastes as components of horticultural potting media for growing marigold and vegetable seedlings. *Compost Sci. Util.* 8: 215–223.

Contreras-Ramos, S.M., Alvarez-Bernal, D., Dendooven, L., 2006. *Eisenia fetida* increased removal of polycyclic aromatic hydrocarbons from soil. *Environ. Pollut.* 141, 396–401.

Callahan MA, Stewart AJ, Alarcon C, McMillen SJ. Effects of earthworm (*Eiseniafetida*) and wheat (*Triticumaestivum*) straw additions on selected properties of petroleum contaminated soils. *Environ Toxicol Chem.* 2002;21:1658–1663. doi: 10.1002/etc.5620210817.

Ghyasvand S., H.A. Alikhani, M.M. Ardalan, G.R. Sarvaghebi y S. Hatami. 2008. Effect of Pre-thermocomposting on decrease of cadmium and lead pollution in vermicomposting of Municipal solid waste by *Eisenia fetida*. American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci. 4(5): 537-540.

León S., G. Villalobos, J. Fraile Y N. González. 1992. Cultivo de lombrices (*Eisenia foetida*) utilizando compost y excretas animales. Agron. Costarricense. 16(1):23-28.

Lofs-holmin a. 1985. Vermiculture. Uppsala, Swedisch University of Agriculture Science, Departament of Ecol. and Environ. Research. Report No. 20. 69 p.

Matusevičiūtė A. Y I. Eitminavičiūtė. 2005. Effects of different cadmium concentrations on survival, reproduction and adaptation of *Eisenia fetida californica*. Acta Zool Lituanica. 15(4): 361-369

Saefer M, Filser J. The influence of earthworms and organic additives on the biodegradation of oil contaminated soil. Appl Soil Ecol. 2007;36:53–62. doi: 10.1016/j.apsoil.2006.11.002. [\[Cross Ref\]](#)

Toccalino P.A., M.C. Agüero, C.A. Serebrinsky y J.P. Roux. 2004. Comportamiento reproductivo de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) según estación del año y tipo de alimentación. Rev. Vet. 15(2): 65-69.

23

La biomasa del bacterioplancton: Un indicador del estado trófico del agua de la laguna de Sontecomapan, Veracruz

*María Jesús Ferrara-Guerrero¹, José Roberto Angeles-Vázquez¹, María Guadalupe Figueroa-Torres¹,
María Elena Castellanos-Páez¹ y Rosario Clara Vargas-Solís¹

¹Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. Departamento El Hombre y su Ambiente.
Calzada del Hueso 1100. Col. Villa Quietud. 06090 Ciudad de México. robertoangeles@gmail.com

Los microorganismos acuáticos son reconocidos por jugar un papel esencial en la ecología de los ambientes naturales en los que habitan, y sus formas de vida están expuestas a condiciones ambientales diferentes a los que habitan en el medio terrestre. Entre las principales actividades mediadas por microorganismos en los ecosistemas costeros destaca la degradación y mineralización de la materia orgánica particulada (MOP), enriqueciendo con nutrientes orgánicos e inorgánicos la columna de agua y los sedimentos (Mendoza et al. 2002).

La función de la comunidad bacteriana heterótrofa, así como algunas de sus características fisiológicas (velocidad metabólica, tasa de producción y eficiencia en la utilización y regeneración de nutrientes), son procesos importantes que gobiernan el funcionamiento biogeoquímico de los ecosistemas (Jepsem y Winemiller, 2002).

La actividad de la comunidad bacteriana en estos ambientes está controlada principalmente por: a) factores físicos externos (temperatura, intensidad de luz, etc.); b) presencia de sustancias biogénicas en el agua y las condiciones de su aportación; c) el sedimento; y d) fuentes externas (entrada de ríos, precipitación atmosférica, contaminación orgánica e inorgánica, intercambio de aguas entre las bocas, ríos y zonas intermareales) (Leonov y Chicherina, 2009).

En las redes tróficas el papel de las bacterias es muy importante ya que participan en las interrelaciones entre la estructura de una comunidad ecológica, su estabilidad y los procesos que ocurren dentro de un ecosistema, permitiendo mapear el flujo de materiales y nutrientes (De Ruiter et al. 2005).

Sin embargo, el acelerado aumento de la población humana así como las actividades económicas agropecuarias, turísticas, entre otras muchas que se llevan a cabo en los ecosistemas acuáticos costeros, han ocasionado la eutrofización que consiste en el enriquecimiento natural o artificial de nutrientes, principalmente de N, P y materia orgánica. Esto indica problemas de contaminación y deterioro en la calidad del agua, teniendo como consecuencia una proliferación de fitopláncton y de plantas acuáticas, simplificación de las tramas tróficas, mortandad de peces y pérdida de valor para su conservación (Rodríguez, 2011).

De lo anterior surge la necesidad de evaluar y predecir cambios adversos en ambientes acuáticos que indiquen variabilidad del estado trófico, ya que hasta ahora los principales indicadores de eutrofización han sido las elevadas concentraciones de P y N relacionadas con una elevada producción primaria y bajas concentraciones de oxígeno disuelto. En ecosistemas acuáticos mexicanos, la información sobre la relación de la producción de biomasa bacteriana con los cambios en los niveles tróficos en ecosistemas acuáticos naturales es escasa, y es por ello que en esta investigación se determinó la relación en la variabilidad de la biomasa del bacterioplancton heterótrofo y el estado trófico en la laguna de Sontecomapan, Veracruz.

Metodología

Se realizó un estudio hidrobiológico que abarcó cuatro muestreos en dos temporadas del año (lluvias y secas) en la laguna de Sontecomapan en el estado de Veracruz, en los meses de enero (J1-1), marzo (m) septiembre (s) de 2009 y enero (j-2) de 2010.

La laguna pertenece a la región de la cuenca que forman el volcán de San Martín Tuxtla y la Sierra de Santa Martha en Veracruz. Es una laguna pequeña de origen tectónico, con forma irregular y una extensión aproximada de 12 km de largo por 1.5 km de ancho, se comunica permanentemente con el mar a través de un canal angosto. Tiene 1.5 m de profundidad promedio y 2 m de profundidad en los canales. Existen diversos afluentes distribuidos en diferentes puntos de la laguna que aportan agua dulce y el efecto de los ríos está estrechamente relacionado con las condiciones y variaciones climáticas de la región, que son del tipo cálido-húmedo con lluvias en verano y parte del otoño. Se observa un gradiente de salinidad decreciente de la barra hacia la zona sur donde se encuentra la desembocadura del río Coscuapan (González-Fierro et al. 1994) (figura 1).

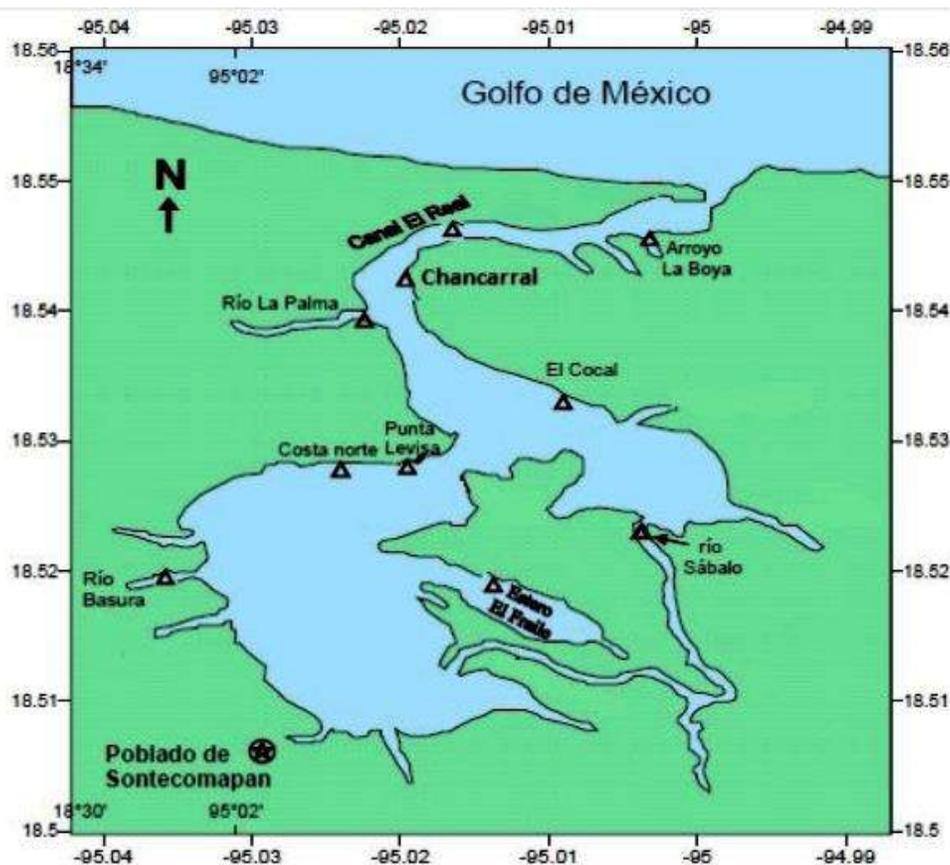


Figura 1. Localización de las estaciones de muestreo en la laguna de Sontecomapan (Veracruz).

En cada estación de muestreo se midió la profundidad y transparencia con un disco de Secchi, la temperatura del agua de superficie y fondo con un termómetro de cubeta; el

pH con un potenciómetro (Conductronic modelo pH10); la salinidad con un refractómetro (Atago ATC-S/Mill-E); la concentración de oxígeno por el método de Winkler (Aminot y Chaussepied, 1983).

El fósforo total se calculó por el método de digestión con persulfato, el carbono orgánico total y nitrógeno total utilizando kits específicos para espectrofotómetro HACH®. Las concentraciones de nitritos y amonio ($N-NO_2^-$, $N-NH_4^+$) se calcularon por los métodos colorimétricos de Aminot y Chaussepied (1983). Los nitratos ($N-NO_3^-$) fueron determinados con el método descrito por Wood et al. (1967).

La determinación de la biomasa bacteriana heterótrofa se hizo por conteo celular directo utilizando un microscopio de epifluorescencia Olympus BX-60 de acuerdo a Herbert (1990) y Aparicio-Osorio (2009), y el fluorocromo 4'-6-diamino-2-fenilindol (DAPI). Para el cálculo de la biomasa bacteriana heterótrofa de la columna de agua se calculó el volumen celular y se utilizó el factor de conversión volumen:carbono propuesto por Lee y Fuhrman (1987).

Para la concentración de clorofila *a* la muestra fue obtenida por filtración a través de un filtro Whatman GF/F de 25 mm de diámetro con un poro nominal de 0.7 μm . Los pigmentos fueron extraídos mediante solución de acetona al 90% y su concentración se determinó por el método espectrofotométrico descrito por Barreiro-Güemes y Signoret-Poillon (1999).

Se realizó un análisis estadístico multivariado de correspondencia canónica para determinar la influencia de las variables físicas y químicas sobre la distribución de la biomasa, utilizando el programa MVSP 3.22®, el loge para la transformación de los datos y la regla de Kaiser para la extracción (Kovach, 1999).

Resultados y discusión

En las diferentes temporadas estudiadas la temperatura no mostró cambios significativos entre el agua de fondo y el agua de superficie; en general el pH mostró valores de neutralidad; la salinidad fue significativamente mayor en el agua de fondo que en la superficie, siendo mayores en los meses de marzo y septiembre y claramente menores en el mes de enero; en los meses de enero el agua se encontró subóxica con valores de entre 3.5 y 4.8 $mg O_2 L^{-1}$ (tabla 1).

Tabla 1. Variación en los valores de temperatura, pH, salinidad, oxígeno disuelto y clorofila *a* en agua de superficie y fondo en las diferentes temporadas de estudio.

Superficie	T (°C)	pH	S (UPS)	O ₂ (mg L ⁻¹)	Chl a (mgL ⁻¹)
J1-1	24.0	7.4	2.16	3.9	1.28
m	24.3	7.3	17.9	5.6	0.97
s	24.9	7.3	17.9	5.6	0.78
J-2	24.6	8.1	11.0	4.8	1.67
Fondo	T (°C)	pH	S (ppm)	O ₂ (mg L ⁻¹)	Chl a (mgL ⁻¹)
J1-1	23.7	7.1	5.6	3.5	1.92
m	24.7	7.4	22.5	5.5	0.35
s	25.7	7.4	22.5	5.5	0.47
J-2	25.6	7.7	17.0	4.7	1.87

Las concentraciones de las diferentes formas de nitrógeno inorgánico en la columna de agua variaron según la temporada de muestreo, en marzo, septiembre 2009 (m, s) y enero (J-2) 2010; los $N-NO_2^-$ no variaron considerablemente entre el agua de superficie y de fondo, no sucediendo lo mismo en enero 2009 donde los valores de nitritos fueron 10 veces mayores debido a los fuertes vientos del norte que hubo ese año y que por las bajas profundidades existentes en la laguna removieron los sedimentos enriqueciendo las aguas superficiales con nitritos y amonio. Las mayores concentraciones de nitratos fueron observadas en agua superficial durante la temporada de Nortes 2009 con promedio de $0.56 \pm 0.21 \text{ mg L}^{-1}$ por las escorrentías provenientes de las zonas altas agropecuarias, al igual que en el agua de fondo en los meses de septiembre (2009) y enero de 2010 con promedio de $0.56 \pm 0.28 \text{ mg L}^{-1}$. Las concentraciones de Nitrógeno en forma de amonio fueron las más altas en ambos sustratos, pero en agua de fondo los valores promedio de $1.6 \pm 0.47 \text{ mg L}^{-1}$ fueron el doble que las obtenidas en agua de superficie (figura 2).

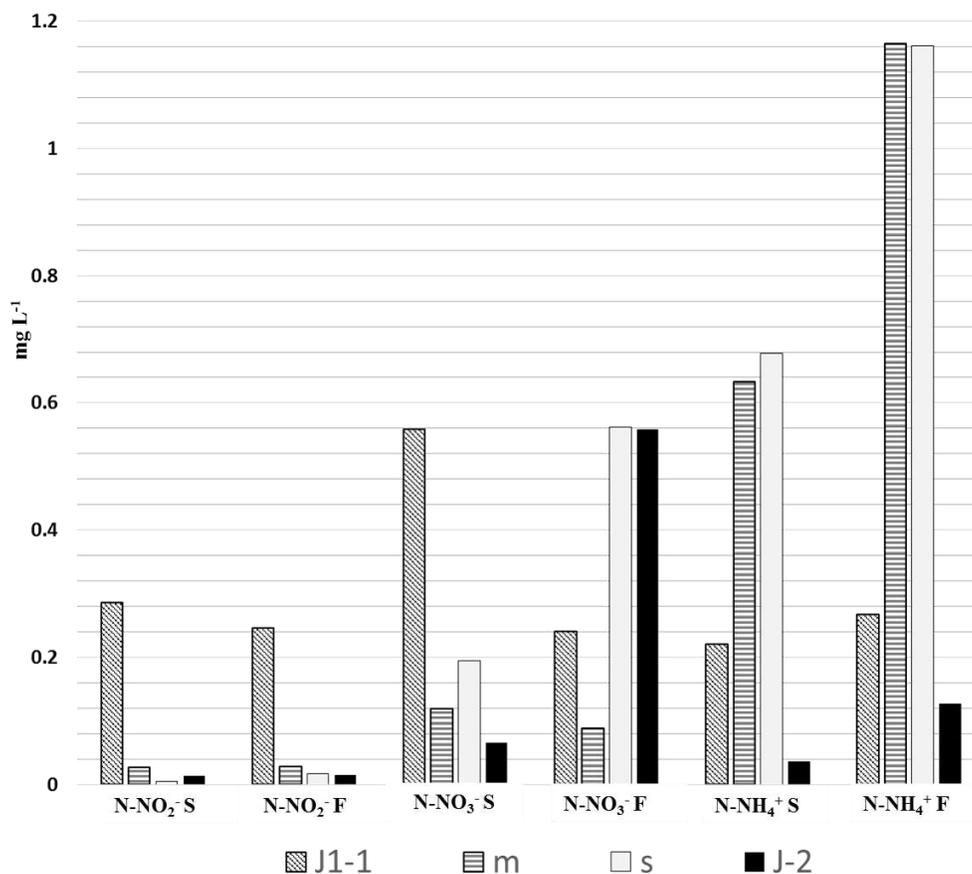


Figura 2. Promedios de las concentraciones de compuestos de nitrógeno de las cuatro temporadas estudiadas en el agua de superficie (S) y agua de fondo (F).

En general, se observó que las concentraciones promedio de ortofosfatos (PO_4^{2-}) en todas las temporadas del año fueron considerablemente mayores a las de los compuestos nitrogenados (N-NO_2^- en S: $0.08 \pm 0.13 \text{ mg L}^{-1}$ y en F: $0.08 \pm 0.10 \text{ mg L}^{-1}$; N-NO_3^- en S: $0.29 \pm 0.28 \text{ mg L}^{-1}$ y en F: $0.46 \pm 0.29 \text{ mg L}^{-1}$; el N-NH_4^+ presentó concentraciones promedio más altas en S: 0.39 ± 0.4 y en F: $0.68 \pm 1.2 \text{ mg L}^{-1}$), presentando los valores promedio más altos en época de Nortes (4.32 mg L^{-1} en enero 2010 y 6.22 mg L^{-1} en enero 2009) (figura 3).

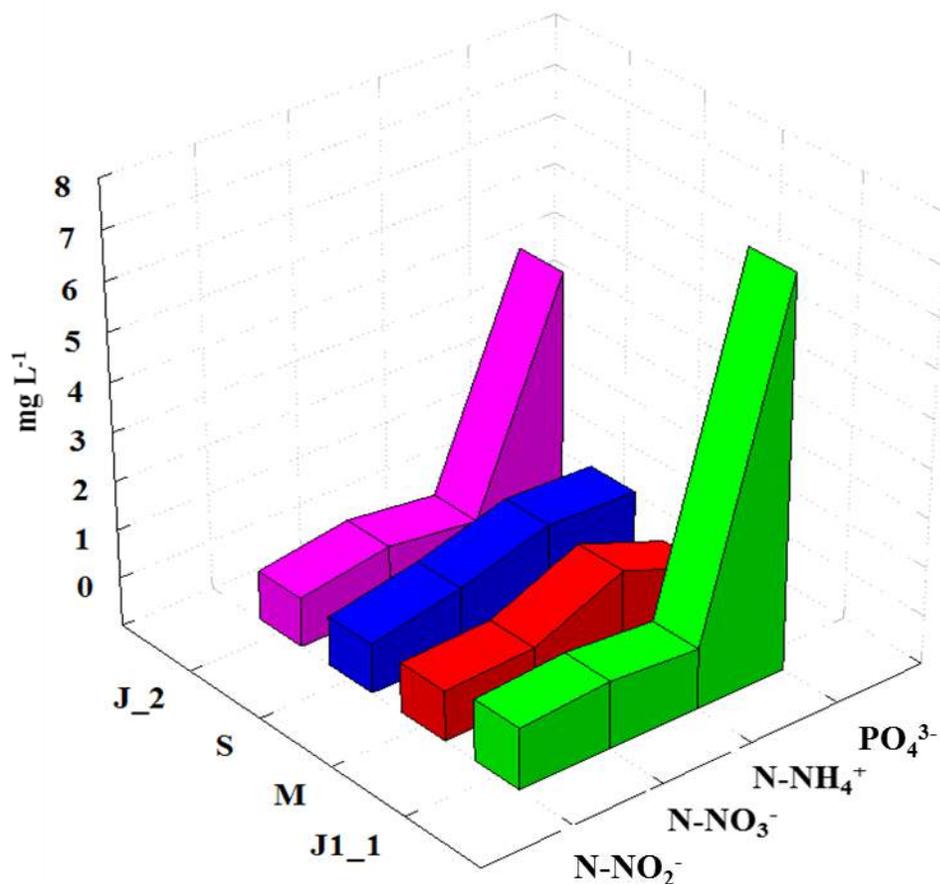


Figura 3. Concentraciones promedio de formas nitrogenadas inorgánicas y ortofosfatos en la columna de agua durante las diferentes temporadas estudiadas.

Las estaciones de muestreo Costa Norte, el Real, la Boya, el Sábalo y el Chancarral fueron aquellas con más altas concentración de estos nutrientes. Con respecto a la producción de biomasa del bacterioplancton (figura 4), se observó que el valor promedio fue mayor en agua de fondo ($7.96 \pm 0.11 \mu\text{gC L}^{-1}$) que en agua de superficie ($7.2 \pm 0.11 \mu\text{gC L}^{-1}$). Los valores más altos se registraron en el agua de fondo de las estaciones con influencia marina (el Chancarral $10 \mu\text{gC L}^{-1}$ y la Boya $13.6 \mu\text{gC L}^{-1}$) y en el agua de superficie de la estación de muestreo ubicada en la desembocadura del río

la Palma ($13 \mu\text{gC L}^{-1}$), se observó también una correlación positiva con las altas concentraciones de clorofilas ($r=0.8$) y el amonio ($r=0.84$).

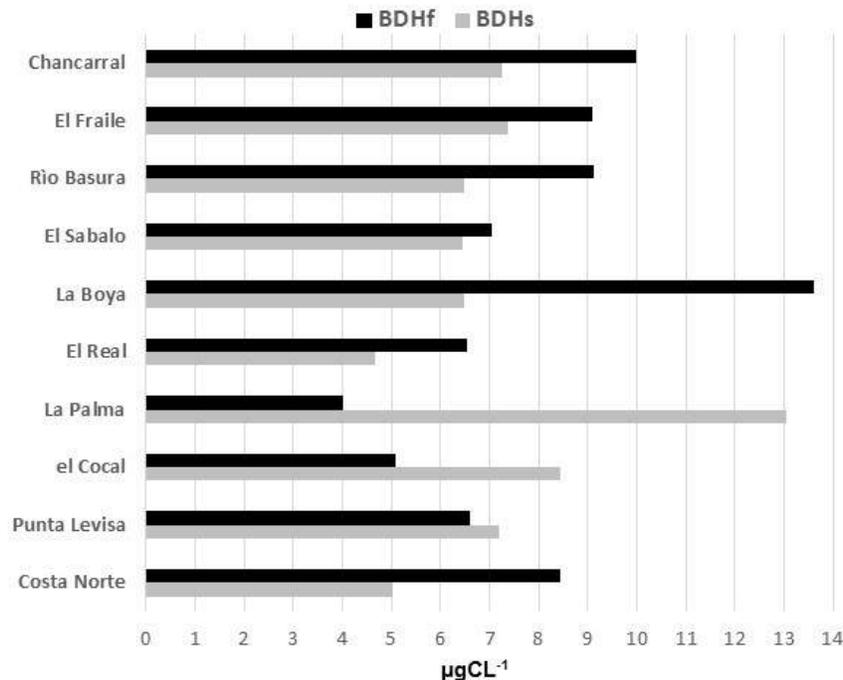


Figura 4. Variación de los promedios de las concentraciones de biomasa del bacterioplancton heterótrofo en las diez estaciones muestreadas en el agua de superficie (BDHs) y agua de fondo (BDHf) y durante las 4 temporadas estudiadas.

Tomando en cuenta que en los ecosistemas eutrofizados las concentraciones de fósforo total no deben ser superiores a 0.1 mg L^{-1} (Smith, 2003), la laguna de Sontecomapan se encontraba en un estado hipertrófico en el momento de la investigación ya que los valores promedio de P total en el agua de superficie y de fondo rebasaron por mucho estos valores (2.79 mg L^{-1} en superficie y de 6.95 mg L^{-1} en fondo) (figura 5).

Esto aunado a lo reportado por Pulido-López y Pinilla-Agudelo (2017) quienes reportaron que en un humedal natural valores de 0.05 mg L^{-1} de NO_3^- y de 0.025 mg L^{-1} de NH_4^+ son las concentración máximas para pasar a un índice hipertrófico; en nuestra investigación se puede observar en la figura 2 y 3, que en todos los casos se rebasan estos valores para ambos nutrientes ya que se obtuvieron concentraciones de hasta 0.83 mg L^{-1} de N-NO_3^- y de 2.77 mg L^{-1} de N-NH_4^+ en el agua de fondo.

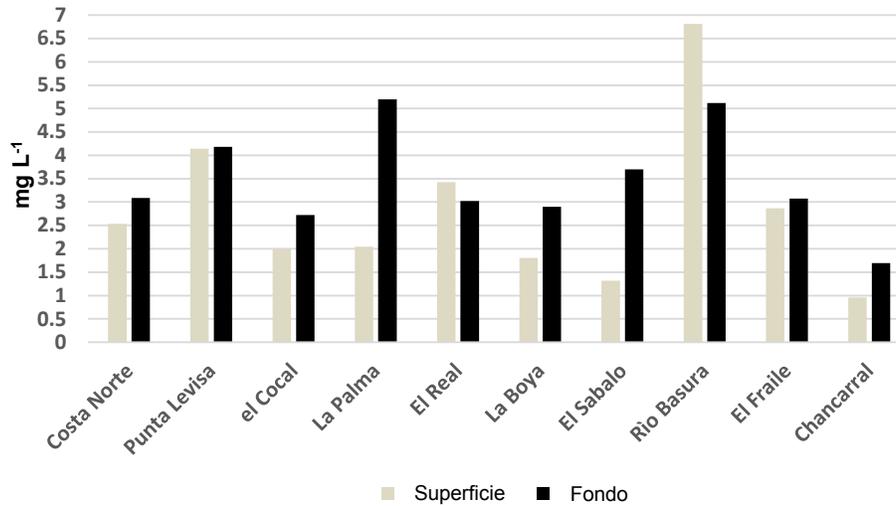


Figura 5. Variación de los promedios de las concentraciones de fósforo (P) total de las diferentes temporadas y en las diferentes estaciones de muestreo y durante las 4 temporadas estudiadas.

El análisis de correspondencia canónica evidenció una relación entre las altas concentraciones de N-NO_3^- , N-NH_4^+ y de P total y las altas concentraciones de la biomasa del bacterioplancton, principalmente en el agua de fondo en donde la carga de nutrientes es mayor (figura 6); por ello podemos considerar que la biomasa del bacterioplancton heterótrofo es un buen indicador del estado trófico del ecosistema.

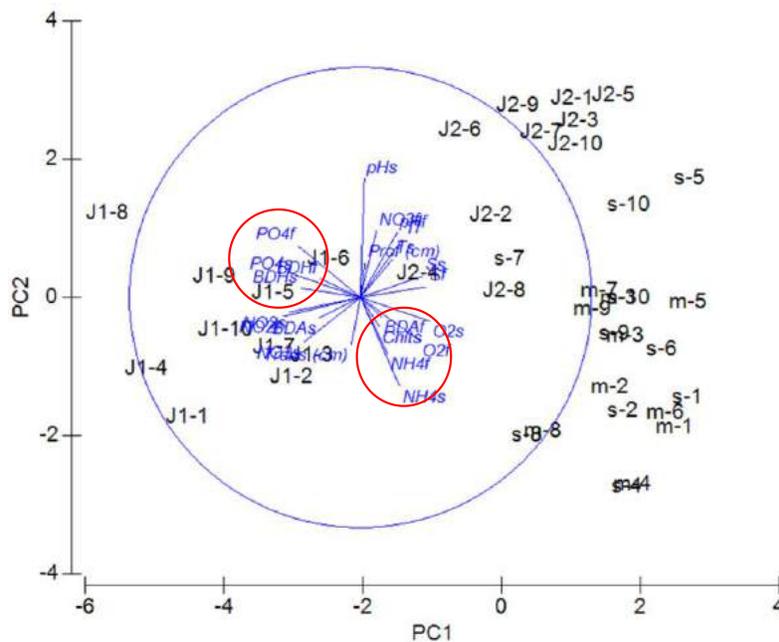


Figura 6. Análisis de correspondencia canónica que muestra la relación de la biomasa bacteriana heterótrofa (círculos rojos) con las concentraciones de N-NO_3^- , N-NH_4^+ y P total.

En conclusión, los resultados obtenidos sugieren que los incrementos de la biomasa bacteriana heterótrofa se deben al suministro de nutrientes de origen natural y que éste es determinado por las condiciones hidrográficas del sistema y por la actividad mineralizadora de la población bacteriana heterótrofa. Igualmente, sugieren que la biomasa bacteriana heterótrofa puede ser utilizada como indicador trófico en evaluaciones de calidad de agua y su estudio podría ser utilizado en el monitoreo y gestión en otros recursos acuáticos debido a que responden a gradientes físicos y químicos del ambiente. Aunque el bacterioplancton ha sido poco estudiado, cada vez se reconoce más su papel en los procesos metabólicos de los ecosistemas acuáticos.

Literatura citada

- Aminot, A. & M. Chaussepied. 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. CNEXO, Éditions Jouve, Paris, France, 395 p.
- Barreiro-Güemes, M.T & M. Signoret-Poillon. 1999. Productividad primaria en sistemas acuáticos costeros. Métodos de evaluación. Colección de Libros de Texto, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. México, D.F. 81 p.
- Aparicio-Osorio, O. 2009. Contribución de las bacterias fotótrofas rojas no sulfuradas a la producción primaria y caracterización de pigmentos en la laguna de Sontecomapan, Veracruz. Tesis de Maestría. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Universidad Autónoma Metropolitana. 103 p.
- De Ruiter, P.C., W.V. Volkmar & J. Moore. 2005. Dynamic food webs: Multispecies assemblages, ecosystem development, and environmental change. *Science* 269(5228):1257-60.
- González-Fierro, B.A., F.S. Vázquez & V.G. Villanueva. 1994. Presencia de metales en sedimentos recientes y organismos de la laguna Sontecomapan, Veracruz, México. *Hidrobiológica* 4(1-2): 35-43.
- Herbert, RA. 1990. Methods for enumerating microorganisms and determining biomass in natural environments. En Grigorova, R. & J.R. Norris (eds). *Methods in Microbiology*. Vol. 22. Academic Press. USA. p. 628
- Jepsen, D. B & K. O. Winemiller. 2002. Structure of tropical river food webs revealed by stable isotope ratios. *Oikos* 96: 46–55.
- Kovach, W.L. 1999. MVSP - A Multivariate Statistical Package for Windows, ver. 3.1. Kovach Computing Services. Pentraeth, Wales, UK. 133p.
- Leonov, A.V. & O.V. Chicherina. 2007. Biomass development and microorganism. Production formation at lower trophic levels in the Caspian Sea Ecosystem: Analysis of mathematical modeling results. *Resources* 36(2): 177-197.
- Lee, S. & J.A. Fuhrman. 1987. Relationship between biovolume and biomass of naturally derived marine bacterioplankton. *Applied and Environmental Microbiology* 53(6): 1298-1303.
- Mendoza, YG., Pérez, T & M. G. Lugioyo. 2002. Bacterioplancton de aguas oceánicas al norte de Cuba: distribución espacial. *Revista de Investigación Marina*. 23(1):27-34.
- Pulido-López, O.C & G. A. Pinilla-Agudelo. 2017. Evaluación del estado trófico de El Salitre, último humedal urbano de referencia en Bogotá. *Revista Académica Colombiana de Ciencias* 41(158):41-50.

- Rodríguez, L. 2011. Estrategias para el control de la carga de nutrientes del Lago Rodó. Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales. Facultad de Ciencias, Universidad de la República. Uruguay.
- Smith, V. H. 2003. Eutrophication of freshwater and coastal marine ecosystems a global problem. *Environmental Science and Pollution Research* 10 (2):126–139.
- Wood E.D., F.A.J. Armstrong & F. A. Richards. 1967. Determination of nitrate in sea water by cadmium-copper reduction to nitrite. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 47: 23-31.

24

DETERMINACIÓN DEL CRECIMIENTO DEL *Arbutus xalapensis* (MADROÑO), A TRAVÉS CURVAS DE ALTURA-DIÁMETRO Y SU RELACIÓN DE DISPERSIÓN ESPACIAL MEDIANTE LA INTERPOLACIÓN POR EL VECINO MÁS CERCANO

F. de Jesús Rodríguez-Flores¹, María Estela Valenzuela Meraz²
Ingeniería en Tecnología Ambiental, Universidad Politécnica de Durango,
Carretera Durango-México Km. 9.5, C.P 34300, Durango, México
Correo: jesu_rgz@hotmail.com

Resumen. La especie *Arbutus xalapensis spp.*, ha sido poco estudiada por no ser una especie de importancia comercial de su madera, sin embargo juega un importante papel ecológico dentro del sistema bosque. El objetivo de esta investigación fue el definir un procedimiento para conocer la dinámica espacial de *Arbutus xalapensis spp.*, conocido como Madroño. En este contexto, se realizó un estudio para elaborar ecuaciones y tablas de volúmenes para *Arbutus spp.*, en los Ejidos “El Brillante” Pueblo Nuevo y Mimbres, Durango. Se realizó una medición global de las especies arbóreas, determinando para cada individuo su especie, posición, diámetro, altura total (h), diámetro de la copa (dc). La información recabada fue: número de individuos (N/ha), altura total promedio (h), diámetro promedio (d1, 3), área basimétrica (G/ha). Tales valores se establecieron tanto para la población como para los sitios de muestreo. Se ajustaron y compararon los modelos de Schumacher-Hall, Korsun, Parábola de 2^{do} grado y adicionalmente otros tres modelos de volumen. Para obtener el patrón de distribución del vecino más cercano se utilizó el Programa de ARC MAP 9.2 en el cual se usó la herramienta de Nearest-neighbor interpolation, este devuelve cinco valores: la distancia media observada, la distancia media esperada, el índice de vecino más próximo, la puntuación z y el valor p. Se incluyen también los valores de los estadísticos utilizados en la comparación de los modelos en la fase de ajuste (R^2 , EMC y el test F para $a = 0$ y $b = 0$) y en la de validación (R^2 y el test F para $a = 1$ y $b = 0$). Analizando los resultados del ajuste, se observa que los tres modelos se ajustaron al comportamiento en lo que respecta al coeficiente de determinación (R^2) y al EMC.

Palabras claves: Ecuaciones altura-diámetro, Modelos no lineales, Condición de sitio.

Introducción. El género *Arbutus xalapensis*, constituye un importante componente en algunos bosques templados del Hemisferio Norte. Se distribuye en bosques con condiciones de estación pobre. Su presencia se relaciona con especies de *Pinus sp* y *Quercus sp*, crece sobre la sombra y alcanza alturas de 5 a 6 metros y diámetros menores de 35, aunque se han presentado diámetros de 60 cm, esto depende de la calidad del sitio donde crece. La especie *Arbutus xalapensis* no tiene muchos referentes de estudios por ser una especie de poca importancia ecológica y económica, sin embargo juega un importante papel en el ecosistemas se puede considerar como una especie clave, almacena CO₂, tiene características maderables y podría usarse en la reforestación de áreas con disturbio. Por lo que el objetivo de este estudio fue determinar el crecimiento del *Arbutus xalapensis* (Madroño), utilizando curvas de diámetro-altura y estimar el patrón de dispersión

espacial a través de interpolación por el vecino más cercano con el fin de reconocer su distribución espacial dentro de un área forestal.

Metodología. Para este estudio de investigación se consideró realizar un muestreo completamente al azar para identificar áreas de crecimiento del *Arbutus xalapensis* en los ejidos “El Brillante” Pueblo Nuevo y Mimbres, Durango. Se delimitó una parcela, con una superficie de 20x20 metros de forma aleatoria, se marcaron los sitios en cuadrantes de la misma dimensión con muestreo sistemático al azar. Dentro del área de estudio se realizó una medición global de las especies arbóreas, determinando para cada individuo considerando la especie, posición geográfica diámetro, altura total (h), diámetro de la copa (dc). La información además se analizó el número de individuos (N/ha), altura total promedio (h), diámetro promedio (d1,3), área basimétrica (G/ha). En la estimación de los parámetros estructurales espaciales se utilizó el muestreo propuesto por Fuldner y Gadow en 1994. El sistema de muestreo consta de la medición de los 4 individuos próximos. La especie más próxima al punto de intersección se le denominó árbol-muestra. Partiendo de un punto al azar se ubicaron los sitios de muestreo, teniendo una distancia de 20 metros entre sitios. Para realizar este tipo de método se consideró lo siguiente:

- Se eligieron (n) puntos al azar
- Se midieron las distancias entre cada punto y el individuo más cercano (y_i).
- $D = (n-1) / \pi \sum y_i^2$.

Este es un estimador no sesgado, pero algunos autores utilizan simplemente $D = n / \pi \sum y_i^2$. (D es la distancia, n número de árboles)

El estimador se basa en el número de individuos contados (n, dividido por el área estimada que ocupan esos individuos).

Para determinar el valor promedio de la diferenciación diamétrica entre el i-avo árbol y su n próximos vecinos utilizando la siguiente ecuación:

$$TDni = \frac{1}{n} \sum (1 - rij) \dots \dots \dots (1)$$

Donde el Árbol-muestra i (i = 1,...m), próximos vecinos j (j = 1...n), donde: rij = d1,3 menor hasta d1,3 mayor.

El área basal es la superficie de la sección transversal del árbol. Se mide a 1.30 m de altura y se calcula por:

$$AB = 0.7854 d^2 \dots \dots \dots (2)$$

Para utilizar los modelos la relación Diámetro-Altura los sitios muestreados con *Arbutus sp.* Se consideró la altura de todos los individuos de la especie que se muestrearon utilizando las la variable DAP Como variable independiente para predecir la altura (Hush et al., 1982; Avery y Burkhart, 1994). Los modelos fueron ajustados a los datos usando técnicas de regresión basadas ordinarias lineales y no lineales en el programa de Excel. Para la estimación de la Curva diámetro altura se emplearon cuatro modelos matemáticos el de parábola de segundo grado, Korsun,

Schumacher y Logarítmico, permiten diferenciar precisión que cada uno muestra en los datos de esta investigación (Tabla 1).

Tabla 1.- Modelos Considerados para el ajuste de la Relación Diámetro Altura

Autor	Formula
Parábola de segundo grado	$h = a + b \cdot d + c \cdot d^2$
Korsun	$h = \text{EXP}(b_0 + b_1 \cdot \ln(d) + b_2 \cdot \ln(d)^2)$
Ecuación de Schumacher y Hall (1933)	$\ln VFU = \ln a + b \ln D + c \ln H$
Logaritmico	$h = \exp(a + b \cdot \ln(d) + c \cdot \ln^2(d))$

Donde h= altura, d= diámetro, a0, a1, b1 y b2=parámetros estadísticos, Ln= logaritmo natural, log= base 10, exp= exponente

Para aplicar los modelos de volumen en campo se realizó la medición del DAP, altura, Diámetro a la base y coberturas así mismo. Las variables dasométricas levantadas en campo fueron capturadas en una hoja de cálculo de Microsoft Excel, para posteriormente calcular los respectivos volúmenes. Para el cálculo del volumen se utilizó la fórmula siguiente:

$$V = D^2 \cdot h \cdot 0.7854 \cdot 0.6 \dots \dots \dots (3)$$

Dónde:

V= Volumen en m³

D= Diámetro normal en m

h= Altura en m

0.6 = Coeficiente mórico

Y los modelos para obtener el volumen de los arboles sin considerar la forma del árbol se utilizaron las siguientes ecuaciones propuestas por Tapia y Nívar (2007):

Tabla 2.- Tabla de Modelos de Volumen

Modelo	Formula
Modelo 1	$V = 0.014916 + 0.00004 \cdot (D^2 \cdot H^2)$
Modelo 2.	$V = \text{EXP}(-9.4347 - 0.8857 \cdot \ln(H^2 \cdot D^2) + 1.4955 \cdot \ln(H^2 \cdot D^2))$
Modelo 3	$V = 0.020842 - 0.000044 \cdot (H^2 \cdot D^2) + 0.00004 \cdot (H^2 \cdot D^2)$

Donde V=volumen, D=diámetro, H=ALTURA, E= Exponencial, LN=logaritmos naturales

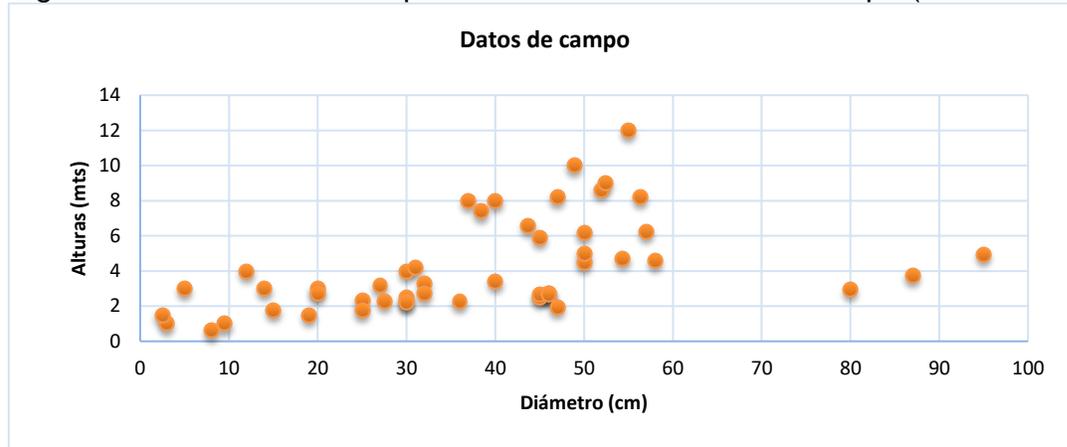
Para obtener el patrón de distribución del vecino más cercano se utilizó el Programa de ARC MAP 9.2 en el cual se usó la herramienta de Nearest-neighbor interpolation, este devuelve cinco valores: la distancia media observada, la distancia media esperada, el índice de vecino más próximo, la puntuación z y el valor p. El índice de Vecino más próximo se expresa como la relación entre la distancia media observada y la distancia media esperada. La distancia esperada es la distancia promedio que hay entre vecinos en una distribución hipotética aleatoria. Si el índice es menor que 1, el patrón exhibe clustering; si el índice es mayor que 1, la tendencia es la dispersión o la competencia.

Resultados y discusión. En la selección de sitios se determinaron cuatro sitios para el ejido el Brillante en el cual se consideraron en total 34 individuos, por sitio el número fue poco relevante ya que solo se localizaron de manera al azar dentro del sitio 4 a 10 individuos de la especie *Arbutus xalapensis*, en este muestreo se

consideró la relación altura diámetro, se localizaron individuos con diámetros mayores a 50 cm y alturas hasta de 12 metros.

En la Figura 1 se muestra la relación encontrada entre las variables mencionadas en los dos ubicaciones de muestreo: El Brillante y Mimbres.

Figura1. Tendencia del comportamiento de los datos de campo (diámetro-altura)



El análisis de los cálculos estadísticos más comunes; en este contexto, fue la capacidad de ajuste se analizó a partir de cuatro estadísticos utilizados con frecuencia durante la generación de modelos forestales (según Prodan *et al.*, 1997; Gadov y Hui, 1999; Castedo y Álvarez, 2000; Diéguez *et al.*, 2003; Corral-Rivas *et al.*, 2007): Raíz del Error Medio Cuadrático, error de desviación estándar (SEE) y SEE%. En la Tabla 4 se observan los estadísticos de diagnóstico usados para probar la bondad de ajuste de los modelos encontrados.

Tabla 3: Estadísticos para comparar los modelos matemáticos de la curva diámetro-altura

Tipo de ecuación	Ecuación	Ajuste de la ecuación curvas de diámetro-altura para madroño
Parábola de segundo grado	$h = a + b \cdot d + c \cdot d^2$	$3.237485 + 0.588903 \cdot (d) + 0.005423 \cdot (d^2)$
Korsun	$h = \frac{\text{EXP}(b_0 + b_1 \cdot \ln(d) + b_2 \cdot \ln(d)^2)}{\ln(d)^2}$	$\text{EXP}(0.97179 + 30.44 \cdot \text{LN}(d) + 14.96 \cdot \text{LN}(d^2))$
Ecuación de Schumacher	$H = A \cdot \text{Exp}(-b/d)$	$\text{EXP}(2.138222 + 0.020104 \cdot (d-1))$
Logarítmico	$h = \exp(a + b \cdot \text{Ln}(d) + c \cdot \text{Ln}^2(d))$	$7.72 + 6.92669 \cdot \text{LN}(d^2)$

El Modelo Logarítmico se ajustó a la curva de diámetro altura, este modelo predice alturas muy altas en diámetros muy pequeños, en donde muchas de las veces el diámetro de copa es mayor al tronco principal y al diámetro de pecho. Modelo de Kourson este modelo la dispersión de los valores para el diámetro normal respecto al altura mostró una tendencia lineal, por ello se considera que los modelos lineales

(lineal y polinomial). El modelo de Shumacher fue el que presentan valor más alto de R^2 (0.99). El rango de aplicación de este modelo se restringe a árboles de más de 7.5 cm de diámetro y altura mayor de 1.30 m.

En las siguientes Figuras 2 y 4 se muestra las curvas de ajuste de diámetro-altura. El coeficiente de correlación entre la altura total y el diámetro fue igual a 0.77. Los coeficientes de las funciones ajustadas figuran en la Tabla 3.

Tabla 2 de ajuste de ecuaciones de modelos de diámetro-altura

Modelo	Promedio	Desviación Estándar	Coef. corr. Determinación	Coef. de correlación	Error Estándar	% del Error Estándar
Parábola de 2 ^{do} grado	15.64	4.98	0.74	0.55	2.16	13.86
Korsun	16.76	5.23	0.97	0.95	2.32	13.86
Schumacher	19.39	9.09	0.95	0.90	2.68	13.86
Logarítmico	54.97	10.37	0.91	0.84	13.86	13.86

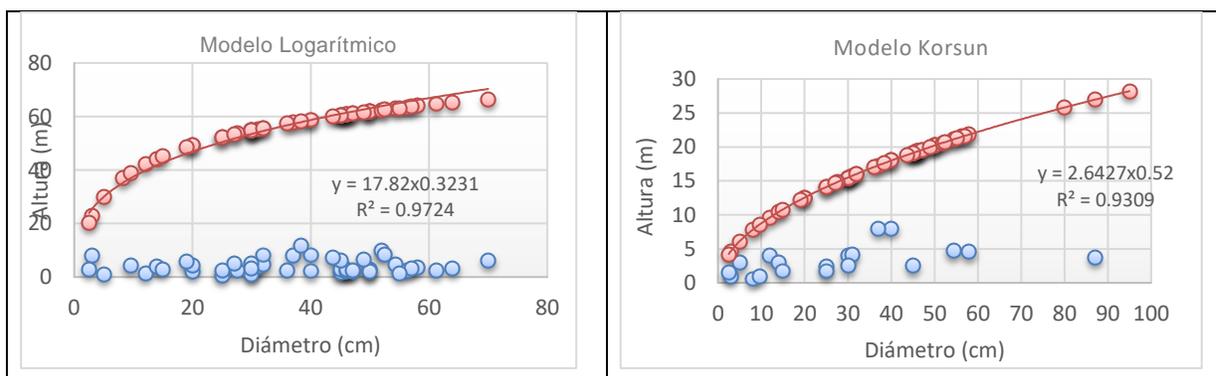


Figura 2 Comportamiento de los datos en el Ajuste de los Modelos de Diámetro-Altura

Figura 2 se observa Comportamiento de los datos en el Ajuste de los Modelos de Diámetro-Altura

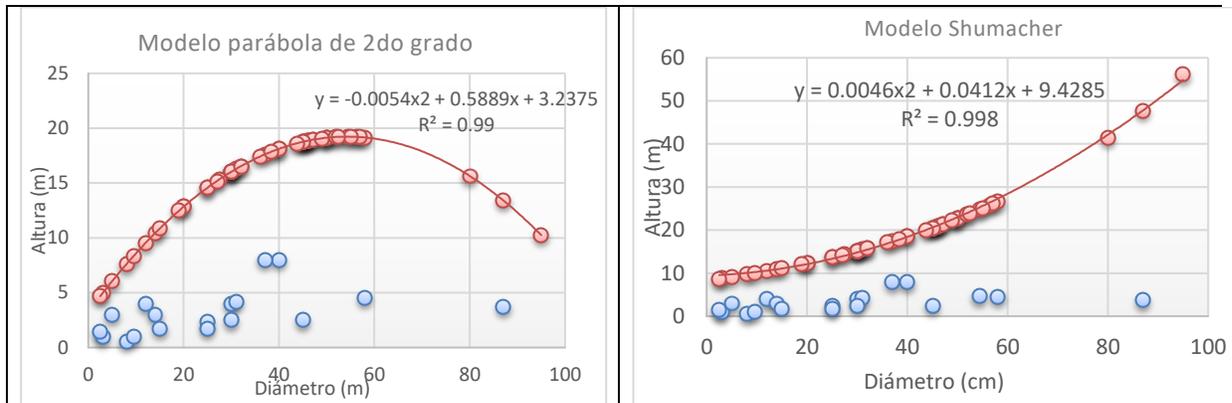


Figura 3 Comportamiento de los datos en el Ajuste de los Modelos

En todos los modelos se ajustaron a los datos obtenidos en la muestra, los coeficientes de determinación son aceptables de acuerdo con Alder y Cailliez (1980), quienes expresan que las mejores funciones pueden tener coeficientes de 0.7 y 0.8; aunque Gaillard (2004) plantea que un modelo es satisfactorio si el valor de éste es alrededor de 0.8. El Modelo que presentó el mejor ajuste en este trabajo (Modelo Parábola) concuerda con el que recomienda Prodan et al. (1997) para rodales multiétaneos, tal el caso de esta especie.

El cálculo de volumen para *Arbutus xalapensis* se consideraron tres modelos de volumen propuestos por Tapia y Navar, (2005) utilizando diámetros con categorías diamétricas 5 a 70 cm. En el Modelo 1. Se obtiene un volumen obtenido por hectárea es de 13.34 m³, modelo 2. el volumen es de 0.312 m³. el modelo 3 no se ajusta a diámetros mayores de 20 a 25 cm de la especie.

Mitchell, 2005, menciona Si el índice (relación de vecino más cercano promedio) es menor que 1, el patrón exhibe un clustering. Si el índice es mayor que 1, la tendencia es la dispersión. En lo que respecta a los resultados

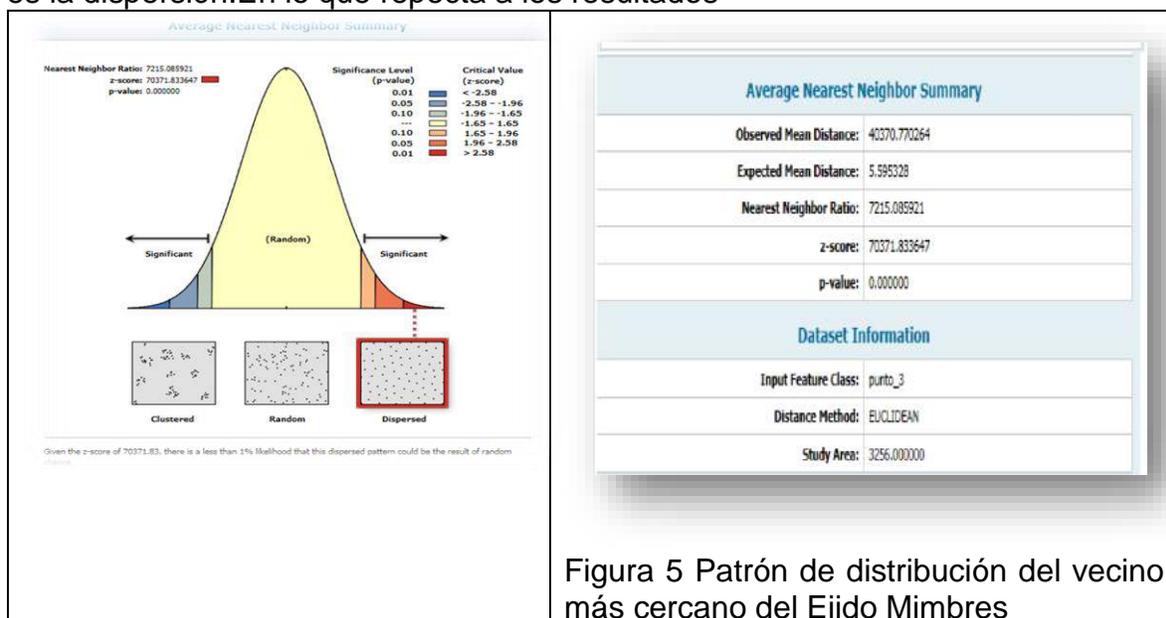


Figura 5 Patrón de distribución del vecino más cercano del Ejido Mimbres

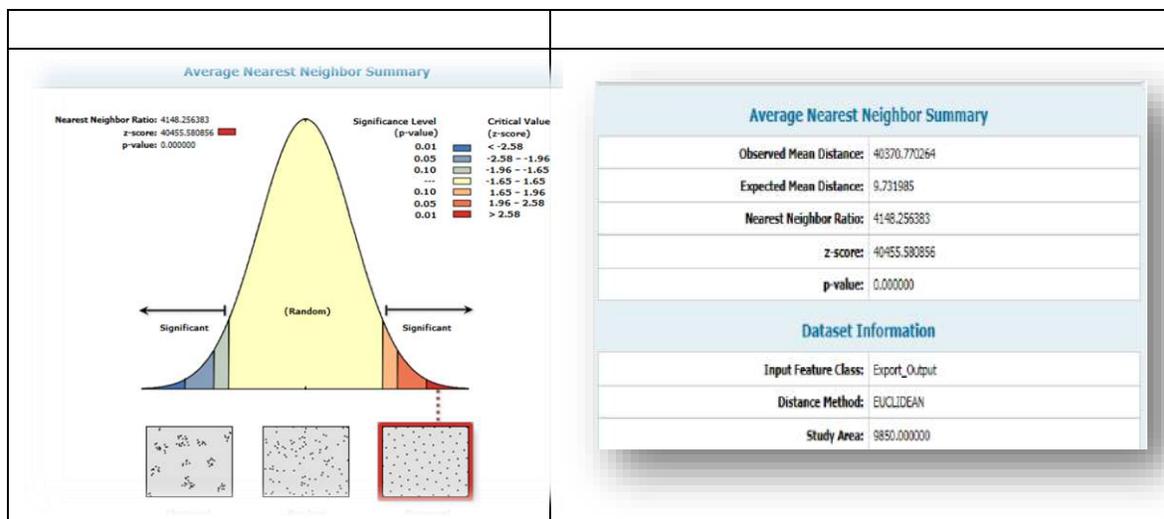


Figura 4. Comportamiento del patrón de distribución del vecino más cercano de el *Arbutus xalapensis*

Conclusiones. Los cuatro modelos de curva diámetro-altura se ajustaron a los datos obtenidos en campo por lo que se pueden aplicar para determinar el crecimiento del *Arbutus xalapensis*. La metodología del vecino más cercano arroja que la mayoría de los individuos de esta especie en los dos sitios de muestreo tienen un patrón de distribución muy disperso.

Referencias bibliográficas

- Avery, T. E. and H. E. Burkhart. 1982. Forest measurements. McGraw-Hill Book Co. New York, NY. USA. 322 p
- Brown, S. 2000. Estimaciones de biomasa y carbono en bosques naturales de Bolivia www.superforestal.gov.bo/estimaciones.htm. 15 p
- Corral-Rivas, J. J., Barrio-Anta, M., Aguirre-Calderón, O. A. y Diéguez-Aranda, U. (2007). Use of stump diameter to estimate diameter at breast height and tree volume for major pine species in El Salto, Durango (México). *Forestry*, 80(1), 29-40. doi: 10.1093/forestry/cpl048
- Castedo, F. y Álvarez, J. G. (2000). Construcción de una tarifa de cubicación con clasificación de productos para *Pinus radiata* D. Don en Galicia basado en una función de perfil del tronco. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*, 9(2), 253-268
- Diéguez A., U., Barrio, M., Castedo, F. y Balboa, M. (2003). Estimación del diámetro normal y del volumen del tronco a partir de las dimensiones del tocón para seis especies forestales comerciales de Galicia. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*, 12(2), 131-139.
- Füldner, K.; and Gadow, K. 1994. How to define a thinning in a mixed deciduous beech forest. In: M.E. Pinto da Costa & Preuhler, T. (Eds.), *Mixed Stands: Research Plots, Measurements, Results and Models*. Proceedings from the Symposium of the IUFRO Working Groups S4.01, 25–29 April 1994, Lousa-Coimbra, Portugal. Instituto Superior de Agronomía, Lisboa, Portugal.

- Gaillard de Benítez, M.J. de Galindez, 2002, Tabla de Volumen de doble entrada para álamos de la zona de riesgos de Santiago del Estero, Argentina. Revista de ciencias forestales, vol. 1, 408p.
- Husch, B.; Miller, CH.I. And Beers, T.W. 1982. Forest Mensuration. Krieger Publishing Company. Malabar. Florida. 402 pp. ISBN 0- 471-04423-7
- Gadow K., Real, P. y ÁLVAREZ-GONZÁLEZ, J.G. 2001. Forest growth modelling and forest 29 development. IUFRO World Series 12, p. 242.
- Gaillard, C., Pece, M., Juárez, M. y Acosta, M. (2014). Modelaje de la biomasa aérea individual y otras relaciones dendrométricas de *Prosopis nigra* Gris. en la provincia de Santiago del Estero, Argentina. Quebracho, 22(1), 17-29
- Prodan, M., R. Peters, F. Cox, y P. Real. 1997. Mensura Forestal. Serie Investigación y Educación de Desarrollo Sostenible. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA)/BMZ/GTZ. San José, Costa Rica. 561 p
- Mitchell, Andy. *La Guía de Esri para el análisis SIG*, Volumen 2. Esri Press, 2005
- Tapia Juan y Návar José. Ajuste de modelos de volumen y funciones de ahusamiento para *Pinus pseudostrobus* Lindl. Nn Bosques de Pino de la Sierra Madre Oriental de Nuevo León, México. Foresta Veracruzana 13(2):19-28. 2011.

Conclusiones Carteles

La Dinámica de integración final de la sesión Carteles, contó con la obtención de resultados y conclusiones contundentes, la generación de ideas innovadoras, así como de propuestas y visiones que englobaron los temas de los tres Ejes temáticos (I: Desarrollo sustentable, II: Conservación y restauración del medio y III: Gobernanza y participación social), siempre velando *por el derecho universal a un medioambiente sano*.

La actividad tuvo una duración de reforzamiento conceptual por Ejes de 40 minutos de discusión, durante ese tiempo, los ponentes comentaron sus ideas más contundentes y expusieron en no más de 5 minutos, con la ayuda de un representante por Eje, los siguientes puntos:

Eje I (Desarrollo sustentable)

- Para lograr un desarrollo sustentable es necesario la implementación de un nuevo paradigma que permita poner en práctica la interacción entre los conceptos fundamentales que hacen al mismo.
- Esto implica la interpretación de la interrelación de los ecosistemas donde actúan los recursos como el agua, suelo, vegetación y vida silvestre, a fin de poner en práctica este nuevo modelo.

Eje II (Conservación y restauración del medio)

- Tratamientos orgánicos amigables con el ambiente
- Uso eficiente de los recursos hídricos
- Aprovechamiento sustentable de los territorios ocupados y reforestación de áreas deterioradas

Eje III (Participación social y gobernanza)

- Investigación orientada a los problemas locales
- Gestión colaborativa (integración de distintos factores para tomar decisiones)
- Programas de educación ambiental con enfoques específicos

Plenaria III

Presidente: Lic. Rosa Carmina Ramírez Contreras
Liga Mundial de Abogados Ambientalistas, AC.

Co Presidente: Dr. Felipe Aguilar Castañeda
Consejo Internacional de Recursos Naturales y Vida Silvestre



Sesión Plenaria

Ordenamiento Territorial y Conservación de la Biodiversidad

MSc. Vladimir Pliego Moreno en representación
del Mtro. Luis Fueyo MacDonald
Secretaría General del Consejo Nacional de Población, Ciudad de México.



Planeación Nacional del Territorio

México Megadiverso:
10-12 % de la diversidad mundial
40% endémicas
Aprox 2631 Spp en la NOM-059



Implica una enorme complejidad. Factores económicos y políticos, sociales y de ilegalidad obstaculizan la conservación y ponen en peligro la biodiversidad.

Planeación Nacional del Territorio

¿Qué elementos existen para construir la sostenibilidad y garantizar la conservación y protección de los recursos naturales en en CDMX?

Las ANP, algunos rasgos

Obstáculos y agenda pendiente



Planeación Nacional del Territorio

El territorio concibe a una región desde la perspectiva de espacio. Confluyen las dimensiones **ambiental, económica, social y político-institucional**, así como múltiples sectores que interactúan a través del tiempo.



El territorio como **recurso y factor de desarrollo** y no como soporte físico para las actividades y los procesos económicos

Planeación integral del territorio, considerando el **ordenamiento ecológico y el ordenamiento territorial** para lograr un desarrollo regional y urbano sustentable.

Planeación Nacional del Territorio

Actualmente la planeación del territorio se realiza en dos vertientes:

1. Programas de desarrollo urbano
2. Programas de ordenamiento ecológico del territorio

Contienen una perspectiva diferente, generando una planeación dispersa y con falta de integralidad.



Planeación Nacional del Territorio

La planeación del territorio requiere:

- Coordinar acciones entre los tres órdenes de gobierno que identifique la vocación y el potencial productivo.
- Propiciar el desarrollo integral y sustentable de las actividades productivas, incluyendo zonas costeras y marinas.
- Disminuir los efectos de deterioro ambiental provocados por el establecimiento de asentamientos humanos e infraestructura para el desarrollo.
- Formular instrumentos, criterios y políticas ecológicas de planeación en el país.
- Ordenamientos ecológicos locales en las zonas con alto potencial de desarrollo turístico, industrial, agropecuario, acuícola y pesquero.



Planeación Nacional del Territorio

El Plan Nacional de Desarrollo 2012-2018:

Estrategia 2.5.1. Lograr una mayor y mejor coordinación interinstitucional que garantice la concurrencia y corresponsabilidad de los tres órdenes de gobierno, para el ordenamiento sustentable del territorio, así como para el impulso al desarrollo regional, urbano, metropolitano y de vivienda.

Líneas de acción

Consolidar una política unificada y congruente de ordenamiento territorial, desarrollo regional urbano y vivienda, bajo la coordinación de la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) y que presida, además, la Comisión Intersecretarial en la materia.

Fortalecer las instancias e instrumentos de coordinación y cooperación entre los tres órdenes de gobierno y los sectores de la sociedad, con el fin de conjugar esfuerzos en materia de ordenamiento territorial y vivienda.

Promover la adecuación de la legislación en la materia para que responda a los objetivos de la Nueva Política de Vivienda.



Ordenamiento urbano

En México, las **ciudades albergan el 71.6% de la población del país.**

La población urbana se duplicó en los últimos treinta años.

La superficie urbana se multiplicó por seis.



- La planeación del territorio es uno de los retos más importantes para las ciudades.
- El crecimiento de nuestras ciudades y la forma en la que se van originando es de gran preocupación, debido a que la expansión urbana ha rebasado lo previsto en la planeación del territorio.
- Los instrumentos de planeación deben hacer frente a las problemáticas urbanas, sociales y ambientales.

Ordenamiento urbano

Seis objetivos que establece el Programa Nacional de Desarrollo Urbano:

- 1 • Controlar la expansión de las manchas urbanas y consolidar las ciudades para mejorar la calidad de vida de los habitantes.
- 2 • Consolidar un modelo de desarrollo urbano que genere bienestar para los ciudadanos, garantizando la sustentabilidad social, económica y ambiental.
- 3 • Diseñar e implementar instrumentos normativos, fiscales, administrativos y de control para la gestión del suelo.
- 4 • Impulsar una política de movilidad sustentable que garantice la calidad, disponibilidad, conectividad y accesibilidad de los viajes urbanos.
- 5 • Evitar asentamientos humanos en zonas de riesgo y disminuir la población urbana ante desastres naturales.
- 6 • Consolidar la política nacional de desarrollo regional a partir de vocaciones y potencialidades económicas locales.

Instrumentos de conservación en México

- Certificación Forestal
- **Ordenamiento Ecológico del Territorio**
 - Regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente
- Manifestaciones de Impacto Ambiental
- Pagos por Servicios Ambientales
- Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMAS)
- **Áreas Naturales Protegidas**
 - Conservación in situ de gran diversidad de ecosistemas, garantiza el mantenimiento de bienes y servicios ambientales.

Ordenamiento Ecológico del Territorio

- Instrumento de política ambiental cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias del deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos (Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección del Medio Ambiente, Título Primero, Art. 3, Fracción XIII).
- Diseñado para caracterizar, diagnosticar y proponer formas de utilización del territorio y de sus recursos naturales, bajo el enfoque de uso racional, diversificado y participativo.



Ordenamiento Ecológico del Territorio

Prospectiva: Identifica las tendencias de uso y ocupación del territorio, y del impacto que sobre él tienen las políticas sectoriales y macroeconómicas.

Equilibrio territorial: Reducir los desequilibrios espaciales y mejorar las condiciones de vida de la población.

Sostenibilidad ambiental: Que el uso actual de los recursos no comprometa ni la disponibilidad ni la calidad de los mismos para las futuras generaciones.

Participación: De los actores sociales, otorga legitimidad y propia viabilidad en su aplicación, con responsabilidad en las decisiones que permitan, en el seguimiento y evaluación.

Adaptativo: Permite realizar ajustes para adecuar la propuesta de ordenamiento territorial a los cambios experimentados por el territorio.

Los principios soportes conceptuales

Integralidad: concibe las estructuras territoriales bajo un enfoque holístico.

Articulación: Incorpora las políticas de desarrollo sectoriales y locales.

Ordenamiento Ecológico del Territorio

Áreas Naturales Protegidas y el Ordenamiento Territorial

Instrumentos que tienen como uno de sus objetivos la conservación de los recursos naturales:

- El OET mediante la planeación del desarrollo y el uso racional de los recursos naturales a través de la inducción y regulación de los usos del suelo.
- Las ANP establecen programas de manejo orientados en particular a la protección y conservación de recursos naturales que han sido reconocidos como importantes y cuya protección ha sido declarada de interés público.

Las ANP y los OET son instrumentos necesarios y complementarios para el aprovechamiento racional y la conservación de la biodiversidad.

La protección que brindan los OET a zonas que se encuentran fuera de las ANP y que pueden ser valiosas al considerar la creación de corredores biológicos para la protección de los recursos naturales.



Áreas Naturales Protegidas



- Zonas del Territorio Nacional y aquéllas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, en donde los ambientes originales no han sido modificados significativamente, alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas y restauradas y están sujetas al régimen previsto en la LGEEPA (Art. 3º. LGEEPA).

No. ANP	Categoría	Superficie ha
44	Reservas de la Biosfera	62,952,750.5
67	Parques Nacionales	16,220,099.3
5	Monumentos Naturales	16,269.11
6	Áreas de Protección de Recursos Naturales	4,503,345.23
40	Áreas de Protección de Flora y Fauna	6,996,864.12
18	Santuarios	150,193.29
182		90,839,521.55

Categoría de las Áreas Naturales Protegidas

PN	RB	APFF	Santuarios	APRN	MN
<p>Sólo actividades relacionadas con la protección de sus recursos naturales, el incremento de su flora y fauna y con la preservación de los ecosistemas.</p> <p>Investigación, recreación, turismo y educación.</p> <p>Zonas núcleo que se ubiquen en zonas marinas deberá limitarse el tráfico de embarcaciones de conformidad con el PM.</p>	<p>Preservación de los ecosistemas y sus elementos, y educación ambiental.</p> <p>Se prohibirá la realización de aprovechamientos que alteren los ecosistemas.</p> <p>Para el caso de zonas núcleo que se ubiquen en zonas marinas deberá limitarse el tráfico de embarcaciones de conformidad con el programa de manejo PM.</p> <p>Se regularán los aprovechamientos no extractivos de vida silvestre que deberán de ser de bajo impacto.</p> <p>Por su parte, en las zonas de amortiguamiento podrán realizarse actividades productivas emprendidas por las comunidades.</p>	<p>Preservación, repoblación, propagación, aclimatación, refugio, investigación y aprovechamiento sustentable de especies.</p> <p>Relativas a educación y difusión en la materia.</p> <p>Se podrá autorizar el aprovechamiento de los recursos naturales a las comunidades que ahí habiten.</p>	<p>Investigación, recreación y educación ambiental, compatibles con la naturaleza y características del área.</p> <p>Aprovechamiento no extractivo restringido.</p>	<p>Preservación, protección y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales en ellas comprendidos.</p> <p>Investigación, recreación, turismo y educación ecológica.</p>	<p>Preservación, investigación científica, recreación y educación.</p>



La creación de acuerdo a los Decretos, Programas de Manejo y las demás disposiciones jurídicas aplicables.

Áreas Naturales Protegidas



Áreas Naturales Protegidas

Las ANP no chocan ni contradicen los ordenamientos del territorio, se apoyan en ellos

Se establecen modalidades de uso específico del territorio de acuerdo a su decreto y programa de manejo respectivos.



Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación



CLASIFICACIÓN DEL TERRITORIO

- Suelo de Conservación
 Superficie 88,442 Ha
 59%



- Suelo Urbano
 59,736 Ha
 41%

Estado del Suelo de conservación en la cdmx

Causas que provocan el cambio de suelo en los SC de la CDMX:

- Asentamientos humanos irregulares.
- Tala ilegal de bosques
- Pavimentación de caminos
- Incendios forestales
- Entubamiento y contaminación de ríos.
- Sobreexplotación del acuífero
- Mala disposición de residuos sólidos
- Caducas prácticas agropecuarias.



Estado del Suelo de conservación en la cdmx



La pérdida de cada hectárea en la CDM se deja de favorecer la recarga de 2.5 millones de litros de agua cada año.

La urbanización 2,693 hectáreas ocupadas por asentamientos humanos irregulares en SC se dejan de infiltrar 6 mil 734 millones de litros de agua al año

La urbanización de los SC limitan el abasto de 70 mil personas al año.



 Cantidad y calidad del agua en la cuenca de Xochimilco bajo un enfoque sistémico

PROBLEMAS ESPECÍFICOS:

Insuficiente tratamiento de agua: Falta de mantenimiento en las plantas de tratamiento de aguas residuales de San Luis Tlaxialtemalco, San Pedro Actopan, y Cerro de la Estrella siendo esta la que aporta casi el 80% del total de aporte de agua tratada a la zona lacustre de Xochimilco.

Asentamientos Humanos Irregulares (AHI):

- 2005: 300 AHI identificados en 516 ha.
- 2010: 314 AHI identificados en zona de conservación, en 625.78 ha.

La invasión masiva se ha frenado, se registra el desdoblamiento de vivienda en los mismos espacios ocupados.

- Delegación Xochimilco identifica alrededor de 150,000 personas en diferentes AHI en la zona lacustre, como la comunidad de Xicalhuacán donde habitan 5 mil personas que cuentan con servicios.



Dirección de Conservación y Restauración de Recursos Naturales

ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS DE LA CIUDAD DE MÉXICO

El Sistema Local de Áreas Naturales Protegidas (ANP) en CDMX

En el territorio de la CDMX existen ANP de competencia federal





- **A través de las Áreas Naturales Protegidas de la CDMX** se protege una superficie de 26,939.77 hectáreas que representan el **30% del Suelo de Conservación de la CDMX.**
- Las Reservas Ecológicas Comunitarias y las Áreas Comunitarias de Conservación Ecológica son administradas por los dueños de la tierra, quienes hicieron efectiva su protección y conservación por lo que son **retribuidos económicamente** por su compromiso con el ambiente.

PROGRAMAS DE MANEJO

Instrumento rector de planeación y regulación que establece las actividades, acciones y lineamientos básicos para el manejo y la administración del ANP respectiva;
Administración del territorio



PROGRAMAS DE MANEJO

Instrumento rector de planeación y regulación que establece las actividades, acciones y lineamientos básicos para el manejo y la administración del ANP respectiva;
Administración del territorio



PROGRAMAS DE MANEJO

Instrumento rector de planeación y regulación que establece las actividades, acciones y lineamientos básicos para el manejo y la administración del ANP respectiva;
Administración del territorio



Ordenamiento comunitario del territorio

- La participación comunitaria resulta indispensable en cualquier proceso de planeación de recursos naturales, difícilmente las iniciativas tomadas por la comunidad pueden sustituir a la planeación formal de extensas áreas.
- La colaboración social es un ingrediente fundamental para elaborar proyectos; impulsar un mejoramiento sustantivo en la calidad de vida local y conservar los recursos naturales.



Ordenamiento comunitario del territorio

La conservación de la biodiversidad depende de garantizar que las comunidades asentadas en ellas o en su zona de influencia sean actores centrales de los proyectos que ahí se realizan.



El Ordenamiento del Territorial en la Constitución de la CDMX

Artículo 14. Derecho a la Ciudad

La Ciudad de México garantiza el derecho a la ciudad que consiste en el uso y el usufructo pleno y equitativo de la ciudad, fundado en principios de justicia social, democracia, participación, igualdad, sustentabilidad, de respeto a la diversidad cultural, a la naturaleza y al medio ambiente.

2. El derecho a la ciudad es un derecho colectivo que garantiza el ejercicio pleno de los derechos humanos, la función social de la ciudad, su gestión democrática y asegura la justicia territorial, la inclusión social y la distribución equitativa de bienes públicos con la participación de la ciudadanía



El Ordenamiento del Territorial en la Constitución de la CDMX

Artículo 16 Ordenamiento territorial

Se entenderá por ordenamiento territorial la utilización racional del territorio y los recursos de la Ciudad de México, y su propósito es crear y preservar un hábitat adecuado para las personas y todos los seres vivos.

- A. Medio Ambiente
- B. Gestión sustentable del agua
- C. Regulación del suelo
- D. Desarrollo rural y agricultura urbana
- E. Vivienda
- F. Infraestructura física y tecnológica
- G. Espacio público y convivencia social
- H. Movilidad y accesibilidad
- I. Vulnerabilidad, resiliencia, prevención y mitigación de riesgos



La Gestión del Territorio

- Gestión del territorio elemento indispensable para planificar el desarrollo y garantizar la conservación de la biodiversidad.
- Las poblaciones son parte principal de la conservación.
- Interacciones complejas por el contexto de gobernabilidad.
- Un proceso de crecimiento y cambio estructural que mediante la utilización del potencial de desarrollo existente en el territorio conduce a la mejora del bienestar de una población.
- Se logra cuando la comunidad local es capaz de liderar el proceso de cambio.



Retos

- Construir y consolidar entidades territoriales prósperas en los diversos ámbitos del desarrollo:
 - Económico, crear condiciones competitivas;
 - Social, elevar la calidad de vida de toda la población reduciendo las desigualdades;
 - Ambiental, cuidar y garantizar el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales;
 - Institucional, consolidar instituciones sólidas, capaces de crear y mantener entornos favorables al desarrollo territorial.
- Eliminar las discrepancias de criterios en los diferentes instrumentos para ordenar el territorio y el traspase de límites entre los programas de ordenamiento.
- La planeación del territorio debe ser democrática e incluyente, tomar en cuenta la participación ciudadana y se direcciona con fines sustentables, dando prioridad al habitante y su espacio público.

Retos

- Construir el derecho a la ciudad
- Concebir la planeación territorial como un instrumento regulador único, incluyendo los niveles regionales y locales.
- Concebir el término territorial, incluyendo lo urbano y lo ecológico, debe de considerarse de forma integral.
- En las ANP debe existir coordinación en la elaboración y articulación operativa de las ANP y de los OET

Lo urbano y los ecosistemas naturales
deben tener una sola matriz de planeación



Gracias por su atención

- lfueyo.sedema@gmail.com
- vpliego01@hotmail.com

Sesión Plenaria

Política Pública para el Cambio Climático: el caso de la Municipalidad de Heredia, Costa Rica.

MSc. Edgardo Muñoz Valenciano
*Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible, Universidad
Nacional de Costa Rica, Costa Rica.*



Política Pública para el Cambio Climático: el caso de la Municipalidad de Heredia, Costa Rica.

Autores:

Olman Segura Bonilla¹

y

Edgardo Muñoz Valenciano²

Congreso Internacional de Recursos Naturales

25 al 28 de setiembre del 2018.

Villa Hermosa, Tabasco, México.

Resumen

¹Olman, Segura Bonilla. Economista con Maestría de la Universidad de Londres, Queen Mary and WestfieldCollege, Inglaterra y Ph.D. en Economía de la Innovación y el Cambio Tecnológico de Aalborg University, Dinamarca. Ex Rector de la Universidad Nacional (UNA) en Costa Rica. Actualmente catedrático e investigador en el Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible en la UNA. olman.segura.bonilla@una.cr

²Edgardo, Muñoz Valenciano. Master en Relaciones Internacionales con énfasis en Negocios Internacionales, Licenciatura en Relaciones Internacionales con énfasis en Finanzas Internacionales de la Universidad Nacional de Costa Rica. Investigador y docente del Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible de la Universidad Nacional de Costa Rica. edgardo.munoz.valenciano@una.cr

Costa Rica ha desarrollado una serie de políticas nacionales a favor de la eco competitividad, la baja en emisiones y contra el cambio climático en los últimos años. En este sentido, los gobiernos locales como promotores y coordinadores de acciones concretas en sus comunidades, también han planteado la necesidad de crear políticas frente al cambio climático a nivel local.

La Municipalidad de Heredia con gran visión ha planteado la necesidad de crear una Política de Cambio Climático para los cinco distritos del municipio. Esta política deberá considerar el diseño de una regulación inteligente, el manejo del tema con grupos de interés, el desarrollo de una comunicación estratégica y la inversión en capacitación sobre la temática del cambio climático y sus efectos. Además, la toma de decisiones se facilita para los administradores municipales y para las personas en general para realizar acciones frente a este fenómeno global, que también afecta localmente.

El fortalecimiento de acciones concretas permitirá allanar el camino hacia un futuro sostenible. Se deberán construir y recomendar opciones de política para enfrentar los desafíos que plantea el cambio climático, principalmente por sus efectos en recursos tales como el agua, el aire, los suelos y los mismos seres humanos ciudadanos de la provincia.

Los impactos del cambio climático deben ser enfrentados con políticas y acciones de mitigación y de adaptación. En mitigación se debe gestionar la posibilidad de que Heredia se constituya a un modelo de ciudad sustentable (Ciudades Inteligentes), con sistemas de movilidad, gestión integral de residuos y edificaciones de baja huella de carbono, impulsando las mejores prácticas para el manejo de las cuencas hidrográficas y acelerando la transición hacia el uso de energías limpias, entre otras iniciativas. Respecto a las políticas de adaptación, se debe buscar la reducción de la vulnerabilidad y aumento de la resiliencia de la infraestructura, los ecosistemas y del sector social, incluidos los asentamientos humanos, en general.

Palabras Claves: Política pública, Cambio climático, Gobierno local, Mitigación-Adaptación, Ciudad sustentable.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	4
EL CAMBIO CLIMÁTICO Y SU IMPACTO EN MESOAMÉRICA.....	5
POLÍTICAS VERDES Y ACCIONES CONTRA EL CAMBIO CLIMÁTICO EN COSTA RICA.	8
LA POLÍTICA PÚBLICA PARA LA MUNICIPALIDAD DEL CANTÓN DE HEREDIA, COSTA RICA.....	11
DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE LA POLÍTICA PÚBLICA PARA LA MUNICIPALIDAD DEL CANTÓN DE HEREDIA, COSTA RICA	18
CONCLUSIONES	22
BIBLIOGRAFÍA CITADA/ CONSULTADA.....	25

INTRODUCCIÓN

El cambio climático es uno de los temas más importantes que enfrenta la humanidad en el tiempo actual. Constantemente se realizan investigaciones en los principales centros científicos alrededor del mundo y en términos generales se llega a la conclusión de que la situación actual de emisiones de gases efecto invernadero y de impacto en el ambiente por parte de los seres humanos y sus sistemas productivos debe cambiar. Estos estudios han llevado a los Presidentes y Mandatarios Jefes de Estado del mundo entero a discusiones amplias y serias sobre el camino que debemos seguir para detener el calentamiento global y se han llegado a importantes negociaciones y consensos de política internacional para ejecutar acciones concretas en cada uno de los países participantes.

El problema es global, pero las acciones deben ser nacionales y locales. Costa Rica ha tomado la delantera en varias acciones tales como la negociación temprana de captura de carbono en la cobertura forestal como compensación de las emisiones realizadas en un país desarrollado; la creación del Pago de Servicios Ambientales (PSA) a favor de los dueños privados de coberturas forestales; o el compromiso público del Estado costarricense de convertirse en el primer país carbono neutral para el año 2021, entre otras. Igualmente existe una Estrategia Nacional de Cambio Climático que marca la pauta de las acciones que se están ejecutando en el país.

A nivel municipal se realizan también una serie de acciones en línea con la Estrategia y más recientemente se impulsa la creación de políticas de nivel local, de modo que estimulen al sector privado y quede claro el compromiso público, de generar acciones contra el cambio climático. En este contexto, la Municipalidad del Cantón de Heredia, ha decidido la creación de una Política Pública para el Cambio Climático, que es la que se presenta en esta ponencia.

Este documento presenta en la sección dos, que sigue, el cambio climático y su impacto en Mesoamérica. En la sección tres, hace un repaso por las políticas verdes y acciones contra el cambio climático en Costa Rica. En la sección cuatro, presenta la política pública para la Municipalidad del Cantón de Heredia, Costa Rica. En el apartado quinto, se explica en

qué consistió el diseño y puesta en marcha de la política pública para la municipalidad del cantón de Heredia, y luego se presentan las conclusiones de la investigación.

EL CAMBIO CLIMÁTICO Y SU IMPACTO EN MESOAMÉRICA

Los Gases Efecto Invernadero (GEI) son la principal fuente del calentamiento global según concuerdan los científicos internacionales. Este es el fenómeno más importante a nivel global que enfrenta la humanidad en la actualidad. Estas emisiones de gases son principalmente antropogénicas y consideran el Dióxido de Carbono CO₂, Metano CH₄, Óxido Nitroso N₂O y halocarbonos, que en conjunto son las de mayor impacto en los sistemas humanos y naturales de todo el mundo. La problemática ambiental es sumamente peligrosa para todos los seres vivos del planeta y es posible prever crisis ambientales y sociales catastróficas y hasta la desaparición de la vida tal y como la conocemos en la Tierra.

En 1988 la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y la Organización de Naciones Unidas (ONU) establecieron el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC). Gracias a intensos estudios científicos y de revisiones sobre métodos, causas y diferentes evidencias se le estableció como objetivo al IPCC las evaluaciones integrales del estado de los conocimientos científicos, técnicos y socioeconómicos sobre el cambio climático, sus causas, posibles repercusiones y estrategias de respuesta (IPCC, 2018).

Durante la Cumbre de Río de Janeiro celebrada en 1992, se firma la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC). La CMNUCC se encargará de las negociaciones en esta materia y desde entonces viene trabajando para avanzar en la verificación y actualización de la información científica que muestra la evidencia sobre las causas y los efectos del cambio climático. Esta Convención reconoce el cambio climático como efecto principalmente de la actividad humana y aunque plantea que todos los países son responsables del mismo, reconoce la responsabilidad diferenciada pues los países

desarrollados tienen una carga mucho mayor de la crítica situación y por lo tanto deben también asumir mayor responsabilidad en la lucha contra este fenómeno.

Desde la primera reunión en Berlín 1995 han transcurrido 23 reuniones llamadas que han sido llamadas “Conferencias de las Partes (COP)”. Estas negociaciones han tenido diferentes grados de dificultad y varias aristas por la complejidad de los temas ambientales y los intereses de los políticos y económicos de los países. Entre las dificultades a lo largo del tiempo ha sido diferenciar en qué consisten las responsabilidades de los países desarrollados y en desarrollo; porque algunos países se han transformado en países emergentes con importantes contribuciones de GEI; y reclaman porque deben limitarse o modificar sus modelos de producción y consumo, cuando los países desarrollados llegaran a sus niveles actuales gracias a esos modelos de producción e industrialización.

Otra arista existente es el financiamiento contra el cambio climático, desde la COP VXI del año 2010 en Cancún, se estableció un Fondo Verde de financiamiento de los países del Norte financiando a los del Sur por la suma de \$100 millones anuales. Donde los países miembros discuten sobre el monto y la forma de cómo se trasladan los fondos y se verifica el cumplimiento de los compromisos de ambas partes. En este sentido, los países en desarrollo y los emergentes insisten en que los recursos y la tecnología debe ser mayor para poderse adaptar a las nuevas condiciones del clima y además sin sacrificar el crecimiento económico de sus países.

Pero durante la COP 21 se logró el llamado Acuerdo de París celebrada en diciembre del 2015, considerado como el más importante triunfo a nivel político internacional, donde se estableció en la reducción de emisiones de GEI, que se debía considerar un cambio o transformación de las formas de producción y consumo de los países y esto implicaba afectaciones en las formas de desarrollo y un impacto directo en la economía y el bienestar de la sociedad. Este tema está íntimamente vinculado con la transición hacia una economía que no dependa de los combustibles fósiles o una economía descarbonizada. La meta acordada, considerada sumamente ambiciosa, es lograr que el calentamiento mundial este por debajo de los 2 Centígrados en comparación con la temperatura preindustrial. Este aumento de 2° C es el que los estudios científicos internacionales han planteado como el umbral límite de temperatura para la humanidad sin las graves consecuencias que se han

planteado. Entre los impactos más importantes que se consideran si el mundo es más caliente, están el aumento de los niveles de los océanos, la pérdida de especies y de ciertos ecosistemas, las tormentas e inundaciones serán más fuertes, igual que las sequías, aumentará la incertidumbre respecto a la seguridad alimentaria y otros.

Evidencia concreta y reciente a nivel internacional muestran que los impactos del cambio climático en América Latina y el Caribe son significativos y serán muy probablemente, más intensos en el futuro. Según el IPCC (2014) y CEPAL (2017) los efectos son heterogéneos, no lineales e importantes en las actividades agropecuarias, el agua, la biodiversidad, el alza del nivel del mar, los bosques, el turismo, la salud y las ciudades. Así, las estimaciones de los principales costos económicos del cambio climático en América Latina y el Caribe relacionados con un aumento de 2,5 C de temperatura, oscilan entre el 1,5% y el 5% del PIB. (CEPAL 2014)”. El Centro de Estudios para América Latina (CEPAL, 2015) ha planteado que nuestro continente Latinoamericano es especialmente vulnerable a los efectos del cambio climático por su situación geográfica y climática, pero también por las condiciones demográficas, socioeconómicas y por la existencia de bosques, biodiversidad y otros recursos naturales terrestres y marinos altamente sensibles al clima.

De igual forma, es ampliamente reconocido que Centroamérica es una de las regiones del mundo más expuestas a fenómenos climáticos. Sus condiciones geográficas de ser un Istmo estrecho entre el Océano Pacífico y el Atlántico y entre el continente Norte y Sur de América, con tierras de relativa baja altitud y extensas costas le hacen sumamente expuesta a ciclones, lluvias intensas, sequías y otros fenómenos naturales que se acentúan con el cambio climático. Pero además esta región posee riquezas naturales en extremo valiosas como bosques, humedales y otros ecosistemas de alta biodiversidad que ahora están expuestos a eventos extremos hidrometeorológicos.

POLÍTICAS VERDES Y ACCIONES CONTRA EL CAMBIO CLIMÁTICO EN COSTA RICA.

Históricamente Costa Rica ha sido uno de los países de avanzada en cuanto a tener responsabilidad ambiental. Durante el gobierno del presidente Daniel Oduber Quirós (1970-1974) se impulsaron las primeras políticas claras a favor de la naturaleza y la belleza escénica nacional, considerándolas como algo importante para las presentes y las poblaciones futuras. Con la creación del Parque Nacional Volcán Poás se da inicio a una red de parques nacionales, que hoy en día representan el 26% del territorio nacional. Durante estos primeros pasos se pensaba principalmente en el refugio natural de las especies que allí habitaban, y en la importancia de proteger el agua y el alimento proveniente de los bosques, al tiempo que se establecían zonas naturales para educación y turismo.

En la década de los años ochenta se crea el concepto de políticas en materia ambiental que denominado “políticas verdes”. Los ejes de acción en aquel momento fueron vinculados con los bosques, los parques nacionales, las reservas forestales y la vida silvestre. Para esas fechas no se consideraban las políticas “café” y “azul” como prioritarias, siendo inexistentes las prácticas en temas de manejo de los desechos, su separación, reciclaje, re-uso, reducción de emisiones y mucho menos en el cuidado de los mares, costas y océanos.

Durante dos décadas, hasta los años 2000, se avanzó con un paso lento en referencia a las problemáticas que aun no se visualizaban, pero sienta modelo a nivel mundial. Se marca como la acción más sobresaliente durante la década de los 80, la creación durante el gobierno del presidente Oscar Arias Sánchez (1986-1990) del primer Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas (MIRENEM) de América Latina; actualmente se denomina Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), convirtiéndose así en pionero en de muchos temas ambientales.

Otro gran paso para la conservación y protección del medio ambiente fue la creación de los primeros incentivos forestales en Costa Rica a comienzos de la década de los noventas. Los Certificados de Abono Forestal (CAF) fueron entregados a personas físicas o jurídicas

que reforestaran cierta cantidad de hectáreas de terreno baldío y estos certificados consideraban un valor facial que era deducible del impuesto sobre la renta. Los certificados evolucionaron hasta entregarse por adelantado a pequeños productores agropecuarios para que plantaran árboles y reconocieran la importancia ecológica y el valor económico que significaba mantener el bosque en sus parcelas.

Los incentivos forestales fueron evolucionando y llegaron finalmente a transformarse en los títulos de Pago por Servicios Ambientales (PSA). Los PSA son pagos a las personas que conservan el bosque en su propiedad privada o bien que reforestan, con lo cual mantienen y aumentan la creación de servicios ambientales tales como el mantenimiento del ciclo hidrológico, la riqueza de nuestra biodiversidad, la belleza escénica que apreciamos tanto los nacionales como los turistas internacionales y desde luego la captura de carbono en su cobertura.

Otra gran paso político ambiental fue la entrada en vigor de la Ley Forestal 7575 en 1996, que establece como función del Estado “velar por la conservación, protección y administración de los bosques naturales y por la producción, el aprovechamiento, la industrialización y el fomento de los recursos forestales del país destinados a ese fin, de acuerdo con el principio de uso adecuado y sostenible de los recursos naturales renovables.” En dicha ley se establecen oficialmente los PSA, como servicios significativos de los bosques, el agua, la captura y retención de carbono, belleza escénica y la biodiversidad. Siendo el PSA entre Costa Rica y Noruega la primera transacción a nivel internacional, donde el país europeo la cancelaría a Costa Rica la suma \$2 millones a cambio de la captura y fijación de 200 mil toneladas de carbono en los bosques costarricenses, se marcó un hito histórico y el comienzo de los PSA como instrumentos importantes de política pública para la reducción de los GEI y la protección medio ambiental.

Costa Rica sigue siendo punta de lanza en materia de política públicas ambientales: Ejemplo de esto fue la aprobación de La Ley 7788 o Ley de Biodiversidad, para la conservación de la biodiversidad nacional y el uso sostenible de los recursos en 1998. Esta Ley posteriormente sería premiada en el 2010 por la ONU por considerarse “futurista en su tiempo”. El último gran reto nacional en materia ambiental se da en el segundo

gobierno del presidente Oscar Arias Sánchez (2006-2010), donde públicamente se compromete a que Costa Rica se convierta en el primer país carbono neutro del mundo en el 2021. Estas acciones son respuestas a la situación geográfica costarricense, que formaba parte de las áreas mayormente afectadas por los efectos del cambio climático y el calentamiento global.

En materia de respuesta al cambio climático Costa Rica en el 2010 crea la Dirección de Cambio Climático (DCC) en el MINAE. Dicha dirección pretende enfrentar el cambio climático por medio de estrategias, programas y proyectos que están metodológicamente enmarcados bajo la estrategia de Reducción de Emisiones de Deforestación y Degradación (REDD+) como parte de las medidas recomendadas por la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC) en la COP XIII, celebrada en Bali 2007, que constituyó que las medidas para enfrentar el cambio climático deben de enfocarse a nivel mundial en 4 pilares que son 1) Mitigación, 2) Adaptación, 3) Tecnología y 4) Financiamiento.

En Costa Rica la DCC identificó sectores claves para mitigación y sectores críticos para adaptación, como se muestran en el siguiente resumen:

Cuadro N° 1: Sectores claves para mitigación y sectores críticos para adaptación

Mitigación	Adaptación
Energía	Recurso Hídrico
Transporte	Energía
Agropecuario	Agropecuario
Residuos Sólidos	Pesca y Zonas Costeras
Vivienda y Ordenamiento Territorial	Salud
	Infraestructura
	Biodiversidad

Fuente: Elaboración propia.

El país ha aprovechado el impulso generado por los procesos globales para generar una ruta para los sectores público y privado para evaluar y generar impactos positivos en el ambiente. La ENCC estableció acciones para los sectores claves para mitigación y sectores

críticos para adaptación en iniciativas de corto, mediano y largo plazo. Algunas de estas herramientas son: La Norma Nacional de Declaración de C-Neutralidad, Planes de Gestión Ambiental Institucional y Programas de Bandera Azul Ecológica. Y como resultado es que el país ha alcanzado más de un 95% de producción eléctrica nacional por medio de fuentes de energía renovables y la formación de coaliciones público - privadas reconocidas por el gobierno como la Alianza para la Carbono Neutralidad.

LA POLÍTICA PÚBLICA PARA LA MUNICIPALIDAD DEL CANTÓN DE HEREDIA, COSTA RICA

En este contexto nacional se enmarca la iniciativa de la creación de una política pública para el cambio climático en la Municipalidad de Heredia. El artículo N°169 de la Constitución Política de la República, señala que la administración de los intereses y servicios de cada cantón estará a cargo del Gobierno Municipal, formado por un cuerpo deliberante, integrado por regidores municipales de elección popular, y por un funcionario ejecutivo que designará la ley. Las Municipalidades son las instituciones que están más cerca del ciudadano y que por mandato constitucional le corresponde la administración de los intereses y servicios del cantón. La Municipalidad es una persona jurídica con patrimonio propio y personalidad, tiene capacidad jurídica plena para ejecutar todo tipo de actos y contratos necesarios para cumplir sus fines bajo un marco jurídico que regula los procesos de planificación, tales como la Constitución Política de la República, Código Municipal, Leyes de Administración, Financiamiento y Presupuesto Público y Ley de Simplificación y Eficiencia Tributaria.

El cantón de Heredia se creó el 7 de diciembre de 1848 mediante la Ley No 36. Actualmente está formado por cinco distritos administrativos: Heredia, Mercedes, San Francisco, Ulloa y Vara Blanca. El cantón tiene un área de 282,60 kilómetros cuadrados y según el Comunicado de Prensa del Censo de Población 2011- INEC publicado en diciembre-2011 se reporta una población de 123.616 habitantes, lo que significa un aumento del 18,45% comparado con la población del año 2000, de 103.894 habitantes.

Esto resulta en una densidad de población de apenas 435 habitantes por kilómetro cuadrado.

La particularidad de Heredia se centra en que el distrito de Vara Blanca es el más extenso con 257,6 km², ocupando el 91% del territorio del cantón. Este distrito a la vez es el menos poblado con solamente 700 habitantes. Por el contrario, el distrito de San Francisco es el más denso, ya que en un área de apenas 6,4 km² conviven 49.209 habitantes, para una densidad de 7.688,9 habitantes/ km².

Cuadro 2. Población y densidad de población del cantón de Heredia.

Distrito	Población (2011)	Porcentaje poblacional	Área (km ²)	Densidad (hab/Km ²)
Heredia	18.697	15,13	2,8	6.606,7
Mercedes	25.774	20,83	4,2	6.173,6
San Francisco	49.209	39,81	6,4	7.688,
Ulloa	29.266	23,67	11,6	2.527
Vara Blanca	700	0,57	257,6	2.7

Fuente: Fuente: Censo 2011, INEC

La creación de una política pública para el cambio climático para el cantón de Heredia es una acción pionera a nivel nacional y busca atender y reducir las causas de la afectación climática que se generan en el cantón, pero, además conscientes que el aporte negativo es relativamente minúsculo en comparación con el global, también busca introducir acciones de adaptación y reducir los costos actuales y los que las futuras generaciones tendrían que enfrentar si no hacemos cambios importantes para adaptarnos a una economía baja en emisiones de GEI.

Para la creación de la política pública para el cambio climático se realizó un diagnóstico cuidadoso y se tomaron en cuenta tanto las características físicas, geográficas, topográficas, hidrometeorológicas dominantes y las características socioeconómicas del cantón. En el siguiente cuadro se muestran los principales indicadores que representan las características del municipio de Heredia.

Cuadro 3. Indicadores básicos del cantón de Heredia.

Indicador	Datos	Fuente
Topografía	Topográficamente, Heredia se ubica en una ladera, entre las cuencas del Río Burío al norte, Quebrada Seca al oeste, el Río Pirro al este y el Río Virilla al sur.	Municipalidad de Heredia
Precipitación	Datos de precipitación anual (Milímetros) de varias estaciones meteorológicas: <ul style="list-style-type: none"> • Santa Bárbara: 2656,9 • San Josecito: 2494,9 • El Roble de Santa Bárbara: 3250,2 • La Aurora: 2050,3 • Santa Lucía: 2447,4 	Instituto Meteorológico Nacional
Factores socioeconómicos	Población Ocupada: 96,8 % Índice de Pobreza Humana Cantonal: 12,00 Índice de Desarrollo Humano relativo al Género Cantonal: 0,27 Registro de viviendas: 37.261 viviendas individuales.	Instituto Nacional de Estadística y Censos. Censo 2011. PNUD-UCR. Atlas de Desarrollo Humano Cantonal 2011.

Fuente: Municipalidad del cantón de Heredia.

Esta iniciativa, de creación de esta política, está vinculada con los esfuerzos impulsados por la Estrategia Nacional de Cambio Climático y el compromiso que existe a nivel nacional de convertir a Costa Rica en un país carbono neutro en el 2021. Se ha concebido la Política de Cambio Climático para la Municipalidad del Cantón de Heredia como una estrategia que representa el consenso sobre los objetivos que serán alcanzados, y se constituye en los fundamentos sobre los cuales deberán estar orientados y adecuados los planes estratégicos y operativos que se dicten. Representa el marco que define las actividades que serán desarrolladas por los sectores público, privado y la sociedad civil de manera coordinada, en relación con la problemática del Cambio Climático, buscando la reducción de las emisiones de los gases efecto invernadero y promoviendo medidas de mitigación y adaptación para asegurar un desarrollo carbono neutral para el país.

La Política de Cambio Climático para la Municipalidad del Cantón de Heredia considera que la participación ciudadana es la gestión principal y efectiva para el cambio climático. La participación ciudadana deber ser articulada con el gobierno y las instituciones

públicas y privadas en los niveles local y nacional. Para la implementación de la Política del Cambio Climático se hace necesaria la articulación institucional con los diferentes actores que estén relacionados con algunos de los componentes de la gestión del cambio climático. Para hacer efectivos los compromisos, se requiere de esfuerzos y espacios de diálogo sectoriales e intersectoriales, tomando en cuenta al gobierno, sector público y privado, academia y la sociedad civil, pero además se requiere articular a nivel nacional, provincial y municipal.

Si bien la responsabilidad es compartida entre todos los actores participantes, la municipalidad del Cantón de Heredia lidera responsablemente los esfuerzos necesarios para alcanzar la meta de avanzar hacia un desarrollo de carbono neutral. Este esfuerzo se traduce en un proceso en conjunto y articulado que permita la complementariedad, direccionamiento, seguimiento y la evaluación de los Pilares Estratégicos y Líneas de Acción que establece el marco de esta política pública.

La priorización de las medidas de respuesta frente a todos los problemas que son generados por el cambio climático tiene que ser producto de un proceso participativo y de construcción conjunta; por lo tanto, debe incluir la opinión de los distintos sectores de la población. Este proceso permitirá no sólo una correcta participación y una buena incorporación de las distintas necesidades; sino también una plataforma de búsqueda de sinergias que permita darle mayor viabilidad a los proyectos que puedan subsanar estas necesidades nacionales y sus demandas por cada sector.

La construcción de las condiciones habilitantes que permitan abordar, controlar y gestionar las emisiones de gases efecto invernadero, necesitan del involucramiento de todos los actores socioeconómicos al nivel en que se va a aplicar la política. Deberá existir la aceptación respecto a que los instrumentos que se desarrollen garanticen una mayor vinculación entre las entidades estatales, municipales y civiles, en cuanto a sus acciones de mitigación y adaptación al cambio climático y avanzar hacia un desarrollo carbono neutral.

La Política de Cambio Climático se articula con tres componentes estratégicos principales que son, vulnerabilidad, mitigación y adaptación. La conceptualización de estos tres ejes estratégicos se formula con las definiciones presentadas en la Estrategia Nacional de Cambio Climático de Costa Rica, comprendiendo que las acciones de cambio climático a nivel nacional deben estar conectadas, integradas y articuladas para alcanzar en conjunto la meta Costa Rica del carbono neutralidad para el 2021.

Cuadro N° 4: Ejes estratégicos Mitigación, Adaptación y Vulnerabilidad de la Política de Cambio Climático para la Municipalidad del Cantón de Heredia.

	Mitigación	Adaptación	Vulnerabilidad
Objetivos	Alcanzar una disminución en las emisiones de Gases de Efecto Invernadero para reducir los efectos del cambio climático.	Reducir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos con el fin de disminuir los impactos negativos provocados por el cambio climático.	Minimizar la incapacidad de resiliencia del territorio, cuando se presenta una amenaza y para reponerse después de un desastre ambiental en los sectores de las comunidades
Escala espacial	La escala espacial de mitigación tiene su concentración en el cantón de Heredia. Proporcionando beneficios a nivel de provincia y nacional.	La adaptación provee beneficios en gran parte a nivel local, aunque también a escalas regionales y nacionales.	La magnitud de la vulnerabilidad depende de la escala espacial en función de la sustentabilidad y la producción del territorio.
Escala de tiempo	La mitigación presenta una escala de tiempo a largo plazo en relación con el cambio climático.	La adaptación comprende un tiempo a corto plazo sobre la disminución de la vulnerabilidad. Las amenazas requieren de una atención inmediata.	La vulnerabilidad presenta una escala de tiempo de corto plazo, mediano plazo y largo plazo que permitan sostener las condiciones adecuadas del territorio ante el cambio climático.
Sectores	Los sectores claves son: energía, transporte, agropecuario, industrial, residuos sólidos, turismo y recurso hídrico.	Los sectores claves son: recurso hídrico, agropecuario, energía, salud, infraestructura y biodiversidad.	Los sectores claves serían: agropecuario, ordenamiento del territorio urbano y rural, transporte, biodiversidad, energía, salud, infraestructura.

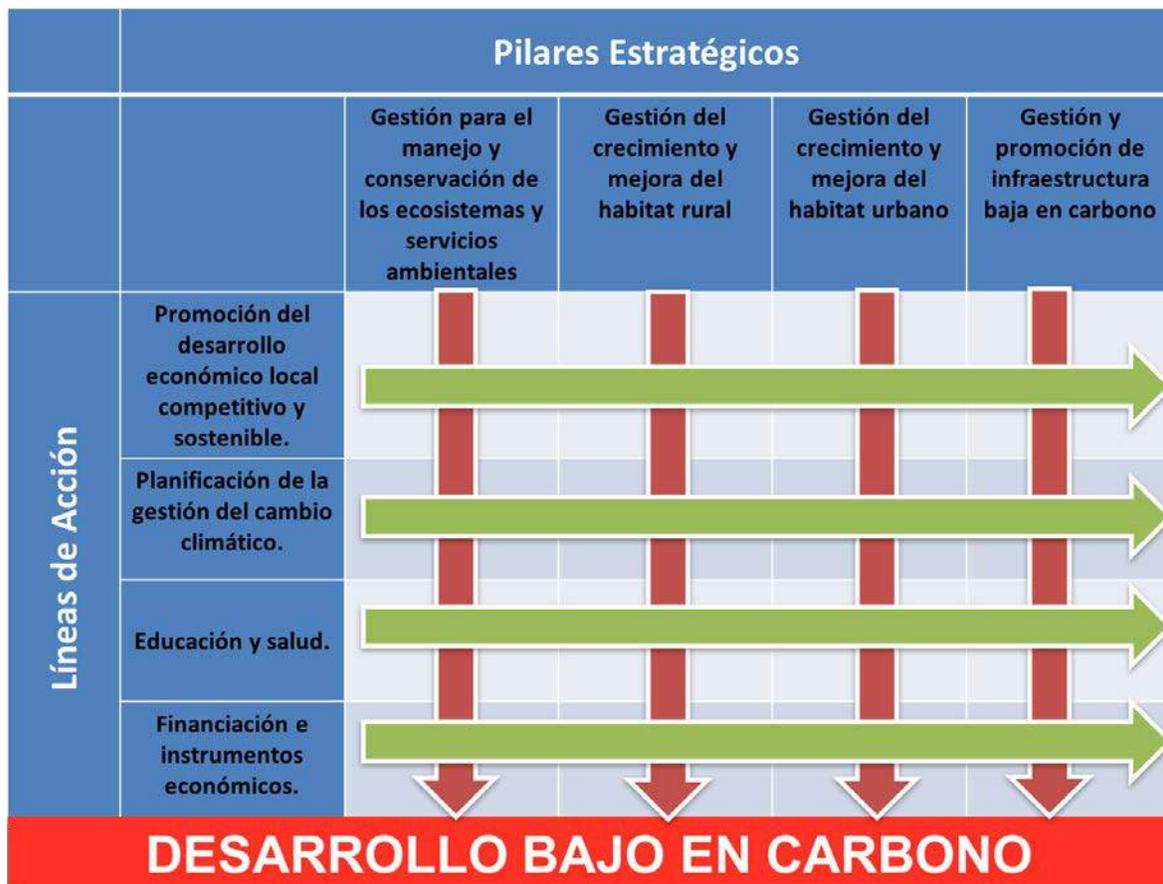
Fuente: Política de Cambio Climático para la Municipalidad del Cantón de Heredia

Al presentar el cantón de Heredia cuatro distritos urbanos y uno rural es necesario incorporar acciones por parte de todos los sectores e instituciones presentes en el territorio. En la zona urbana no existe ninguna área forestal significativa, ni ninguna finca agrícola de consideración significativa y, por otro lado, el quinto distrito es rural, es más grande en extensión que todo el territorio de los primeros cuatro distritos juntos, es agropecuario, y en él viven muy pocas familias. En ambos territorios, urbanos y rural, se debe planificar a largo plazo una gestión responsable de los recursos naturales y el ambiente.

En la Política de Cambio Climático para el Cantón de Heredia se establecieron cuatro pilares estratégicos y cuatro líneas de acción que se articulan de forma integral e influyendo unas en otras. Se establecieron tres pilares territoriales y un pilar sectorial que guiarán la toma de decisiones públicas y privadas rumbo a una mayor sostenibilidad. Los pilares que se formularon fueron 1) la gestión para el manejo y conservación de los ecosistemas y servicios ambientales, 2) gestión del crecimiento y mejora del hábitat urbano, 3) gestión del crecimiento y mejora del hábitat rural y 4) gestión y promoción de infraestructura baja en carbono.

Para impulsar el objetivo de un desarrollo bajo en carbono, fue necesario establecer una serie de líneas de acción que permitiera ejecutar la política: 1) la promoción del desarrollo económico local competitivo y sostenible; 2) la planificación de la gestión del cambio climático; 3) educación y salud; y 4) financiación e instrumentos económicos. Las líneas de acción o líneas estratégicas de política son los componentes o las herramientas para impulsar los cursos de acción o énfasis de la política de acuerdo con las áreas de intervención. Estas líneas de acción serán las que harán posible la ejecución de las políticas y los cambios que deben suceder en cada uno de los sectores y los territorios del país, o en este caso en los que intervienen en el cantón de Heredia. En el cuadro que sigue se representan los componentes de la política, con sus pilares estratégicos y líneas de acción, que buscan finalmente un desarrollo bajo en carbono.

Cuadro N° 5: Componentes de la Política para el Cambio Climático del Cantón de Heredia.



Fuente: Elaboración propia.

Este conjunto de estos pilares estratégicos y líneas de acción son las que generan la política pública para el cambio climático. Este proceso de formulación se trabajó en concordancia, entre otros fundamentos teóricos, con el Anexo 2 de la Guía Metodológica del Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2013) y la Política Nacional de Cambio Climático de Colombia (Bogotá D.C 2017). Además, es Concordante con la Guía para la elaboración de Políticas Públicas del Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN) la política identificará una serie de objetivos e indicadores, relacionados con los ejes o pilares estratégicos y con las líneas de acción abajo detalladas. El diseño y sobre todo la implementación de los instrumentos serán los que nos permitan

obtener eficiencia, efectividad y entendimiento entre las instituciones participantes para el logro de los objetivos propuestos.

DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE LA POLÍTICA PÚBLICA PARA LA MUNICIPALIDAD DEL CANTÓN DE HEREDIA, COSTA RICA

El diseño y puesta en marcha de la Política de Cambio Climático para la Municipalidad del Cantón de Heredia comprendió cinco fases que están agrupadas en dos etapas. Como se plasma en el documento de la Política Pública, la primera etapa consiste en una evaluación de la realidad del cantón e incluye tres fases: diagnóstico; identificación y priorización de temas y culmina con la elaboración de un plan de acción con propuestas concretas. Esta etapa tiene un aproximado de duración de un año.

La segunda etapa de la metodología está enfocada en la ejecución y sistema de monitoreo. En la fase de ejecución se ponen en marcha los proyectos y programas que conforman las acciones del Plan de Acción, se definen los responsables, recursos, tiempos, metas y adicionalmente se establecen los indicadores de avance. En la última fase se evalúan de manera transversal mediante el sistema de monitoreo los alcances y logros de la política. La duración de esta etapa se calcula en 5 años.

El diagnóstico es el primer acercamiento a la realidad del cantón. En esta fase se realiza la recolección de información, conformación de equipos, se visualiza un panorama general de la ciudad, se logra identificar los principales actores y se concluye con elaboración de un pre-diagnóstico, el cual después de una revisión técnica se convierte en el documento final de esta fase con el diagnóstico situacional.

La recolección de información y la interacción con actores locales son los principales insumos para obtener un panorama general del cantón de Heredia relacionada con la temática del cambio climático. Se establece una búsqueda del contexto económico, social, ambiental y la situación del cambio climático y su impacto a nivel cantonal. La búsqueda de información y de personas informantes es clave pues estas personas son los posibles

socios y aliados, que van a ser necesarios para la puesta en marcha del Plan de Acción y para el sistema de monitoreo y evaluación.

Mediante una identificación de actores se logra determinar los niveles y alcances de la participación ciudadana, tanto en las emisiones que constantemente emiten, como potencialmente en la ejecución del plan de acción para reducir estas mismas emisiones. En nuestro caso, en este ejercicio se clasifican los diferentes sectores que conviven en el cantón de Heredia, los cuales serían: Transporte y movilidad, Industria, Comercio, Sociedad civil, Hogares e Instituciones públicas.

Las fases exploratorias anteriores culminan con la descripción y presentación de la información recolectada mediante el pre-diagnóstico y diagnóstico. Los resultados de las diferentes acciones de esta fase culminan con una serie de documentos que detallan los resultados de la información recolectada del cantón de Heredia. Esta recopilación de información se presenta en tres documentos, el primero es el diagnóstico que detalla la situación actual del cantón de Heredia; segundo, otro documento con un mapa de actores y el tercer documento que se presentó fue el protocolo de los resultados del primer encuentro con actores locales. Las dimensiones que deben ser detalladas son sociodemográfica, sociocultural, político- institucional-organizativa, infraestructura-servicios, económica y socio-ambiental.

Teniendo una perspectiva amplia de la realidad del cantón de Heredia se continúa con la segunda fase de identificación y priorización de temas. Esta fase comprende primeramente la identificación de los pilares estratégicos y líneas de acción, las cuales cuentan con una serie de temas y subtemas respectivamente. Luego se realiza una descripción cuidadosa de dichos pilares estratégicos y líneas de acción, que en conjunto se constituirán en la base de la política pública que se está diseñando.

Con la identificación de los pilares estratégicos y líneas de acción se continúa con la aplicación de la metodología del semáforo, que busca evaluar y establecer el estado de situación de los temas y subtemas. Esta metodología consiste en asignar un valor o color correspondiente (verde-amarillo-rojo) a cada tema y subtema. Los tres rangos serían: “verde”, si la gestión es adecuada o buena; “amarillo”, si el tema presenta algunas

dificultades en su servicio o gestión; y “rojo” si el servicio o gestión es deficiente y necesita atención.

La fase identificación y priorización de temas finaliza con un documento que detalle el estado de los temas y subtemas mediante la metodología del semáforo, además señala las áreas críticas y servirá como base para los niveles, acciones y alcances de intervención.

Con la identificación del estado de los temas y subtemas e identificadas las áreas críticas, se establece un marco general de referencia para la definición de los proyectos y programas y sus etapas de acción, seguimiento, difusión, participación y evaluación. Dicho marco se denominará Plan de Acción y constituyen la herramienta fundamental para la planificación de la política de mitigación y adaptación al cambio climático. Es una hoja de ruta que parte del análisis de los impactos del cambio climático y la caracterización de la situación actual del cantón que se ha venido desarrollando en las fases anteriores.

Esta fase contempla la formulación de los proyectos y programas que se desarrollarán en el cantón de Heredia. Además de sus respectivas acciones e implementaciones en concordancia entre los pilares estratégico y las líneas de acción. Comprende la identificación, la selección y desarrollo de estrategias para cada una de las áreas. Entre los elementos a considerar están la duración de las etapas, los recursos disponibles en el municipio, los responsables y se debe prever recursos para el sistema de monitoreo y evaluación.

El Plan de Acción que se va a ejecutar es un complemento de la Política Pública para el Cambio Climático en su camino hacia la sostenibilidad ambiental y desarrollo del cantón de Heredia. Es primordial identificar las fuentes de financiamiento de cada proyecto y presentar una estructura financiera, cronograma, responsables, estimaciones de costos de estudio de pre-inversión y costos de inversión para visualizar sus alcances a futuro en la solución del problema.

En esta fase es de suma importancia la elaboración de líneas bases. Estas serán un punto de partida y deberán tener, en la medida de lo posible, un carácter cuantitativo que puede ser cardinal u ordinal, la cual permitirá establecer comparaciones posteriores e indagar los

cambios ocurridos y caracterizar en forma más precisa los avances o alcances de la Política Pública y su Plan de Acción. Con este resultado se podrá decidir si fuese necesario la reformulación de los objetivos con miras a generar mayor pertinencia, eficacia, eficiencia y sostenibilidad. Al finalizar esta fase se debe obtener un documento que precise de manera detalla el Plan de Acción. Se debe describir el conjunto de pasos y acciones con las cuales el cantón se va a enrumbar hacia la sostenibilidad ambiental.

La cuarta fase, que es la de ejecución, pondrá en marcha los proyectos, programas y acciones establecidas en el plan de acción. Esta fase está conformada por las siguientes actividades: Presupuesto y financiación, Contrataciones técnicas especializadas y asignación de responsables de la ejecución de la política pública de cambio climático.

Los alcances, costos y duración de las acciones de la Política para el cambio climático son muy diversos. En algunas de ellas se requieren respuestas o soluciones concretas y factibles de manera inmediata; mientras algunas otras requieren pre-diseños, diseños y determinar mediante estudios previos, los montos de la pre-inversión e inversión para establecer las soluciones. Será necesario eventualmente considerar también la factibilidad económica e ingeniería ambiental.

La Municipalidad de Heredia no cuenta, como punto de partida, con todo el personal o equipo para dar respuesta a todos los proyectos o programas de la política pública para el cambio climático; sin embargo, esta situación es absolutamente comprensible, pues en algunos casos lo que se requiere es de la participación de personas con altas competencias en química del ambiente, química de la atmosfera u otros, y para eso se recurre a la contratación técnica especializada. Para ello, se espera que la Municipalidad de Heredia ejerza la debida diligencia para asegurar la transparencia en las adquisiciones, el uso económico de los recursos y la alta calidad de los servicios de los consultores.

La última fase consiste en un seguimiento y evaluación, permitiendo un monitoreo continuo de la Política Pública. Con los diseños y puesta de marcha de un sistema de monitoreo se podrán realizar verificaciones constantes para comprobar que la implementación avanza como se planificó; además de evaluar si los acciones siguen siendo válidas y si fuese necesario realizar las modificaciones que sean requeridas.

El diseño y puesta en marcha del sistema de monitoreo es fundamental que sea previsto y presupuestado desde las fases de inicio. Se sugiere un esquema de monitoreo, que se presente para conocimiento a una Comisión nombrada de previo y avalada por las autoridades correspondientes, la cual integre diferentes actores sociales (academia, cámaras de comercio, industria, sociedad civil y otros). La comisión debe ser capacitada para evaluar los resultados permanentes de las evaluaciones, y se les debe ofrecer el apoyo y los recursos necesarios para su buen funcionamiento. La Comisión debe brindar seguimiento a los procesos de una manera técnica y no con sesgos políticos, a los temas prioritarios y a aquellos que la ciudadanía considere importantes para la sostenibilidad de las comunidades.

Esta fase finaliza con una retroalimentación que consiste en presentar los hallazgos y conclusiones de la evaluación y redactar recomendaciones y lecciones aprendidas del proceso. Este trabajo se utilizará para mejorar el desempeño del próximo periodo y como base para la toma de decisiones y para fomentar el aprendizaje en futuras acciones municipales. Considerando que las políticas para el cambio climático son un proceso sistémico continuo, se regresa de nuevo al punto inicial.

CONCLUSIONES

El cambio climático no debe ser abordado únicamente desde los ámbitos global y nacional. Se ha evidenciado y visibilizado el rol de las ciudades y las autoridades municipales como actores fundamentales para liderar la planificación, diseño e implementación de acciones de adaptación y mitigación frente al cambio climático, no solo por el rol principal que juegan las ciudades en las emisiones de GEI, sino también porque muchas autoridades locales tienen cada vez más competencias para emprender reformas sustanciales, tanto en mitigación como en adaptación. En ese sentido, las políticas públicas deben ser transversales e incluir en su diseño y puesta en marcha el fenómeno del cambio climático, pues involucra todos los aspectos del desarrollo local, trascendiendo al tema ambiental.

Los desafíos planteados en la formulación y puesta de marcha de una política pública para el cambio climático exigen acciones con un enfoque integral. Esto implica enormes esfuerzos en la coordinación interinstitucional en los países y sus municipios, pero también entre los tomadores de decisiones y en general en la sociedad civil para fomentar alianzas entre todos los sectores. Enfrentarse a estos retos relativamente nuevos, exige desarrollar iniciativas innovadoras adaptadas a las realidades presentes en cada municipio, pero implica tomar una posición clara a favor de los intereses de las personas afectadas por el cambio climático.

Existe una amplia variedad de soluciones tecnológicas que podrían ayudar en la reducción de impactos negativos que las personas y el sector productivo generan en el cambio climático. Pero para decidir cuáles incentivamos para que se utilicen por parte del sector privado, o cuáles introducimos en el sector públicomunicipal se requiere considerar el costo efectividad de cada una de ellas.

Los gobiernos nacionales como los municipales deben fortalecer las capacidades institucionales para brindar una respuesta adecuada a los requerimientos de gestión referentes al Cambio Climático. Se deben establecer alianzas interinstitucionales que incluyan al sector privado y a la sociedad civil, tanto local e internacionalmente para que contribuyan con sus experiencias y conocimientos para fortalecer las acciones de implementación, planificación, ejecución y seguimiento de la temática sobre el cambio climático.

Se debe estimular la búsqueda y obtención de fuentes de financiamiento para hacer frente a los impactos del cambio climático. Los presupuestos de los gobiernos locales son sumamente bajos y limitados para enfrentar los cambios requeridos para enfrentar el cambio climático; por lo cual, se debe promover la búsqueda de recursos financieros a nivel de cooperaciones con el sector privado y la sociedad civil local e internacional para ser potenciar las estrategias de mitigación y adaptación. También, es fundamental las acciones normativas y de carácter administrativo en los municipios para que se generen tasas u otras formas de ingreso, logando así establecer una estructura presupuestaria permanente

Las políticas públicas para cambio climático deben considerar como un pilar estratégico la educación. Se debe buscar mejorar la comprensión, el entendimiento y el abordaje del cambio climático a nivel de la ciudadanía y el primer paso para promover la inserción efectiva de los temas de cambio climático debe ser la educación; debe ser un factor esencial en la respuesta al cambio climático, ayudando a entender y abordar las consecuencias del calentamiento del planeta. La misión central de la educación consiste en promover valores de humanismo y buscar un desarrollo sostenible con el fin de alcanzar una transición justa hacia economías exentas de carbono.

Finalmente, la comunicación y participación ciudadana sobre el cambio climático debe estar centrada en la sensibilización de los tomadores de decisiones, comunidades e individuos. Se debe fomentar cambios de actitud y comportamiento frente a las nuevas dinámicas del sistema climático, mediante estrategias de comunicación que fortalezca la interacción de las instituciones miembros y potencie el vínculo del programa con la sociedad, en la elaboración, planificación, ejecución, monitoreo y evaluación de políticas, planes, programas y proyectos de Cambio Climático

BIBLIOGRAFÍA CITADA/ CONSULTADA

- Banco Interamericano de Desarrollo. (2013). Anexo 2. Indicadores de la Iniciativa: Ciudades Emergentes y Sostenibles. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible Política nacional de cambio climático: documento para tomadores de decisiones. Murillo, Luis Gilberto. Ministro (2016); [Eds.] Dirección de Cambio Climático: Florián Buitrago, Maritza; Pabón Restrepo, Giovanni Andrés; Pérez Álvarez, Paulo Andrés; Rojas Laserna, Mariana; Suárez Castaño, Rodrigo. Bogotá, D. C.: Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2014), Paradojas y riesgos del crecimiento económico en América Latina y el Caribe: una visión ambiental de largo plazo (LC/L.3895), publicación de las Naciones Unidas, Santiago de Chile.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2015). Sostenibilidad Ambiental y competitividad internacional. Recuperado de: http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/38985/S1500638_es.pdf;jsessionid=AA7F33CCDACADEC45E7D99F3D76B13E9?sequence=1
- DCC (Dirección de Cambio Climático). (s.f). Programa ACCIÓN Clima. Recuperado de: <http://www.cambioclimaticocr.com/2012-05-22-19-47-24/programas/programa-accion-clima>
- DCC (Dirección de Cambio Climático). (s.f). Programa País. Recuperado de: <http://www.cambioclimaticocr.com/2012-05-22-19-47-24/programas/mercados-de-carbono>
- DCC (Dirección de Cambio Climático). (s.f). Mercados de Carbono. Recuperado de: <http://www.cambioclimaticocr.com/2012-05-22-19-47-24/programas/mercados-de-carbono>

- Mideplan. (Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica) (2016). Guía para la Elaboración de Políticas Públicas. Recuperado de: https://documentos.mideplan.go.cr/alfresco/d/d/workspace/SpacesStore/f9f39454-7250-47f4-ba7a-0ba03782f174/Guia_de_Elaboracion_de_Policas_Publicas.pdf?guest=true
- Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones . (2009). Estrategia Nacional de Cambio Climático. San José: Editorial Calderón y Alvarado S. A.
- Municipalidad de Heredia. (marzo, 2014). *Plan Municipal para la Gestión Integral de Residuos Sólidos del Cantón Central de Heredia*. Período: 2014-2019.
- Política nacional de cambio climático: documento para tomadores de decisiones --- / Murillo, Luis Gilberto. Ministro (2016 - :); [Eds.] Dirección de Cambio Climático: Florián Buitrago, Maritza; Pabón Restrepo, Giovanni Andrés; Pérez Álvarez, Paulo Andrés; Rojas Laserna, Mariana; Suárez Castaño, Rodrigo. ---- Bogotá, D. C.: Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017

Sesión Plenaria

La Energía Eólica y el Trilema Energético

Dr. Geovanni Hernández Galvez
Universidad Popular de la Chontalpa. Cárdenas. Tabasco

LA ENERGÍA EÓLICA Y EL TRILEMA ENERGÉTICO

Dr. Geovanni Hernández Galvez
Profesor Titular A
Universidad Popular de la Chontalpa. Cárdenas. Tabasco
geovannisg@yahoo.com

Introducción.

El consumo mundial de energía primaria continúa creciendo, aumentando con ello la preocupación internacional por el uso extensivo de combustibles fósiles y sus implicaciones medioambientales. Los principales sectores consumidores de energía en todo el planeta son la industria, las edificaciones y el transporte. Entre tanto, los países miembros de la OECD, China y la India, figuran entre los más consumidores.

Los principales recursos energéticos utilizados son el petróleo, el carbón y el gas natural; se espera que durante muchos años más ellos representen el mayor porcentaje de la matriz energética global.

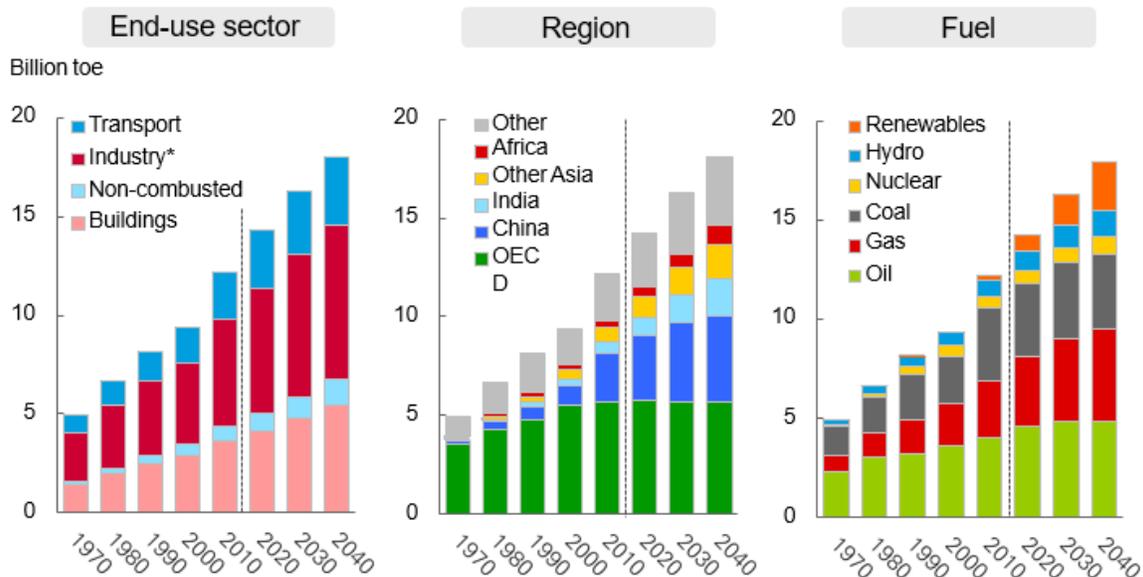


Fig. 1. Consumo mundial de energía primaria (1 toe = 41.868 GJ = 11.63 MWh).

Fuente: *British Petroleum*. Disponible en

<https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/energy-outlook/energy-outlook-downloads.html>

Uno de los grandes problemas que tiene el uso de combustibles fósiles son sus emisiones de gases de efecto invernadero. Algunas cifras importantes sobre este aspecto se muestran en el mapa y la tabla siguientes.

CO₂ emissions (MtCO₂) (2015)

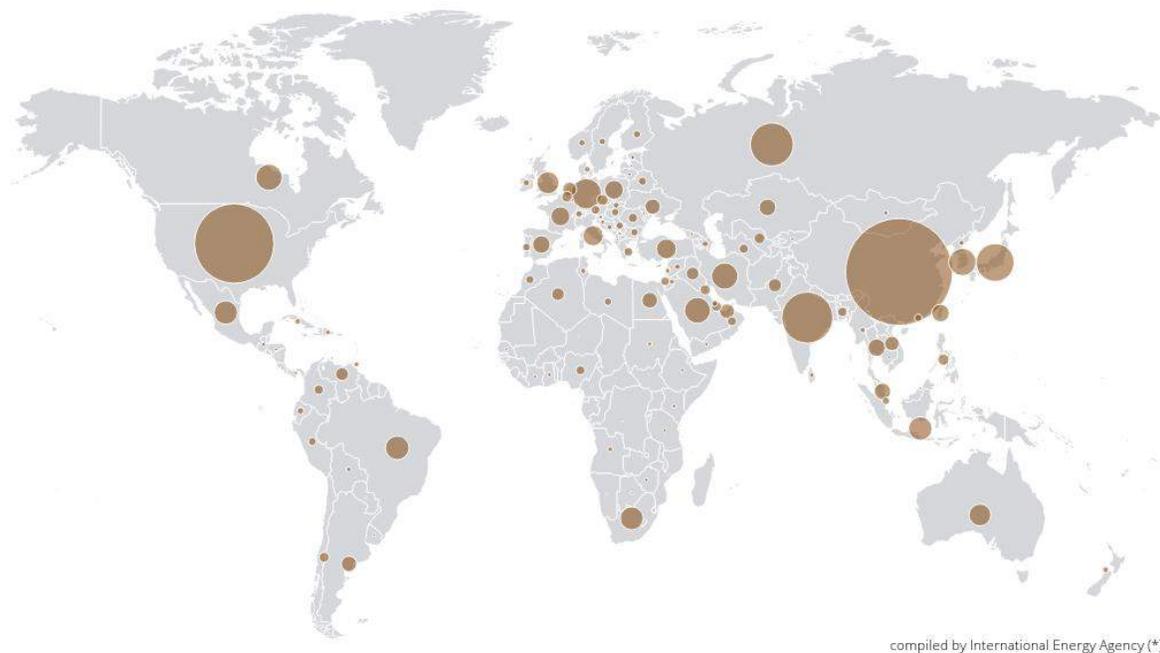


Fig. 2. Emisiones de CO₂ por el uso de combustibles fósiles (Año 2015)

Tabla 1. Países con mayores emisiones en el 2015.

Países	MtCO ₂
China	9000
USA	5000
India	2100
Federación Rusa	1500
Japón	1100
Alemania	729.8
Corea del Sur	586.0
Irán	552.4
Canadá	549.2
Arabia Saudí	531.5

Fuente: IEA. <http://energyatlas.iea.org/#!/tellmap/1378539487/0>

En el 2015 las emisiones globales de CO₂ a partir del uso de combustibles alcanzó las 32.3 GtCO₂, comparable con los niveles del 2014. Entre los principales países y regiones responsables de dichas emisiones se encuentran: China (28%), Estados Unidos (15%), Unión Europea (10%), India (6%), Federación Rusa (5%), Japón (4%), Corea (2%), Canadá (2%), Brasil (1%) y México (1%).

Una de las alternativas para mitigar dichas emisiones es el uso de energías renovables.

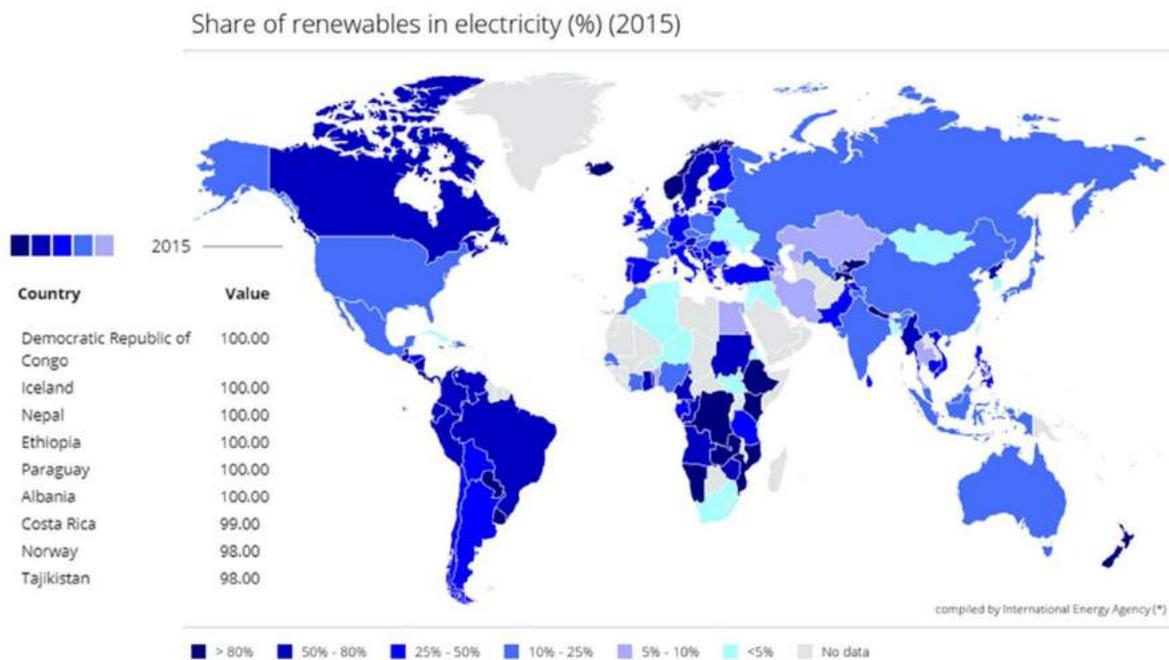


Fig. 3. Participación de las energías renovables en la producción de electricidad (AÑO 2015). Fuente: IEA. Disponible en <http://energyatlas.iea.org/#!/tellmap/-1118783123/3>

El 19.3 % del consumo mundial de energía en el 2015 fue a partir de energías renovables. Dentro de ellas, las que mayores inversiones han estado recibiendo son la eólica y la solar.

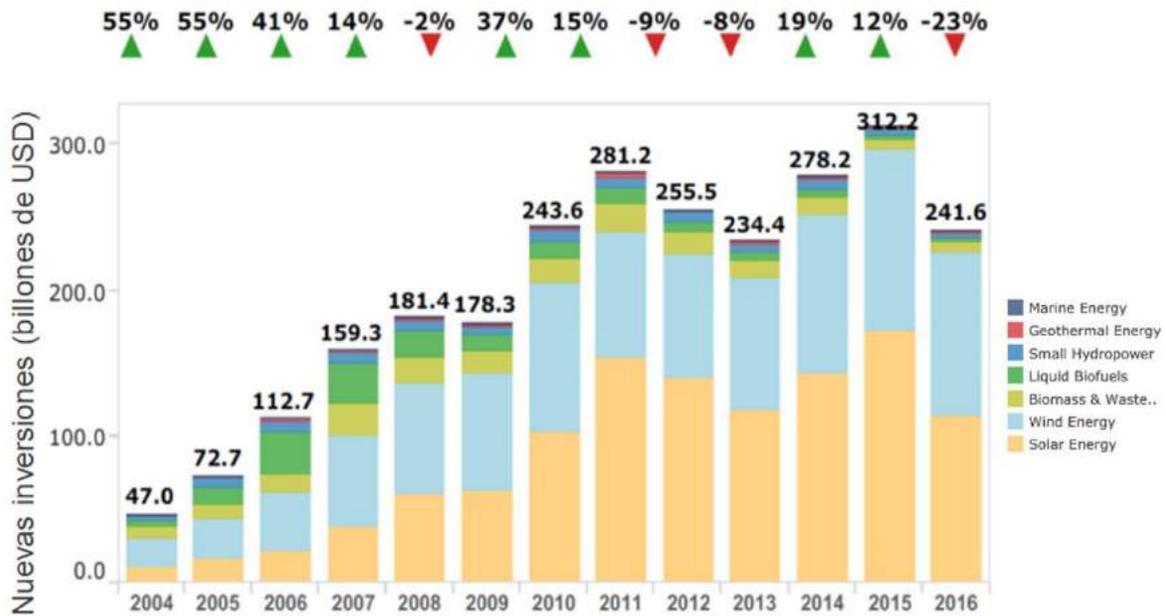


Fig. 4. Inversiones en energías renovables (billones de USD). Fuente: IRENA. <http://resourceirena.irena.org/gateway/dashboard/?topic=6&subTopic=11>

Energía eólica & trilema energético.

La energía eólica una de las fuentes renovables que más se aprovecha a nivel mundial. Esta no es más que aquella contenida en el viento, que a su vez son masas de aire en movimiento (energía cinética). El viento es inagotable, intermitente, disperso y aleatorio; es consecuencia de la radiación solar.

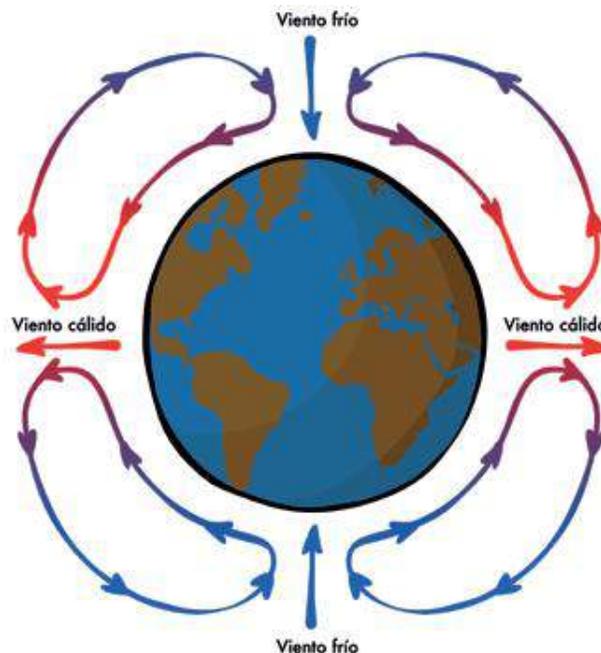


Fig. 5. Origen del viento.

Existen diferentes tecnologías para aprovechar dicho recurso. Desde aquellas utilizadas para el bombeo de agua (molinos de viento multipalalas) hasta las turbinas eólicas utilizadas para producir electricidad (aerogeneradores). Dentro de estas últimas podemos encontrar pequeños aerogeneradores (figura 6) y grandes aerogeneradores (figura 7).



Fig. 6. Distintos modelos de aerogeneradores de pequeña potencia.



Fig. 7. Aerogeneradores de alta potencia. Utilizados en parques eólicos.

Los mayores esfuerzos de la industria eólica se concentran en los aerogeneradores de alta potencia (principalmente mayores a 1 MW). Al finalizar el 2017 la potencia total instalada en el mundo ascendió a 539 GW (figura 8).

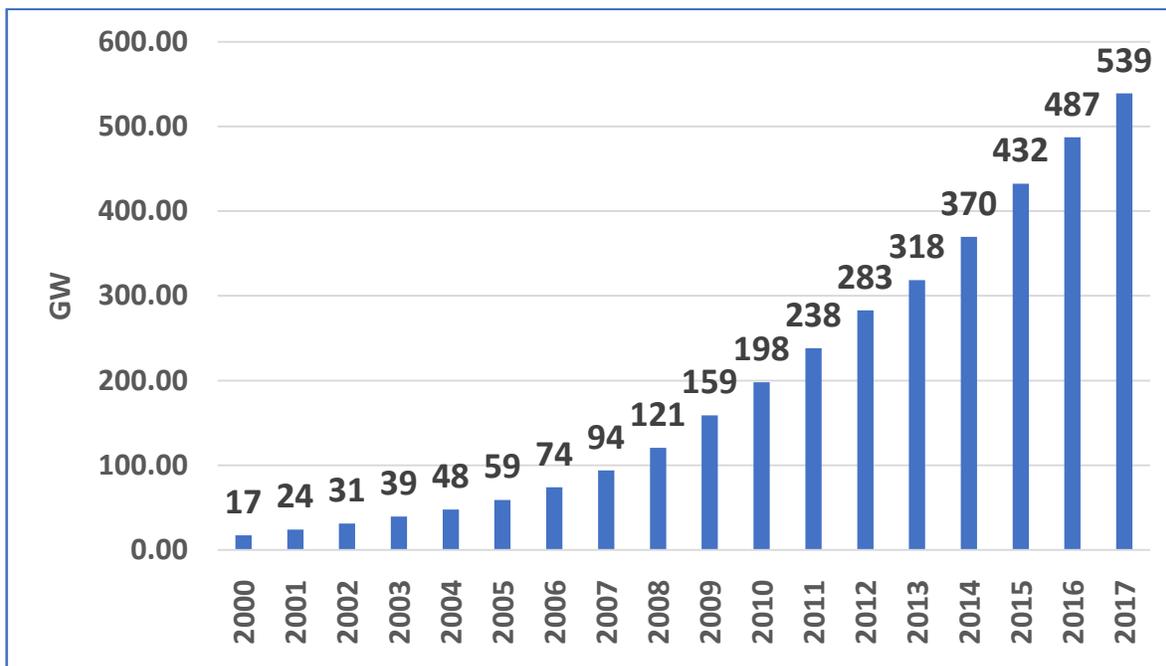


Fig. 8. Capacidad acumulada (2000-2017). Fuente: *Global Wind Energy Council*.
 Disponible en <http://gwec.net/global-figures/graphs/>

Los tres primeros países líderes en dicha tecnología son China, Estados Unidos y Alemania.

La capacidad eólica instalada en los diez países líderes, representa el 84.7 % de la capacidad eólica global instalada al finalizar el 2017.

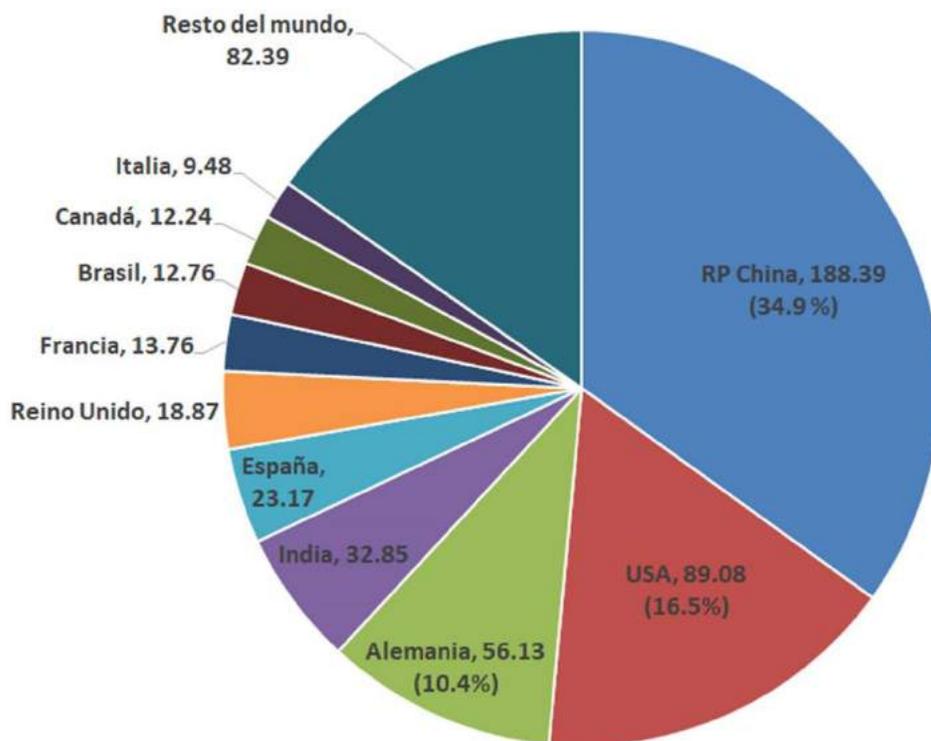


Fig. 9. Primeros diez países en capacidad eólica instalada a finales del 2017 (GW). *Global Wind Energy Council*. Disponible en <http://gwec.net/global-figures/graphs/>

En México, el mayor desarrollo eólico tiene lugar en el Istmo de Tehuantepec, debido al gran potencial que tiene el viento en dicha región. También existen instalaciones en otros estados como Nuevo León, Tamaulipas, Baja California, Chiapas y San Luis Potosí. Además, en Yucatán ya se iniciaron obras de construcción de otros parques.

TOTAL PREVISTO EN EL AÑO 2020: **12,823 MW**

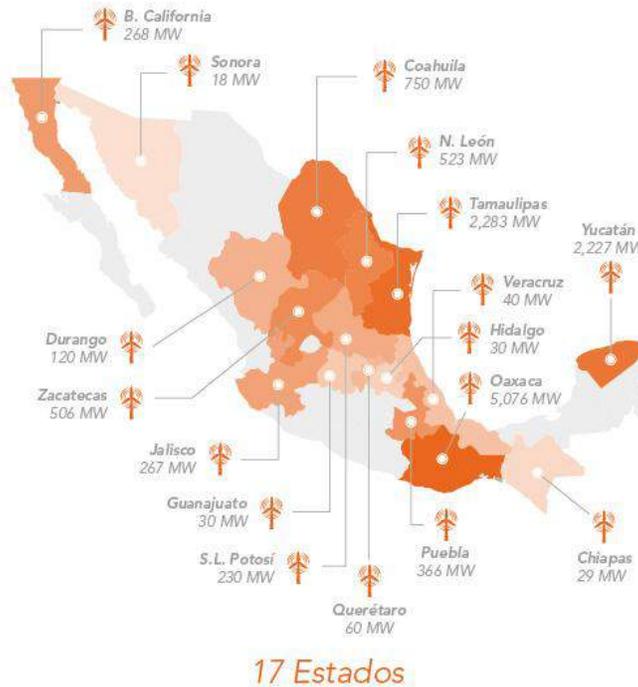


Fig. 10. Proyectos eólicos en México (previsto al 2020). Fuente: <http://www.amdee.org/parques-eolicos-mexico-2018>

Según datos de la Asociación Mexicana de Energía Eólica (AMDEE), se espera que al finalizar el 2020 queden instalados en el país 12,823 MW de energía eólica. Sin embargo, el potencial eólico existente en el país es mucho mayor. Estimaciones realizadas por el Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias (INEEL), sugieren que en México existe un potencial aprovechable de 30 GW (figura 11)



Fig. 11. Densidad de potencia eólica disponible (W/m^2) a 50 m de altura sobre el nivel del suelo en México. Fuente: *ERRIIE. Explorador de Recursos Renovables*. <http://sag01.iie.org.mx/eolicosolar>

La industria eólica ha tenido un constante crecimiento a nivel internacional, trayendo consigo el desarrollo de nuevas opciones que le permiten una mayor penetración en las matrices energéticas de varios países. Entre dichas opciones se encuentran las siguientes:

- Sustitución de turbinas eólicas de pequeña y mediana potencia por turbinas eólicas de gran potencia, arriba del MW de potencia (esquema repowering).

Esta opción consiste en sustituir los aerogeneradores de potencia menores a 1 MW por aquellos de nuevas tecnologías con potencias mayores a 1 MW; menos ruidosos, de mayor eficiencia y de mayor producción de energía por unidad de área. Esta opción permite aprovechar mejor el área del parque eólico, ya que con menos aerogeneradores se produce mayor cantidad de energía; pero implica retos adicionales que tiene que ver con el manejo de residuos provenientes de los aerogeneradores sustituidos.

- Instalaciones eólicas en el mar (parques eólicos offshore).

Esta es una opción que se ha estado utilizando sobre todo en algunos países europeos, como Dinamarca, Reino Unido y Alemania, entre otros. Su costo es mayor al de las instalaciones eólicas en tierra, pero su producción de energía es mayor ya que pueden contar con un recurso eólico mayor y de mejor calidad energética. Además, sus efectos ambientales y sociales negativos suelen ser menores.

- Uso del hidrógeno como medio de almacenamiento de energía (sistemas integrados de energía eólica-hidrógeno-celdas de combustible).

Los sistemas integrados de energía eólica-hidrógeno-celdas de combustible, se enmarcan dentro de la llamada “economía del hidrógeno”. Se dice que el hidrógeno, debido a sus características como combustible (entre ellas, su alto contenido energético por unidad de masa) es el vector energético del futuro. Si él se obtiene por electrolisis del agua, utilizando energía eléctrica proveniente de fuentes renovables de energía (en particular la eólica), entonces será un “hidrógeno verde”.

Esta alternativa, actualmente viable desde el punto de vista técnico, pero no desde el punto de vista económico, aumenta la penetración eólica en las redes eléctricas y se espera que en la misma medida en que los electrolizadores, las celdas de combustibles y los sistemas de almacenamiento de hidrógeno disminuyan sus costos, se vaya haciendo más competitiva económicamente. Actualmente existen varios proyectos demostrativos, por ejemplo, en Noruega y Grecia.

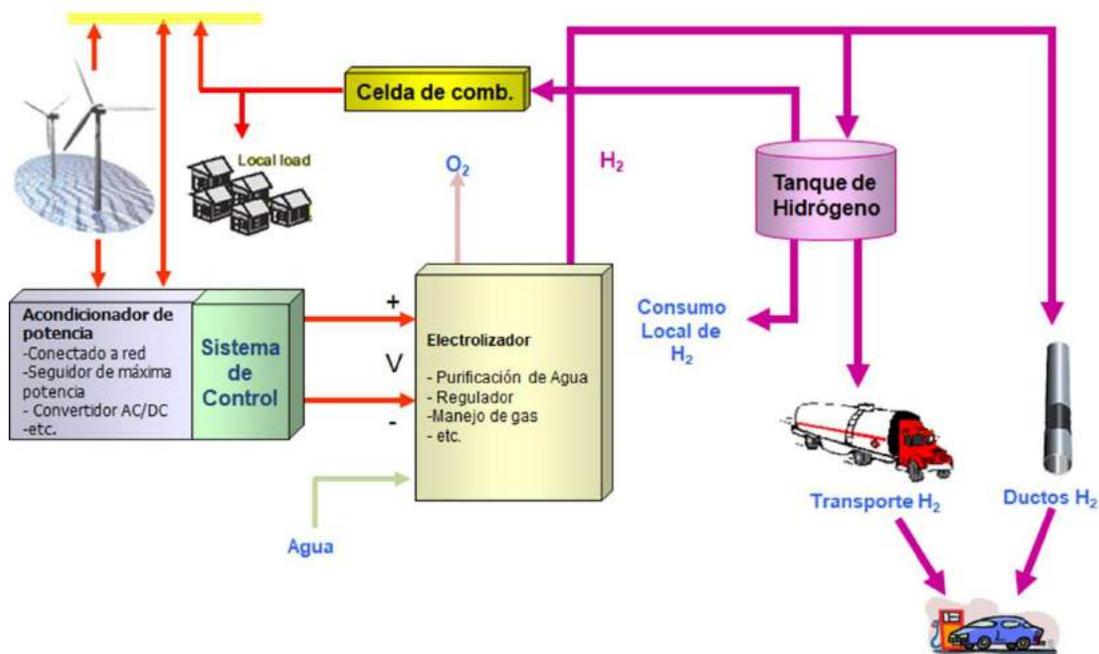


Fig. 12. Sistemas integrados eólico-hidrógeno-celdas de combustible.

Las tecnologías eólicas y todas sus formas de utilización, están entre las que menos impactos ambientales negativos provocan; pero no están exentas de ellos. Además, los proyectos eólicos, dependiendo mucho de su planeación, pueden tener impactos sociales negativos. A continuación, algunos aspectos relevantes sobre ellos.

- Aspectos sociales y ambientales de la energía eólica.

La forma en la que se manifiestan dichos impactos depende de la fase de desarrollo del proyecto eólico, distinguiéndose tres básicamente: construcción, operación y desmantelamiento.

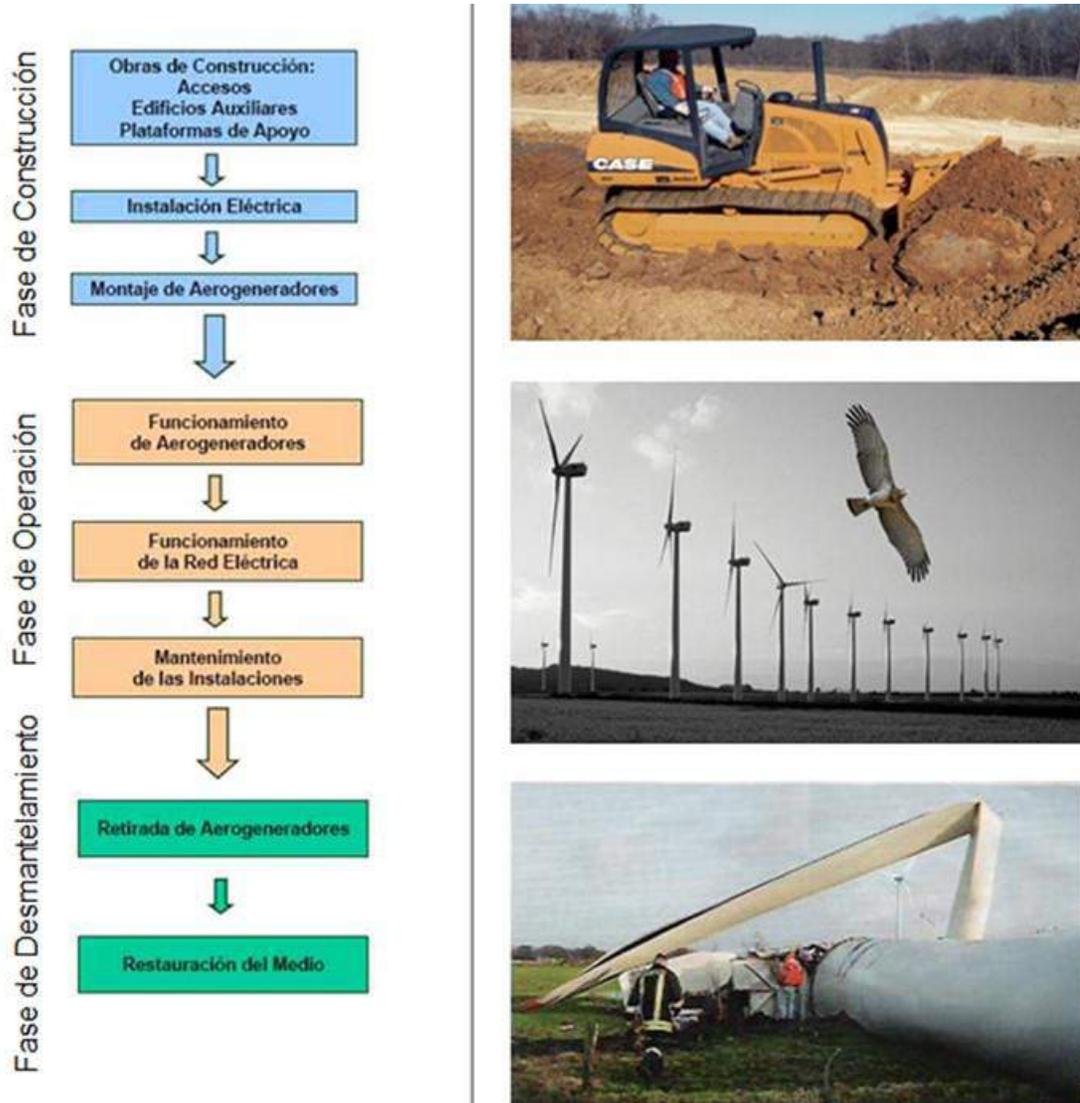


Fig. 13. Fases de desarrollo de un proyecto eólico.

- Fase de construcción.



Fig. 14. Obras asociadas a la fase de construcción de un parque eólico.

Durante esta fase son típicas las siguientes actividades:

- Movimiento de maquinarias
- Apertura de viales y pasos, zanjas, zonas de acopio y edificios de control
- Cimentaciones

Que pueden traer consigo las siguientes afectaciones:

- Afectación al medio hídrico
- Erosión del suelo (Destrucción de cubierta vegetal)
- Ocupación del hábitat
- Impacto sobre la vegetación
- Impacto sobre la fauna

- Fase de operación o explotación.

Durante esta fase tiene lugar los principales efectos negativos de un parque eólico.

Impactos permanentes:

- ✓ Riesgos de colisión para las aves

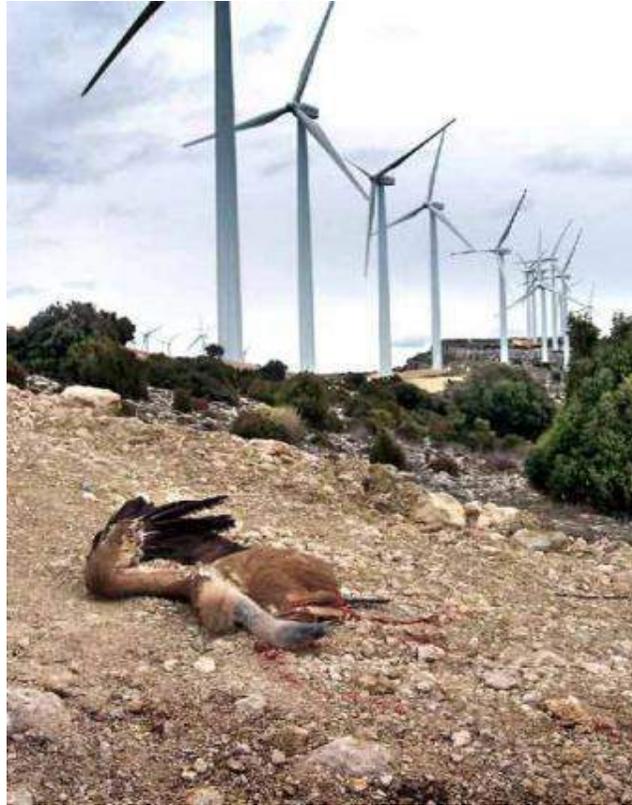


Fig. 16. Ave impactada por las aspas de un aerogenerador.

✓ Afectación paisajística.

Este efecto tiene un marcado carácter subjetivo: lo que desde el punto de vista estético es molesto para unos, puede ser agradable para otros.

✓ Aceites usados en los aparatos.

Este puede estar asociado a fallas mecánicas en algunas partes del aerogenerador, que provoquen fugas de aceite. Estas pueden favorecer la aparición de manchas en las aspas y torres de los aerogeneradores, que, sumadas a la impregnación de polvo en ellas, resultan desagradables desde el punto de vista visual.

- Fase de desmantelamiento

Puede estar dado tanto por la repotenciación de parques eólico como por la sustitución de turbinas eólicas averiadas.

Normalmente se realiza una restauración de los terrenos afectados por pistas, tendidos, plataformas, y otras obras o estructuras del parque.



Fig. 17. Turbina eólica averiada.

El manejo de residuos es un aspecto importante durante esta etapa. Una gran parte de los materiales utilizados en un aerogenerador pueden ser reutilizados, ya sea dentro de la propia industria eólica o en otras industrias.

Los materiales típicamente utilizados en un aerogenerador se muestran a continuación.

Tabla 2. Materiales típicamente utilizados en un aerogenerador (Martínez E. et al. Renewable energy, 34 (2009), pp. 667-673)

Component	Sub-component	Weight	Materials		
Rotor	Three blades	19.5 t	11.7 t resin 7.8 t fibre glass		
	Blade hub	14 t	14 t cast iron		
	Nose-cone	310 kg	0.124 t fibre glass 0.186 t resin		
Foundation	Footing	725 t	700 t concrete 25 t iron		
	Ferrule	15 t	15 t steel		
Tower	Three sections	143 t	143 t steel		
Nacelle	Bed frame	10.5 t	10.5 t iron		
	Main shaft	6.1 t	6.1 t steel		
	Transformer		5 t	0.149 t silica 1.5 t copper 3.3 t steel	
		Generator		6.5 t	0.195 t silica 2 t copper 4.29 t steel
			Gearbox		16 t
	Nacelle cover			2 t	0.8 t fibre glass 1.2 t resin

En este sentido es importante señalar los siguientes aspectos:

- El hub se recicla.
- Se desarrollan procedimientos para reciclar las palas (ej. Pirolisis a 500 °C).
- Las bases se quedan en su lugar y son cubiertas por una capa de suelo orgánico.
- La torre se recicla.

Se recicla aproximadamente el 90 % de los materiales que la forman.

En relación a la huella de carbono que dejan los aerogeneradores, ella es menor a la de otras tecnologías renovables y a la de las convencionales. En las siguientes tablas se muestran algunas cifras que facilitan un análisis comparativo al respecto.

Tabla 3. Emisiones equivalentes en el ciclo de vida de algunas tecnologías energéticas.

Componentes	Emisiones equivalentes (gCO ₂ eq./kWh)		
	Schleisen [66]	Kemmoku <i>et al.</i> [67]	Voorspools <i>et al.</i> [68]
Aerogenerador	10.04509	7.097344	3.71094
Celda de combustibles	19.897455	19.89746	19.8974
Electrolizador	11.139854	11.13985	11.1398

S. no.	Conventional systems		Renewable systems	
	System	g-CO ₂ /kWh	System	g-CO ₂ /kWh
1	Coal fired	975.3	Wind	9.7–123.7
2	Oil fired	742.1	Solar PV	53.4–250
3	Gas fired	607.6	Biomass	35–178
4	Nuclear	24.2	Solar thermal	13.6–202
			Hydro	3.7–237

Todo lo anterior significa que las tecnologías eólicas, si bien tienen grandes ventajas en relación a otras tanto renovables como convencionales, no están exentas de provocar efectos ambientales y sociales negativos.

Esto implica grandes retos no solo tecnológicos, sino también desde el punto de vista de la planeación sustentable de las instalaciones eólicas. Los retos de la sustentabilidad alcanzan al sector energético, el cual debe garantizar una disminución de su huella de carbono, así como de sus demás efectos negativos sobre el medioambiente y la sociedad, pero a su vez garantizando la viabilidad económica necesaria para las empresas generadoras de energía.

Este “conflicto” entre lo económico, lo social y lo ambiental ha sido conceptualizado por el Consejo Mundial de Energía bajo la denominación de “trilema energético”. A continuación, algunos detalles sobre el mismo.

- TRILEMA ENERGÉTICO

Definido por el *World Energy Council - WEC*, como el equilibrio entre tres dimensiones principales: seguridad energética, equidad energética y sostenibilidad medioambiental.



Fig. 18. Esquema del trilema energético. Fuente: Consejo Mundial de Energía (WEC). Disponible en https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2014/04/WEC_16_page_document_21.3.14_ES_FINAL.pdf

Seguridad energética: Gestión eficaz del suministro de energía a partir de fuentes nacionales y externas (tanto para importadores como exportadores netos de energía); fiabilidad de las infraestructuras energéticas; capacidad de las empresas de energía para satisfacer la demanda actual y futura.

Equidad energética: Accesibilidad y asequibilidad del suministro de energía para toda la población.

Mitigación del impacto ambiental: Eficiencia y ahorro energético (tanto desde el punto de vista del suministro como del de la demanda); oferta de energía renovable y de otras fuentes bajas en carbono.

Para medir los avances de cada uno de los países en el logro de soluciones energéticas equilibradas en los tres aspectos del trilema, se desarrolló el índice del trilema energético. Al finalizar el 2017 los diez primeros países en dicho índice fueron los siguientes (<https://trilemma.worldenergy.org/reports/main/2017/2017%20Energy%20Trilemma%20Index.pdf>)¹:

1. Dinamarca
2. Suecia
3. Suiza
4. Holanda

¹México ocupa el lugar 57, pero se espera que experimente cambios positivos en los próximos años.

5. Reino Unido
6. Alemania
7. Noruega
8. Francia
9. Nueva Zelandia
10. Eslovenia

Un aspecto directamente ligado al trilema energético es el de “resiliencia de los sistemas energéticos²”. La resiliencia de los sistemas energéticos, en particular de los eólicos, tiene una fuerte relación con el tema de la seguridad energética, que a su vez enfrenta nuevos retos a raíz del cambio climático. Fenómenos climatológicos como los huracanes, no solo se han hecho más frecuentes sino también más intensos; y algo muy importante, más difíciles de predecir.

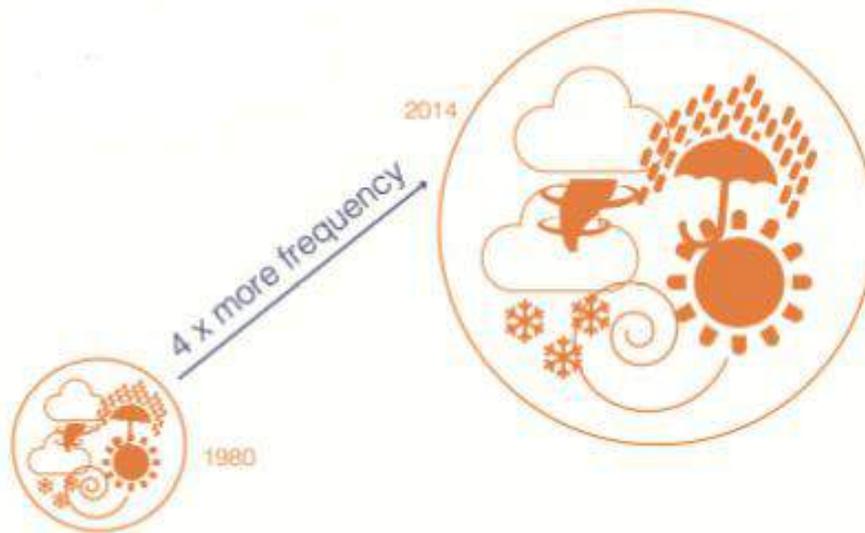


Fig. 19. Comparación de la frecuencia de fenómenos climatológicos adversos (1980 vs 2014). Fuente: El camino a la resiliencia. <http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2015/09/The-Road-to-Resilience-Managing-and-Financing-Extreme-Weather-Risk.pdf>.

²Resiliencia:

1. Capacidad de adaptación de un ser vivo frente a un agente perturbador o un estado o situación adversos.
2. Capacidad de un material, mecanismo o sistema para recuperar su estado inicial cuando ha cesado la perturbación a la que había estado sometido (<http://dle.rae.es/?id=WA5onlw>).

Algunos datos que revelan la importancia de este tema son los siguientes:

- En Estados Unidos el Huracán Sandy provocó un apagón por más de tres días.
- A principios de 2015 Chile experimentó el equivalente a 7 años de lluvia en 12 horas, dejando a miles de personas sin electricidad.
- En Filipinas el costo de recuperación del tifón de 2013 se estimó en más del doble del PIB del país.

En términos generales, la resiliencia de los sistemas energéticos significa (El camino a la resiliencia. <http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2015/09/The-Road-to-Resilience-Managing-and-Financing-Extreme-Weather-Risk.pdf>):

- Disponer de una infraestructura robusta y con capacidad para recuperar sus operaciones, reduciendo al mínimo las interrupciones en el servicio.
- Tener capacidad de soportar eventos extraordinarios, garantizar la seguridad de los equipos y personas, y asegurar una producción continua y fiable de energía.
- Equilibrar las tres dimensiones del trilema energético: seguridad energética, equidad energética y sostenibilidad ambiental.

Para ello se requiere de:

- Mejor evaluación de riesgos.
- Mejor modelación, planificación y diseño.
- Mayor comunicación y colaboración.
- Tecnologías mejoradas, que puedan absorber y recuperarse de eventos peligrosos a lo largo de su vida útil estimada.

Esto significa pasar de sistemas con “resiliencia fuerte” a sistemas con “resiliencia blanda”, más inteligentes, enfocados a absorber impactos (figura 20).



Fig. 20. Resiliencia de sistemas energéticos. Fuente: El camino a la resiliencia. <http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2015/09/The-Road-to-Resilience-Managing-and-Financing-Extreme-Weather-Risk.pdf>

En particular en los sistemas eólicos se trabaja en el desarrollo de mejores tecnologías no solo de generación (aerogeneradores) sino también de transmisión (redes eléctricas).



Fig. 21. Fuente: Resiliencia de sistemas eólicos.
[http://www.windpowerengineering.com/design/materials/resilient-cable-for-wind-turbines/;](http://www.windpowerengineering.com/design/materials/resilient-cable-for-wind-turbines/)
http://theresilientearth.com/files/images/windturbine_failure.jpg

En cuanto a la disminución de los efectos ambientales negativos, otro de los aspectos del trilema energético, una opción que aporta resultados relevantes es la inclusión de la **Producción más Limpia (P+L)** en la cadena de valor de la industria eólica. Un ejemplo de ello es el ecodiseño³, implementado por el fabricante español de aerogeneradores GAMESA.

³El ecodiseño, que a su vez se encuentra estrechamente ligado al diseño sostenible, es el diseño que considera acciones orientadas a la mejora ambiental del producto o servicio en todas las etapas de su ciclo de vida, desde su creación en la etapa conceptual, hasta su tratamiento como residuo (<https://es.wikipedia.org/wiki/Ecodise%C3%B1o>).



Fig. 22. Aerogenerador multiMegaWatts Gamesa. Fuente:
<http://www.gamesacorp.com/recursos/doc/productos-servicios/aerogeneradores/catalogo-g10x-45mw.pdf>.

El Ecodiseño demuestra compromiso y liderazgo medioambiental de la empresa, garantizando, entre otros aspectos (Asociación Empresarial Eólica. <http://www.aeeolica.org/es/new/reve-gamesa-certifica-sus-aerogeneradores-en-ecodiseño/>):

- Mínimo impacto ambiental.
- Mayor eficiencia energética.
- Menor costo de energía a lo largo de su ciclo de vida:
 - ✓ Diseño.
 - ✓ Aprovisionamiento de materias primas y componentes.
 - ✓ Producción, distribución, instalación.
 - ✓ Operación y mantenimiento.
 - ✓ Desmantelamiento.

El ecodiseño fue implementado por la empresa Gamesa en su Aerogenerador G128-4,5 MW, siendo acreditado por la Entidad de Acreditación TÜV, conforme a la norma ISO 14006/2011. Algunos indicadores de mejora logrados con dicho diseño fueron los siguientes:

- Tamaño, peso, modularidad e impacto visual:
 - ✓ Tamaño de la nacelle similar al de un aerogenerador de menos de la mitad de su potencia unitaria (2 MW).
 - ✓ Su peso es sensiblemente inferior a una turbina media multimegawatio.
 - ✓ Único aerogenerador en el mundo con pala segmentada -que permite actuaciones de logística, transporte e instalación similares a una turbina de 2 MW.
 - ✓ Reducción del impacto visual: 4 aerogeneradores G128-4,5 MW equivalen a 9 turbinas de 2 MW y a 21/22 turbinas de menos de 1 MW de potencia unitaria.

Desde el punto de vista de la planeación sustentable de instalaciones eólicas, principalmente de los parques eólicos por sus dimensiones, es muy importante trabajar en la identificación de las zonas de exclusión eólica. Las zonas de exclusión abarcan aquellas áreas donde existen restricciones ambientales, sociales y técnico-económicas que hacen que en ellas no se deban instalar aerogeneradores.

Normalmente las restricciones técnico-económicas son tomadas en cuenta por las empresas que desarrollan los proyectos, ya que ellas definen la toma de decisiones en cuanto a invertir o no. Sin embargo, las restricciones sociales y ambientales son menos valoradas a pesar de que los marcos legales establecen requerimientos que deben ser tenidos en cuenta.

En México se trabaja en la identificación de áreas de exclusión para el desarrollo de proyectos energéticos. Pero es necesario continuar trabajando en ello de manera local.

Por ejemplo, las áreas identificadas en Tabasco como zonas de exclusión sociales y ambientales abarcan a las comunidades y a las áreas declaradas como naturales protegidas y sitios Ramsar.



Fig. 23. Zonas de exclusión social y ambiental en Tabasco (Sup. Social, Inf. Ambiental). *Fuente: <https://dgel.energia.gob.mx/azel/>.*

El tema de las áreas de exclusión es necesario trabajarlo de manera local, teniendo en cuenta las características sociales y ambientales propias de cada región; para ello es necesaria la participación multidisciplinaria de las diferentes instituciones educativas, de investigación, de gobierno y de la sociedad en general.

No se puede descartar que en el futuro se puedan desarrollar proyectos eólicos en alguna región solo por el hecho de que hoy no haya empresas interesadas en ello, ya que esto puede estar dado por varios factores, por ejemplo: mayor interés en otras zonas del país, más prometedoras desde el punto de vista del potencial del recurso eólico disponible; falta de estudios específicos del potencial disponible; entre otros.

Por ejemplo, en Tabasco se han desarrollado estudios preliminares que indican que la instalación de turbinas eólicas en áreas próximas a la costa podría ser factible. Sin embargo, es necesario realizar estudios más precisos que permitan evaluar dicha viabilidad.

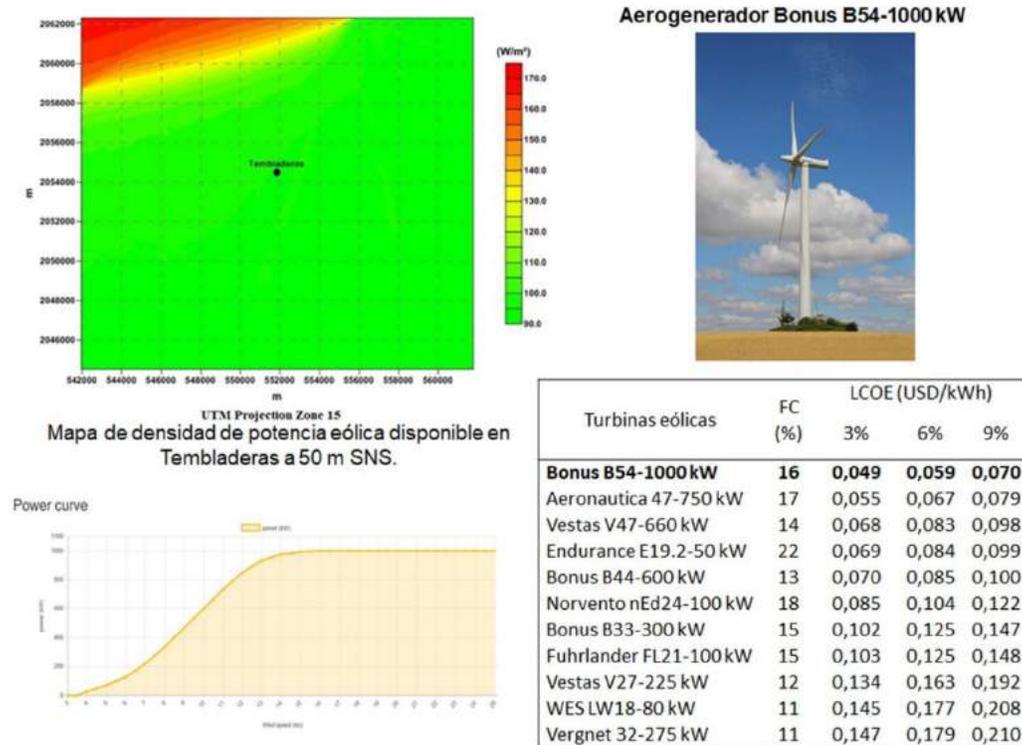


Fig. 24. Estudios preliminares realizados en Tabasco por la Universidad Popular de la Chontalpa (UPCH).

Las tecnologías eólicas son sin dudas una gran opción para mitigar emisiones en el sector energético y para, de manera general, alcanzar el equilibrio deseado entre las tres dimensiones del trilema energético. Sin embargo, existen barreras que deben ser superadas y que están directamente relacionadas con la cadena de valor de la industria eólica. Entre ellas las siguientes:

- ✓ Desconocimiento del potencial eólico aprovechable (zonas factibles).
- ✓ Insuficiente infraestructura de investigación.
- ✓ Falta de recursos humanos (RH) especializados.
- ✓ Falta de programas de posgrado para la formación de RH de alto nivel.
- ✓ Escasa cultura de la innovación tecnológica.
- ✓ Falta de vinculación academia-industria.
- ✓ Planeación y diseño muy poco orientados a la sustentabilidad.
- ✓ Falta de varios eslabones en la “cadena de valor” necesaria para la industria eólica (figura 25).

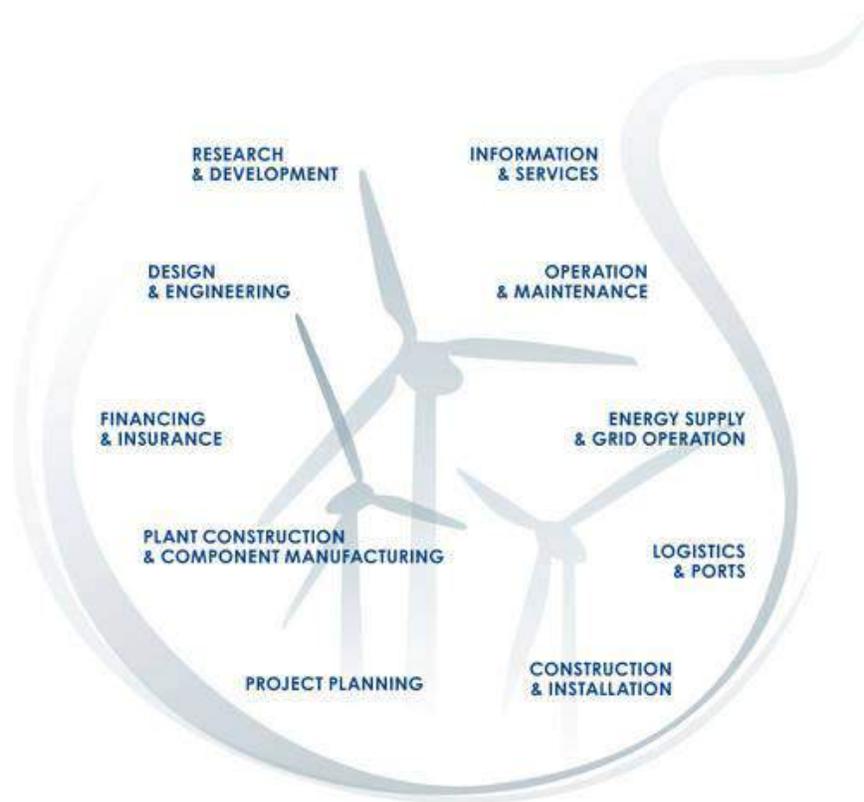


Fig. 25. Cadena de valor de la tecnología eólica. Fuente: <http://windenergyhamburg.com/en/for-exhibitors/windenergyhamburg/target-audience/>.

En este sentido, un gran paso dado en México tanto por la Secretaría de Energía (SENER) como por el Consejo Nacional de Ciencia y tecnología (CONACYT) es la creación de los Centros Mexicanos de Innovación, en particular el Centro Mexicano de Innovación en Energía Eólica (CEMIEE).

El CEMIEE es un consorcio de instituciones científicas, educativas, de gobierno y empresas, tanto nacionales como extranjeras, que llevan a cabo varios proyectos orientados al desarrollo de la industria eólica mexicana. En dicho consorcio participan dos instituciones científicas del estado de Tabasco; la Universidad Juárez Autónoma (UJAT) y la Universidad Popular de la Chontalpa (UPCH).



Fig. 26. Centro Mexicano de Innovación en Energía Eólica (<http://www.cemieeolico.org.mx/>).

La UPCH y su rol en el desarrollo sustentable.

El papel de las universidades es decisivo para el desarrollo energético regional y nacional sustentable; y abarca varios aspectos, en particular el de la formación de recursos humanos comprometidos con el desarrollo del país.

En dicho sentido, la Universidad Popular de la Chontalpa está dando pasos importantes dentro del marco conceptual de *Universidad Sustentable*. En este sentido ya ha obtenido resultados relevantes:

- Premio al Mérito Ecológico 2017. Categoría Educación Ambiental Formal. Edición XXV.

Este premio fue otorgado atendiendo a su “clara vocación en materia de educación ambiental formal, plasmada de manera transversal en sus programas educativos de licenciatura y posgrado, así como por su trabajo de vinculación científica y transdisciplinaria con la comunidad y en beneficio de diferentes sectores sociales”.



Fig. 27. Rector de la UPCH en la entrega del Premio al Mérito Ecológico 2017.

- Ingreso al ranking mundial de la Green Metric.



Fig. 28. Certificado que acredita el ingreso de la UPCH al ranking de la *Green Metric*.

El ingreso de la UPCH al ranking de la *Green Metric* es un hecho que le da a la universidad un mayor reconocimiento a nivel internacional, y que estimula el desarrollo de nuevos proyectos sustentables. En tal sentido, la instalación de sistemas fotovoltaicos interconectados a la red para el autoabastecimiento energético es uno de los pasos más importantes dados por la Universidad; así como el aprovechamiento de residuos orgánicos para la producción de biogás (figura 27).

Sistema fotovoltaico de 250 kWp



Sistema fotovoltaico de 50 kWp



Biodigestor



Fig. 27. Desarrollo de sistemas energéticos renovables en la UPCH.

Adicionalmente, se trabaja en la creación de una plataforma o polígono experimental de tecnologías energéticas renovables que facilite la interacción con las empresas y la adecuada formación de recursos humanos especializados (figura 28).

Sistema híbrido eólico-fotovoltaico



Estación meteorológica automática



Fig. 28. Instalación de un sistema híbrido eólico-fotovoltaico y de una estación meteorológica automática en el techo de uno de los edificios de la UPCH.

La formación de recursos humanos especializados en el área de energías renovables es otro paso importante dado por la UPCH. Para ello inició dos nuevos programas educativos: la Ingeniería en Energías Renovables y la Maestría en Energía y Desarrollo Sustentable (figura 29).

Nuevas carreras, con un marcado enfoque hacia el desarrollo energético sostenible:



Fuente: <https://uniandes.edu.co/es/noticias/desarrollo-regional/la-universidad-debe-ser-lider-a-la-hora-de-la-innovacion-abierta>

Fig. 29. Nuevos programas educativos en la UPCH y su enfoque sustentable.

En paralelo con los aspectos mencionados, la UPCH está comprometida con un crecimiento sustentable de su infraestructura física, así como con la conservación de especies endémicas de la región. Para ello estableció un área decretada como “zona verde”, que representa el 24 % (4.8 ha) del área total ocupada por la universidad (20 ha).

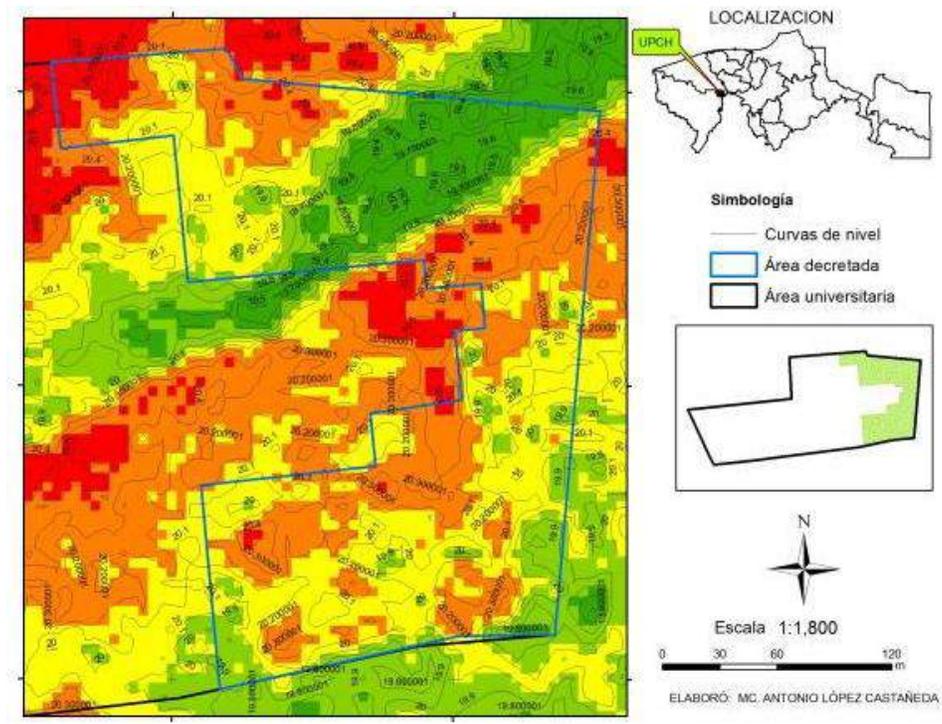


Fig. 30. Área ocupada por la “zona verde” decretada en la UPCH.

- Observaciones finales.

- El sector energético debe ser diversificado, pero teniendo en cuenta el desarrollo de soluciones equilibradas, que cumplan con el trilema energético.
- El trilema energético implica: cooperación internacional, participación transdisciplinaria y multisectorial, innovación tecnológica y planeación sustentables.
- La formación de recursos humanos con enfoque de sustentabilidad energética es un aspecto básico para lograr los objetivos del trilema energético.
- Ninguna tecnología energética está al margen del trilema energético.
- **La energía eólica es parte de la solución, no del problema.**

Sesión Plenaria

Los Recursos Forestales Estratégico Potencial para el Desarrollo Sostenible de México

Dr. Miguel Caballero Deloya

Colegio de Postgraduados

Miguel Caballero Deloya

LOS RECURSOS FORESTALES. ESTRATÉGICO POTENCIAL PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE DE MÉXICO

Colegio de Postgraduados

Posgrado en Ciencias Forestales

Montecillo, Edo. De México. México

México es una nación dotada de una gran biodiversidad (climas, suelos, vegetación, fauna silvestre) con la presencia de los ecosistemas más representativos del globo (bosques, selvas, ecosistemas áridos, humedales). No obstante su valioso acervo forestal, este no ha sido históricamente un factor importante para el desarrollo y la economía nacional. En el contexto geográfico mundial, existen valiosas experiencias en diferentes países que han hecho del sector forestal, un factor dinámico y pujante de la economía nacional, alcanzando destacados niveles de desarrollo. Los bosques de México pueden contribuir a impulsar el desarrollo forestal sustentable de la nación.

En México, como en gran parte del globo, el deterioro y la destrucción de los recursos naturales han estado significativamente asociados a la pobreza rural. Un número significativo de habitantes rurales sobreviven a costa del bosque, a través de un cambio de uso, continuo y desordenado del suelo forestal, y sobreexplotando la madera y los productos naturales que genera el ecosistema. Se considera que para revertir este alarmante problema, se precisa promover con urgencia, actividades productivas partiendo de una utilización sustentable de los ecosistemas forestales. Cuando el habitante rural advierta que un manejo productivo de sus bosques, con criterios de sustentabilidad, incida en su bienestar y en su economía, habrá de conservar a toda costa, dicho recurso.

A continuación, se enumeran algunas actividades productivas que pueden ponerse en práctica en los bosques, en apoyo al desarrollo rural de México:

I. Manejo sustentable de los bosques para la cosecha de madera y de otros insumos naturales (resina, gomas, taninos, fibras, etc.) con fines industriales. Se ha estimado que la capacidad potencial productiva de los bosques mexicanos es del orden de 30 millones de metros cúbicos de madera en rollo por año (CONAFOR, 2001). No obstante, la media de la cosecha maderable anual durante el presente siglo ha sido de 6.5 millones de m³ R. Es evidente que los ecosistemas forestales de la nación tienen una amplia oportunidad de aportar a la economía del país y al mejoramiento del bienestar de la población rural. Para que este fin se precisa de un gran esfuerzo de promoción, organización y capacitación a los productores forestales.

II. Plantaciones forestales comerciales. Existe la experiencia en algunas naciones, que, sin contar con bosques naturales de valor comercial para el aprovechamiento maderable, han recurrido exitosamente a la creación de plantaciones de árboles forestales de valor industrial. Esas naciones han hecho actualmente de la actividad forestal, un importante factor de desarrollo. El éxito de

un programa de esta naturaleza, requiere de condiciones apropiadas, tanto en términos ecológicos (clima, suelo, precipitación, altitud), como de apoyos institucionales (financiamiento, subsidios, apoyo político, legislación apropiada, capacitación, etc.).

Aunque tardíamente, México inició un proyecto de esta naturaleza en el año de 1977 bajo la denominación de *Programa de Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales* (PRODEPLAN). Sin embargo, al cabo de cuatro décadas, no ha despegado como era de esperar. Para el año 2017, se estimó que la cosecha maderable anual aportada por este sistema de producción, es apenas del orden de 470,000 metros cúbicos¹, volumen muy por debajo del requerido para satisfacer la demanda anual de madera. Sin embargo, esta alternativa de producción puede fortalecerse ampliamente en el futuro. El país cuenta con condiciones potenciales apropiadas para hacer de las plantaciones forestales un motor de desarrollo económico y social, pero se precisa de políticas y estrategias efectivas.

III. Fomento a diversas opciones productivas que aportan los bosques

La naturaleza y características de los ecosistemas forestales de México, favorecen el desarrollo de diversas actividades productivas, que constituyen un mecanismo potencial de desarrollo rural. Algunas de ellas son las siguientes:

☛ **Ecoturismo y paisajismo.** La pluralidad de los ecosistemas forestales de la nación, ofrece sitios naturales de gran belleza, que apropiadamente manejados pueden generar significativos ingresos a sus dueños y poseedores. Este enfoque de aprovechamiento de los bosques, está aumentando en terrenos forestales ejidales y comunales, ofreciendo un gran potencial de desarrollo para esas organizaciones.

☛ **Actividad cinegética.** La amplia diversidad de fauna silvestre existente en México, “le aporta a la nación una gran ventaja comparativa y representa un gran atractivo para el cazador nacional e internacional por la oferta de especies” (CEDIC-SECTUR, 1999). Constituye otro importante factor potencial para contribuir al desarrollo de la nación. La actividad cinegética se desarrolla a través de las Unidades de Manejo y Aprovechamiento para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA), de las cuales al año 2012, se habían reportado 6,595 en el país (CONABIO, 2012). Numerosos predios y áreas forestales comunitarias del país tienen condiciones favorables para el establecimiento y operación de UMA, en beneficio económico de sus dueños o poseedores. La gestión del caso debe hacerse ante la SEMARNAT.

☛ **Artesanías a partir de insumos del bosque.** La variedad de maderas y de otros insumos naturales existentes en los bosques del país, aunada a la notable habilidad artística de la población mexicana, se han conjugado para el desarrollo de otra importante actividad económica de impacto regional. Es el caso de diversos tipos de artesanías elaboradas por poblaciones locales en varias partes

¹Dato aportado al autor por el Ing. Carlos González Vicente, Director General de la Asociación Mexicana de Plantadores Forestales, A.C.

del país. Probablemente el caso más notable es el estado de Michoacán, donde varias poblaciones locales han desarrollado una sorprendente habilidad para trabajar la madera, elaborando y comercializando una amplia variedad de productos de gran belleza y de uso que aportan significativamente a la economía local y familiar de quienes los elaboran. Estas experiencias podrían replicarse en otros estados para generar ingresos en sus comunidades.

☞ **Apicultura.** México figura entre los países con mayor producción y exportación de miel de abeja. Se le ha ubicado como el sexto productor y el tercero en exportación mundial (Magaña et al, 2016). Las áreas donde se produce la miel, son fundamentalmente los bosques tropicales, mayormente de los estados de Yucatán y Campeche. Esta actividad ofrece buenas perspectivas económicas a los habitantes rurales, particularmente de las zonas arboladas del sureste del país.

☞ **Viveros forestales.** En las últimas décadas se ha observado una proliferación de diversos tipos de viveros locales para producción de planta con fines de reforestación y de ornato. Tanto las condiciones de deterioro ambiental, como el crecimiento de áreas verdes en la geografía nacional, apuntan hacia una demanda creciente de dichas plantas. Esta situación abre perspectivas de mejora económica a los grupos rurales colectivos, esto es, los ejidos y las comunidades forestales.

☞ **Cultivo y recolección de hongos.** En varios ecosistemas de clima templado y frío del país, especialmente durante la temporada de lluvias, prolifera la ocurrencia de poblaciones de hongos. Parte importante de éstos son comestibles, con alta demanda en los mercados locales y constituyen fuente de ingreso para quienes los cosechan y comercializan. La recolección de hongos comestibles silvestres representa una actividad cotidiana y fuente de ingreso para un número de habitantes rurales del país. El potencial de cosecha y aún de cultivo no ha sido estudiado y seguramente ofrece opciones de ingreso adicional a poblaciones locales que habitan dentro o en las cercanías a bosques de coníferas.

☞ **Cultivo de ornamentales (orquídeas y otras especies de valor comercial).** Las orquídeas, flores de gran demanda por su incomparable belleza, se desarrollan principalmente en bosques tropicales húmedos. Por este motivo, estos ecosistemas ofrecen inigualables condiciones para el cultivo de ésta y otras especies ornamentales.

IV. Desafíos y estrategias para el futuro

Como se ha señalado, los ecosistemas forestales de México ofrecen un amplio potencial de actividades productivas que están en condiciones de incidir hacia el desarrollo del país, y de manera especial, beneficiar a los habitantes rurales, que en su mayoría sobreviven en condiciones de alta marginación. El cabal aprovechamiento de dicho potencial es factible si se aplican políticas y estrategias nacionales apropiadas.

En principio, es impostergable contar con Políticas públicas estables, con visión de corto, mediano y largo plazos. Estas políticas deben estar sustentadas en una legislación ágil, moderna, promotora del desarrollo social en el contexto de la sustentabilidad. La planeación nacional debe hacerse con visión de largo plazo, buscando aprovechar las ventajas comparativas y competitivas del sector forestal

del país, promoviendo la competitividad, y favoreciendo, tanto la modernización de las actividades productivas, como el fortalecimiento institucional.

Otro aspecto de gran importancia a considerar, tiene que ver con las deficiencias y limitantes de la gobernanza en el sector forestal. En el México contemporáneo, la gobernanza ha estado centralizada en el nivel federal, operando con alto nivel de burocracia, afectada por cambios estructurales frecuentes, evidenciando continuos e imprevisibles vuelcos en el enfoque de la política pública. Se ha desenvuelto con limitado nivel participativo por parte de los actores más importantes del sector, y con grandes limitaciones operativas. Actualmente se habla a nivel global, de la buena gobernanza, asociada a una gestión efectiva y eficiente de los recursos humanos y financieros y con una redistribución justa y equitativa de los beneficios. La buena gobernanza está caracterizada por la participación de las partes interesadas, la transparencia en la toma de decisiones y el estado de derecho y la previsibilidad (PROFOR-FAO, 2011).

En México, el 60 por ciento de la superficie cubierta por bosques y selvas, es de tenencia colectiva, bajo las modalidades de terrenos ejidales y comunales (Madrid et al, 2009). Sin embargo, a través de la historia, los poseedores del recurso fueron soslayados y afectados, a través de políticas que promovieron el aprovechamiento de los bosques en favor de concesiones. Fue hasta la Ley Forestal de 1986, cuando se suprimieron éstas, brindando a los dueños y poseedores de los bosques, la libertad de decidir el destino de sus recursos. Fue así como se inició un proceso gradual de empoderamiento de los recursos por parte de aquellos. Sin embargo, no obstante, el tiempo transcurrido, aún son limitados los casos de ejidos y comunidades que han sido exitosos en el aprovechamiento de sus bosques, industrializando y comercializando los productos derivados. Por ello, se precisa desarrollar una dinámica y eficaz política orientada a la organización, capacitación y apoyo a las organizaciones sociales forestales, brindándoles capacitación silvícola, empresarial e industrial, así como asistencia técnica permanente en la operación de sus cadenas productiva y de valor, además de asesorarles en gestión de financiamiento.

Complementariamente a lo anterior, y tomando como base las diversas actividades productivas que pueden generar los ecosistemas forestales, se precisa de una intensa promoción de las mismas. Para este propósito, es aconsejable recurrir a los ejidos y actores ejidales exitosos, como base para adiestrar a ejidatarios forestales de otras regiones, interesados y con potencial de desarrollo. Esto requiere del diseño y aplicación eficaz de una estrategia especial del gobierno federal asociada a los gobiernos estatales.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2001. Programa Estratégico Forestal para México 2025. SEMARNAT. 173 p. México.

CEDOC-SECTUR. 1999. El turismo cinegético en México. Notas relevantes. Dirección General de Desarrollo de Productos Turísticos. Dirección de Fomento a las Actividades Náuticas, Deportivas y de Playa. 19 p. México, D.F.

CONABIO. 2012. Proyecto de evaluación de las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA) (1997-2008). Resultados de la Fase I. Gestión y Administración. Proyectos CONABIO: HV003, HV004, HV007, HV0012 y HV019. México.

Madrid, L., J.M. Núñez, G. Quiroz y Y. Rodríguez. 2009. La propiedad social forestal en México. *Investigación Ambiental* 2009. 1(2): 179-196. México.

Magaña Magaña, Miguel A., Tavera Cortés, María E., Salazar Barrientos, Lucila L., & Sanginés García, José R. (2016). Productividad de la apicultura en México y su impacto sobre la rentabilidad. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(5), 1103-1115. Recuperado en 24 de julio de 2018, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016000501103&lng=es&tlng=es.

PROFOR-FAO. 2011. Marco para la Evaluación y Seguimiento de la Gobernanza Forestal. Roma, Italia. 32 p.

Rec. For. para el Des. Sust. 01.08.18

Conferencia Magistral

La sostenibilidad en Cuba. Experiencia de la investigación en agroecosistemas agropecuario del municipio de Pinar de Río.

Dra. Idalma de la Caridad Betancourt Guerra
Universidad Hermanos Saíz Montes de Oca, de Pinar del Río

Ministerio de Educación Superior

Universidad Hermanos Saiz Montes de Oca

Facultad de Ciencias Forestales y Agropecuarias

República de Cuba

Autora: Dr.C. Idalma de la Caridad Betancourt Guerra

Universidad “Hermanos Saiz Montes de Oca”, de Pinar del Río, Martí No. 272
e/ 27 de noviembre y González Acosta, Pinar del Río, Cuba.

•Categoría científica o docente: Auxiliar

Dirección particular y teléfono: Calle 26 de julio No 17, las Ovas, Municipio
Pinar de Río. Telf. 53(48)795293

E-mail: idalma@upr.edu.cu

Conferencia

Título.

La sostenibilidad en Cuba. Experiencia de la investigación en agroecosistemas
agropecuario del municipio de Pinar de Río.

INTRODUCCIÓN

La sostenibilidad es un término tomado de la ecología y expresa la tendencia de los ecosistemas a la estabilidad y equilibrio dinámico, basado en la independencia y complementación de formas vivas diversificadas. Es decir, todos propugnan el desarrollo de una agricultura en armonía con la naturaleza (Funes, 2007).

En Cuba se cuenta con diversas condiciones favorables para adoptar y desarrollar estos sistemas:

- la posibilidad de cultivar durante todo el año.
- alto potencial para la producción de biomasa-energía solar.
- la alta producción de biomasa incrementa la materia orgánica y evita la erosión de los suelos.
- producción de plantas altamente productoras de energía y proteína.
- las leguminosas, que no deben faltar en la biodiversidad de plantas, incrementan la fertilidad del suelo y la calidad de la dieta humana y animal.
- los postes vivos proporcionan reforestación y ocupan poca área, en los cercados y perímetros de la finca y campos agrícolas.

Existen muchos enfoques y definiciones del concepto de sostenibilidad en la agricultura. **Sostenible es todo proceso cuya multiplicación en tiempo y espacio esté garantizada desde el punto de vista técnico-productivo, económico, social y ambiental.** Es por ello que la sostenibilidad solo puede determinarse para cada proceso productivo o localidad, en cada momento específico, y se compone a partir de la situación de la finca, su entorno inmediato, la provincia, el país y el mundo (Caballero, 2010)

Esto excluye la posibilidad de una definición absoluta de los componentes de la sostenibilidad. Para aportar sostenibilidad se debe partir de un enfoque agroecológico contemplando todas las dimensiones sociales, económicas, técnico productivas y ambientales, mediante la selección cuidadosamente de los medios de que nos vamos a valer para garantizar las condiciones indispensables para el exitoso desarrollo del proceso productivo. Mientras más

cerca esté del centro la alternativa escogida, mayor sostenibilidad aportará al proceso productivo.

Se entiende por un agroecosistema sostenible, un sistema ecológico que cuenta con una o más poblaciones de utilidad agrícola manejadas por el hombre, en estrecha relación interactiva con el ambiente (Primavesi, 1999; Altieri, 2000; Funes-Monzote, 2007). Donde se debe considerar varios elementos, según la interpretación de los referentes anteriormente mencionados:

- Incorporación de los adelantos de la ciencia y la técnica, sin deteriorar de forma irreparable el medio ambiente.
- Tener en consideración los factores climáticos.
- Desarrollar una alta biodiversidad.
- Basarse en conceptos agroecológicos e integralidad del agroecosistema como unidad fundamental del estudio.
- Trabajar sobre la base de la trilogía suelo, planta, animal y las condiciones climáticas del medio.
- Tener en cuenta los adelantos de la ciencia y la técnica.
- Satisfacer las necesidades crecientes y cambiantes del ser humano.
- Preservar los recursos naturales y cuidado del medio ambiente.

El objetivo de esta conferencia es explicar el aporte del manejo sostenible en el recurso suelo de algunos agroecosistemas de la localidad de la provincia de Pinar del Río, mediante diferentes resultados científicos.

DESARROLLO

La agricultura sostenible es esencial en la vida humana, ya que siempre se necesitará producir alimentos para una población creciente, por ello es preciso cuidar el recurso suelo. Además, para un manejo sostenible de los agroecosistemas se deben considerar la productividad, resiliencia y estabilidad, considerando las dimensiones ecológica, social y económica (Beets 1990, Baldares et al. 1993, Gutiérrez 1994, Alvarado 1995).

Particularmente en la provincia de Pinar del Río en agroecosistemas agropecuarios, se han identificados como factores limitantes de la producción en el suelo; la acidez, baja fertilidad natural, poca profundidad efectiva y erosión, afectando más del 70 % del área en cada uno de los casos (Amaro, 2013)

La superficie agrícola de la provincia de Pinar del Río donde la actividad económica fundamental es la agricultura, es de 376 746.03 ha (ONCT, 2012). El suelo de esta superficie está afectado en su mayoría por factores limitantes de la productividad dentro de los que se encuentran la acidez (pH - 4.5) en más de un 82 %, baja fertilidad natural en un 73.7 %, poca profundidad efectiva (- 50 cm) en un 70 % y erosión a distintos niveles en más del 70 % del suelo destinado a la agricultura en la provincia (DPS, 2012).

La situación antes descrita resalta la necesidad de sustituir los antiguos conceptos y modos de producción agrícola, por nuevos modelos de trabajo que garanticen elevar los rendimientos productivos de la forma menos degradante posible, teniendo en cuenta la protección de cada elemento de la tierra.

Por tal modo, se ha aplicado paquetes de manejos sostenibles integrados por varias alternativas, para la recuperación del suelo en agroecosistemas de producción de alimentos:

- Tecnología antierosiva de bordes de desagüe.
- Organización antierosiva del territorio.
- Tecnologías para el uso de los biofertilizantes.
- Labranza mínima o de conservación con el uso de implementos para la no inversión del prisma de suelo, con carácter antierosivo.
- Tecnología para el uso de mejoradores orgánicos y minerales.
- Abonos verdes "Asociación maíz _ frijol terciopelo".
- Tecnologías de alternancia de cultivos.
- Tecnologías para el uso de medios biológicos, para el control de plagas y enfermedades.

Estos paquetes de manejos sostenibles han sido evaluados sus resultados a través de la metodología PERI (Presión _ Estado _ Respuesta _ Impacto) (LADA, 2007), descrita en el Manual de Procedimientos para Manejo Sostenible de Tierras (Urquiza *et al.* 2011). La misma provee las herramientas para evaluar el estado de las tierras agrícolas y su sostenibilidad y como parte de ese estado, la degradación de los suelos.

El efecto de las tecnologías introducidas reflejó claramente una disminución de la acidez del suelo, aumentando el pH en 0.8 como promedio en la finca. Esta disminución en el índice de acidez se logró por el enriquecimiento en bases de Ca^{++} y Mg^{++} de 3.7 y 0.7 $\text{cmol}(+) \text{kg}^{-1}$ de suelo respectivamente.

En los contenidos de Materia Orgánica (M.O) del suelo se observó un incremento significativo del 1 %, siendo necesario referir que en estos suelos de naturaleza ácida, la mineralización de la M.O ocurre rápidamente, lo que resalta la importancia del uso de los abonos verdes como forma de su mantenimiento.

Otros efectos positivos de las medidas aplicadas se manifestaron en la relación inter nutrientes del suelo: nivel de saturación por bases (mayor al 60 %) y aumento en la CIC en $3.73 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$ de suelo, propiedades que expresa en sentido general aumentos en la fertilidad.

Los avances logrados en cuanto a la recuperación del suelo de la finca incidieron en el incremento de la productividad y en la sostenibilidad de este incremento en el tiempo. Los rendimientos medios alcanzados por esos cultivos en la provincia de Pinar del Río, también se muestran los rendimientos potenciales estimados para cada cultivo en base a los factores limitantes del suelo donde se establecieron.

En el cultivo del (boniato) *Ipomea batata* se obtuvo un rendimiento de (7 t/ha^{-1}), (maíz) *Zea mays* (2.6 t/ha^{-1}), (frijol común) (*Phaseolus vulgaris*) (0.9 t/ha^{-1}), y (malanga) del género colocasia (6.4 t/ha^{-1}), en todos los casos aumentaron su productividad hasta superar en unos cultivos, el rendimiento potencial y en otros el rendimiento alcanzado a nivel provincial.

Los resultados obtenidos fueron favorables para el recurso suelo, debido el logro de rehabilitar el 80 % del suelo y aumento el rendimiento potencial de los

cultivos, calculado en base a las limitantes edáficas o el rendimiento medio alcanzado por cada cultivo. Por lo que es necesario el uso del manejo integral, debido que una sola alternativa no es suficiente para el logro de la sostenibilidad del recurso natural suelo.

Manejo sostenible del recurso suelo en agroecosistemas de producción tabacalera del municipio de Pinar del Río.

En los últimos años, particularmente en los agroecosistemas de producción tabacalera, el recurso suelo ha sido uno de los recursos más investigados, como factor importante para el crecimiento y desarrollo de la planta. Además por las significativas contribuciones que hace el (tabaco) *Nicotiana tabacum L.* a la economía nacional ha sido necesario la aplicación del manejo sostenible en el recurso natural.

Para lograr sostenibilidad en los agroecosistemas anteriormente mencionados, es necesaria la evaluación en cuanto a las características edafoclimáticas, tecnología de manejos aplicadas, afectaciones por plagas a los cultivos, la estrategia de capacitación aplicada para la preparación del componente productivo y la agrobiodiversidad en los sistemas. Es decir en sentido general se debe hacer una evaluación integral de la finca, desde el punto de vista ecológico, social y tecnológico, para poder identificar las limitaciones edáficas, que puedan entorpecer los diferentes procesos productivos de los cultivos.

Según la experiencia obtenida en la investigación en 58 agroecosistemas de la producción tabacalera, durante cinco años (2010 - 2015) en el municipio de Pinar del Río, ha prevalecido el uso permanente de un sistema de alternancia

de cultivos (tabaco- maíz) *Nicotiana tabacum L* - *Zea mays* (Betancourt, 2017). Lo cual ha provocado la disminución de la capacidad productiva en tres tipos de suelos Ferralítico Amarillento Lixiviado, Fluvisol y Pardos y por consiguiente la caída de los rendimientos de estos cultivos.

Por lo anterior expresado, fue necesaria la aplicación de una estrategia agroecológica participativa para pasar los agroecosistemas de un estado inicial a un estado deseado, la cual motivó al componente productivo a ejecutar prácticas agroecológicas basadas en la asociación y rotación de cultivos y el mejoramiento de los suelos. Las prácticas agroecológicas fueron desarrolladas en dos etapas, sin detener el proceso de producción de los cultivos, estas fueron seleccionadas por el productor en la etapa de capacitación y de acuerdo con los problemas detectados en el agroecosistema en la etapa de diagnóstico de la estrategia.

El conjunto de prácticas agroecológicas llevada mediante la estrategia fueron las siguientes:

- La asociación de cultivos maíz _ frijol terciopelo (A una distancia de 0.90 m x 0,40 m el frijol terciopelo y 0.90 m x 0.45 m para el maíz
- Rotación de cultivos en 66.95 ha.
- Utilización de biofertilizantes (Azotobacter y fosforina).
- Aplicación de abonos orgánicos de origen animal (estiércol de la especie bovina y gallinaza), con una dosis de 8 t ha⁻¹

- Laboreo y surcado de campos en sentido transversal a la exposición de la pendiente en curvas de nivel en fincas con pendientes onduladas.
- Plantaciones de árboles frutales de mango (*Manguifera indica* y aguacate (*Porsea americana*) para la alimentación de la familia campesina y sombra para los animales de trabajo de la especie bovina
- Construcción de un establo para la cría intensiva de animales de la especie bovina.
- Construcción y funcionamiento de un biodigestor con una capacidad de 25 m³.

Ventajas de un agroecosistema sostenible

Manejo de la diversidad de plantas a través de la rotación y asociación de cultivos.

Se elimina el sobrepastoreo en los horizontes cultivables

Aseguramiento de la diversidad de plantas para el aprovechamiento de residuos de cosecha, abono, alimentos para la familia y los animales

Uso de biofertilizantes (*azotobacter* y fosforina) en los cultivos de granos.

Productor capacitado para las actividades agrícolas.

Tendencia a la complementariedad de árboles, cultivos y animales en las fincas.

Diversificación de animales y plantas.

CONCLUSIONES

El aporte del manejo sostenible en el recurso suelo de algunos agroecosistemas de la provincia de Pinar del Río, ha contribuido al mejoramiento del suelo y al incremento de los rendimientos de los cultivos em.

Apropiación de prácticas agroecológica por parte de las familias campesinas

Bibliografías

Altieri, M. A. (1995.) El tránsito de la Agricultura Convencional a la Agricultura Ecológica. En: V Encuentro Nacional, con más productores Ecológicos. (5:1995: Lima).

Altieri, M.A. (1997). Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. (ed.). CLADES-ACAO. La Habana, p 45- 56.

Altieri, M. A. (1999). Naturaleza y función de la biodiversidad en la agricultura. Dimensiones Multifuncionales de la Agricultura Ecológica en América Latina. Reader: Consorcio Latinoamericano sobre Agroecología y Desarrollo. no. 11, p. 86.

Altieri, M.A. (2002). Agroecology: The science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. Agriculture Ecosystems and Environment, vol. 93, p 1-24.

Alonso, J. (2011). Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente. *Revista cubana Ciencias Agrícolas*. 45: 107.

Alfaro, V. A.; Piñeiro, R. M. (2013). „Recorrido histórico de la participación docente en el proceso de enseñanza y aprendizaje“. *Pensamiento Actual*, vol. 12, no. 5, p. 18-19.

Amaro, E.; Victoria, J.D. (2013) Manejo del suelo para una producción sostenible, *Revista Avances*, vol. 15, no.2, p 1-7.

Anon. (2010). La problemática ganadera, un enfoque sistémico. [Disponible en: <http://www.cuencarural.com>] [Consulta: 22 de julio de 2011], La Habana, p 30.

Astier, M., Maser, R.O; Galván. M. (2008). Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional. Seae, Ciga, Ecosur, Cieco, Unam, Gira, Mundiprensa, Fundación Instituto de agricultura ecológica y sustentable, España, Valencia, p 30.

LADA, (2007). *Manual sobre la Evaluación de la Degradación de la Tierra en la Evaluación Local en Tierras Secas (LADA-L)* CITMA.

ONCT, (2012). Oficina Nacional de Control Tierra. *Balance de la Tierra*.

Oficina Provincial de Control Tierra. Delegación Provincial de la Agricultura.

MINAG. Pinar del Río.

Urquiza. M., Alemán, C., Flores, L., Paula, M., Aguiar, Y. (2011). *Manual de Procedimientos para Manejo Sostenible de Tierras*. Programa de Asociación de País para el Apoyo al Programa Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía. CIGEA.

Sesión Plenaria

El Aeropuerto en Busca de Operaciones Seguras y su Sustentabilidad

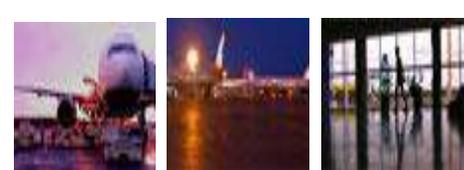
Sr. Armando José Gamboa Vargas

Universidad Nacional de Río Cuarto Río Cuarto, Córdoba, Argentina

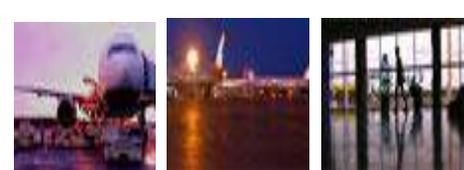


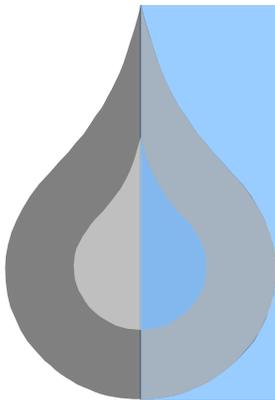


Gestión de la Energía



Energía Solar





Gestión del Agua

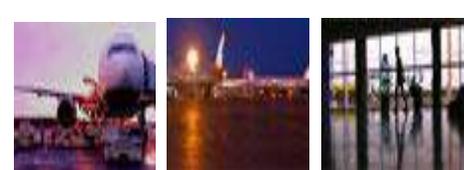


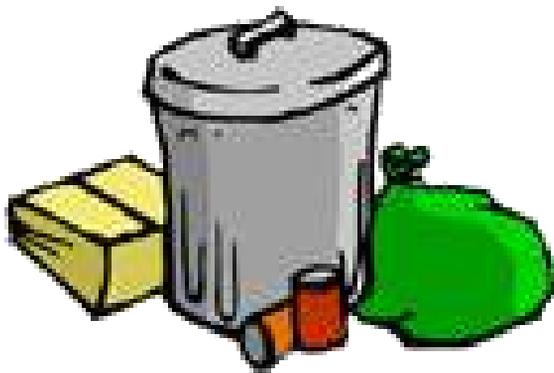


Pozo Profundo

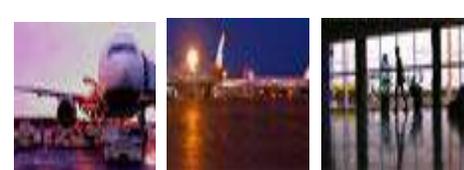


Planta de Tratamiento de Aguas Residuales





Gestión de los Residuos



Acopio y Disposición de Pilas

ASUR
AEROPUERTOS DEL SURESTE

Villahermosa, Tabasco a 13 de octubre de 2017

REF. No. 27VSA10002/0167/17

SECRETARÍA DE ENERGÍA, RECURSOS NATURALES Y PROTECCIÓN AMBIENTAL (SERNAPAM)
C.P. RICARDO FITZ MENDOZA
SECRETARIO
PRESENTE

Armando Jose Gamboa Vargas, señalando como domicilio para oír y recibir notificaciones en Carretera Federal Dos Montes Aeropuerto s/n Poblado Dos Montes, Centro, Tabasco C.P. 86280 Villahermosa, Tabasco, en mi carácter de representante legal de AEROPUERTO DE VILLAHERMOSA, S.A. DE C.V., con RFC AVI 980401JJ7 ante Usted, con el debido respeto comparezco y expongo lo siguiente:

Por medio del presente hago entrega a este centro de acopio la cantidad de 52 Kg de pilas usadas participando así en el cuarto reciclación de pilas 2017 que organiza en esta dependencia que acertadamente dirige.

El aeropuerto está comprometido con prevenir la contaminación del suelo y los mantos freáticos es por ello que dispone en los centros de acopio este tipo de residuos de manejo especial para que se les dé disposición final adecuada.

Sin más por el momento aprovecho la ocasión para enviarles un cordial saludo deseándole éxito en tan delicada misión que realiza.

Atentamente,

C. ARMANDO JOSÉ GAMBOA VARGAS
REPRESENTANTE LEGAL

C.c.p. **Martin Jaime Tenorio Medina** - Gerente de Mantenimiento.
Mig. Mario Enrique Morales García - Coordinador de Gestión Ambiental



Se dispone ante la SERNAPAM



Valorización de los Residuos



PET

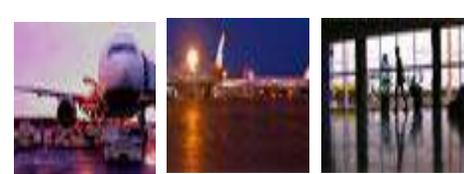
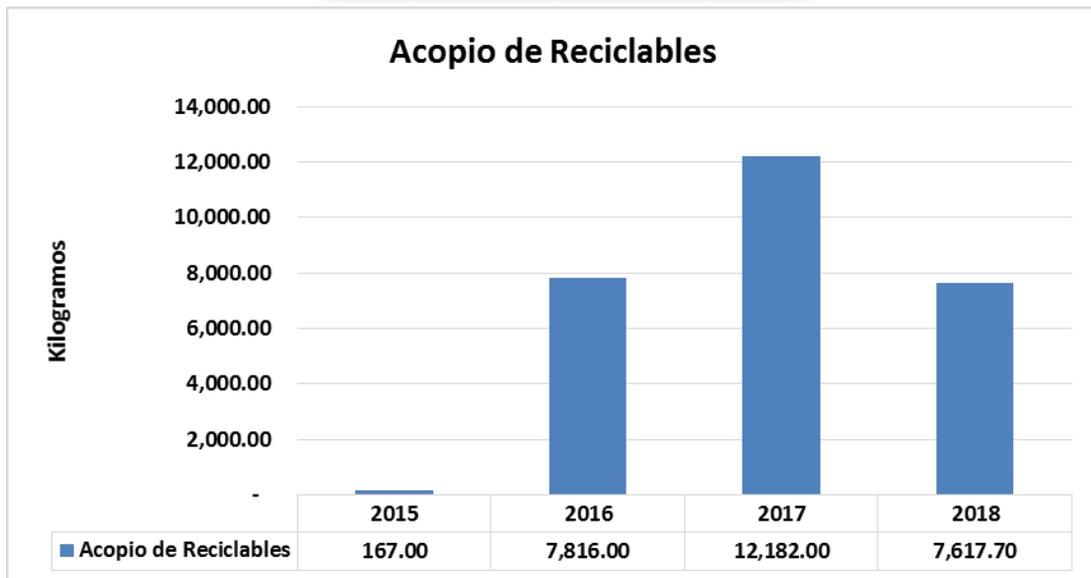


Cartón



Latas





Posada Sustentable 2016



Posada Sustentable 2017



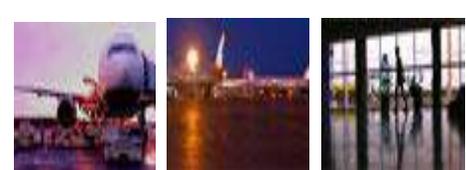


Gestión de la Vida Silvestre



No estamos solos en el espacio aéreo;
está la Vida Silvestre pero:

¿que pasa si un
ave choca con un
avión?



Programa de Control de Fauna Silvestre



En 2008 se logró la Autorización del Programa de Control de Fauna por parte de la Dirección General de Vida Silvestre.

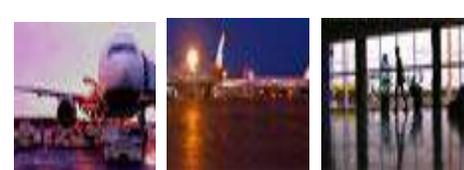


- Aplicación de diversos métodos de control y disuasión.



- Los métodos se aplican conforme las normas y procedimientos establecidos por la autoridad.

- Permite una evaluación más precisa de la eficacia de los métodos empleados.



Foco de Atracción de Fauna Silvestre



En el entorno del Aeropuerto los focos de atracción de fauna que representan el mayor riesgo para las operaciones aéreas son:

- Ecosistema de la zona.
- Manejo inadecuado de residuos sólidos urbanos en las comunidades aledañas al Aeropuerto.
- Actividades pesqueras y ganaderas en las inmediaciones del Aeropuerto.
- Basureros a cielo abierto.



Herramientas de Identificación

2017

Guía Ilustrada De Aves
Del Aeropuerto
Internacional “CAP. P.A.
Carlos Rovirosa Pérez”
Villahermosa, Tabasco.



Liliana López Aguilar, Jorge Alberto López Hernández.
FAUNA PENINSULAR.

El personal de Control de Fauna procedió a la elaboración de la **Guía Ilustrada De Aves Del Aeropuerto Internacional “CAP. P. A. Carlos Rovirosa Pérez” Villahermosa, Tabasco**, incluyendo información detallada de las características biológicas de la especies.



Guía Ilustrada de la Avifauna Presente en el Aeropuerto Internacional de Villahermosa, Tabasco.

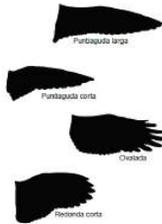


IV.-CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LAS AVES

Las aves son los vertebrados de sangre caliente que ponen huevos y tienen como característica principal estar cubiertos de plumas. Para mejorar su principal medio de locomoción, el vuelo, poseen una serie de adaptaciones anatómicas fundamentales y únicas entre los seres vivos, por ejemplo: huesos neummatizados o huecos, pico sin huesos ni dientes, ausencia de vejiga urinaria (a excepción de los avestruces), entre otras, todas éstas para aligerar el peso corporal. Por depender de un medio de transportación tan extenuante, su sistema respiratorio cuenta con varios sacos aéreos para optimizar la asimilación de oxígeno; además de su función en la respiración, los sacos aéreos sirven como mecanismo para desechar el calor excedente producido por los músculos de vuelo y el canto.

4.1.- Forma de las alas.

Las alas de las aves son sustentadoras y propulsoras. Las aves planeadoras aprovechan las corrientes ascendentes, como es el caso de zopilotes. Alas largas y puntiagudas permiten gran velocidad y autonomía mientras que alas cortas son apropiadas para vuelos cortos, Figura 2.



Familia
Threskiornithidae

Nombre Científico
Platalea ajaja
(Linnaeus, 1758)

Nombre común
Espátula rosada

Descripción: Llega a tener una longitud de 71 a 79 cm. La espalda, cuello y parte del pecho es de color blanco; las alas, cola, patas y parte del pecho es de color rosado. Se caracterizan por tener un pico alargado en forma de espátula.

Historia natural: Se puede encontrar solitaria o en pequeños grupos habitando aguas someras, preferentemente saladas como manglares y zonas costeras. Se alimenta de pequeños peces, moluscos, insectos, gusanos y cangrejos, barriendo el fango con el pico entre abierto de lado a lado filtrando el material lodoso para solo dejar a la presa. Sus nidos son construidos en islotes, generalmente en árboles de mangle, formando colonias con su misma especie o colonias con otras garzas.

Abundancia: Rara.

Distribución general: Se distribuye en el sureste de los Estados Unidos, pasando por Centroamérica hasta el sur de Sudamérica.

Distribución en el aeropuerto:

Juvenil

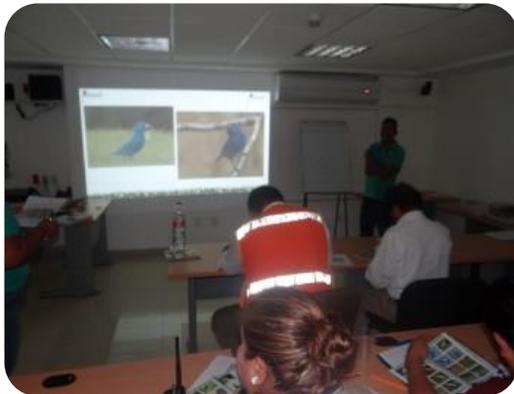
Adulto

Vuelo

Contenido de la Guía Ilustrada de Aves del Aeropuerto Internacional “CAP. P. A. Carlos Rovirosa Pérez” Villahermosa, Tabasco.



Capacitación 2017



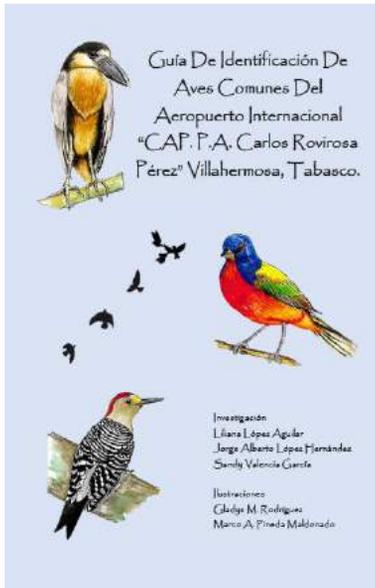
Con la ayuda de este material y del personal relacionado, se podrá ampliar el rango de observación de las aves obteniendo datos que nos ayuden a identificar su distribución y comportamiento biológico dentro del aeropuerto.

Capacitación dirigida a:

Personal de Operaciones
Personal de Mantenimiento
Personal de Seguridad.



Capacitación 2018



Impartición del Curso-Taller Básico de Técnicas de Monitoreo e Identificación de Aves



- 1.- Capacitación a 20 personas pertenecientes a las áreas de operaciones, mantenimiento y seneam (lista de asistencia).
- 2.- Actividad de apertura y confianza en el grupo (la telaraña).
- 3.- Presentación formato Power Point.



- 4.- Actividades lúdicas de aprendizaje en parejas (Rompecabezas ala, nombrando mi anatomía externa, picos para todos los gustos, lotería y adivina quien); obsequio a los ganadores de dinámicas.
- 5.- Entrega de material de apoyo (guía) para identificación de especies de aves en sitio.
- 6.- Entrega de material de apoyo (guía) para identificación de especies de mamíferos terrestres, el cual se utilizará durante otra instancia.



- 7.- Evaluación escrita didáctica a los participantes.
- 8.- Entrega de constancias.
- 9.- Percepción del público asistente sobre el curso (Lluvia de ideas).

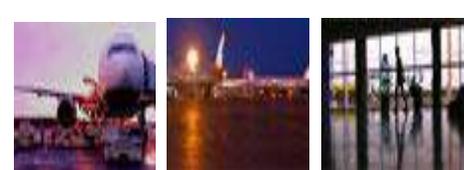


Capacitación 2018



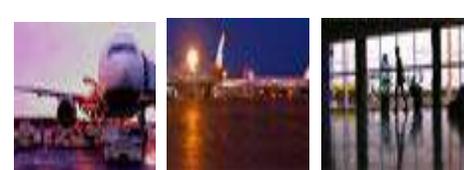
Capacitación dirigida a:

Personal de Operaciones
Personal de Mantenimiento
SENEAM





Responsabilidad social ambiental



Responsabilidad Social

Taller 2016:

Relación Humano - Fauna – Aeropuerto
Esc. Telesecundaria “Benito Juárez García”

Días	Horario	No. de Grupos
1	10:00 A.M. A 11:00 A.M.	Dos
2	10:00 A.M. A 11:00 A.M.	Dos
3	10:00 A.M. A 11:00 A.M.	Dos



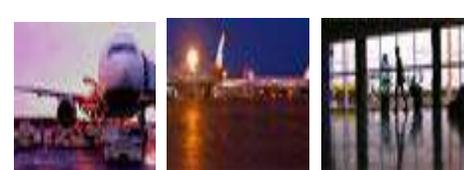
Responsabilidad Social

Taller 2017:

Relación Humano - Fauna – Aeropuerto

Esc. CECYTE Plantel 14

Fechas Propuestas	Horario	No. de Grupos
Jueves 28 de septiembre 2017	9:00 A.M. A 11:00 A.M.	Dos
Viernes 29 de septiembre 2017	9:00 A.M. A 11:00 A.M.	Dos
Lunes 02 de Octubre 2017	9:00 A.M. A 11:00 A.M.	Dos
Miércoles 04 de Octubre 2017	9:00 A.M. A 11:00 A.M.	Dos
Lunes 23 de Octubre 2017	9:00 A.M. A 11:00 A.M.	Dos
Martes 24 de Octubre 2017	9:00 A.M. A 11:00 A.M.	Dos



Serpientes y Escaleras

AEROPUERTO DE VILLAHERMOSA

FAUNA PENINSULAR

25 META

 25

24 ¿Cómo podemos ayudar a evitar incidentes o accidentes de aviones con fauna?

 Solo expertos

23

 Solo expertos

22

 Sobrevuelo con ave de presa

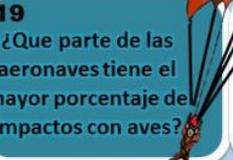
21


16

 16

17 ¿SABES QUÉ?
 El 90% de los impactos registrados con aves ocurren en las proximidades de los aeropuertos, esto según estadísticas internacionales.


18


19 ¿Que parte de las aeronaves tiene el mayor porcentaje de impactos con aves?


20 RETO
 Deletrea:
 CONTAMINACIÓN

15 Ejemplos de basura INORGANICA y ORGANICA


14 **COMODIN**
 Avanza una casilla


13 CUIDA LA FAUNA


12 ¿SABES QUÉ?
 Tener una Mascota es una gran RESPONSABILIDAD: Alimento, Salud, Limpieza, etc...


11 Pirotecnia


6 Cañón de Gas Propano


7

 Tirar la basura en su lugar

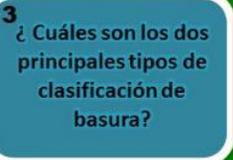
8 Acoso con Perros


9 **RETO**
 Deletrea:
 AEROPUERTO

10 **COMODIN**
 Avanza tres casillas


5 ¿Cuáles son las fases críticas del vuelo de un aer nave?


4 Hay que informarnos para saber y dar soluciones.


3 ¿Cuáles son los dos principales tipos de clasificación de basura?


2


1 **SALIDA**


- 1) Casillas con aeronave, suben
- 2) Casillas con paracaídas, bajan
- 3) Casillas con comodín
- 4) Casillas con preguntas
- 5) Casillas informativas
- 6) Casillas con reto



Rompecabezas



Tríptico

¿Sabías qué?

¡Tu Basura Nos Afecta a Todos!

La conservación del Medio Ambiente es tarea de cada uno de nosotros.

Es fundamental hacer consciencia como ciudadanos, de la importancia de nuestras actitudes cotidianas en la utilización de los recursos de nuestro entorno.

¿Conoces el Aeropuerto o has ido?

Es una terminal donde llegan y salen aeronaves, embarque y desembarque de pasajeros, etc.



Es habitual que los aeropuertos se construyan alejados de los centros urbanos, por motivos de **seguridad**.

Un factor muy importante en la Seguridad Operacional es el llamado **Manejo de Control de Fauna**

Pero...

¿Qué es el Manejo de Control de Fauna?

Comprende el uso de diferentes métodos para el ahuyentamiento de animales, previo al aterrizaje o despegue de una aeronave. Lo anterior, para evitar que las turbinas u otra parte del avión sea impactada por aves o cualquier otro tipo de fauna, poniendo en peligro el vuelo.

¿Sabes que puedes contribuir al Control de Fauna?



Sólo cuando el último árbol esté muerto, el último río envenenado, y el último pez atrapado, te darás cuenta que no puedes comer dinero.

Sabiduría Indioamericana

Es nuestra responsabilidad detener, o al menos disminuir el deterioro ambiental, los pequeños cambios en nuestros hábitos diarios son clave para conseguir un planeta más saludable.



En nuestras manos se encuentra el cambio

¿Aceptas el reto?



Cualquier duda o Comentario

Puedes Comunicarte con Nosotros



Coordinador Control de Fauna :
Biol. Liliana López Aguilar
Cel: 229 191 7183



Aeropuerto de Villahermosa, S.A de C.V;
Carretera Federal Dos Montes.
C.P 86280
Tel: (01993) 35601156 y 57

Un Pequeño Esfuerzo

De cada uno



Un Enorme Beneficio

Para todos



Lotería

FAUNA PENINSULAR **VILLAHERMOSA ASUR**

Lotería del Aeropuerto Internacional Cap. P. A. Carlos Rovirosa Pérez, Villahermosa, Tabasco.

 LA BASURA	 LA PIROTECNIA	 EL ACOSO CON PERRO
 EL LEVANTAMIENTO DE HUESOS	 LOS PERROS EN PERIMETRAL	 EL CAÑÓN GAS PROPANO MÓVIL
 EL ZOPILOTE SABANERO <i>Cathartes aura</i>	 EL AEROPUERTO	 EL PUERCO DE MONTE <i>Pecari tajacu</i>

FAUNA PENINSULAR **VILLAHERMOSA ASUR**

Lotería del Aeropuerto Internacional Cap. P. A. Carlos Rovirosa Pérez, Villahermosa, Tabasco.

 EL AGUILILLA CAMINERA <i>Buprestis magnirostris</i>	 ZOPILOTES COMIENDO EN EL PERIMETRAL	 LA CAPTURA DE PERRO
 EL CHAPED DE ÁREA VERDE	 EL AVIÓN	 DESECHOS ORGÁNICOS
 LOS HUESOS EN PERIMETRAL	 RECORRIDO PERIMETRAL	 EL CARACARA <i>Caracara cheriway</i>

FAUNA PENINSULAR **VILLAHERMOSA ASUR**

Lotería del Aeropuerto Internacional Cap. P. A. Carlos Rovirosa Pérez, Villahermosa, Tabasco.

 LIMPIEZA DEL PERIMETRAL	 LA BOA	 LA TORRE DE CONTROL
 LA PISTA	 CAÑÓN GAS PROPANO FLUJO	 GARZÓN CENIZO <i>Ardea herodias</i>
 GARZA AZUL <i>Egretta caerulea</i>	 EL SONICO	 LOS PERROS DENTRO DEL AEROPUERTO



VILLAHERMOSA
ASUR

Lotería del Aeropuerto Internacional Cap. P. A. Carlos Rovirosa Pérez, Villahermosa, Tabasco.

 LA GARZA DE LOS DIEDOS DORADOS <i>Egretta ibis</i>	 DISPOSICIÓN SANITARIA	 RECORRIDOS EN PISTA
 LA CETERERÍA	 EDUCACIÓN AMBIENTAL	 LA GARZITA VERDE <i>Butorides virescens</i>
 LAS VISCERAS EN PERIMETRAL	 EL PRADERO Y/CHILE <i>Sturnella magna</i>	 EL PERSONAL DE CONTROL DE FAUNA

VILLAHERMOSA
ASUR

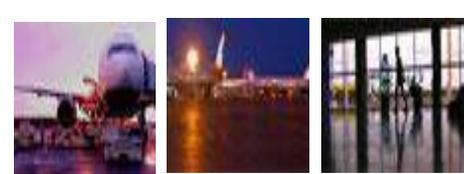
Lotería del Aeropuerto Internacional Cap. P. A. Carlos Rovirosa Pérez, Villahermosa, Tabasco.

 DESECHOS ORGÁNICOS	 EL CARACARA <i>Caracara cheriway</i>	 RECORRIDOS EN PISTA
 ZOPILOTES COMIENDO EN EL PERIMETRAL	 LIMPIEZA DEL PERIMETRAL	 LA PISTA
 LA PROTECCIA	 EL AEROPUERTO	 EL PERSONAL DE CONTROL DE FAUNA

VILLAHERMOSA
ASUR

Lotería del Aeropuerto Internacional Cap. P. A. Carlos Rovirosa Pérez, Villahermosa, Tabasco.

 LA BASURA	 EL PUERCO DE MONTE <i>Pecari tajacu</i>	 LA CAPTURA DE PERRO
 EL CHAPEO DE ÁREA VERDE	 LA TORRE DE CONTROL	 DISPOSICIÓN SANITARIA
 CAÑÓN GAS PROPANO FIJO	 LOS FERROS DENTRO DEL AEROPUERTO	 EL LEVANTAMIENTO DE HUESOS



Diseño de Calcomanías

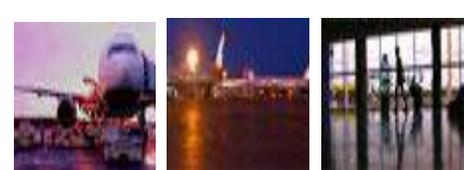








Acciones Sociales



Campaña de sensibilización al Poblado Dos Montes





¡TÚ BASURA NOS AFECTA A TODOS!

¿Sabías que en el Aeropuerto es un problema que enfrentamos día a día con el Manejo de Control de fauna?

¿En que consiste el Control de Fauna?

Comprende el uso de diversos métodos para el ahuyentamiento de animales previo al aterrizaje o despegue de una aeronave. Lo anterior, para evitar que las turbinas succionen u otra parte del avión sea impactada por aves o cualquier otro tipo de fauna, poniendo en peligro el vuelo.

En el cercado perimetral del aeropuerto y demás áreas cercanas, ya que eso atrae fauna carroñera (que se alimentan de desperdicios) como zopilotes, que pueden afectar los vuelos.

Tener un buen cuidado de nuestras mascotas caninas, ya que los perros podrían entrar accidentalmente a la pista y atentar contra la seguridad de las aeronaves.



Tires BASURA

NO

Tires desperdicios de origen animal

¿Cómo puedes ayudar?

¡Tu participación es valiosa!

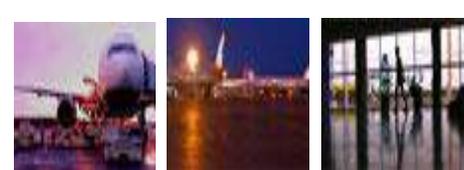
ASUR Aeropuerto de Villahermosa, S.A de C.V. Carretera Federal Dos Montes. C.P 86280 Tel: (01993) 35601156 y 57

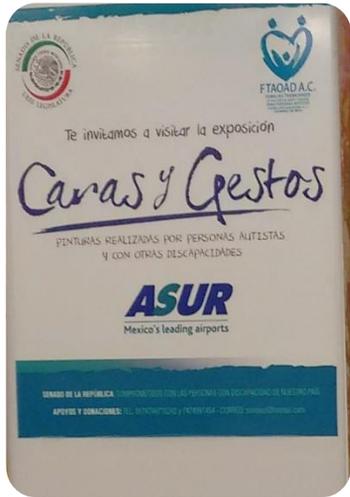






Oferta Cultural

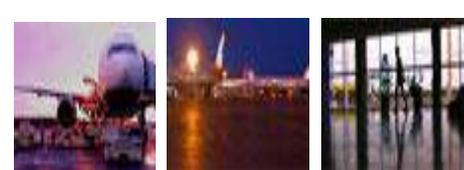




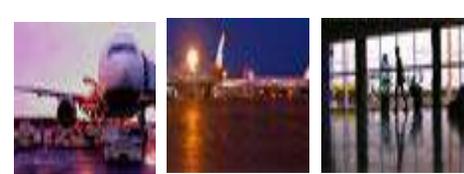
Se llevo acabo exposición de 21 pinturas de acrílico realizadas por personas autistas y con otras discapacidades de la fundación F TAOAD A.C. del estado de Guerrero, denominada **Caras y Gestos**.



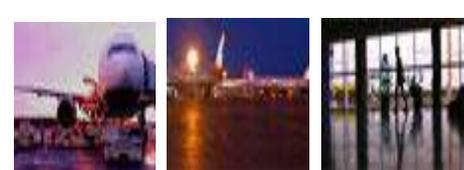
Se llevo acabo exposición de 33 Fotografías, durante el mes del 07 de agosto al 07 de septiembre del 2017.

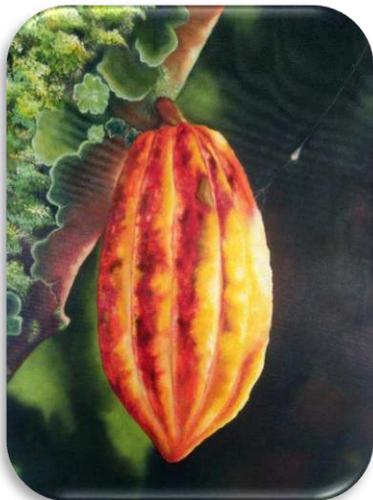
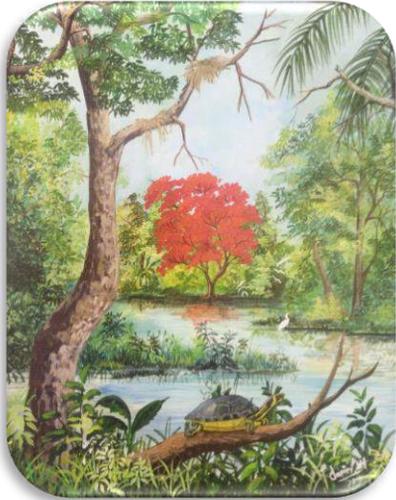


Como apoyo al talento Tabasqueño, el aeropuerto abrió sus puertas a la exposición de 11 pinturas del artista José Hernández, oriundo de Nacajuca, Tabasco, México.

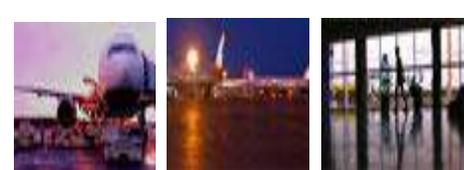


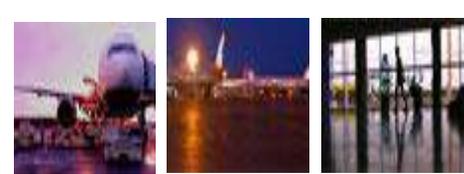
Impulsando la cultura y talento Tabasqueño el aeropuerto mantiene la Galería de Arte Colectiva de creadores visuales de Tabasco. 47 pinturas de diversos artistas.





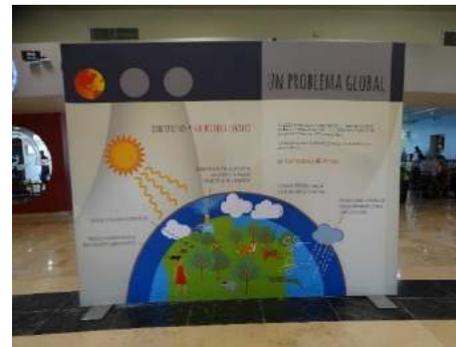
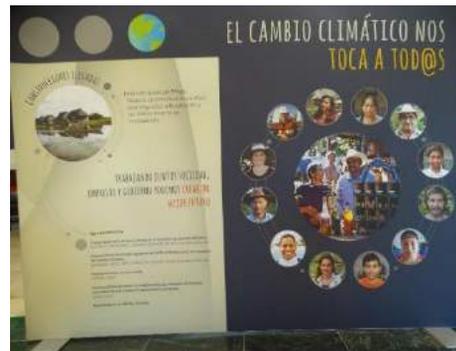
Reconociendo al talento Tabasqueño, el artista Tomas Mejía expuso 35 pinturas y 10 esculturas conmemorando sus 25 años de trayectoria.

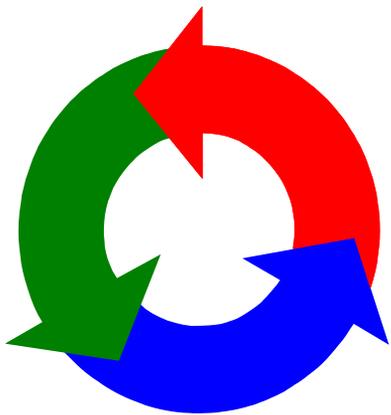




Temática: Cambio Climático

El Objetivo es que la sociedad conozca más sobre el tema, sus repercusiones y la forma en que podemos actuar ante ellos.





Sistemas de Gestión Ambiental

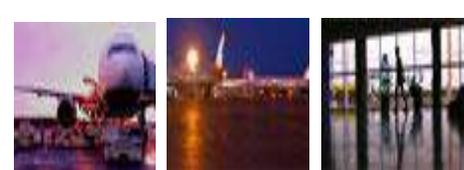


Certificado de Calidad Ambiental vigente hasta el año 2020



Desde el año 2001, se ha venido renovando esta certificación por lo que tenemos 17 años de certificación sin interrupciones.

El certificado del Aeropuerto de Villahermosa está entre los tres primeros que se entregaron en el Estado de Tabasco.





Certificación Sistema de Gestión Ambiental



El Sistema de Gestión Ambiental del Aeropuerto obtuvo nuevamente su Certificación de Conformidad bajo la norma NMX-SAA-14001-IMNC-2004 / ISO-14001-2004 y actualmente está en el proceso de migración a la ISO-14001-2015



DISTINTIVO S



Por primera vez en el Estado de Tabasco se recibe el Distintivo S, al ser otorgado al Aerpuerto de Villahermosa.



GRACIAS.....

“Procuremos siempre que nuestros actos dejen un
huella verde en nuestro caminos”.



Sesión Plenaria

Las influencias políticas en el medio ambiente en México

MSc. Lorena Torres Bernardino

Escuela Doctoral en Ciencias Sociales, Université Lyon, Francia.

Eric Mollard

Lorena Torres Bernardino

Coordinadores

Las influencias políticas en el medio ambiente en México

INNAP

SECCIÓN MEXICANA DEL
INSTITUTO INTERNACIONAL
DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS

INSTITUTO
NACIONAL DE
ADMINISTRACIÓN
PÚBLICA, A.C.



**Años
al servicio
de México**



**Institut de Recherche
pour le Développement
FRANCE**

CONSEJO DIRECTIVO 2017-2020

Carlos Reta Martínez
Presidente

Luis Humberto
Fernández Fuentes
**Vicepresidente para
Asuntos Internacionales**

Ricardo
Uvalle Berrones
Vicepresidente

Guillermo
Vallarta Plata
**Vicepresidente para los IAPs
de los Estados 2018-2019**

CONSEJEROS

José Ángel Gurría Treviño
Roberto Padilla Domínguez
Arturo Núñez Jiménez
Omar Guerrero Orozco
Carlos Almada López
Julián Alfonso Olivas Ugalde
Alejandro Romero Gudiño
Jorge Tamayo Castroparedes
Elena Jeannetti Dávila
Eber Omar Betanzos Torres
Soraya Pérez Munguía
María de Jesús Alejandro Quiroz
Jorge Francisco Márquez Montes
Fernando Pérez Correa Fernández del Castillo
Raúl Martínez Almazán
Manuel Quijano Torres
Alfonso Pérez Daza

CONSEJO DE HONOR

Luis García Cárdenas
Ignacio Pichardo Pagaza
Adolfo Lugo Verduzco
José Natividad González Parás
Alejandro Carrillo Castro
José R. Castelazo

IN MEMORIAM

Gabino Fraga Magaña
Gustavo Martínez Cabañas
Andrés Caso Lombardo
Raúl Salinas Lozano

FUNDADORES

Francisco Apodaca y Osuna
José Attolini Aguirre
Enrique Caamaño Muñoz
Antonio Carrillo Flores
Mario Cordera Pastor
Daniel Escalante Ortega
Gabino Fraga Magaña
Jorge Gaxiola Zendejas
José Iturriaga Saucó
Gilberto Loyo González
Rafael Mancera Ortiz
Antonio Martínez Báez
Lorenzo Mayoral Pardo
Alfredo Navarrete Romero
Alfonso Noriega Cantú
Raúl Ortiz Mena
Manuel Palavicini Piñeiro
Álvaro Rodríguez Reyes
Jesús Rodríguez y Rodríguez
Raúl Salinas Lozano
Andrés Serra Rojas
Catalina Sierra Casasús
Ricardo Torres Gaitán
Rafael Urrutia Millán
Gustavo R. Velasco Adalid

INSTITUT DE RECHERCHE POUR LE DÉVELOPPEMENT

DIRECTORIO

Jean-Paul Moatti,
Président – Directeur Général

Elisabeth Barbier,
Directrice Générale Déléguée

Abdel Sifeddine,
Représentant de l'IRD au Mexique

PRESENTACIÓN

Actualmente el mundo está atravesando por una serie de desafíos asociados al cambio climático causados por la explotación indebida de nuestros recursos naturales. Por tal motivo, la Organización de las Naciones Unidas lanzó su estrategia de los Objetivos de Desarrollo Sustentable con la intención de que en 2030 alcancen todos los países su cumplimiento.

Uno de los recursos naturales fundamentales para la existencia humana es el agua. De ahí que una gran cantidad de programas y políticas públicas estén orientadas a la preservación y uso adecuado de este vital líquido. En este sentido, las instituciones encargadas de desarrollar investigación en la materia tienen como objetivo proponer soluciones y vías acción para cumplir con este objetivo.

El INAP consciente de esta situación organizó en mayo de 2015 el seminario “Las influencias políticas en el medio ambiente” en colaboración con especialistas del Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD) de Francia bajo la coordinación de la joven investigadora Lorena Torres Bernardino y Eric Mollard.

Motivados por la aceptación e interés que suscitó el seminario se decidió realizar una publicación más profunda en su análisis, formada por artículos desarrollados por los participantes a partir de los temas expuestos en este acto académico. Este es el origen de la publicación que el lector tiene en sus manos.

El libro consta de once capítulos, organizados en torno a tres grandes secciones temáticas. Colaboran doce especialistas de tres nacionalidades, mexicana, francesa y española. Como el título de la obra sugiere, tiene un lugar importante el análisis del factor que desempeña la política, ya sea como un espacio para la participación política de las organizaciones de la sociedad civil en la elaboración de política pública en conjunto con el gobierno, así como en el estudio más técnico del diseño de política pública.

En este sentido, con la aparición de esta obra coordinada por el doctor Mollard y la maestra Torres Bernardino, continuamos con la expansión

Carlos Reta Martínez

y enriquecimiento de nuestro programa editorial. Así, el INAP reitera su compromiso con la difusión del conocimiento especializado en gobierno y administración pública, en este caso sobre temas medioambientales; mismo que pone a disposición de la comunidad de investigadores y profesores de la disciplina pero también a los gobernantes, funcionarios y servidores públicos encargados de la hechura de política pública, en cualquiera de los tres órdenes de gobierno.

Estamos seguros que el lector encontrará en el libro que tiene en sus manos una riqueza de conocimiento teórico y técnico sobre las complejidades de la situación del agua en México, ya sea desde una mirada política o una más técnica. De ahí que confiamos que la presente investigación se convertirá a la brevedad en una consulta obligada para los estudiosos de estos temas.

Carlos Reta Martínez
Presidente del Consejo Directivo del INAP

INTRODUCCIÓN GENERAL

Las influencias políticas en el medio ambiente en México

**Eric Mollard y
Lorena Torres Bernardino**

*Busco en dónde la tomaríamos,
esta verdad, y no lo encuentro¹.*

Clemenceau

1. Definición de lo político

Política de la palabra Medio ambiente

La continua destrucción de los recursos naturales no deja a nadie indiferente; cada uno desea que concluya el despojo del paisaje y del medio ambiente. Sin embargo, ¿cómo se puede cumplir eficientemente tal deseo cuando cotidianamente ya se invierten millones de dólares para proteger el ambiente? Cada quien tiene un “culpable” para la ineficacia crónica y visible de las acciones ambientales. En México, son las administraciones autoritarias, los gobiernos sin voluntad política o el Estado con intereses transnacionales; es el capitalismo, la globalización y el “sistema” neoliberal; es el aumento demográfico, la corrupción o la falta de conciencia; la carencia económica, la falta de aplicación de las leyes, los agricultores que desperdician el agua, los pobres que desmontan el bosque, la pasividad de los ciudadanos, los periodistas que son cómplices de los poderes, o bien demasiado próximos de la opinión pública, los usuarios que no pagan sus cuotas, los contribuyentes, los impuestos, o las ONG que se disputan las donaciones sin crítica previa; son los expertos con conflictos de intereses o los investigadores en su torre de marfil, en su especialización o sus ideologías. A partir del diagnóstico de las causas de la ineficacia resulta, para cada una, “su” solución: más dinero; contrapoderes democráticos; prácticas ecociudadanas; apaciguamiento de conflictos; aplicación de las leyes, o la gran revolución social o demográfica.

Si estas representaciones sociales reflejan una parte de la verdad, la multiplicidad de opiniones sugiere la comprensión previa de los mecanismos de

¹ “Je cherche où nous la prendrions, cette vérité, et je ne le trouve pas”.

su construcción. Los expertos ya sugieren soluciones ambientales de diverso orden, lo que explica esa pluralidad. Sin embargo, ¿no comienza la dimensión política en lo ambiental con el microcompromiso discursivo de cada uno? Afirmar un diagnóstico y una solución remite a la concepción que cada quien tiene sobre la vida en sociedad. Las influencias mutuas entre colectivo e individuo competen a una forma de poder, por muy endeble que sea este poder. Con respecto al compromiso concreto con el ambiente, la modesta acción ecológica es igualmente política cuando se convierte en un estandarte frente a los otros, que no hacen lo necesario. La no acción puede ser igualmente significativa si se acompaña por la idea de que el compromiso ambiental no tiene sentido sin el compromiso de los otros y de las instituciones. La acción ciudadana distingue uno, lo incorpora en una ciudadanía y revela una idea sobre la sociedad. A cada quien le place pensar que la audacia de sus certezas es una virtud para el bien común. Todo el mundo imita y quiere ser imitado. El medio ambiente, por el microdiscurso y la microacción, es político por el juego del conformismo y de las ideas que cada quien tiene de su sociedad.

Por consiguiente, un compromiso puede ser sospechoso porque se basa en ideas previas sobre la sociedad. El compromiso nunca es puro porque su inscripción en un colectivo lo somete a la política de las influencias. Además, si cada quien cuenta con una influencia, ¿no se convierte en objeto de manipulaciones para influir en él? Una instrumentación mutua como ésta, ¿no aminoraría aún más la pureza de la causa y quizá la eficacia de las acciones por el ambiente? Pues las mejores causas están influenciadas cuando cada uno las construye relacionando el ambiente y las ideas sobre la sociedad. En 1902, que era una época tan turbulenta como la actual, Clemenceau oponía, por un lado, a quienes sabían, y por otro, a quienes buscaban saber. Cuando los Republicanos se opusieron a los sermoneadores tradicionales² construyeron su poder sobre la incertidumbre ante las verdades. Lo mismo ocurre actualmente con el medio ambiente: las verdades y las incertidumbres son estrategias. El medio ambiente y la República se construyen simultáneamente.

² “¿En nombre de qué podríamos imponer una verdad? ¿De dónde la tomaríamos? Para ustedes, señores, el monopolio está en sus tradiciones, ustedes tienen la autoridad, ustedes son poseedores, según dicen, de la verdad absoluta; no es necesario exigirles una demostración, sin embargo, no proclaman menos que tienen la última palabra de las cosas. Para nosotros, frágiles humanos, para nosotros que no poseemos más que aspectos cambiantes de verdades y de errores, para nosotros, a los ojos de quien lo verdadero de hoy no es lo verdadero de ayer y mucho menos lo verdadero de mañana, me pregunto en nombre de qué podríamos imponer una verdad absoluta, eterna, a lo quien sea en todo el mundo”. (Discurso pronunciado ante el Senado francés en 1902. En: Winock, 2016.)

Aún no hemos definido qué es lo político, pero la palabra “medio ambiente” ya es política cuando su uso inscribe al hablante en la narración contemporánea y oculta motivaciones variadas. En un conflicto, en un movimiento social, un comentario periodístico o un artículo científico, la palabra medio ambiente adquiere un poder que magnifica al locutor y sus aspiraciones. Esta invocación “mágica”, por lo general, permite al individuo particular el acceso a la gloria de la generalización de su lucha frente a una administración que, de su lado, estigmatiza el egoísmo personal en nombre del interés general. La gloria del bien común contra la gloria del interés público: la guerra de glorias caracteriza nuestra época relativista. Además, si la protección local del medio ambiente se inscribe en una crisis mundial de la naturaleza, la magia de la palabra medio ambiente universaliza los problemas locales y cada microcompromiso. El poder de movilización de la idea de crisis mundial es tan considerable que los microcompromisos hacen necesaria la crisis mundial.³ Los problemas locales, innumerables, requieren pedagógicamente una universalización y una dramatización. A falta de contrapoderes, porque los científicos más que los otros desean actuar en favor del ambiente, la crisis se convierte en una prueba indiscutible. Cada acción local materializa la crisis global como lo reitera el lema: acciones locales para problemas mundiales. El eslogan es político, tanto porque une acciones aisladas como porque la generalización no necesita verificarse.

La palabra medio ambiente es política por las ideas que cada quien construye sobre los otros, sobre la sociedad y sobre las instituciones. La palabra activa lo que podríamos llamar una moral de bien común en la medida que cada uno quisiera que los otros actuaran.⁴ De manera que la palabra medio ambiente construye una visión normativa de lo que habría que hacer. Al mismo tiempo, la acción afecta intereses. La narración moral se mantiene, pero la sociedad se divide en grupos, surgen controversias y se cavan brechas, por ejemplo, entre personas a favor o en contra de las presas, entre conservacionistas duros y humanistas, etcétera. El conflicto acentúa el contenido político de la palabra medio ambiente.

³ Aquí no discutimos si estas crisis mundiales son verdaderas, sino su necesidad para los actores del medio ambiente. Los ambientalistas recuperaron las crisis mundiales sin la intención de profundizar su naturaleza. Si la biodiversidad y el calentamiento climático se confirmaron desde hace mucho tiempo, las crisis mundiales del agua, la desertificación o la pérdida de suelos no se ven beneficiados por el mismo consenso científico.

⁴ Adamiec (2016) evoca una moral para sí.

El conflicto es político en varios sentidos: por las identidades, los poderes, las percepciones y las normas que se crean. La controversia es igualmente política de manera indirecta, es decir, a los ojos de terceros. Por un lado, la controversia justifica argumentos antagónicos en el público.⁵ En un conflicto asimétrico, ver su causa alcanzar el nivel de legitimidad del más potente se convierte en un objetivo que debe lograrse por el menos potente. El conflicto permite también alejar a los no beligerantes y a la mayoría que, a menudo, huyen la acción combativa. El conflicto separa una parte de la sociedad que teme los costes del conflicto. El conflicto vuelve más confusa la causa del medio ambiente y tal confusión puede convertirse en un objetivo para uno de los protagonistas. La pureza de la causa medioambiental se diluye en los meandros de las estrategias calculadas para defenderla.

La voluntad individual de actuar por el ambiente tiene un contenido político que se le escapa al actor. Incluso sin publicitar su acción ecológica del ahorro del agua o de la separación de desechos, el compromiso individual descansa en narraciones y en grupos. Cerrar la llave de agua cuando uno se lava los dientes es político cuando la narración, verdadera o falsa, conviene al actor y le quita la culpa incluso si a veces dificulta la eficacia.⁶ Considerar que una acción tan trivial como ésta es eficaz para el planeta es un obstáculo para la protección del medio ambiente necesariamente costosa y colectiva. El individuo lo sabe muy bien: sabe que los otros no lo hacen y que su acción no sirve para nada, pero su conciencia se libera. Cerrar la llave del agua refuerza su sentido ciudadano obediente a los líderes de opinión, quienes se preocupan más de su fama con soluciones poco costosas, que con resultados para el medio ambiente. El ciudadano hasta afirmará que el medio ambiente comienza por la acción individual sin imaginar ir más allá. Colocará al líder en una burbuja de santidad radical. El mismo ciudadano rechazará los costos económicos y sociales de la protección del medio ambiente. La privatización de la acción ciudadana es política porque participa de una concepción limitada de la ciudadanía. Su eficacia es la consecuencia del rechazo de la información sobre el costo y las condiciones de la acción ambiental colectiva. Finalmente, el ciudadano avala a los líderes y el populismo ambiental que éstos encarnan.

⁵ Construir una controversia a pesar de que los científicos están de acuerdo es una táctica para crear incertidumbre en la opinión.

⁶ Cerrar la llave del agua por razones ambientales conlleva una reducción de uso. La reducción de ingresos conduce a que se aumenten los precios. Por lo tanto, crea una incomprensión para los usuarios “ecologistas” que piensan que actúan de manera gratuita.

Políticamente, la legitimidad cruzada del individualismo ecológico entre líder e individuo confirma a ambos en su certidumbre “despolitizada”.⁷

No se trata de decir que el medio ambiente es un sujeto complejo y que los resultados son difíciles; solamente se trata de demostrar que la palabra medio ambiente puede ser un taparrabos para lo que no queremos ver. La palabra medio ambiente es política, pero, ¿qué es, entonces, lo político? Por reflejo, estaríamos tentados de adelantar que lo político es aquello que influye y que no se ve necesariamente. Una definición tan general podría parecer inadecuada. En realidad, hemos visto que cada influencia no es anodina porque es el eco de algo más general. Por consiguiente, cada influencia impacta indirectamente en la política pública, de manera que la definición espontánea es aceptable. Dicho de otro modo, lo político es un mundo en el que las acciones de unos y las reacciones de otros se rigen tanto por influencias recíprocas como por el *command and control* público o por las dominaciones estructurales desde las transnacionales hasta los géneros. Detrás de las dominaciones oficiales o conjeturadas, poco estudiadas en sus prácticas y en raras ocasiones en su posibilidad de evolución, la realidad política está hecha de equilibrios, de miedo y de alianzas que obligan a la negociación y a la prevención contra las revueltas. Incluso en las dictaduras, como lo han demostrado Claude Lefort (1981) o Béatrice Hibou (2011), el poder oficial se ha apoyado en poderes informales que no se basan sólo en el terror.

Con el solo individuo y por las palabras solas, las influencias recíprocas están presentes de inmediato. La política de los poderes (es decir, lo político) es particularmente visible en el medio ambiente, donde el individuo y el colectivo son el espejo respectivo del uno y del otro. Esta obra va a presentar una gama de poderes entre configuraciones variadas. Antes de presentar los capítulos, proponemos conceptualizar la noción de política de los poderes.

⁷ Comprar orgánico, defender la agroecología, no comer carne son ecoacciones políticas porque están influenciadas por la sociedad e influyen en ella. Podemos hablar de populismo ambiental (contrario a la democracia informada) cuando el líder de opinión se va en el sentido de la facilidad sin documentar las controversias sobre el impacto de estas acciones, el costo real de la protección del medio ambiente, la necesidad de actuar colectivamente. El líder sufre el segundo grado del populismo ambiental cuando se vuelve normativo y catastrofista. El tercer grado es mesiánico, por la Salud para salvar a la sociedad, cuando acusa a las instituciones y al sistema para justificar la generalización de acciones individuales (véase <http://www.crsdd.uqam.ca/Pages/cmoore.aspx>; Davis 1999; Swyngedouw 2010).

Gobernanza y mecanismos de poder

Para acceder a las formas de poder, el observador debe superar el obstáculo metodológico de las apariencias construidas. Las apariencias deben mucho a las palabras: palabras que generalizan, clasificaciones que oponen, diagnósticos y soluciones que resultan del individualismo ecológico. Debido a que los elementos discursivos remiten al colectivo, el individuo al hablar, con o sin práctica ecorresponsable, es un objeto político.

El observador que quiere superar las apariencias construidas debe imaginar al colectivo y al individuo como una diada de influencias recíprocas. El examen conjunto está en condiciones de identificar los equilibrios en un sistema de interacciones sociopolíticas (la gobernanza). Antes de abordar la gobernanza en sus dos períodos y sus dos modalidades principales, recordemos que la gobernanza general no existe (Angenot 2014, Latour 1994). El poder se expresa por mecanismos formales (repertorio de acciones) e informales (juego de influencias) que dependen de una gobernanza general difícil de definir. La gobernanza general sólo puede caracterizarse por medio de las gobernanzas sectoriales de las actividades sociales y económicas. Todo análisis específico del medio ambiente materializa la gobernanza general que explica el caso particular.

El poder no es sino palpable en las grandes movilizaciones sociales, en las influencias ostensibles como aquella que ejerció históricamente la opinión pública o, incluso, en el organigrama oficial que coloca al Estado como árbitro. Cada poder se construye y la construcción es permanente. Lo vemos con los nuevos protagonistas, como las ONG o las comunidades que resisten o desafían a la autoridad. También lo vemos entre los protagonistas tradicionales como las administraciones, los sindicatos y las empresas privadas que tratan de conservar sus prerrogativas.

Además de la construcción permanente de poderes, la gobernanza ha cambiado y, con ella, los repertorios de acciones. El registro discursivo opone en adelante el interés público asociado a la economía nacional, por una parte, y por otra, el medio ambiente, los usos y costumbres, la moral individual, la justicia social, los bienes comunes o los derechos humanos. Esta oposición, que habría podido ser una cooperación, es evidentemente una construcción política resultado de la asimetría de poder: Goliat no quiere compartir

su soberanía y David, la sociedad civil, se aprovecha de las armas de los débiles para oponerse decididamente. La vieja oposición dio a luz una nueva oposición igualmente binaria. Sin embargo, la gobernanza actual ya no es la de las grandes movilizaciones sindicales.

En principio, las nuevas causas movilizan a numerosos pequeños colectivos en el mundo vinculados por distintos dispositivos, entre los cuales Internet se volvió la bisagra viva, emocional y estructural. Se trata menos de sólo justicia que de una combinatoria “moral” que sigue buscando sus pensadores sincréticos y su gran narración. La nueva moral individual, como hemos visto, está en relación con el colectivo y conlleva valores normativos. La nueva moral es suficientemente justa y compartida como para inspirar a grupos parlamentarios un derecho que va incluyendo las nuevas causas (patrimonio, justicia, medio ambiente, precaución, etcétera). El nuevo derecho “moral” fabrica minorías escuchadas cuando ganan pleitos, además de beneficiarse del apoyo “postmoderno” de la opinión. Estas minorías atacan el derecho positivo que ha resultado de los equilibrios anteriores entre trabajo y capital.

Después, la gobernanza que puso fin a los autoritarismos y marginó las ideologías de clases, dio origen a una sociedad civil en favor de principios que excluyen la violencia, denuncian los abusos, desarrollan una moral individual⁸ y defienden las minorías. Ahora bien, sus éxitos innegables relacionados con la izquierda, vuelven invisible una parte de la sociedad (la derecha). La moral, al parecer despolitizada, abastece el malestar y contribuyó a las revocaciones políticas de las elecciones de 2017 (EE.UU, Europa, Filipinas). El observador del sector medioambiental no puede disociar los poderes sectoriales de los cambios macropolíticos.

La diferencia entre dos grandes tipos de gobernanza revela igualmente la posibilidad variable de expresar ciertos poderes más que otros. Cuanto más el país se aleja del ideal del Estado de Derecho, menos las instituciones y las normas públicas llegan a encauzar lo arbitrario y la desconfianza. El ámbito público convive con normas más o menos formales de las cuales los poderes son una expresión. Por consiguiente, lo político puede, entonces, definirse como el conjunto de las influencias mutuas en una gobernanza hecha de instituciones, principios y empirismo.

⁸ El Bobo (Burgués-Bohemio) o progre traduce la doble pertenencia a la izquierda de la clase media a la moda y al compromiso moral (medio ambiente, alimentación sana, espiritualidad). Si el término no es una categoría usual de la sociología, traduce una percepción de un comportamiento contemporáneo.

Desafiar una autoridad o un proyecto oficial en virtud de los derechos humanos, del medio ambiente u otra causa no moviliza a los mismos protagonistas en el Norte y en el Sur⁹. La distinción Norte-Sur no es geográfica, tampoco económica, sino política en el sentido de los poderes y su regulación en una gobernanza. Según el grado de Estado de Derecho, la gobernanza es desigualmente sensible a los poderes. Para cada uno de los tres tipos de movimientos sociales, Norte y Sur no presentan exactamente los mismos ingredientes. Las movilizaciones sindicales y los “nuevos movimientos sociales” (primer y segundo tipo, Touraine 1965) fueron desatados por las organizaciones corporativas, luego por la sociedad civil, que son protagonistas independientes en el Norte. Hoy día, los conflictos fragmentados a causa de “tribus” que cohabitan mediante Internet en un ambiente de desconfianza hacia las autoridades, parecen estar incluidos en el tercer tipo de movilizaciones sociales.

El tercer tipo de movilizaciones ya no tiene la necesidad de un soporte de masa para ser eficaz ante los medios de comunicación o como posibilidad de una rebelión. Por otra parte, su legitimidad es marginalmente científica cuando los activistas relegan la ciencia, en adelante, al nivel de un aliado del sistema, además del deshonor de científicos por conflictos de intereses. En cuanto a su eficacia, es buena, incluso por un pequeño grupo si moviliza la denuncia moral actual. El conocimiento comprobado ni siquiera es una condición necesaria en la era de la posverdad. La duda o sospecha que este tipo de movilización puede infundir tiene la posibilidad de conducir al constructor a retirar su proyecto. Dos condiciones son necesarias en relación a la opinión pública: debe tener poder sobre las autoridades y debe ser sensible a las grandes causas. Ahora bien, la opinión pública de los países del Sur no tiene poder y es sensiblemente desigual a las grandes causas actuales. Además, las coaliciones del tercer tipo son asimétricas. En el Norte, la sociedad civil está próxima a la opinión pública. En el Sur, son principalmente académicos.

Con el Estado de Derecho, la opinión pública ilustra la diferencia con el Sur. Su influencia política en el Norte conduce a los protagonistas a influirla o a volver su portavoz en los medios de comunicación. Mientras que un proyecto público legitimaba a la autoridad en las gobernanzas anteriores, la lucha de una minoría, como lo ejemplifican los desplazados por una presa, ha ganado

⁹ En el Norte la juventud desafía a los profesores y la policía. En el Sur las comunidades y el radicalismo religioso desafían a las autoridades. El regionalismo étnico y los sindicatos combaten a la autoridad por todas partes con técnicas más o menos violentas.

el reconocimiento de la opinión pública. El conflicto tiene la capacidad de descalificar un proyecto público, a sus protagonistas y cada vez más las instituciones. En el Norte, las asociaciones nacionales capitalizan votos con estas influencias. En el Sur, la influencia en la opinión es más escasa, aunque un colectivo minoritario de la sociedad civil llega episódicamente a parar o modificar una obra.

La gobernanza es ontológicamente un estilo de interacciones sociales y metodológicamente el conjunto de las influencias poco visibles y de las apariencias que hacen en el sistema sociopolítico. El análisis de las prácticas e interacciones sociales permite superar las apariencias para identificar las influencias. El estudio de algunas situaciones materializa los principios de una gobernanza que, en cambio, explica los protagonistas y sus interacciones en el caso particular (véase Tercera Sección).

En resumen, la gobernanza deslinda el margen de maniobra del protagonista. La ley no es el factor supremo incluso para el Gobierno y la justicia. En las interacciones sociales, las repercusiones en cadena de una acción de poder afectan a la credibilidad, a la identidad y a las legitimidades del protagonista, de su acción y de las causas defendidas. El actor está inmerso en el mundo sociopolítico y su destino está relacionado con los pensamientos de los otros. De ahí la importancia de la elección de un lenguaje que no sólo facilita la acción sino también oculta motivaciones y estrategias. Al lenguaje se añade el aspecto histórico que cada uno incorpora en sus pensamientos y a veces en su manera de actuar. La historia de la violencia forma parte de una gobernanza. Como el poder vuelve en última instancia al ejército o al pueblo en rebelión, lo político es desde un principio la prevención de la violencia para preservar la paz. Dado que se vincula la guerra dialécticamente con la política (Clausewitz 2014), la acción pública, incluso para la causa del medio ambiente, puede resultar disfuncional a causa de esta dialéctica fundamental.

Intereses y valores en el seno de una gobernanza

Los poderes variados se llaman influencias cuando su naturaleza y su modo de acción no son localizables más que *a posteriori*. A menudo, las influencias son recíprocas entre actores o entre individuos y colectivos. Esas influencias descansan en intereses y/o en valores compartidos que la gobernanza hace

visible u oculta. El *Nimby*¹⁰ se ha vuelto un actor visible cuando la opinión y los medios de comunicación, se han interesado por las minorías y los territorios. Una vez que el *Nimby* se valorizó como una figura pública, se le expuso para una ganancia propia. De su lado, las administraciones estigmatizan al *Nimby*, que no quiere una gasolinera, una torre de microondas o una línea férrea cerca de su casa. Lo acusan de privilegiar su interés “egoísta” frente a los intereses “generales”. El *Nimby* es el símbolo del microconflicto y de sus causas generales. Todos somos un *Nimby*: activos cuando reivindicamos e indiferentes cuando compadecemos apenas a los afectados¹¹. La generalización moral o emocional del *Nimby* y las tentativas de desacreditación por las autoridades son parte de una gobernanza en la que la sociedad reconoce ciertos repertorios de acción y narraciones.

El *Nimby* también ejemplifica los valores necesarios para organizar un grupo, utilizar los medios en su beneficio y convencer. Los valores son oportunos por estrategia o bien axiológicos cuando los *Nimby* se comprometen por la causa general que sirve como estandarte de un reclamo. La causa ambiental o cualquier otra causa sirven en principio para hacerse oír para convencer de su derecho. Las nociones conjuntas de interés y de valor no deben, por lo tanto, considerarse como motivaciones ontológicas, sino como constructos. Para desentrañar lo que resulta de un interés y de un valor así como entre valores interesados y valores de compromiso, el observador puede probar estas opciones como hipótesis para establecer el modelo de la dinámica de una lucha.

El *Nimby* es una figura emblemática, pero fue necesario esperar a que las imágenes de la televisión conmovieran al público. Así que a comienzos de la década de 1950 la lucha vehemente de los desplazados de la presa de Tignes en los Alpes francesas no provocó algún apoyo notorio en la sociedad civil. Hoy día, el *Nimby* es eficiente aunque es una figura minoritaria poco unificada. Efectivamente, está sometido a las incitaciones diferenciales y a las presiones directas de las autoridades que a menudo consiguen escindir la unidad. Sólo una causa general con apoyos mediáticos, financieros y jurídicos es un antídoto estratégico contra la desmembración.

¹⁰ Siglas de *Not In My BackYard*. Se trata de un actor afectado directamente por una acción que, para involucrar e inscribir su acción en los medios, debe realizar una “generalización”. Por lo tanto, su oposición oculta su interés individual detrás de una causa noble como la protección del medio ambiente.

¹¹ El *Nimby* principalmente es una figura de las gobernanzas del Norte, donde existe una opinión pública. El *Nimby* del Sur adquiere celebridad principalmente en los países del Norte, así como con las ONGs.

Se identificaron y teorizaron diferentes naturalezas de poder cuando las circunstancias se prestaron para evidenciarlas: Marx, Foucault, Latour, Crozier, Tilly, Ostrom, Scott, Elster. Los discursos convencen menos por la retórica o la argumentación que por la legitimidad que confiere la conformidad a los valores y narraciones de una época moral. Los conceptos actuales de “juego de actores”, “legitimidad”, “economía emotiva”, gobernanza y teoría de la proximidad sustituyeron a los “agentes”, dominación y estructuras sociales en el vocabulario de las ciencias sociales. La emoción y el apego siempre han sido fuerzas vivas, pero los dos conceptos se han vuelto centrales con no menos controversias (véase Wahnich para la Revolución Francesa). Son el eco en la esfera científica de los conflictos y discursos de emoción y de apego de los actores. Los sentimientos estructuran la gobernanza actual.

Si el individuo es político por sus influencias, si el medio ambiente es político por el solo uso de la palabra, si cada gobernanza se presta más a ciertos poderes que a otros, ¿por qué no tomamos más fácilmente en cuenta a los poderes? ¿Se ocultarían por las apariencias construidas por los mismos poderes, apariencias que se desvían de las preguntas verdaderas y que se convierten en mecanismos de poder? Es necesario volver a los actores en el sistema sociopolítico. En principio, ¿qué actor tendría interés en afirmar: yo soy el más fuerte? Sólo el Estado, en el momento de las promesas electorales, cuando un candidato afirma que va a aplicar la ley con todo su rigor, no dice otra cosa. Sin embargo, una vez electo, el candidato se verá confrontado con un equilibrio de poderes difícil, no solamente de la oposición, sino de hasta el menor actor en un territorio. La oposición denunciará la falta de voluntad política del gobierno. La denuncia de la falta de voluntad política, que es un arma legítima para la oposición, no es un argumento científico sin deconstrucción previa del marco de gobernanza y de los actores que discurren e interactúan en él: ¿Quiénes son los actores que plantean la falta de voluntad? ¿Quiénes son los destinatarios del discurso, sin descartar la posibilidad que sea la opinión pública? ¿Cuáles son sus motivaciones para exponer éste y no otro argumento?

Declarar que uno es el más fuerte no sólo no es estratégico porque no es “políticamente correcto”, sino porque la imagen de la fuerza bruta degrada la imagen del que habla. Una estrategia mejor sería hacer sentir el drama vivido que justifica el uso mínimo de la violencia para que su autor sea escuchado y se beneficie de la indulgencia de la opinión. En un mundo de imágenes y de emoción, toda minoría recurre a la mediatización para conmover el corazón

de la sociedad: ayer el progreso, hoy el medio ambiente, mañana quizás la moral. El derecho positivo que se ha construido por la lucha entre poderes tradicionales se convierte en un obstáculo para las minorías que recurren a otros registros discursivos. La sociedad civil involucrada no duda en denigrar a las instituciones como enemigas, corriendo el riesgo del populismo.

El medio ambiente es político por las intenciones ocultas de los actores, las apariencias así como los registros de acción que encuentran una palanca en la gobernanza actual. Lo político se oculta por aquellos que lo controlan. Esta obra abre la caja negra de lo político de los poderes en el medio ambiente.

2. Plan y Capítulos

Objetivos de la obra

Con ríos quemados, como ocurrió en el Lerma cerca de la refinería en Salamanca, lagos a punto de desaparecer, aires contaminados, especies en peligro de extinción, territorios depredados por la urbanización y, además, con áreas naturales poco protegidas... se puede decir que en México la protección del medio ambiente es un problema aún no resuelto. El país ha experimentado ciertos éxitos, pero los alcances han sido desiguales y hasta unos afirman que el medio ambiente continúa consumiéndose con la apertura de nuevas minas, carreteras, presas, etcétera. La degradación no es solamente una preocupación de grupos deseosos de alarmar a la opinión pública, sino también es el resultado de una dinámica que nada parece interrumpir.

El fracaso no parece ser el efecto directo de la falta de legislación, de ordenamiento o de financiamiento, ya que las leyes, planes y presupuestos son efectivos en el proceso, pero no en los resultados. Además, México está en el grupo líder de las doctrinas internacionales, tales como la gestión integrada de recursos, el cambio climático con una de las primeras leyes del mundo, incluso predomina en el campo de la justicia social asociada frecuentemente con el medio ambiente y el derecho humano al agua. De igual forma, México ha firmado varios acuerdos internacionales que lo obligan a procurar una mayor protección ambiental. Aunado a esto existen encuestas de valores así como innovaciones nacidas desde la sociedad civil, tales como los dispositivos de captación de agua pluvial para uso doméstico, los cuales son muestras de las expectativas de la población.

Entonces, si el dinero, el capital humano, las expectativas sociales, la conciencia medioambiental, la capacidad de organización y las instituciones públicas están presentes a un nivel que no podemos menospreciar, aunque tenemos que evaluarlo, ¿no habrá algo más sociopolítico que hay también que tomar en cuenta? Más allá de las explicaciones y de los supuestos culpables, ¿no es necesario un análisis conjunto? Este libro propone poner énfasis en la interrelación entre el medio ambiente y el sistema político, a partir de un triple enfoque sociopolítico:

1. Las influencias de naturaleza variada entre los actores,
2. El marco político e institucional que supone la regulación de las acciones, y
3. Las percepciones hegemónicas que enmarcan el pensar el medio ambiente.

Ante las agendas ocultas, las causas necesariamente impuras y las acciones públicas sometidas a un sistema sociopolítico, el investigador debe interpelar de manera conjunta a los actores y dar cuenta de los mecanismos de gobernanza. El actor debe evaluarse simétricamente en un sistema de dependencias, equilibrios y regulaciones. La obra enriquece el enfoque sociopolítico y precisa la gama de soluciones socioambientales viables. Las soluciones rara vez son disciplinarias, porque es necesario probar la dimensión de los poderes en la economía, antropología, planificación territorial, análisis institucional, demografía y ciencias políticas. La solución que se proponga efectivamente debe ser compatible con la gobernanza. Así, un problema no necesariamente encuentra una solución a su escala o en el campo de su detección.

La obra hace la apuesta de la descompartimentación. No sólo se trata de promover el intercambio entre disciplinas y transdisciplinas, sino también de mostrar que el agua, la biodiversidad, la transición energética y el cambio climático, así como la ciudad y el mundo rural descansan sobre la misma base sociopolítica. La confrontación de sectores identifica mecanismos análogos de poder y lleva la gobernanza al primer plano de la escena política. La gobernanza del conjunto, nacional y multiescalar, se traduce en las dinámicas socioambientales específicas en cada subsector. El estudio de caso revela de qué es nombre, de cuál gobernanza es la traducción. Además, identificar un responsable inscribe el sistema de responsabilidades en el campo de las interacciones sociales: el *free rider*, el apoyo exterior que reduce

las solidaridades comunitarias, las autoridades con una baja rendición de cuentas o el usuario que no paga sus impuestos, son también poderes en una gobernanza.

Los once capítulos están reunidos en tres secciones que reflejan igual número de puntos de vista sobre la política en el medio ambiente. Palabras como legitimidad, conflicto, clientelismo, sociedad civil, sanciones, corrupción o poderes aparecen como marcadores comunes. El uso de estas palabras, que varía según los capítulos, ayuda a delimitar las tres visiones sociopolíticas del medio ambiente: análisis más por las prácticas sociales; por un acercamiento más institucional, y por un cuestionamiento.

Lo político (*politics*) de las prácticas

Los partidarios del análisis de las prácticas utilizan las palabras “poder”, por supuesto, clientelismo, corrupción, sanción, conflicto y, menos a menudo, sociedad civil y participación. “Liberalismo” puede aparecer como una causa de los problemas. Una vez que la situación está debidamente descrita, la idea de los autores es juntar prácticas y gobernanza.

El primer capítulo es sobre el agua potable. Este recurso que se capta, se potabiliza, se distribuye y, después de su uso, se limpia supuestamente, tiene costos económicos, ambientales y sociales. **Lourdes Amaya** se inclina más particularmente en las prácticas de los operadores que sumergen al lector en el corazón de la gobernanza mexicana. La autora examina las prácticas que debilitan el ideal de la gestión adecuada del agua. En torno a un servicio esencial, los operadores desvelan poderes entre niveles de autoridades, sindicatos, barrios y población.

En México, la ley hizo autónoma el agua potable en 1983. Adelantándose a la gran ola de descentralización, el agua potable en México es testigo de las ventajas y las andanzas de esta política mundial. Para la autora, la descentralización revela el efecto de los poderes locales y despenaliza al gran culpable a los ojos de muchos: la administración federal del agua. Los operadores del agua urbana, cuando consiguen extender el servicio a nuevos barrios, proporcionan un servicio lamentable y agua de calidad desigual. La desigualdad entre barrios demuestra que las competencias no son el único problema. La autora recuerda en principio la variabilidad de los principios legales que rigen a los

operadores en algunos estados en términos de posibilidades de privatización y de control por parte de comisiones de representantes. Posteriormente, analiza la diferencia entre la norma y las prácticas de selección del Director que demuestra más lealtades que competencias.

Los ejemplos confirman la influencia de la autoridad local y el evadir las leyes. Por lo tanto, el operador es menos una entidad técnica y económica que una entidad incapaz de ser autónoma. Las tarifas se fijan por razones políticas. A falta de dinero, el operador no puede modernizarse, los usuarios se niegan a pagar nuevas tarifas por un mal servicio y así se refuerza el círculo vicioso de un servicio deplorable. La desigualdad territorial, los medidores que no se usan, el retraso o la falta de pagos por los usuarios, la ilegalidad de tomas de agua, la falta de reparación de fugas, etcétera, remiten al clientelismo urbano que incluye la corrupción de los supervisores y otras formas crónicas de incompetencia. Para la autora, la información es una herramienta esencial para facilitar la decisión racional, legitimar las elecciones públicas y prevenir conflictos. Sin embargo, una rendición de cuentas insatisfactoria y el clientelismo que requiere de opacidad para maquillar las relaciones personalizadas no permiten mejorar la gestión racional. Para Lourdes Amaya, el debate sobre el agua en México debe basarse menos en el derecho al agua o al mercado que en la realidad política.

Con la lucha contra la presa de El Zapotillo, **Eric Mollard** propone el comienzo de una caracterización multiescalar de la sociedad civil mexicana. La lucha local contra una presa relaciona actores, estrategias e influencias con los movimientos nacionales y las organizaciones internacionales. Frente a este tipo de coalición que dispone de un cierto poder, la gobernanza mexicana aparece altamente reactiva. A diferencia de luchas previas más violentas, la reacción de los gobiernos estatal y federal fue rápida y principalmente institucional en el caso de El Zapotillo.

El autor subraya la debilidad numérica de la sociedad civil local al mismo tiempo que revela, primero, una influencia real en el destino de proyectos anteriores y, después, en la implementación por el gobierno de varios foros consultivos. En general, la sociedad civil decide participar en los foros. Es sobre todo el manejo profesional del derecho ambiental, de los derechos humanos y de las campañas mediáticas que obliga a los actores tradicionales a considerar a una sociedad civil numéricamente poco importante. El éxito

total ocurre cuando las autoridades comienzan a dividirse. El éxito de la sociedad civil es menor en términos de movilización social. La debilidad numérica ilustra las dificultades de la sociedad civil para agrandar el círculo de militantes para causas admitidas en la población. Esta debilidad podría ser el resultado menos de la “apatía” popular que de la gobernanza mexicana. La opinión pública tiene poco impacto y la población ve menos un enemigo en las administraciones que una posibilidad para mejorar al Estado de Derecho. El aislamiento parcial de la sociedad civil de la opinión pública resultaría del clientelismo que fracciona y produce a la vez la desconfianza por las instituciones y el deseo de mejores instituciones, pero también resultaría de una dependencia financiera y axiológica de las ONG internacionales.

Igualmente, la sociedad civil es el núcleo del análisis de un área protegida. **Clotilde Lebreton** reúne en éste el vocabulario del poder, del conflicto, de las sanciones, de las alianzas y de las negociaciones. Todos los actores exigen la participación, sin embargo ésta se percibe y se utiliza de manera estratégica según se trate de una administración estatal o federal, una comunidad o una ONG.

La asimetría del poder oficial se compensa parcialmente por las armas de las que disponen las minorías. Estas armas jurídicas y mediáticas comprometen a la administración a tomarlas en serio. Frente a una comunidad, la administración utiliza presiones clientelistas para que ésta retire un recurso jurídico mientras que utiliza, ante las ONG, la negociación, los ajustes menores de planificación territorial y promesas. En numerosos casos, los actores están poco dispuestos a negociar porque parecen seguir una estrategia: la de dar a conocer un combate para las ONG y los universitarios y recuperar los apoyos gubernamentales sin ceder en el fondo por las comunidades. A pesar de los nuevos actores y repertorios de acciones, la gobernanza clientelista y la desconfianza recíproca no han cambiado.

El cuarto capítulo de la primera sección aborda los pagos por servicios ambientales que apuntan a proteger las selvas comunitarias de Yucatán y Chiapas. **Driss Ezzine de Blas** analiza la cadena de decisiones de la acción pública, desde su concepción hasta su evaluación, pasando por las modalidades operativas. El autor también intenta evaluar la eficacia de la acción pública más allá de los discursos y las normas y busca comprender las estrategias de quienes se benefician por adaptarse a las nuevas exigencias. El enfoque

es necesariamente transdisciplinario por recurrir a conocimientos técnicos y sociales. Más allá de que el vocabulario de la política se utilice con mucha mayor parsimonia que en los capítulos que le preceden, el autor se basa en las normas de desarrollo (participación, gestión integrada), la fuente liberal de los problemas y el recurso teórico de la complejidad.

El enfoque de la racionalidad limitada sirve de medida para identificar las prácticas desviadas de los operadores institucionales de la acción pública. Las prácticas que se observan y sus diferencias remiten a una gobernanza de regulación, vigilancia o control insuficiente. Sin profundizar en esta gobernanza como un sistema, el autor combina el análisis de las prácticas y la gestión institucional; está última relaciona el estudio con la segunda sección sobre las políticas de gestión. En el centro de la cadena de decisiones, el autor se enfoca en los intermediarios que participan en la selección de las comunidades que se benefician del apoyo ambiental. Sobre la base de polígonos administrativos ajustados de manera permanente por razones políticas (elección presidencial por ejemplo), los intermediarios privilegian a las comunidades más rentables para sus propios asuntos: una selva extensa con bajo riesgo de deforestación y una buena organización comunitaria. Como las selvas más vulnerables obtienen menos apoyo, se afecta la eficacia de las medidas. El autor evalúa también el impacto de la acción pública. Más allá del discurso, muestra un impacto real, incluso cuando es parcial. Por consiguiente, puede examinar la estrategia de los beneficiarios, que integra la realidad de la eficacia colectiva en su estrategia individual. La última parte muestra que la eficacia de un apoyo ambiental tiende a ser compatible con un aparato de producción modificado. Movilizando la economía ambiental, el estudio social de las ciencias y la ecología política crítica, el estudio aborda la política mediante las desviaciones de la gestión institucional, al mismo tiempo que las condiciones de la eficacia de la acción pública.

Esta primera serie de capítulos apunta explícitamente a la gobernanza, pero a pesar de la postura transdisciplinaria de los autores, la consideran menos como un sistema que como el marco de las acciones medioambientales. La primera razón descansa en la idea disciplinaria de que el objeto de estudio posee su propia capacidad de mejora gracias a la participación, la información, la gestión integrada de recursos o los derechos humanos. Dicho de otro modo, las normas del desarrollo impiden profundizar en la reflexión sociopolítica. La segunda razón es que el Estado de Derecho es el ideal al que aspira todo

el mundo. Faltan una reflexión y una línea de investigación que permitirían ver en qué medida el medio ambiente, por ser una causa popular, pudiera contribuir a mejorar la eficiencia de la acción pública en México.

Políticas de la gestión institucional

Menos enfocada en las prácticas de los actores, esta sección reúne capítulos que privilegian la gestión pública. Si es posible que no existan soluciones en tanto que los grandes poderes corporativistas controlen el acceso a los recursos y su distribución, una mejor gestión pasa por mejores instituciones. La gobernanza clientelista y las prácticas no se analizan como un sistema estructurado por poderes variados e insuficientemente arbitrados y regulados. La lectura teórica de los casos estudiados es menos sociopolítica que administrativa, también es más pesimista en la implementación de la democracia, del Estado de Derecho y de la protección del medio ambiente.

De manera que el primer capítulo sobre la historia de las políticas de gestión del agua, opone a las autoridades y los poderes tradicionales en los conflictos estructurales. **Sergio Vargas** profundiza en la concepción de una gobernanza en la que la corporación agrícola y las comunidades rurales se oponen al gobierno y a las ciudades. El motor de los conflictos es la escasez de agua ante la que el Estado no puede seguir explotando los recursos disponibles, y manifiesta dificultades para redistribuir los derechos de uso entre sectores socioeconómicos.

Sin embargo, las ciudades ven que sus necesidades de agua van aumentando. Las tentativas de redistribución de los derechos con los mercados del agua, las transferencias entre cuencas, el apaciguamiento de conflictos, las reconfiguraciones territoriales y la opción de la oferta privilegiada sobre la gestión de la demanda (mediante ahorros de agua) son resultado de la creciente escasez y de las políticas neoliberales. En esta configuración, el consentimiento corporativista sólo ha permitido el éxito de una política como la de Transferencia de la Gestión de Riego de la gestión administrada a las asociaciones de usuarios. Los grandes actores permiten comprender los conflictos, los fracasos y la ilegalidad de ciertos usos. Las comunidades, por muy pequeñas que sean, son igualmente poderes en resistencia. Su funcionamiento local y su relación con las políticas públicas remiten a la idea de pluralismo jurídico que defiende el autor.

Los residuos son un asunto político desde el uso de la palabra “residuo”. La definición de residuo es el punto de partida de **Vicente Ugalde**, cuyo análisis de la política ambiental aquí es administrativo e institucional. El residuo es una convención que proviene de la tecnología, así como también de una cultura en la que la noción de pureza varía según los lugares y las épocas, y del uso político de estas dos dimensiones. Efectivamente, es necesario decidir quién paga por su retiro cuando al mismo tiempo la autoridad debe preservar la salud y el espacio público.

La historia de la recolección urbana de residuos subraya estas dimensiones plurales. La colecta depende de los actores clave de la cadena técnica, de ciudadanos que también son electores y de las normas internacionales que legitiman las decisiones públicas. La economía verde del reciclaje no es más que la última vicisitud de una trayectoria repetitiva en la que se debe decidir el pago del servicio, los actores privados o públicos y los lugares y las tecnologías de tratamiento. La obligación de llevarse los desechos proporciona un poder a los prestadores del servicio, ya que pueden hacer presión sobre el gobierno, por ejemplo, con la huelga ilimitada de los recolectores de desechos. La obligación del tratamiento de los desechos remite a la contaminación del aire, del suelo y del agua que crean normas de protección frente a los intereses divergentes de los actores que se oponen. El sector de los residuos es un subsistema de la ciudad y del medio ambiente que se ha identificado con claridad a lo largo del tiempo. Conforman lo que podríamos llamar un *régimen del residuo* para adaptar la expresión de *régimen de agua* que se utiliza en el capítulo anterior o *régimen climático* con otros autores. Este régimen sería el equilibrio de negociación entre actores que tienen sus propios poderes, fuerzas y marcos de acción. Por ejemplo, las autoridades de la ciudad se someten a la opinión pública en lo concerniente a servicios tan cruciales como el agua y sus residuos. La gestión por las instituciones es política por la necesidad del servicio y el poder de los actores que están a su cargo.

Siendo uno de los pioneros en las megatransferencias entre cuencas, México sigue construyendo obras cada vez más gigantescas para abastecer de agua a las grandes ciudades. Mientras que se trata de un mal necesario para unos, las alternativas no serían realmente evaluadas para quienes denuncian el costo de la energía, los daños para el futuro de las regiones de las que sale el agua y los conflictos que ya existen. **Arsenio González** se inscribe en el enfoque institucional de una gestión que debe abastecer las ciudades al mismo tiempo que defiende la participación ante la complejidad de conflictos naturales.

Las ciudades extienden su poder cada vez más lejos no solamente en detrimento de las regiones que las abastecen con sus recursos, sino también de otras ciudades que quieren captar los últimos recursos libres para su beneficio. Para garantizar su seguridad hídrica, las ciudades trasvasan agua y al mismo tiempo descargan las aguas utilizadas sin tratamiento. Con tales transferencias de agua, la ciudad reconfigura los territorios no en el sentido de una continuidad, sino en el sentido de la discontinuidad, de la asimetría y de las diferencias múltiples de dimensiones sociotécnicas. La hidropolítica pasa por alto de los territorios naturales, culturales y legales. Con la complicidad de los ciudadanos que exigen agua en los fregaderos sin saber de dónde proviene y a dónde va, el acaparamiento masivo crea identidades periféricas en las minorías que aprovechan la situación de dominación para hacer oír una voz que por mucho tiempo ha sido inaudible. Les es fácil denunciar jurídicamente la ilegalidad de los procedimientos (por ejemplo, por no consultar a las comunidades) y la sobreexplotación de los recursos así como, moralmente, la asimetría de los poderes. Ante estos conflictos, el autor presenta la teoría de Elinor Ostrom, que precisa las condiciones del buen uso de los recursos independientemente de los poderes de unos y de otros.

Para la cuenca del río Usumacinta, lo político no es de menor atención por la diversidad de “recursos en disputa”, así como por los intereses que a primera vista no son evidentes en las estrategias de las instituciones, sobre todo aquellas que se están concretando al interior de negociaciones internacionales, como es el caso del Proyecto Mesoamérica. Así, **Lorena Torres** analiza la política ambiental de la cuenca Baja del Río Usumacinta, a partir de una aproximación al cambio climático, ya posicionado en las agendas de gobierno de varios países, entre los que México fue pionero en implementar su legislación en la materia, reciclando programas ambientales ya estructurados tiempo atrás, en las instituciones de energía, agua y biodiversidad. La autora remarca el proceso de elaboración de la agenda de cambio climático en organismos internacionales, a partir del recuento de 20 años de negociaciones internacionales, hasta el Acuerdo de París celebrado en diciembre de 2015 (COP21); además reflexiona sobre el proceso de apropiación de la agenda por el gobierno mexicano, y los retos socioambientales para la Cuenca del Usumacinta, donde la cuenca se fundamenta en su carácter natural, el cual tiende a ser apropiado por intereses sectoriales, donde los actores se relacionan y contienden. El intento de despolitizar este espacio, incide en la evasión de los conflictos, y en no asumir los procesos de decisión que impactan en las transformaciones del territorio, y en la redistribución de los poderes locales.

En la segunda sección de la obra, los autores privilegian el funcionamiento institucional en sus contradicciones y sus cambios. Más que por los actores en acción, se conceptualiza la política a través de los actores principales y las necesidades que expresan. Los desafíos de las crisis (de los residuos, del clima o de la escasez de agua) se plantean de antemano. La eficacia de la acción pública es débil, pero está supeditada a las necesidades de las ciudades y a los actores tradicionales con la complicidad de una mayoría de beneficiarios de los servicios. Cuando existen legitimidades y normas, las han creado los grandes intereses o bien las han recuperado para sus intereses. Los conceptos de sanción y clientelismo se utilizan poco, la sociedad civil sigue siendo marginal y el Estado, central. El problema ambiental, en principio, es un problema de gestión social y, finalmente, un problema técnico. El conflicto es un componente entre otros de una lucha entre los grandes poderes frente a los cuales las comunidades y la sociedad civil aún no están suficientemente bien organizadas o institucionalizadas.

La *politics* del cuestionamiento

Los tres capítulos de la última sección exploran la política a través de experiencias ciudadanas o abren la problemática ambiental mediante un enfoque más general. Aunque la sección es heterogénea, el vocabulario se inscribe en la gestión (como en la segunda sección), en las *politics* (primera sección) o en la perspectiva demográfica. Los autores coinciden en la denuncia del sistema y sus contradicciones.

Itzkauhtli Zamora y Amalia Salgado analizan el éxito de la denuncia ciudadana en México. La herramienta mejora la aplicación de la reglamentación ambiental gracias a la intervención de la población con el apoyo de una autoridad voluntaria. Gracias al uso ciudadano de un instrumento prometedor, los autores ilustran los mecanismos de naturaleza sociopolítica en la gobernanza urbana más allá del solo medio ambiente.

La herramienta de denuncia se utiliza de manera desigual según los barrios y su nivel de riqueza. Es difícil saber si está en juego el conocimiento jurídico, la confianza en las instituciones o una cultura de la ilegalidad. Por otra parte, la denuncia confirma el alto nivel de irregularidades en el uso del suelo privado o público. Las administraciones culpables muestran hasta qué punto las irregularidades son extensas y graves porque provocan en los ciudadanos la

idea de que todo es ilegal. La denuncia subraya también la falta de información de los ciudadanos ya que la denuncia no siempre es pertinente. Una parte de los casos no tiene seguimiento ni información sobre los denunciantes. Por lo tanto, la herramienta no es perfecta, pero sirve para exponer prácticas irregulares y la falta de información. Esta innovación inicia el cuestionamiento de su papel en la construcción de la ciudadanía en México. Además, ¿hasta qué punto los observadores deben evaluar la estrategia demagógica de los dirigentes de la capital que parecen denunciar la gobernanza clientelista de la que forman parte? Más allá de la sola corrupción, ¿son las administraciones las únicas culpables cuando se les ha negado anteriormente los medios de control y de sanción? ¿No se debe completar la denuncia con foros ciudadanos que valoran prácticas positivas? La herramienta de la denuncia, que no puede ser más que provisional, cuestiona los cimientos de la gobernanza mexicana y abre el campo de las soluciones para el Estado de Derecho.

En el seno de las *politics* del cuestionamiento, **Felipe de Alba** examina el conflicto de una comunidad antigua inserta en el tejido de la megalópolis. El vocabulario es claramente el de lo político de las prácticas (poder, asimetría, clientelismo, conflicto, legitimidad, sociedad civil, sanción, neoliberalismo) con una postura en favor de la comunidad.

El autor identifica los mecanismos de legitimidad y de denuncia alrededor de la identidad. Contra la asimetría de los poderes, la comunidad, según la concepción de personas ancianas encuestadas, se inscribe en la resistencia a una dominación hegemónica que alterna el autoritarismo con el clientelismo. Incluso cuando las irregularidades provienen de los dos grupos, las autoridades oficiales y la comunidad, dar la palabra a los sin voz no es más que un acto de combate. La palabra *subalterno* revela un punto de vista no menos objetivo que el de la autoridad. La antigua desconfianza hacia el Estado contribuye a la radicalización de posturas porque toda acción, incluso de conciliación, se considera una manipulación y una vulneración a la unidad idealizada de la comunidad. El discurso embebido de emociones y de nostalgia actúa como una fuerza de unidad y de rescate para dar vida a las tradiciones y a los ancianos, que son sus garantes. La asimetría reconstruye a los actores y una identidad que se había diluido en las dificultades cotidianas y los problemas urbanos. Por consiguiente, la injusticia y la resistencia reúnen a los denunciantes, a universitarios y a ONG, que tratan de convocar una opinión para proteger el agua, los derechos de los ancianos y el medio ambiente, incluso una inocencia

perdida en el monstruoso metabolismo de la gran ciudad. Las denuncias contra el Estado se deben menos a que devore a sus hijos que a que sea incapaz de protegerlos. Ya que las irregularidades en la comunidad son menores y hasta una consecuencia de la dependencia en comparación a la causa noble de la identidad comunitaria, el autor estudia menos las prácticas que el discurso de la resistencia.

El último capítulo, se basa en una reflexión de la dinámica conceptual que existe entre las políticas públicas, la Política de Estado, y la ecología. **Fernando Pérez Correa** problematiza al medio ambiente a partir de la consideración de varias situaciones, como el crecimiento demográfico, y el aumento en la demanda de energía, agua y alimentos. Pero también observa las ventajas que deben proporcionar los avances científicos a los ámbitos de la seguridad social, la medicina, y el control de las enfermedades. Introduce dos apreciaciones analíticas que se refieren a “los bienes de sobrevivencia” y a la “sociedad de la abundancia”, la cual supone una disposición de recursos que no está distribuida con equidad en términos territoriales. Ahonda en términos de la desigualdad entre las regiones, para lo que proporciona una serie de datos que sustentan sus reflexiones. Y como ejemplo de sus apreciaciones realiza un breve análisis del sector minero, el cual considera ha sido manejado por “desconcertantes políticas públicas”.

La literatura que denuncia el sistema sociopolítico es antigua y está presente en las ciencias sociales que estudian el sector del medio ambiente. Estos escritos contribuyeron a evidenciar los mecanismos de hegemonía, de violencia simbólica o de gubernamentalidad, mediante los cuales se ejerce una dominación de forma visible u oculta. La lucha de clases que ha traspasado de manera igualmente hegemónica el siglo XX, no ha desaparecido y se articula con la influencia actual en favor de las minorías y del medio ambiente. La época actual, con el retorno al empirismo y los juegos de actores sobre el terreno, permite capitalizar sobre los conocimientos antiguos para añadirlos a los avances modernos. No se dejan de lado la corrupción, el liberalismo o el neoextractivismo, sino que se concede una atención cuidadosa a los sistemas sociopolíticos y a las miles de maneras y legitimidades mediante las que se expresan poderes de naturaleza variada. El conflicto, la historia y la innovación ambiental propician la identificación conjunta de los poderes y de la gobernanza. En el Sur, las comparaciones con el Norte muestran puntos en común y especificidades. Esta tendencia está por confirmarse porque la

comparación sociopolítica no sólo puede revalorar gobernanzas que se toman como secundarias, sino también conducir a avances inéditos.

3. Reconocer el poder en el medio ambiente

La diversidad de las situaciones ambientales es inmensa y aún mayor la gama de posturas de la investigación. No se trata solamente de disciplina o de métodos, sino de una postura o de un ángulo de acercamiento. Esta obra muestra tres enfoques: el acercamiento por las prácticas, por las instituciones y por el cuestionamiento. No es la única posibilidad de agrupar los capítulos, sino que la repartición misma subraya la variedad de los puntos de vista. Sin embargo, el vocabulario político, si bien se comparte, es, por consiguiente, potencialmente engañoso. El término de medio ambiente ilustra un término más político que científico desde el punto de vista de las ciencias sociales. Las generalizaciones que el *Nimby* construye son del mismo tipo que aquellas que usan los investigadores. Si deconstruimos el *Nimby* y el medio ambiente, se impone la misma prudencia para el investigador cuando todo lo lleva a naturalizar el medio ambiente.

Mediante el vocabulario, el medio ambiente es un poder. Construye legitimidades, en particular legitimidades científicas con la expertise. Pone a la opinión pública por testigo, incluso cuando esta última tiene poco peso político. Con toda seguridad, el medio ambiente no es una causa pura para los activistas. Apenas lo es en el espíritu de la población o en los discursos oficiales. Si el término es político, puede ser tramposo para los científicos.

Lo mismo ocurre con la palabra “gobernanza”. Por el momento, no es más que un horizonte conceptual que amerita una definición mejor. Sin embargo, como con la palabra medio ambiente, la dificultad es su uso político. Cuando un agente de las organizaciones internacionales y de las grandes empresas mundiales declara: “las finanzas, el conocimiento y la gobernanza son los tres pilares para un acceso eficiente, transparente y sostenible al agua”,¹² la óptica parece únicamente gestora, pero el investigador no se confunde con lo que nombra este agente ya que la gobernanza no es únicamente un dispositivo administrativo para controlar lo que llaman el mal funcionamiento. Además de los prejuicios, es necesario identificar las bases incorrectas de un diagnóstico generalizador. Aunque un discurso dominante como éste puede

¹² En: <http://aldeah.org/fr/les-dommages-collateraux-de-la-cop22-sur-l-eau>

deconstruirse fácilmente para identificar el punto de vista del locutor, no ocurre lo mismo con todos los actores que ameritan la misma profundización. La gobernanza está hecha de influencias y apariencias que se construyen para ocultar los poderes. La resistencia es una consecuencia que igualmente hay que deconstruir debido a que sus motivaciones son variadas. La desconfianza en las instituciones señala la gobernanza del Sur, aunque el Sur lo reconozca abiertamente, lo cual es cada vez más el caso del Norte.

El enfoque sociopolítico que hay que desarrollar en cada disciplina científica y en las organizaciones que están a cargo del medio ambiente y del desarrollo podría basarse en algunos principios que, para terminar, propone la lista siguiente, es decir, para comenzar una lectura del medio ambiente y de sus actores en México. Algunos son:

1. Buscar las influencias. El término “influencia” sugiere la idea de poderes que difícilmente pueden caracterizarse *a priori*;
2. Revelar el poder de los discursos y de las fuentes de legitimidad;
3. Reconstruir los objetivos y los actores más allá de obviedades comunitarias, étnicas o discursivas;
4. Concebir las prácticas como un indicador más pertinente que los discursos de los objetivos que los actores persiguen (la historia oral se aproxima al análisis del discurso);
5. Empezar el análisis multiescalar de legitimidades y coaliciones;
6. Considerar la diferencia de escalas entre la detección de un problema y su solución;
7. Inscribir un culpable del mal estado del medioambiente, o una solución en el sistema sociopolítico de los poderes;
8. Deconstruir las evaluaciones y legitimidades científicas mediante la investigación activa de la controversia entre especialistas;
9. Evitar el positivismo de las apariencias y de las citas de actores. Tenemos que preocuparnos por el estatus del hablante y por el estatus del receptor que quiere convencer;
10. Considerar la emoción y todo efecto retórico como posible escenografía, victimización o dramatización;
11. Modelar una situación a partir de hipótesis sobre las motivaciones de los actores con base en el interés o los valores, mediante la distinción de valores de lucha y valores oportunos;
12. Imaginar la asimetría como un poder y equilibrar el análisis. Todo concepto que respalde una legitimidad: escasez de agua, guerras del

agua, territorio, bienes comunes, etcétera, debe estudiarse como una posibilidad retórica;

13. Emparejar las interacciones locales y la gobernanza;
14. Superar el “agua-ismo”, las “misiones hidráulicas” y toda historia sectorial en la que la continuidad histórica puede ser falsa;
15. Promover estudios comparativos;
16. Etcétera.

REFERENCIAS

- Adamiec, Camille. (2016), *Devenir sain. Des morales alimentaires aux écologies de soi*. Presses universitaires de Rennes.
- Angenot, Marc. (2014), *L'Histoire des idées. Problématiques, objets, concepts, méthodes, enjeux, débats*, Liège, Presses universitaires de Liège, coll. «Situations», 394 p.
- Clausewitz, Carl Von, (2014), *De la guerre*, Paris, Astrée
- Davis, Mike. (1999), *Ecology of Fear – Los Angeles and the Imagination of Disaster*. New York: Vintage Books.
- Hibou, Béatrice. (2011), *Anatomie politique de la domination*, La Découverte, coll. « Sciences Humaines», 298 p.
- Latour, Bruno. (1994), *Une sociologie sans objets ? Remarques sur l'interobjectivité*. *Sociologie du travail* vol. XXXIV n°4/94 : 587-607.
- Lefort, Claude. (1981), *L'Invention démocratique*, Paris, Fayard.
- Swyngedouw, Erik. (2010), *Apocalypse Forever? Post-political Populism and the Spectre of Climate Change Theory*, *Culture & Society* Vol. 27(2–3): 213–232.
- Touraine, Alain. (1965), *Sociologie de l'action*, Paris, Seuil.
- Winock, Michel. (2016), *Clemenceau*, Tempus p.364.

Eventos Paralelos

Taller Internacional de Ética Ambiental
Filosofía Ambiental de Campo y Ecoturismo con Lupa

Foro de Universidades Verdes Sustentables

Entrega del Premio “Enrique Beltrán” a La Conservación de
Los Recursos Naturales® 2018

Entrega del Manifiesto COIRENAT - Villahermosa





TALLER INTERNACIONAL DE ÉTICA AMBIENTAL FILOSOFÍA AMBIENTAL DE CAMPO Y ECOTURISMO CON LUPA

Evento paralelo al Congreso Internacional de Recursos Naturales 2018
Centro de Convenciones Tabasco 2000, Villahermosa, Tabasco, México

Martes 25 de Septiembre, 2018

Sede: Centro de Interpretación y Convivencia con la Naturaleza YUMKA'

El Consejo Internacional de Recursos Naturales y Vida Silvestre y la Reserva Ecológica Yumka' tuvieron el honor de presentar el "Taller Internacional de Ética Ambiental, la Filosofía Ambiental de Campo y Ecoturismo Con Lupa" bajo la coordinación de la Universidad de Magallanes (UMAG), el Instituto de Ecología y Biodiversidad (IEB), de Chile y la University of North Texas (UNT), EEUU, en colaboración con Parque Mahuida, Chile.

Coordinadores: Dr. Ricardo Rozzi (UNT, UMAG-IEB),
Lic. Camila Saldías
Lic. Sofía Rodríguez Beltrán

Co-coordinadores invitados:

Dr. Rafael Martínez (UJAT)
Lic. María del Mar Tello Busquets (COIRENAT)
Dr. Luis Palazuelos Plata, fundador CICN Yumká

Apoyo organizacional.

Victoria DeCuir, UNT
Dr. Felipe Aguilar, COIRENAT
Biól. y Soc. Alexandra Pérez Bravo

Durante el taller se contó con un total de 35 participantes, quienes recibieron una constancia con valor curricular de 10 horas, avalada por la Universidad de Magallanes

(UMAG), el Instituto de Ecología y Biodiversidad (IEB), de Chile, la University of North Texas (UNT), EEUU y El Consejo Internacional de Recursos Naturales y Vida Silvestre AC, México. Se proporcionaron materiales de lectura, audiovisuales y taller de capacitación. Las actividades ofrecieron a los participantes la oportunidad de revisar los “lentes” o imágenes mentales a través de quienes observan, y a educar contemplando el valor de la naturaleza. Al mismo tiempo, entregó conceptos y prácticas que permitieron conocer otros lentes para distinguir nítidamente los valores económicos, estéticos, ecológicos y éticos de la naturaleza.

La práctica del “ecoturismo con lupa” integra las ciencias, las artes, así como a la ética biocultural, y constituye una actividad con la capacidad de adaptación en los lugares de orígenes de cada participante. En esta ocasión se implementó en la Reserva Ecológica Yumka' (localizada en Villahermosa, Tabasco, México), destacando la oportunidad de estar rodeados de paisajes naturales como escenarios de ejemplificación, re-apropiación y reforzamiento de cuestiones socio-biológicas, como: la vegetación, la fauna, los cuerpos de agua y la interacción entre individuos.

El taller se basó en el libro *Ecoturismo con Lupa* de Ricardo Rozzi y colaboradores.

CONSIDERACIONES FINALES

Como integrantes de la sociedad, y desde todas nuestras categorías, las cuestiones que recaen en el cuidado, manejo y fortalecimiento de temas relacionados al medio ambiente como: biodiversidad, cambio climático y la integración sinérgica existente entre ellos, dejando fuera implicaciones antropocéntricas, nos incumben a todos y es nuestro deber darle un giro a la historia, hacer propios los nuevos mecanismos los cuales nos lleven a un re-pensar de la naturaleza, de la mano del trato respetuoso y armónico hacia la Tierra, desde cada rincón existente en el planeta.

Desde la teoría sociológica de Pierre Bourdieu que define el concepto “*habitus*”, éste es ligado al de “*hábitat*” y “*cohabitante*” (utilizado particularmente en la ética ecológica). Las tres H's significan **la integración de las interacciones en las redes en que constantemente nos movemos**; cómo miramos, cómo valoramos y cómo entendemos la importancia de la otredad, desde los distintos saberes sociales y ambientales. Las 3 H's nos invitan a una confluencia con el cosmos que parte desde la ética de la virtud, hasta el anclaje con diversas disciplinas para potenciar positivamente una o varias acciones.

Retomando al *habitus*, es fundamental entender la homogeneidad que debe imperar en la sociedad, donde para una coexistencia pacífica, armónica y respetuosa, se debe ver al otro como a una entidad igualitaria, que piensa, siente, respira y se mueve como el contrario, como nosotros, como el otro, fungiendo como **un concepto holístico**.

Es necesario comprender la idea de la sensibilización ante la naturaleza, es fundamental para frenar situaciones de impacto ambiental, es ahí donde la incorporación de nuevos saberes, como la ética ambiental, basada en teorías eco y bio-céntricas, mismas que se pretende, generen una subsistencia de todos los seres vivos, donde la conservación se encargue de hacer subsistir dichos conjuntos. La creación de teorías y obligaciones civiles donde todos tengamos los mismos derechos y beneficios, sólo por cohabitar en un mismo espacio.

La pérdida de la sensibilidad hacia la naturaleza, impacta, modifica y modela -negativamente- la biodiversidad, y con ello, se rompe el ciclo natural de la vida, afectando el bienestar biológico y humano. Los ejes ecológicos, políticos, poéticos y educativos, van a ser los encargados de que dicha pérdida, no ocurra, y a su vez, se vea mediada por cambios de corte utópicos, los cuales sí pueden ser realizables.

Cuando en la sociedad se está constantemente alejado del ámbito natural, se corre el riesgo de llegar a perder la capacidad de asombro; dejando de percibir la presencia o ausencia de fenómenos maravillosos en la vida cotidiana. Debemos reactivar en nuestro pensar el modo contemplativo, recuperar la fascinación del entorno ambiental. Es nuestra obligación y compromiso retomar el camino de la educación ambiental, cambiar el modelo educativo para que niños, jóvenes y adultos hagan propios los valores intrínsecos e instrumentales de la diversidad biológica; *las transformaciones éticas son posibles.*

Se consideraron las lecturas anticipadas de los siguientes textos esenciales:

- *Pensando como una Montaña* de Aldo Leopold. Traducción de “Thinkinglike a mountain” (“*A Sand County Almanac*”, 1949, Oxford University Press) por Ricardo Rozzi, Uta Berghoefer, y Mitzi Acevedo, incluida en Número Especial sobre Ética Ambiental (R. Rozzi, Pablo Villarroel & Francisca Massardo, editores), *Ambiente y Desarrollo* XXIII (2007): 13-15. **Lectura recomendada:** comentarios pp. 16-28.
- *La Ética de la Tierra* de Aldo Leopold. Traducción de “TheLandEthic” (“*A Sand County Almanac*”, 1949, Oxford University Press) por Ricardo Rozzi y Francisca Massardo, incluida en Número Especial sobre Ética Ambiental (R. Rozzi, Pablo Villarroel & F. Massardo, editores), *Ambiente y Desarrollo* XXIII (2007): 29-40. **Lectura recomendada:** comentarios pp. 41-52.
- *Hacia una superación de la dicotomía antropocentrismo/biocentrismo* de Ricardo Rozzi (1997). *Ambiente y Desarrollo* XIII (3): 48-58.
- *Filosofía ambiental de campo y conservación biocultural: el programa educativo del Parque Etnobotánico Omorade* Ricardo Rozzi, Ximena Arango, Francisca Massardo, Christopher Anderson, KurtHeidinger&KelliMoses. 2008. *EnvironmentalEthics* 30 (S3): 115-128.



Inauguración del Taller Internacional de Ética Ambiental Filosofía ambiental de campo y "Ecoturismo con Lupa"



Participantes del Taller Internacional de Ética Ambiental Filosofía ambiental de campo y "Ecoturismo con Lupa"



Dinámica dentro del Taller Internacional de Ética Ambiental Filosofía ambiental de campo y "Ecoturismo con Lupa"



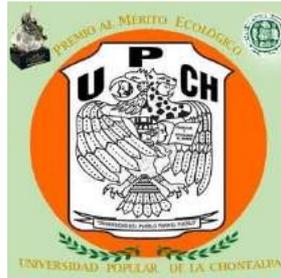
Dinámica dentro del Taller Internacional de Ética Ambiental Filosofía ambiental de campo y "Ecoturismo con Lupa"



Participantes del Taller Internacional de Ética Ambiental Filosofía ambiental de campo y "Ecoturismo con Lupa"

Foro de Universidades Verdes Sustentables

Experiencias para impulsar instituciones educativas sustentables de México



La Universidad Popular de la Chontalpa

en el marco del Congreso Internacional de Recursos Naturales
TABASCO 2018

llevó a cabo el

FORO DE UNIVERSIDADES VERDES SUSTENTABLES

Experiencias para impulsar instituciones educativas sustentables en México

OBJETIVO

Evento dirigido a las instituciones de educación, organizaciones de la sociedad civil y público en general para compartir los saberes y experiencias de las Instituciones de Educación en materia ambiental sustentable.

EJES DE ANÁLISIS

- Biodiversidad
- Energías
- Educación
- Agua
- Basura (tratamiento de residuos)
- Transportación
- Infraestructura

PROGRAMA DE TRABAJO

8:30-9:00	Registro de asistentes
9:00-9:30	Inauguración
9:30-9:50	Universidad inteligente, Universidad Sustentable: Universidad Popular de la Chontalpa <i>Mtro. Rosalio Méndez Morales, Mc. Y H. Querubin Fernández Quintana, Dr. Antonio Córdova Avalos</i>
9:50-10:10	Experiencias de la Universidad Autónoma de Chiapas
10:10-10:30	Energías alternativas: paneles solares <i>Ing. Cornelio Alcocer de la Cruz, Ing. Carlos Arturo Gómez Gutiérrez, Ing. Humberto Yeo Pérez.</i>
10:30-10:50	Reforestación en las Instituciones educativas <i>Ing. Gonzalo Cruz Navarro</i>
10:50-11:10	Biodiversidad: avifauna de la Universidad Popular de la Chontalpa <i>Dr. Antonio Córdova Avalos, Lic. Xóchitl Natalio López Soriano</i>
11:10-11:30	Biodigestor para el manejo de desechos <i>MC. Teresa Cadena, Mtro. Gaona, Mtra Ana</i>
11:30-11:45	Sesión de preguntas
11:45-12:00	Conclusiones
12:00	Clausura



Entrega del Premio “Enrique Beltrán” a la Conservación de los Recursos Naturales® 2018

Palabras del M.A. Gabriel Arrechea González

Presidente del Consejo Internacional de Recursos Naturales y Vida Silvestre

Distinguidos miembros del Presídium, testigos de honor de esta entrega 2018 del Premio Enrique Beltrán, amigos todos:

Como primer punto en relación a la convocatoria del Premio Enrique Beltrán para la conservación de los Recursos Naturales 2018, en su modalidad internacional, declaro oficialmente desierta dicha convocatoria; quedando abierta esta convocatoria para la edición 2019.

En relación a nuestro galardonado en la modalidad nacional para el año 2018, haré una breve reseña de su historial en el ámbito de la investigación, estudio, manejo, desarrollo y conservación de los recursos naturales que el seleccionado ganador tiene en su haber.

Es un biólogo de formación y aunque para la elección del ganador no son tomados en cuenta los méritos académicos vale la pena mencionar que cuenta con posgrados de maestría y doctorado. Su trayectoria destaca por haber sido impulsor para la creación de nuevas áreas protegidas en México; actividad que suma de manera importante la cobertura de la superficie dedicada a la conservación del capital natural. Ha sido proponente de redes de áreas de conservación mismas que el gobierno mexicano ha tomado como base para el establecimiento de corredores que conectan áreas naturales protegidas con áreas prioritarias de conservación de los recursos naturales.

Ha derivado un sin número de publicaciones científicas más de 190, ha dirigido 21 tesis de licenciatura, 24 de maestría, 14 de doctorado, 4 posdoctorados; publicado 6 libros científicos y obtenido varios premios en el tema ambiental. Miembro de diversas asociaciones científicas y miembro fundador de la Asociación Mexicana de Mastozoología.

Pero más allá de su producción académica o el número de publicaciones o incluso el número de premios que ha recibido, es por sus logros, algunos de ellos presentados aquí brevemente y por su capacidad para influir en las políticas y en la toma de decisiones que conllevan a la conservación del capital natural y por su entusiasmo ilimitado que atrae a las nuevas generaciones para integrarse a este desafío en beneficio de la biodiversidad, es que se le ha seleccionado para recibir este premio.

Por contribuciones notables para la conservación de los recursos naturales a través de la creación y aplicación del modelado del nicho ecológico; que desarrolla modelos para valorar el impacto de la pérdida de cobertura vegetal y del cambio climático mediante su proyección para la conservación de los recursos naturales, al considerar la distribución actual y futura de los grupos biológicos que conforman la biodiversidad y por ende la conservación del capital natural; el comité seleccionador del Premio Enrique Beltrán a la Conservación de los Recursos Naturales en su edición 2018, ha emitido su voto a favor.

Para conocer finalmente a quien este año se lleva nuestro máximo galardón, les pido lo conozcan a través de este video:

.....video

Le pedimos al Dr. Víctor Sánchez Cordero Dávila pase aquí a este presidium para recibir el Premio.

Dr. Víctor Sánchez Cordero: Antes de escuchar sus palabras, le hago esta atenta invitación: Todos los ganadores del Premio, por el sólo hecho de resultar ganadores pasan a formar parte de los Consejeros Honorarios del COIRENAT, a menos que, el galardonado decline dicha invitación:

Le pregunto, Dr. Sánchez Cordero:

¿Acepta Usted formar parte de los Consejeros del Consejo Internacional de Recursos Naturales y Vida Silvestre, sin más obligaciones que las de fungir como tal; dar consejo y asesorar al mismo en las tareas que en beneficio de los Recursos Naturales el COIRENAT emprenda?



De izq. a der. Lic. Edgar Wenzel López,
Lic. Matías Jaramillo Benítez, Mtro.
Gabriel Arrechea González, Mtra. Dolores
Barrientos Alemán, Dr. Ricardo Rozzi Marín.



De izq. a der. Dr. Víctor Manuel
Sánchez - Cordero Dávila, Lic. Edgar Wenzel
López.



Dr. Víctor Manuel Sánchez - Cordero Dávila
Director e Investigador del Instituto de Biología, UNAM, México. Ganador del Premio "Enrique
Beltrán" a la Conservación de los Recursos Naturales® 2018

Entrega del Manifiesto COIRENAT - Villahermosa

Palabras del M.A. Gabriel Arrechea González para la Entrega del Manifiesto Coirenat - Villahermosa

Distinguida Diputada Silvia Garza Galván. Diputada Federal por la Sexagésima cuarta Legislatura del H. Congreso de la Unión.

Distinguida Diputada Presidenta de la Comisión de Recursos Hidráulicos, Energía y Protección Ambiental de la Sexagésima Tercera Legislatura del Estado de Tabasco.

Maestro Querubin Fernández Quintana. Rector de la Universidad Popular de la Chontalpa del Estado de Tabasco.

Distinguidos miembros del presídium.

Estimados amigos participantes del Congreso Internacional de Recursos Naturales edición 2018.

Como un cierre extraordinario y previo a la Clausura de este evento, el documento denominado Manifiesto Coirenat Villahermosa, que aglutina el sentir, el conocimiento y las recomendaciones resultantes de los trabajos del Congreso que hoy termina, sus conclusiones y recomendaciones vertidas como propuestas y cuya intención primaria es su aplicación en la política pública, para ser un instrumento de apoyo para legislar con conocimiento y con apego a instrumentos científicos validados por especialistas en temas ambientales que participaron en este Congreso.

Hoy 28 de septiembre del año 2018, el Congreso Internacional de Recursos Naturales con gran beneplácito por mi intermedio, hace entrega formal del Documento Manifiesto Coirenat-Villahermosa a las personalidades que nos acompañan en el presídium.

Pido a la Diputada Federal Silvia Garza Galván, reciba el Manifiesto Coirenat Villahermosa de parte del Congreso Internacional de Recursos Naturales.

Pido a la Diputada Presidenta de la Comisión de Recursos Hidráulicos, Energía y Protección Ambiental de la Sexagésima Tercera Legislatura del Estado de Tabasco, reciba también el Manifiesto Coirenat Villahermosa.

Agradezco a todos los presentes ser testigos de esta entrega y les invito a que este documento se difunda en sus territorios para lograr en el menor tiempo posible los acuerdos emanados de nuestro Congreso.

Muchas gracias.....



Consejo Internacional de Recursos Naturales y Vida Silvestre

CONSEJO DIRECTIVO

M.A. GABRIEL G. ARRECHEA

Presidente

M.C. FELIPE AGUILAR CASTAÑEDA

Vicepresidente

LIC. JORGE SERRANO ARENAS

Secretario

LOC. MARÍA DEL MAR TELLO BUSQUETS

Coordinadora General

REPRESENTANTES REGIONALES

BEATRIZ BARREAL DANIEL

Representante del COIRENAT región Sureste, Playa del Carmen, Q.Roo. México

DR. ARADIT CASTELLANOS VERA

Representante del COIRENAT región Noroeste, La Paz, B.C.S. México

ING. GUILLERMO RAMÍREZ FILIPPINI

Representante del COIRENAT región Centro, Cuernavaca, Mor. México

MC. MARTHA ROSALES RODRIGUEZ DE LA CRUZ

Representante del COIRENAT región Costa Oeste, Mazatlán, Sinaloa

BIÓL. EUGENIO DE JESÚS VILLANUEVA FRANCK

Representante del COIRENAT región Sur, Huatulco, Oax

CONSEJEROS

DR. ARTURO IZURIETA VALERY

Director Ejecutivo de la Fundación Charles Darwin para las Islas Galápagos. Ecuador

DR. ANTONIO LOT HELGUERAS

Investigador Titular del Instituto de Biología, UNAM. México. (Ganador del Premio "Enrique Beltrán" a la Conservación de los Recursos Naturales, 2016)

LIC. ADRIANA RIVERA CERECEDO

Directora de Gestión Legal y Ambiental, S.C. México

MC. MARÍA TERESA MARTÍNEZ ECHEVARRÍA

Investigadora de la Universidad del Pinar del Río. Cuba

DR. MIGUEL CABALLERO DELOYA

Profesor Investigador del Colegio de Postgraduados. México

MC. LORENA TORRES BERNARDINO

Investigadora del Centro del Cambio Global y la Sustentabilidad en el Sureste, AC

DR. RICARDO ROZZI MARIN

Investigador, Universidad el Norte de Texas en Estados Unidos y Universidad de Magallanes en Chile). Director del Parque Etnobotánico Omora y del Programa de Conservación Biocultural Subantártica (EE.UU. y Chile). (Ganador del Premio "Enrique Beltrán" a la Conservación de los Recursos Naturales, 2017)

DR. VICTOR MANUEL G. SÁNCHEZ-CORDERO DÁVILA.

Director del Instituto de Biología, UNAM. Investigador Titular del Instituto de Biología. UNAM. México. (Ganador del Premio "Enrique Beltrán" a la Conservación de los Recursos Naturales, 2018)

DR. BERNARDO VILLA RAMÍREZ (1911-2006 Q E P D)

Investigador Emérito, Instituto de Biología. UNAM. México. (Ganador del Premio "Enrique Beltrán" a la Conservación de los Recursos Naturales, 1991)



"Manifiesto COIRENAT - VILLAHERMOSA"

Pronunciamento del Congreso Internacional de Recursos Naturales 2018. Celebrado del 25 al 28 de septiembre de 2018 en la Ciudad de Villahermosa, Tabasco, México

REFRAN NAHUATL

- Teinkualij
- Tanemililis, ki
- Chihua cualij
- Chihualis

"Los Buenos Pensamientos Producirán Buenos Actos"

Uno de los principales objetivos de nuestros Congresos ha sido crear en cada una de las sedes en las que nuestros Congresos se celebren un Manifiesto, no sólo de datos, teorías, balances y conceptos; sino de voluntades, fundamentos científicos, iniciativas y acciones, porque no puede existir un documento de esta naturaleza, si no se encuentra sustentado en la conciencia de todos y cada uno de los que participamos en forma directa o indirecta. Resulta indispensable que las acciones que se describan encuentren su pilar en el espíritu de una humanidad que todavía cree que hay razones para seguir adelante y cuidar lo que nos ha sido prestado en nuestro paso por este mundo; por todas y cada una de las especies que habitan este planeta; somos nosotros quienes tenemos la mayor responsabilidad de cuidarlas, concisamente, debemos ser quienes cuidemos a quienes no tienen voz.

Serán unidas todas y cada una de las voces que se dejaron escuchar en esta extraordinaria semana, las cuales se han plasmado en el manifiesto, y por ningún motivo serán opacadas o silenciadas, toda vez que son el POR QUÉ y CÓMO. Ustedes, nosotros, somos el MANIFIESTO, en donde no sólo se expusieron documentos e ideas, sino también se generó una sinergia consciente, constante e imparable que da pie a nuestras iniciativas, reales y contundentes. La culminación del Congreso 2017 NO es la clausura de un evento, es la continuación de la suma de nuestros esfuerzos, es el inicio de un conjunto de trabajos arduos que serán expuestos y llevados a cabo en diversas tribunas y foros,

Es de suma importancia el reconocer que se requiere de un mejoramiento del concepto "desarrollo sostenible", no es suficiente permitir, prohibir o aprovechar los recursos naturales por simples posturas o políticas temporales para luego ser sustituidas por otras abrigadas con otros colores. Es necesario que se entienda que los recursos naturales, su aprovechamiento responsable y su conservación no están sujetos a políticas o normatividades pasajeras, que no son estudiadas y analizadas desde su origen en forma profunda y en ocasiones con conciencia científica, no es suficiente el esfuerzo que se presume si no se logra la meta fijada; ya no, ese discurso no funciona, las leyes por sí solas no resuelven los problemas, busquemos una conjunción ordenada de éstas.



Nuestro país enfrenta un reto inmenso que es el CAMBIO CLIMÁTICO, las políticas han cambiado, pero no lo suficiente y ahora nuestros procesos agrícolas y ganaderos y nuestra propia forma de vida también están cambiando y tenemos que ser lo suficientemente eficientes en todos los ámbitos: científico, jurídico, político, social, educativo y productivo para enfrentar ese cambio, de lo contrario, catástrofes ambientales habremos de enfrentar con riesgo de nuestra propia supervivencia como especie humana.

El CAMBIO CLIMÁTICO ESTA AQUÍ, y está provocando graves daños a nuestro planeta, afectando en forma directa a todos los seres vivos, esto aunado a la persistente falta de conciencia del ser humano de continuar contaminando el ambiente y devastando indiscriminadamente nuestros recursos naturales, lo que genera un reto de grandes proporciones que puede ser superado con acciones como éstas, pero que como ya se mencionó con anterioridad, deben ser acciones que logren su cometido, y esto es precisamente lo que este MANIFIESTO busca, junto con las voluntades de todos.

Uno de los grandes compromisos del manifiesto, es la CARTA DE LA TIERRA, que es uno de nuestros fundamentos, promulgando los principios de ésta, que son el RESPETO A NOSOTROS MISMOS, A NUESTRO ENTORNO Y A LOS SERES VIVOS QUE COMPARTEN ESTE PLANETA CON NOSOTROS, viviendo de acuerdo con un sentido de responsabilidad universal, existiendo siempre una identificación con todos los seres que habitamos este planeta, cuidar la comunidad de la vida con entendimiento, compasión y amor, construir sociedades democráticas que sean inclusivas, justas, participativas, sostenibles y pacíficas.

Grandes retos se avecinan para todos, por ello debemos ser tan contundentes como la realidad en la que vivimos y conscientes de las necesidades URGENTES que requieren nuestros bosques, selvas, ríos, mares, ciudades, familias, nuestras ciudades, nuestro país, nuestro planeta.

Hoy en día la humanidad se jacta y presume la gran conectividad que existe, visita una costa, una selva, un bosque y aprende de nuevo a conectarse con la naturaleza, esa conexión es ancestral, y la hemos olvidado. Recordemos estas palabras sabias de Mahatma Gandhi: **"HAY SUFICIENTE EN EL MUNDO PARA CUBRIR LAS NECESIDADES DE TODOS LOS HOMBRES, PERO NO PARA SATISFACER SU CODICIA."**

Es evidente la gran sobreexplotación de los recursos naturales, ha generado no únicamente concentraciones de población que sobrepasan las capacidades en la prestación de los servicios públicos, sino también, se han rebasado de manera exponencial las capacidades de aprovechamiento del agua, del suelo, de la atmósfera y de las zonas arboladas que rodean a estas manchas urbanas; esto, aunado a la falta de apoyo tecnológico y programas de capacitación en las áreas agrícolas y ganaderas que hagan frente al cambio climático, genera la imperiosa necesidad de crear programas nacionales, permanentes y efectivos en estos rubros, fortaleciéndolos mediante legislaciones igualmente eficaces en materia ecológica, forestal, acuícola, agrícola, ganadera e industrial.

De lo anterior, el presente Manifiesto tiene como principal finalidad ser un Instrumento impulsor de programas y políticas ambientales, así como ser observador incansable del cumplimiento estricto de la ley en conjunto con autoridades y sociedad y más aún, deberá contribuir a homologar estas políticas públicas ambientales, planes y programas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas, con miras a una mejora substancial de nuestro medio ambiente y conservación de los Recursos Naturales para el 2030.



Para las comunidades indígenas de nuestro país, nuestros pueblos originarios, este MANIFIESTO, quienes lo elaboramos y quienes lo respalden, es y será un defensor incansable de sus derechos fundamentales, siendo uno de ellos su relación ancestral con la madre tierra. Ustedes son nuestra sangre y nuestra piel, son nuestro orgullo y lo más importante son nuestro místico pasado, nuestro incansable presente y nuestro fortalecido futuro.

Recordemos que sin pasado no hay futuro, y debemos entender todos, las que actualmente vivimos y las futuras generaciones, que el respeto que desde tiempos ancestrales nuestros pueblos indígenas han tenido por los recursos naturales, se ha visto mermado por la falta de oportunidades en los campos de nuestro país y la codicia desmedida de la que en muchas ocasiones somos testigos; por ello unidos "Por el Derecho Universal a un Medioambiente Sano".

Tlazohcamati .- Gracias de Todo Corazón





"Manifiesto Villahermosa"

Acuerdos

- ✓ Lograr la sostenibilidad financiera de las Áreas Naturales Protegidas y sus pobladores mediante el turismo sostenible.
- ✓ Reconocer el papel de las organizaciones de la sociedad civil para el conocimiento y cuidado de la vida silvestre, y gestionar apoyos por las políticas de gobierno.
- ✓ Castigar y combatir severamente la caza furtiva e ilegal así como el tráfico de especies silvestres, especialmente aquellas amenazadas y en peligro de extinción.
- ✓ Constituir la base estructurante de una sociedad que habite respetuosa y pacíficamente la tierra respetando los bosques a partir del manejo forestal y la comprensión del capital natural.
- ✓ Combatir y mitigar el cambio climático, tomar acciones que cambien la perspectiva del desarrollo, economía y percepciones sociales a fin de generar la resiliencia del capital natural ahora en riesgo.
- ✓ Las organizaciones de la sociedad civil se pronuncian por desarrollar modelos urbanos integrales sostenibles y modelos económicos, donde el capital natural es el eje fundamental y los objetivos del desarrollo sostenible (ODS) son el objetivo común.
- ✓ Rediseñar los esquemas tradicionales de la educación ambiental para transitar hacia una educación ambiental sostenible, incluida obligadamente en los programas gubernamentales de educación desde la temprana edad del individuo.
- ✓ Utilizar las herramientas existentes o diseñar nuevas para que el desarrollo tecnológico sea un instrumento poderoso que beneficie a los recursos naturales.
- ✓ Fortalecer la justicia ambiental constitucional, la justicia civil y la justicia administrativa para encaminarla hacia el derecho de todos los seres vivos a un medioambiente sano.
- ✓ Generar conciencia social desde la educación primaria, considerando que las huellas de carbono, la hídrica y la de residuos sólidos son factores de alteración ambiental, por lo que se debe de trabajar en procurar su disminución y manejo adecuado.
- ✓ Reconocer el valor real de la riqueza de los ecosistemas para conformar la política pública ambiental y económica hacia la sostenibilidad, ya que no podrá existir crecimiento un económico sostenido a partir del deterioro de los recursos naturales.



El documento integrador de las principales recomendaciones del Congreso Internacional de Recursos Naturales es elaborado con las aportaciones de todos los participantes en el Congreso, instituciones académicas y de investigación, instituciones gubernamentales, organizaciones de la sociedad civil, empresas e industrias y participantes a título personal. El Manifiesto, es la expresión de voluntades, la manifestación del conocimiento y el resumen de la recomendación individual y colectiva. Lleva su nombre en reconocimiento de la sede en la que el Congreso se realiza. Este 2018 se le conoce como Manifiesto COIRENAT- VILLAHERMOSA.

Recomendaciones Generales:

La conservación del agua forma parte de los retos establecidos en la agenda global de desarrollo. En México, la Agenda 2030 “estima tendencialmente un déficit del orden de 23,000 millones de metros cúbicos de agua, que debe ser solventado con acciones de eficiencia en todos los sectores usuarios y con la infraestructura necesaria” (2012), por tal motivo se vuelve prioritaria la creación de nuevas tecnologías, dispositivos, y programas de conservación en beneficio de los recursos naturales. Con base en esto, se proponen acciones específicas que puedan impactar el devenir de la política de gestión del agua en México, con un énfasis hacia la construcción de territorios sostenibles, las acciones son las siguientes:

Se debe gestionar y trabajar en propuestas de decretos de nuevas Áreas Naturales Protegidas (ANP's) costeras, tal es el caso del sistema lagunar de Mecoaacán y la zona asociada al sistema lagunar Carne-Pajonal. Otra zona que debería ser decretada como protegida, es la cuenca del Río Copalita, en el estado de Oaxaca, este tipo de áreas producen bienes y servicios ecosistémicos, los cuales proporcionan beneficios directos e indirectos a la población, además, contribuyen a la conservación de especies que actualmente están catalogadas en algún estatus de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Actualmente se considera que la investigación científica en los centros de conservación de vida silvestre, se ha convertido en una necesidad para la conservación de la flora y fauna, además, es una estrategia de producción y difusión de conocimiento de la vida silvestre y el desarrollo de proyectos de investigación.

Es importante para la población en general, la identificación de relaciones socio-ambientales en los diferentes paisajes, ya sean de playa, de río, de selva o de montaña, ya que en estos ambientes inicia la sensibilización de la propia población, al ser parte o actores de estos ambientes.

De trascendencia en el futuro inmediato figura la educación sobre temas de cuidado del medioambiente y conservación de los recursos naturales y su incidencia en los programas gubernamentales de educación básica, fundamentalmente primaria a niños y niñas, ya que los esquemas actuales incluidos en la matrícula escolar no figuran ni tampoco consideran que el futuro de las condiciones medioambientales estarán en manos de la niñez de hoy; por lo tanto habrá de modificarse el esquema tradicional de educación ambiental e incluirlo como materia o materias obligatorias en los programas educativos.



A nivel continental se siguen desarrollando investigaciones básicas y aplicadas relacionadas con las propiedades de las denominadas plantas medicinales, de igual manera, se continúan investigando las propiedades nutrimentales que representan en la dieta alimenticia de las personas, los diferentes tipos de hongos que se localizan en algunos países de América Latina.

Cada país por separado ha realizado grandes avances en la investigación, y en algunos de ellos actualmente se encuentran en la etapa de implementación de los resultados encontrados.

Conclusiones de los Ejes Temáticos:

Eje Temático I: Desarrollo Sustentable

Mesa 1: Programas de Conservación del Agua; Desarrollo Tecnológico en Beneficio de los Recursos Naturales

- Asumir que cada decisión tiene un costo de oportunidad, por lo que se considera que los nuevos programas de conservación deben influir, o al menos buscar influir, en el comportamiento social de las personas frente a su consumo de agua.
- Realizar balances hídricos de manera constante, los cuales sirvan de base para la planeación de programas de gestión.
- Fortalecer la idea de una arquitectura sustentable, priorizando el impulso de la vivienda digna.
- Implementación de políticas que favorezcan el desarrollo de fuentes de captación y almacenamiento de agua pluvial desde la vivienda.
- Es necesario que se difunda información de la calidad del agua suministrada a los hogares, a fin de contrarrestar el alto consumo de agua embotellada, pues este representa un gasto familiar superior al 3% de su ingreso, superior al recomendado por la ONU por concepto de consumo de agua.
- Se requieren políticas que fomenten el diseño e innovación de estructuras para obtener fuentes alternas de agua. Tal es el caso de los atrapanieblas, cuya captación de agua promedio al día es de aproximadamente 170 litros.
- Se debe de realizar transferencia de tecnología de las universidades y centros de investigación, hacia la sociedad y en particular a las comunidades que más lo requieran.
- Procurar un enfoque interdisciplinario que permita desde diferentes aristas, aportar soluciones que resuelvan la problemática de escasez del recurso hídrico, para trasladar el conocimiento generado hacia los usuarios locales, y así construir territorios sostenibles.



Mesa 2: Agricultura sustentable; Energía sostenible; Modelos de Desarrollo Sustentable

- Con el propósito de contribuir a la conservación de recursos genéticos nativos, es necesario impulsar procesos de mejoramiento genético, que permitan establecer plantaciones y con base en ello se reduzca la presión sobre las poblaciones silvestres.
- El mejoramiento ambiental de los espacios públicos y su conservación, requiere de la participación activa de la población beneficiada y no sólo de los procesos de concientización y educación ambiental.
- El uso de métodos sencillos y rápidos para la estimación del carbono almacenado en ecosistemas forestales, favorecería la participación las habitantes de las comunidades aledañas.
- Las propuestas agroecológicas que promueven el incremento de la diversidad de especies en los agroecosistemas, como una condición necesaria para aumentar su nivel de sustentabilidad, debe considerar que los factores culturales influyen significativamente en este proceso.
- Los sistemas agroforestales son un claro ejemplo de sistemas sostenibles. Sin embargo, su implementación requiere de un cuidadoso proceso de selección de especies que garanticen su sostenibilidad en términos ambientales, económicos y sociales.
- Las afectaciones a los suelos agrícolas por la presencia de fuego es muy severa y afecta sobre todo su capacidad de absorción de agua.

Eje Temático II: Conservación y Restauración del Medio

Mesa 1: Conservación de la Vida Silvestre; Manejo y Administración de Áreas Protegidas.

- El enfoque sobre prioridades de conservación, tienen que ver con el diagnóstico global del estado y uso actual de los ecosistemas terrestres y acuáticos.
- Es importante el mantenimiento de la biodiversidad lagunar y terrestre, así como la caracterización ecológica de sitios de lagunas en áreas de reserva y en proyectos de desarrollo.
- Se deben proponer Áreas Naturales Protegidas como una manera de fortalecer, mejorar e incrementar los servicios ecosistémicos.
- La generación de estrategias sustentables de manejo así como el ordenamiento territorial son prioridades de los gobernantes, por su parte los aportes de la



investigación para el mantenimiento de los bienes y servicios ecosistémicos contribuyen a la construcción de estrategias de conservación de la biodiversidad.

- ⊗ Es urgente promover la investigación e intercambio de información del conocimiento científico sobre el manejo de vida silvestre en cautiverio, manejo, reproducción y comportamiento.

Mesa 2: Manejo y Desarrollo Forestal. Mitigación y Adaptación al Cambio Climático

- ⊗ El Manejo forestal en México debe de considerar acciones contundentes ante los efectos del cambio climático, como son la restauración ecológica en zonas arboladas que presenten daños visibles por fenómenos naturales (huracanes), incendios forestales, plagas y enfermedades.
- ⊗ Se deben establecer áreas experimentales de restauración para evaluar la resiliencia ante estos fenómenos.
- ⊗ Para realizar un manejo forestal, es necesario conocer el ecosistema sobre el cual se pretende realizar un tipo de aprovechamiento, tal es el caso de los manglares, de ellos, aún no se tiene el conocimiento necesario para poder hacer un manejo adecuado, aunque si se conocen los efectos de su ausencia.
- ⊗ Es importante realizar el diagnóstico de las diferentes especies de los ecosistemas presentes en México, ya que aún hay un desconocimiento de la composición y distribución dentro de nuestro país y de otros países.
- ⊗ Se debe de utilizar tecnología de punta para conocer los efectos y/o adaptaciones al cambio climático de las especies forestales, como son los sensores portátiles, evaluación de emisiones derivadas de la deforestación, entre otros.
- ⊗ Aprovechar sustentablemente los recursos forestales no maderables, en comunidades rurales de México, con el fin de evaluar los servicios ecosistémicos que ofrecen.
- ⊗ Determinar la vulnerabilidad de las especies forestales ante los efectos del cambio climático.

EJE TEMÁTICO III: Gobernanza / Participación Social

MESA 1: Modelos de Sostenibilidad par Municipios, Ciudades y Territorios; Responsabilidad Social.

- ⊗ El comportamiento ambiental es determinante para las empresas en México, ya que las políticas de comando-control tienen un efecto positivo y significativo, en la



probabilidad de que las unidades económicas realicen gasto corriente o de inversión para disminuir la contaminación que producen.

- El marco legal y las instituciones creadas para desarrollar los Programas y Políticas Agroambientales aún se encuentran desarticuladas, mientras que en los planes de desarrollo se orientan principalmente al aumento de la frontera agrícola y el incremento de la productividad desestimando la capacidad de los recursos naturales.
- La vulnerabilidad sociodemográfica ante eventos hidrometeorológicos señala que los elementos que inciden en mayor medida, son los relacionados con la exposición ante amenazas, así como la incapacidad e inhabilidad de las personas para enfrentar o gestionar los eventos.
- Existe aún el conflicto relacionado con la gestión del territorio, debido principalmente a las restricciones impuestas entre uso tradicional y derechos de la población asentada en el área, sobre los recursos existentes, ha empeorado toda vez que los esfuerzos emprendidos para la solución del conflicto no han sido articulados por los responsables de su aplicación.
- El manejo o aprovechamiento pesquero bajo el sistema denominado “Ecosistémico, Interdisciplina, Transversalidad y Socialización, ha propiciado un mejoramiento de la calidad del ecosistema y por ende el aprovechamiento de los recursos al efectuarse de manera ordenada.

MESA 2: Usos Tradicionales, Mercados Orgánicos y Medicina Alternativa; Modelos para la Educación Ambiental.

- En algunas comunidades rurales hay un uso generalizado de los diferentes tipos de hongos, los cuales son utilizados principalmente en la alimentación.
- Falta una mayor difusión para que la población conozca los hongos que pueden ser utilizados como parte de su dieta alimenticia.
- Las plantas medicinales son una buena alternativa para curar algunas enfermedades recurrentes en la población, aspecto importante ya que es un recurso de bajo costo, comparado con la medicina alopática.
- Existe falta de recursos financieros para poder dar a conocer y comercializar masivamente los productos relacionados con las plantas medicinales, las cuales ya han sido probadas, destacando sus propiedades terapéuticas.



DOCUMENTO DE ADHESIÓN MANIFIESTO COIRENAT - VILLAHERMOSA

El presente manifiesto conjunta datos, balances y conceptos; a su vez voluntades, fundamentos científicos, iniciativas y acciones, porque no puede existir un documento de esta naturaleza, si no se encuentra sustentado en la conciencia de todos y cada uno de los que participamos en forma directa o indirecta. Resulta indispensable que las acciones que se describan encuentren su pilar en el espíritu de una humanidad que todavía cree que hay razones para seguir adelante y cuidar lo que nos ha sido prestado en nuestro paso por este mundo; por todas y cada una de las especies que habitan este planeta: somos nosotros quienes tenemos la mayor responsabilidad de cuidarlas, concisamente, debemos ser quienes cuidemos a quienes no tienen voz.

De lo anterior, el Manifiesto tiene como principal finalidad ser un Instrumento impulsor de programas y políticas ambientales, así como ser observador incansable del cumplimiento estricto de la ley en conjunto con autoridades y sociedad y más aún, deberá contribuir a homologar estas políticas públicas ambientales, planes y programas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas, con miras a una mejora substancial de nuestro medioambiente y conservación de los Recursos Naturales para el 2030.

ACUERDOS

- ✓ Lograr la sostenibilidad financiera de las Áreas Naturales Protegidas y sus pobladores mediante el turismo sostenible.
- ✓ Reconocer el papel de las organizaciones de la sociedad civil para el conocimiento y cuidado de la vida silvestre, y gestionar apoyos por las políticas de gobierno.
- ✓ Castigar y combatir severamente la caza furtiva e ilegal así como el tráfico de especies silvestres, especialmente aquellas amenazadas y en peligro de extinción.

1

Av. División del Norte N° 3454 -3, Col. Xotepingo, CP 04610, Del. Coyoacán / CDMX
Tels. (01 55) 71 58 59 65 / 71 58 64 65
<http://coirenat.org>

contacto@coirenat.org



- ✓ Constituir la base estructurante de una sociedad que habite respetuosa y pacíficamente la tierra respetando los bosques a partir del manejo forestal y la comprensión del capital natural.
- ✓ Combatir y mitigar el cambio climático, tomar acciones que cambien la perspectiva del desarrollo, economía y percepciones sociales a fin de generar la resiliencia del capital natural ahora en riesgo.
- ✓ Las organizaciones de la sociedad civil se pronuncian por desarrollar modelos urbanos integrales sostenibles y modelos económicos, donde el capital natural es el eje fundamental y los objetivos del desarrollo sostenible (ODS) son el objetivo común.
- ✓ Rediseñar los esquemas tradicionales de la educación ambiental para transitar hacia una educación ambiental sostenible, incluida obligadamente en los programas gubernamentales de educación desde la temprana edad del individuo.
- ✓ Utilizar las herramientas existentes o diseñar nuevas para que el desarrollo tecnológico sea un instrumento poderoso que beneficie a los recursos naturales.
- ✓ Fortalecer la justicia ambiental constitucional, la justicia civil y la justicia administrativa para encaminarla hacia el derecho de todos los seres vivos a un medioambiente sano.
- ✓ Generar conciencia social desde la educación primaria, considerando que las huellas de carbono, la hídrica y la de residuos sólidos son factores de alteración ambiental, por lo que se debe de trabajar en procurar su disminución y manejo adecuado.
- ✓ Reconocer el valor real de la riqueza de los ecosistemas para conformar la política pública ambiental y económica hacia la sostenibilidad, ya que no podrá existir crecimiento un económico sostenido a partir del deterioro de los recursos naturales.

DOCUMENTO DE ADHESIÓN

MANIFIESTO COIRENAT - VILLAHERMOSA

2

Av. División del Norte N° 3454 -3, Col. Xotepingo, CP 04610, Del. Coyoacán / CDMX
Tels. (01 55) 71 58 59 65 / 71 58 64 65
<http://coirenat.org>

contacto@coirenat.org



Diputada Ena Margarita Bolio Ibarra
Presidenta de la Comisión de Recursos Hidráulicos, Energía y Protección Ambiental. LXIII Legislatura. H. Congreso del Estado de Tabasco.

Diputada Silvia Garza Galván
Diputada Federal. LXIV Legislatura. H Congreso de la Unión.

Mtro. Gabriel Arrechea González Presidente del Consejo Internacional de Recursos Naturales y Vida Silvestre

Lic. María del Mar Tello Busquets Coordinadora General del Consejo Internacional de Recursos Naturales y Vida Silvestre

TESTIGO DE HONOR
Mc. Y H. Querubin Fernández Quintana
Rector de la Universidad Popular de la Chontalpa.



Dip. y Mtra. Ena Margarita Bolio Ibarra



De izq. a der. Dip. y Mtra. Ena Margarita Bolio Ibarra, Mtro. Gabriel Arrechea González, Mtro. Querubín Fernández Quintana, Dip. Fed. y Biól. Silvia Garza Galván, Dr. Felipe Aguilar Castañeda.



Dip. Fed. y Biól. Silvia Garza Galván



Clausura del Congreso Internacional de Recursos Naturales 2018



De izq. a der. Mtro. Gabriel Arrechea González, Dip. y Mtra. Ena Margarita Bolio Ibarra, Mtro. Querubín Fernández Quintana, Dip. Fed. y Biól. Silvia Garza Galván, Dr. Felipe Aguilar Castañeda.



Congreso Internacional de Recursos Naturales León 2019 Guanajuato

Tema General:

Economía de los Recursos Naturales

*“Las aportaciones de la ciencia,
la tecnología y la sociedad”*

Septiembre 25, 26 y 27 del 2019



Fundación Charles Darwin para las ISLAS GALÁPAGOS



Gestión Legal & Ambiental



Gobierno del Estado de Tabasco



Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias



Consultorios Médicos



NOTICIAS Y NEGOCIOS



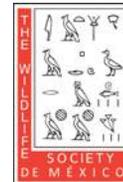
Oficina de Convenciones y Visitantes de Tabasco



Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente



www.otumex.com.mx



y tú... ¿ya registraste tu marca? ®



Enseñar la explotación de la tierra, no la del hombre



Casa abierta al tiempo



HERMANOS SAIZ MONTES DE OCA 1972-CUBA



Área Natural Protegida



COIRENAT
Consejo Internacional
de Recursos Naturales y Vida Silvestre A.C.

<http://coirenat.org>
<https://www.facebook.com/coirenat/>

contacto@coirenat.org
<https://twitter.com/coirenat>