



UJAT
UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO

ISSN 2448-508X

“ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE”

KUXULKAB'

-Tierra viva o naturaleza en voz Chontal-

—Número especial—

Áreas Naturales Protegidas

Volumen 30

Número 68

Septiembre-Diciembre 2024

Dra. Eunice Pérez Sánchez

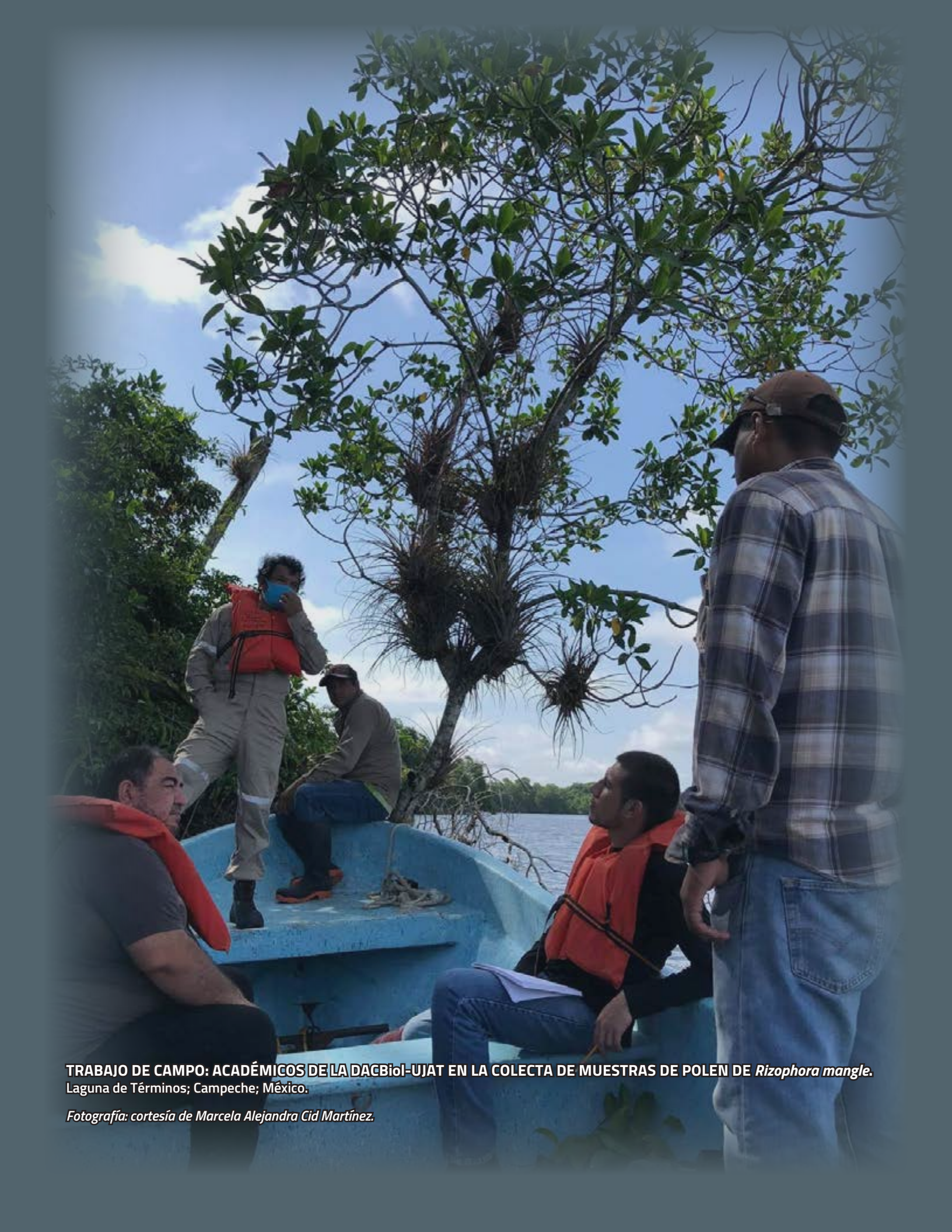
Bióloga por la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT); Maestra en Ciencias en Acuicultura y Doctora en Ciencias (Acuicultura) por el Instituto de Acuicultura de la Universidad de Stirling (Reino Unido). Editora invitada y responsable del número especial.

«Una visión a la conservación de la biodiversidad, protección de especies amenazadas, evaluación del impacto humano, planificación del uso del suelo y monitoreo a largo plazo»

División Académica de Ciencias Biológicas

« REVISTA DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA »





TRABAJO DE CAMPO: ACADÉMICOS DE LA DACBioI-UJAT EN LA COLECTA DE MUESTRAS DE POLEN DE *Rizophora mangle*.
Laguna de Términos; Campeche; México.

Fotografía: cortesía de Marcela Alejandra Cid Martínez.



UJAT

UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO

“ ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE ”

DIRECTORIO

L.D. Guillermo Narváez Osorio
Rector

Dr. Luis Manuel Hernández Govea
Secretaria de Servicios Académicos

Dr. Wilfrido Miguel Contreras Sánchez
Secretario de Investigación, Posgrado y Vinculación

Lic. Alejandro Bastar Cordero
Encargado de despacho de la Secretaría de Servicios Administrativos

Mtro. Miguel Armando Vélez Téllez
Secretario de Finanzas

Dr. Arturo Garrido Mora
Director de la División Académica de Ciencias Biológicas

Dr. José Roberto Hernández Barajas
Coordinador de Investigación y Posgrado, DACBioI-UJAT

L.C.P. Luz del Carmen Pulido Novero
Coordinadora Administrativa, DACBioI-UJAT

Dra. María Elena Macías-Valadez Treviño
Coordinadora de Docencia, DACBioI-UJAT

M.I.P.A. Araceli Guadalupe Pérez Gómez
Coordinadora de Difusión Cultural y Extensión, DACBioI-UJAT

COMITÉ EDITORIAL DE KUXULKAB'

Dr. Andrés Reséndez Medina †
Editor fundador

Biól. Fernando Rodríguez Quevedo
Editor ejecutivo y encargado

Dra. Coral Jazvel Pacheco Figueroa

Dr. Jesús García Grajales

Dra. Carolina Zequeira Laríos

Dr. Rodrigo García Morales

Dra. María Elena Macías-Valadez Treviño

Ocean. Rafael García de Quevedo Machain

M.C.A. Ma. Guadalupe Rivas Acuña

Dr. Nicolás Álvarez Pliego

Dra. Nelly del Carmen Jiménez Pérez

Dr. Marco Antonio Altamirano González Ortega

Dra. Rocío Guerrero Zárate

Dr. Eduardo Salvador López Hernández

Dra. Nadia Florencia Ojeda Robertos

Dr. Maximiano Antonio Estrada Botello

Dra. Melina del Carmen Uribe López

Dr. José Guadalupe Chan Quijano

Dra. Martha Alicia Perera García

Editores asociados

Dra. Ramona Elizabeth Sanlucar Estrada

M.C.A. Alma Deysi Anacleto Rosas

Dra. Ena Edith Mata Zayas

M. en Pub. Magally Guadalupe Sánchez Domínguez

Correctores de estilo

M.C.A. María del Rosario Barragán Vázquez

M. en C. Leonardo Noriel López Jiménez

Dra. Violeta Ruiz Carrera

Correctores de pruebas

M.Arq. Marcela Zurita Macías-Valadez

M. en C. Sulma Guadalupe Gómez Jiménez

Traductoras

L.I.A. Ervey Baltazar Esponda

Soporte técnico institucional

Téc. Juan Pablo Quiñonez Rodríguez †

Apoyo técnico

CONSEJO EDITORIAL (EXTERNO)

Dra. Lilia María Gama Campillo

División Académica de Ciencias Biológicas, UJAT - México

Dr. Roberto Carlos González Fócil

Jefe del Departamento de Revistas Científicas, UJAT - México

Dra. Juliana Álvarez Rodríguez

División Académica de Ciencias Económico Administrativas, UJAT - México

Dr. Jesús María San Martín Toro

Universidad de Valladolid (UVA) - España

ISSN 2448-508X

KUXULKAB'

La revista KUXULKAB' (vocablo chontal que significa «tierra viva» o «naturaleza») es una publicación cuatrimestral de divulgación científica la cual forma parte de las publicaciones periódicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; aquí se exhiben tópicos sobre la situación de nuestros recursos naturales, además de avances o resultados de las líneas de investigación dentro de las ciencias biológicas, agropecuarias y ambientales principalmente.

El objetivo fundamental de la revista es transmitir conocimientos con la aspiración de lograr su más amplia presencia dentro de la propia comunidad universitaria y fuera de ella, pretendiendo igualmente, una vinculación con la sociedad. Se publican trabajos de autores nacionales o extranjeros en español, con un breve resumen en inglés.

KUXULKAB' se encuentra disponible en su portal electrónico a **texto completo** y en **acceso abierto**, así como en diversas plataformas editoriales, directorios y catálogos de revistas:



Revistas Universitarias

Portal electrónico de las publicaciones periódicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).



Repositorio Institucional UJAT

Plataforma desarrollada con el aval del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT); cuenta con un acervo académico, científico, tecnológico y de innovación de la universidad.



Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Red de instituciones que reúnen y diseminan información sobre las publicaciones científicas seriadas producidas en Iberoamérica.



PERIÓDICA - Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias

Base de datos bibliográfica de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), con registros publicados América Latina y el Caribe, especializadas en ciencia y tecnología.



Google académico - Google Scholar

Buscador de Google enfocado y especializado en la búsqueda de contenido y bibliografía científico-académica (artículos, tesis, libros, patentes, etcétera).



BASE - Bielefeld Academic Search Engine

Motor de búsqueda más voluminosos del mundo, especialmente para recursos web académicos; es operado por la biblioteca de la Universidad de Bielefeld (Bielefeld, Alemania).



MIAR - Matriz de Información para el Análisis de Revistas

Matriz con repertorio de revistas y bases de datos de indexación (citas, multidisciplinarias o especializadas), con el propósito de identificar revistas científicas.



fatcat! - Perpetual Access to the Scholarly Record

Catálogo de publicaciones de investigación que incluye artículos de revistas, actas de congresos y conjuntos de datos.



OAJI - Open Academic Journals Index

Base de datos internacional para indexar revistas científicas de acceso abierto; es manejada por la Universidad Global de Cherkas (United States of America).



Nuestra portada:

«Áreas Naturales Protegidas: conservación y protección de ecosistemas, mediante tecnología, gestión y participación comunitaria».

Diseño de:

Eunice Pérez Sánchez & Fernando Rodríguez Quevedo (DACBioI-UJAT).

Fotografías de: Imágenes vectoriales de libre uso alusivas a: manglares, selva y mapeo por GPS.

KUXULKAB', año 30, No. 68, septiembre-diciembre 2024; es una publicación cuatrimestral editada por la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) a través de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBioI). Av. Universidad s/n, Zona de la Cultura; Col. Magisterial; Villahermosa, Centro, Tabasco, México; C.P. 86040; Tel. (993) 358 1500, 354 4308, extensión 6415; <https://revistas.ujat.mx>; kuxulkab@ujat.mx. Editor responsable: Fernando Rodríguez Quevedo (encargado). Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2013-090610320400-203; ISSN: 2448-508X, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: Editor ejecutivo, Fernando Rodríguez Quevedo; Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5; entronque a Bosques de Saloya; CP. 86039; Villahermosa, Centro, Tabasco; Tel. (993) 358 1500, 354 4308, extensión 6415; Fecha de la última modificación: 17 de septiembre de 2024.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la revista, ni de la DACBioI y mucho menos de la UJAT. Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.



Editorial

Estimados lectores:

El conjunto de artículos que se presenta en este número especial ofrece una visión integral de la conservación ambiental en México, con un enfoque particular en las áreas naturales protegidas. A través de diversos estudios de caso, los artículos resaltan la importancia de estos espacios para la preservación de la biodiversidad, la mitigación del cambio climático y la protección de servicios ecosistémicos, como la captura de carbono y la protección costera.

El análisis de los manglares, presente en varios de los artículos, refleja la crítica situación que enfrenta este ecosistema. Los manglares no solo son una barrera natural contra el cambio climático y desastres naturales, sino que también son considerados como holobiontes, ecosistemas complejos e interdependientes que requieren una visión holística para su conservación. La degradación de estos ecosistemas, a pesar de su resistencia natural, es alarmante, lo que plantea la necesidad de una intervención más firme y sostenida para evitar su desaparición. Uno de los puntos clave es el uso de tecnologías avanzadas para el monitoreo de ecosistemas, como lo ejemplifica el artículo que utiliza imágenes satelitales para evaluar los cambios forestales en las reservas de Tabasco. El empleo de datos espaciales y herramientas tecnológicas permite realizar seguimientos más precisos y a largo plazo, lo que es imprescindible para entender la dinámica de la degradación y recuperación de la cobertura forestal. Sin embargo, se advierte que estos avances deben ser complementados con acciones políticas y ecológicas concretas para que el monitoreo se traduzca en soluciones efectivas. Por otra parte, se demuestra que los manglares son ecosistemas clave que han experimentado una significativa degradación en las últimas décadas. Aunque estos ecosistemas son resilientes y pueden persistir en condiciones adversas, la degradación continúa siendo un problema grave. Se subraya la necesidad urgente de conservar estos ecosistemas y de realizar estudios adicionales para verificar su estructura y composición.

Otro tema recurrente es la necesidad de una gestión efectiva de las áreas protegidas, como lo exponen los estudios sobre la capacidad de manejo y las primeras reservas de la biósfera. Se destaca cómo la falta de recursos, personal especializado y participación comunitaria adecuada puede limitar los esfuerzos de conservación y sostenibilidad a largo plazo. La gestión no es solo un aspecto técnico, sino un elemento transversal que impacta tanto en la conservación de la biodiversidad como en el desarrollo turístico sostenible y el bienestar de las comunidades locales. En cuanto al enfoque en la biodiversidad, los artículos señalan cómo las áreas protegidas, por ejemplo Mapimí y La Michilía, son refugios importantes para especies de mamíferos que enfrentan amenazas constantes. Estos estudios de monitoreo no solo proporcionan datos clave para la conservación de estas especies, sino que también sirven para identificar factores externos, como la ganadería, que ejercen presión sobre los ecosistemas. La creación de nuevas áreas naturales protegidas como Wanha' refuerza la importancia de diseñar estrategias que equilibren el desarrollo humano con la conservación. En este estudio se escribe las etapas clave que llevaron a la creación de la reserva, así como los trabajos de investigación y reforestación que se han realizado en la zona. Asimismo, se proyecta hacia el futuro, subrayando la necesidad de continuar los estudios para comprender mejor la biodiversidad del área y garantizar la conservación a largo plazo.

En síntesis, los artículos destacan la urgente necesidad de fortalecer la capacidad de manejo, invertir en investigación y tecnología, así como promover la participación activa de las comunidades locales en los esfuerzos de conservación. La biodiversidad de México, y particularmente de Tabasco, enfrenta desafíos críticos que solo pueden abordarse a través de un enfoque multidimensional que combine la ciencia, la política y la colaboración comunitaria.

Luzmila Pérez Sánchez

EDITORA INVITADA, PROFESORA-
INVESTIGADORA DE LA DACBIOL

Fernando Rodríguez Queredo

EDITOR EJECUTIVO Y ENCARGADO DEL
DESPACHO DE KUXULKAB'

Arturo Garrido Mora

DIRECTOR DE LA DACBIOL-UJAT

Contenido

MONITOREO DE MAMÍFEROS EN LAS PRIMERAS RESERVAS DE LA BIOSFERA DE MÉXICO: MAPIMÍ Y LA MICHILÍA, DURANGO e6376

MAMMAL MONITORING IN MEXICO'S FIRST BIOSPHERE RESERVES: MAPIMÍ AND LA MICHILÍA, DURANGO

Alberto González Romero, Sonia Gallina Tessaro & Eva López Tello Mera

LA HISTORIA DE *Wanha'* e6381

THE HISTORY OF *Wanha'*

Carlos Manuel Burelo Ramos, Eva López Dobrusin, Neil Ebeth Meled Morales Rodríguez, Susana Rosales Rosado, Jesús Manuel Ascencio Rivera & Judith Paola Cardeño Resendis

LOS MANGLARES COMO HOLOBIONTES Y OTRAS HISTORIAS DEL MAR e6388

MANGROVES AS HOLOBIONTS AND OTHER SEA STORIES

Diego Montes Gabriel, Mariana B. Becerril Jiménez, Enrique Hernández Martínez & Mirna Vázquez Rosas Landa

EVALUACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LOS MANGLARES DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA PANTANOS DE CENTLA, TABASCO e6390

SPATIAL-TEMPORAL EVALUATION OF THE MANGROVES OF THE CENTLA WETLANDS BIOSPHERE RESERVE, TABASCO

Eunice Pérez Sánchez & Humberto Hernández Trejo

EXPLORACIÓN DE TENDENCIAS DE CAMBIO FORESTAL EN RESERVAS DE LA BIOSFERA, TABASCO, DESDE EL ESPACIO e6391

EXPLORATION OF FOREST CHANGE TRENDS IN BIOSPHERE RESERVES, TABASCO, FROM SPACE

Cristóbal Daniel Rullán Silva & Adriana Ema Olthoff

CAPACIDAD DE MANEJO: DETERMINANTE PARA EL ÉXITO TURÍSTICO DE LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS EN TABASCO e6392

MANAGEMENT CAPACITY: A DETERMINING FACTOR FOR THE TOURIST SUCCESS OF TWO PROTECTED NATURAL AREAS IN TABASCO

Carolina Zequeira Larios & José Luis Martínez Sánchez

MONITOREO DE MAMÍFEROS EN LAS PRIMERAS RESERVAS DE LA BIOSFERA DE MÉXICO: MAPIMÍ Y LA MICHILÍA, DURANGO

MAMMAL MONITORING IN MEXICO'S FIRST BIOSPHERE RESERVES: MAPIMÍ AND LA MICHILÍA, DURANGO

Alberto González Romero^{1✉}, Sonia Gallina Tessaro² & Eva López-Tello Mera³

¹Investigador e integrante de la Red de Biología y Conservación de Vertebrados (RBCV) del Instituto de Ecología (INECOL A.C.); afiliado al Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII) del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT). Su interés es generar conocimiento respecto a los cambios presentes en la fauna silvestre entre sitios naturales y alterados; igualmente el fomento para un mejor entendimiento del efecto de las variaciones climáticas sobre las comunidades animales. ²Investigadora en el INECOL y participante en la (RBCV); integrante del SNII-CONAHCYT. Fascinada en la fauna silvestre, con estudios a largo plazo de comunidades de mamíferos medianos, y en particular, la ecología y comportamiento de venados. ³Técnico del INECOL y candidata al SNII-CONAHCYT. Interesada en los mamíferos silvestres con énfasis al estudio de comunidades, parámetros poblacionales y patrones de actividad.

Instituto de Ecología (INECOL A.C.): Carretera antigua a Coatepec #351; Colonia El Haya; C.P. 91073. Xalapa-Enríquez, Veracruz, México.

✉ alberto.gonzalez@inecol.mx

 ¹ 0000-0001-5800-1223  ² 0000-0002-8941-5186

 ³ 0000-0003-2655-5752

Como referenciar:

González Romero, A.; Gallina Tessaro, S. & López-Tello Mera, E. (2024). Monitoreo de mamíferos en las primeras Reservas de la Biosfera de México: Mapimí y La Michilía, Durango. *Kuxulkab'*, 30(68): e6376, septiembre-diciembre. <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a30n68.6376>

Disponible en:

<https://revistas.ujat.mx>

<https://revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab>

<https://revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab/article/view/6376>

DOI:

<https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a30n68.6376>

Resumen

Mapimí y La Michilía fueron las primeras Reservas de la Biosfera en México (Durango), establecidas en 1978 con apoyo del Instituto de Ecología (INECOL). Mapimí representa el ecosistema del desierto Chihuahuense; La Michilía al de bosque templado mixto de la Sierra Madre Occidental. El objetivo de este trabajo fue el monitoreo de mamíferos medianos y grandes en las dos reservas para evaluar su riqueza e índice de abundancia relativa. En Mapimí se identificaron 13 especies de mamíferos silvestres y 2 mamíferos domésticos; en La Michilía se identificaron 10 mamíferos silvestres, 2 mamíferos domésticos y 2 mamíferos exóticos introducidos. Conocer el estado de conservación de los mamíferos medianos y grandes, usando cámaras-trampa, permite identificar cuáles factores pueden estar afectando su presencia, por ejemplo, la ganadería de bovinos podría estar ejerciendo una fuerte presión sobre estos ecosistemas, así como las especies exóticas a las poblaciones de especies nativas.

Palabras clave: Abundancia Relativa; Bosque templado; Desierto; Foto-trampeo; Sierra Madre.

Abstract

Mapimí and La Michilía were the first Biosphere Reserves in Mexico (Durango), established in 1978 with the support of the Institute of Ecology (INECOL). Mapimí represents the ecosystem of the Chihuahuan desert; La Michilía represents the mixed temperate forest ecosystem of the Sierra Madre Occidental. The objective of this work was to monitor medium and large mammals in the two reserves to evaluate their richness and relative abundance index. In Mapimí, 13 species of wild mammals and 2 domestic mammals were identified; in La Michilía, 10 wild mammals, 2 domestic mammals and 2 introduced exotic mammals were identified. Knowing the conservation status of medium and large mammals, using camera traps, allows us to identify which factors may be affecting their presence; for example, cattle ranching could be exerting strong pressure on these ecosystems, as well as exotic species on native species populations.

Keywords: Relative abundance; Temperate forest; Desert; Photo-trapping; Sierra Madre.

Por casi medio siglo el Instituto de Ecología (INECOL A.C.), ha participado en diferentes proyectos, como la formación de las primeras Reservas de la Biosfera dentro del Programa Hombre y Biosfera (“Man and the Biosphere Programme, MAB”) de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO en inglés), estudios ecológicos y de monitoreo de diferentes ecosistemas, programas de recuperación y conservación de especies y sus hábitats, así como desarrollar investigación acerca del uso de los recursos naturales, la conservación y la biodiversidad de México, para resolver los problemas ecológicos derivados del aprovechamiento de estos.

Las instalaciones de campo del INECOL ubicadas en las Reservas de la Biosfera Mapimí «Laboratorio del Desierto» (fotografía 1) y La Michilía «Estación Biológica Piedra Herrada» (fotografía 2) han tenido gran importancia para la gestión y realización de investigaciones *in situ* en los diferentes ecosistemas representativos: el Desierto Chihuahuense y el bosque templado mixto seco (fotografía 3), que son verdaderos laboratorios naturales para estudiar la biodiversidad (Gallina & Martínez 2015).

Programa Hombre y Biosfera (“MAB”)

El programa MAB (del inglés “Man and the Biosphere Programme”) tiene el objetivo de promover la conservación de la naturaleza mediante el desarrollo de nuevas estrategias de uso de los recursos por parte de las comunidades humanas, de forma que no se comprometa la integridad de los ecosistemas naturales.

Las estrategias de conservación recomiendan la vinculación de las instituciones de investigación científica y tecnológica en estas áreas naturales para su monitoreo y gestión a largo plazo (Halffter, 1978),

llegando a ser la propuesta presentada por el doctor G. Halffter conocida internacionalmente como «la modalidad mexicana» (Gallina & Martínez 2015). El monitoreo de la biodiversidad es fundamental para reconocer la dinámica del ecosistema y conocer las respuestas de las comunidades bióticas a diferentes perturbaciones o cambios.



Fotografía 1. Laboratorio del Desierto en la Reserva de la Biosfera Mapimí (Durango, México); vista general del ecosistema; (imagen de Jorge Ramos a través de un dron).



Figura 2. Estación de Campo Piedra Herrada en la Reserva de la Biosfera La Michilía (Durango, México); vista del bosque de pino encino; (imagen de Alberto González Romero).



Figura 3. Bosque templado de pino-encino-táscate característico de las barrancas en la Reserva de la Biosfera La Michilía (Durango, México); (imagen de Sonia Gallina Tessaro).



Figura 4. Tortuga del Bolsón (*Gopherus flavomarginatus*), especie emblemática de la Reserva de la Biosfera Mapimí; (imagen de Alberto González Romero).

Reserva de la Biosfera Mapimí

La Reserva de la Biosfera Mapimí (RBM) fue establecida en 1978 y reconocida por el MAB-UNESCO, con el objeto de proteger y conservar a la tortuga endémica del Bolsón o gran tortuga del desierto (*Gopherus flavomarginatus*), (fotografía 4).

Sin embargo, en el año 2000 se realiza un nuevo decreto ampliando la superficie a 342,387 hectáreas, en los vértices de los estados de Durango, Chihuahua y Coahuila, con el propósito de proteger las zonas desérticas frágiles, asegurar el equilibrio y la continuidad de los procesos ecológicos, así como la diversidad genética de las especies, algunas enlistadas en categoría de riesgo, cuyos hábitats se han deteriorado a causa del sobrepastoreo y la cacería furtiva (Halffter, 1978; CONANP, 2006).

Algunos de los proyectos que se han desarrollado son la conservación de la tortuga del Bolsón (*G. flavomarginatus*); el programa de conservación del águila real (*Aquila chrysaetos*), el monitoreo a largo plazo de la comunidad de roedores, carnívoros y lagomorfos, y la vegetación, el cual se ha mantenido por casi tres décadas (LTER, Long-Term Ecological Research; <https://deims.org/092c483a-b8b0-4ae1-88bb-03f1f3c40793>); la dinámica poblacional y ecología del venado bura o ciervo mulo (*Odocoileus hemionus*).

Reserva de la Biosfera La Michilía

La Reserva de la Biosfera La Michilía (RBLM), también fue decretada en 1978; cuenta con una superficie de 35,000 hectáreas en el municipio de Suchil al sur del estado de Durango, presentando límites con el estado de Zacatecas; tiene asentamientos humanos previos a la época de la colonia y otros que desarrollan actividades económicas en las zonas de amortiguamiento y de influencia.

Estas actividades han favorecido el sobrepastoreo, los desmontes e incendios, la cacería ilegal y se han promovido ranchos cinegéticos con fauna exótica (CONANP, 2006).

Por otro lado, diferentes grupos de investigación han realizado inventarios y trabajos ecológicos de comunidades de vertebrados, así como de conservación de especies de importancia económica y ecológica, como el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) y el guajolote silvestre (*Meleagris gallopavo*). Además, se ha participado desde varias décadas en el proyecto binacional del lobo mexicano (*Canis lupus baileyi*), (fotografía 5) al mantener encierros para su reproducción y adaptación previa a la liberación.

Conservación de ecosistemas

Actualmente, a nivel mundial se ha reconocido el papel de la estabilidad de los ecosistemas en cuanto a salud y bienestar, cambio climático, servicios ambientales y sustentabilidad.

No obstante, las tendencias actuales de estudio y conservación ecosistémica apuntan al monitoreo de la integridad ecológica según los impactos de las actividades humanas directas e indirectas, para desarrollar estrategias de conservación o restauración con el objeto de tratar de disminuir dichos impactos y adaptando planes de manejo de acuerdo con la problemática (Equihua, García, Pérez-Maqueo, Benítez, Schmidt, Equihua, Maeda & Álvarez, 2014; Chauvenet, Watson, Adams, Di Marco, Venter, Davis, Mappin, Klein, Kuempel & Possingham, 2020).

Además, se ha reconocido que la influencia de las actividades humanas es global y ya no existen espacios naturales prístinos (aquellos que no han sido alterados por la humanidad y mantienen su naturaleza original). Por lo que ahora se debe promover la coexistencia entre vida silvestre-humano, la refaunación, la renaturalización, la restauración y la conectividad entre las áreas naturales protegidas (García-Feria, 2021).



Fotografía 5. Lobo mexicano (*Canis lupus baileyi*) especie emblemática de la Reserva de la Biosfera La Michilía; (imagen de Alberto González Romero).

Monitoreo de vida silvestre en ambas RB

Es primordial conocer el estado de conservación o perturbación de los ecosistemas en las áreas naturales protegidas (ANP), sobre todo después de muchos años de haber sido decretadas, esto para determinar su eficacia en cuanto a la conservación de los ecosistemas. Se necesita tener una línea base de lo que está presente, conocer la actual riqueza y abundancia de las especies, los cambios temporales y sus respuestas a los cambios ambientales naturales e inducidos por las actividades humanas (Chauvenet *et al.*, 2020). Así como, reconocer especies clave para el desarrollo de estrategias de restauración y fomentar la integridad ecológica.

El monitoreo a largo plazo mediante técnicas tradicionales puede ser enriquecido por tecnologías actuales como las cámaras trampa, monitoreo acústico pasivo (paisajes sonoros), evaluación fisiológica, sistemas de información geográfica y percepción remota, entre otros. Lo que también incluye el monitoreo de los conflictos de la vida silvestre con las comunidades humanas locales para fomentar la coexistencia humano-fauna silvestre.

Como preocupación actual, está la pérdida de diversidad que se ha incrementado en las últimas décadas, donde gran parte de ésta es la de mamíferos terrestres (Galetti & Dirzo 2013; Dirzo, Young, Galetti, Ceballos, Isaac & Collen, 2014). La defaunación conlleva a la pérdida funcional en las comunidades a escalas locales y globales. Las afectaciones en los procesos ecológicos son poco evidentes a corto plazo y se pueden magnificar cuando no hay un reemplazo o restauración de dichas funciones (Dirzo *et al.*, 2014), por lo cual resulta de suma importancia llevar a cabo el monitoreo de este grupo faunístico.

Como lo hicimos. Para ello, en esta primera etapa del monitoreo, en cada Reserva se colocaron 10 cámaras trampa separadas por una distancia mínima de 500 metros lineales, durante 45 días en la época seca (a partir de marzo) y 45 días en la época de lluvias (a partir de junio) en 2023.

En campo se buscaron rastros y veredas de animales para colocar la cámara con el fin de maximizar el registro de las diferentes especies. En la zona de amortiguación de La Michilía las cámaras fueron colocadas en árboles, y para Mapimí igualmente se consideraron estacas tanto en pastizal como matorral xerófilo —plantas adaptadas a ambientes áridos (Urry, Cain, Wasserman, Minorsky & Orr, 2024, p. 798)—; en ambos casos a una altura aproximada de 20 a 30 centímetros del suelo (dependiendo las condiciones del terreno) y en dirección norte-sur. Fueron programadas para permanecer activas las 24 horas, tomando una secuencia de 3 fotografías seguidas y un vídeo de 10 segundos.

Qué encontramos. Como primeros resultados y en lo que respecta a la comunidad de mamíferos, en Mapimí identificamos 13 especies de mamíferos silvestres y 2 mamíferos domésticos (con un esfuerzo de muestreo de 1,942 días y 165 registros),

(cuadro 1); las especies con mayores registros fueron la liebre cola negra (*Lepus californicus*), (fotografía 6); el pecarí de collar (*Dicotyles tajacu*), el coyote (*Canis latrans*) y el venado bura (*Odocoileus hemionus*), (fotografía 7). También se registró el puma (*Puma concolor*) que es el mayor de los depredadores en la zona.

Cuadro 1. Número de registros independientes obtenidos para cada especie en las dos Reservas de la biosfera.

Grupo	Reserva		
	Mapimí	La Michilía	Total
•Mamíferos silvestres:			
<i>Lepus californicus</i>	68	-	68
<i>Sylvilagus floridanus</i>	-	2	2
<i>Sylvilagus audubonii</i>	1	-	1
<i>Neotamias bulleri</i>	-	4	4
<i>Sciurus nayaritensis</i>	-	17	17
<i>Otospermophilus variegatus</i>	0	2	2
<i>Ictidomys parvidens</i>	1	-	1
<i>Lynx rufus</i>	6	2	8
<i>Puma concolor</i>	3	0	3
<i>Canis latrans</i>	11	3	14
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	4	0	4
<i>Vulpes macrotis</i>	7	-	7
<i>Mephitis macroura</i>	1	2	3
<i>Mephitis mephitis</i>	1	-	1
<i>Bassariscus astutus</i>	1	0	1
<i>Procyon lotor</i>	0	1	1
<i>Dicotyles tajacu</i>	16	12	28
<i>Odocoileus hemionus</i>	9	-	9
<i>Odocoileus virginianus</i>	-	4	4
•Mamíferos domésticos:			
<i>Bos taurus</i>	18	139	157
<i>Equus caballus</i>	3	2	5
•Especies introducidas:			
<i>Cervus elaphus</i>	-	4	4
<i>Sus scrofa</i>	-	5	5
•Especies de otros grupos:			
<i>Geococcyx californianus</i>	5	0	5
<i>Corvus corax</i>	0	1	1
<i>Meleagris gallopavo</i>	0	25	25
Otras aves	3	5	8
<i>Gopherus flavomarginatus</i>	5	-	5
•Número de cámaras:			
	12	10	22
•Esfuerzo de muestreo (días trampa):			
	1,942	1,456	3,398



Figura 6. Liebre cola negra (*Lepus californicus*), de los mamíferos más abundantes en la Reserva de la Biosfera Mapimí; (imagen de Alberto González Romero).



Figura 7. Venados bura (*Odocoileus hemionus*), de importancia para la Reserva de la Biosfera Mapimí y que sigue siendo monitoreado desde hace 15 años; (imagen de Sonia Gallina Tessaro).

Mientras que en La Michilía registramos 10 especies de mamíferos silvestres, 2 mamíferos domésticos y 2 mamíferos exóticos introducidos; esto con 1,456 días de esfuerzo y 230 registros (cuadro 1). Las más comunes fueron el techalote (*Sciurus nayaritensis*), el pecarí de collar (*D. tajacu*) y el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*). En la gráfica 1 se representa el Índice de Abundancia Relativa (IAR) de todas las especies registradas y que refleja cómo está constituida la comunidad de mamíferos.

Posibles efectos de especies exóticas

Algo notorio fue la gran cantidad de registros del ganado bovino sobre todo en La Michilía (fotografía 8), aunque no tenemos aún la información del tamaño de los hatos ganaderos —porción de ganado mayor (vacas, toros, bueyes, búfalos, caballos, etcétera) y a las fincas destinadas a la crianza de estos animales— ni el sistema de manejo que se lleva en las distintas áreas, que probablemente ejercen un efecto sobre las especies de mamíferos medianos y grandes.

Además registramos especies exóticas como el ciervo rojo (*Cervus elaphus*) y el jabalí europeo (*Sus scrofa*); estos deberían extirparse de La Michilía por la problemática que representan al ser especies más agresivas que las nativas como el venado cola blanca (*O. virginianus*), el pecarí de collar (*D. tajacu*) y que seguramente están compitiendo por los recursos tanto espaciales como alimenticios.

También notamos que ha disminuido la población de la ardilla conocida como chichimoco (*Neotamias bulleri*) que eran muy abundantes hace muchos años, aunque no se sabe con certeza cuál es el o los factores que están afectando sus poblaciones, que mediante el monitoreo esperamos encontrar las causas. Se han encontrado estudios donde se define que la ganadería tiene impactos negativos y

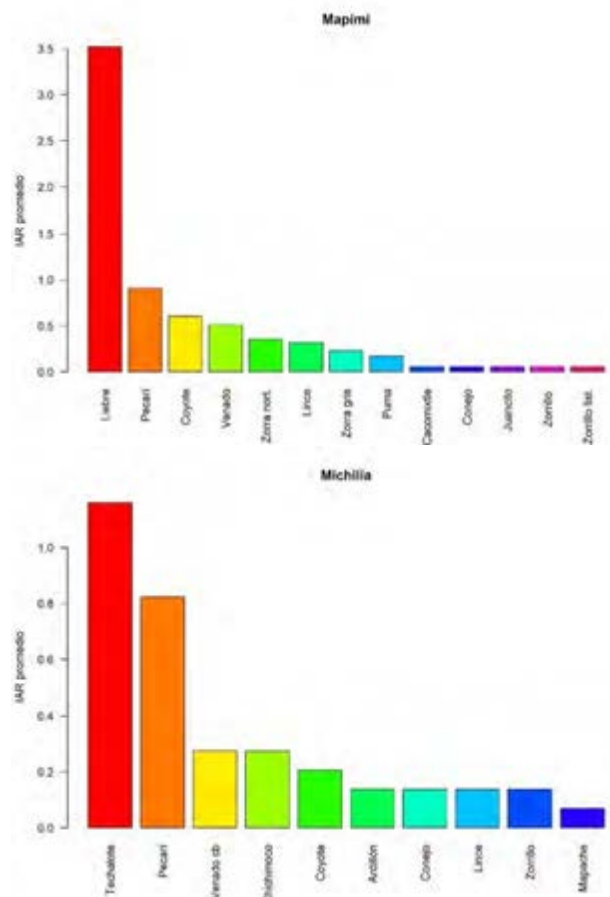
positivos sobre el ambiente, dependiendo de diversos factores como la región, el tiempo de permanencia, la densidad del ganado y el sistema que se esté utilizando, como lo señalan Barroso & Gortázar (2024). Generalmente existe el conflicto ganadería-fauna silvestre en diversos aspectos como son: la depredación, la transmisión de enfermedades, la competencia por alimento y agua, su efecto sobre la conservación de la biodiversidad, la compactación del suelo, la pérdida de nutrientes, entre otros.

En relación con el nivel ecosistémico, el ganado puede alterar los ciclos de nutrientes y causar eutroficación, erosión y compactación del suelo; en consecuencia, genera el decremento en la infiltración del agua, así como daño físico en el crecimiento de las plantas y estructura del hábitat. Estos impactos pueden tener efectos en cascada sobre la calidad y cantidad del forraje, abundancia de presas, disponibilidad de cobertura y presencia de sitios de anidación o reproducción, siendo más susceptibles los pequeños mamíferos y aves que anidan en el suelo. Estos riesgos dependen del sistema de manejo y del número de cabezas de ganado, de la estación y clima, de la región y de las especies de fauna silvestre consideradas.

En cuanto a impactos positivos, puede promover cambios en la estructura de la vegetación o controlar la biomasa de especies de plantas nativas o exóticas, reduciendo riesgo de incendios y permitiendo incrementar la calidad del forraje y proveer refugio a ciertas especies de fauna como mamíferos pequeños, aves y reptiles.



Figura 8. Ganado (*Bos taurus*), especie exótica y cuya actividad debe evaluarse por el impacto que representa.



Gráfica 1. Índice de Abundancia Relativa (IAR) de los mamíferos silvestres medianos y grandes en Mapimi y La Michilila.

Conclusión

Con estos primeros resultados del monitoreo, en La Michilía consideramos que se deberá tratar de eliminar las especies exóticas, ya sea mediante cacería cinegética o permitir su aprovechamiento como autoconsumo, sobre todo por los daños a las especies nativas y al ecosistema. En cuanto al sistema de manejo del ganado en ambas Reservas, se debería establecer en primer lugar el índice de agostadero de los ecosistemas, y con base a éste ajustar el número de cabezas en el tiempo, intensidad, frecuencia y selectividad del tipo de pastoreo para mitigar sus efectos negativos que lleva el sobrepastoreo, tratando de restaurar la biodiversidad y servicios ecosistémicos.

Para ello se deberá considerar en el contexto la diferencia social, económica y ambiental (ecológica), combinando la experiencia de los académicos con el conocimiento local para ayudar a alcanzar el estatus de co-existencia buscando de forma prioritaria la conservación de los ecosistemas, sin detrimento de las poblaciones locales que dependen de la ganadería.

Para ello resulta relevante tener representantes que participen en las reuniones de los Consejos de las Reservas para establecer las estrategias de manejo de los recursos y su conservación a corto y mediano plazo.

Referencias

Barroso, P. & Gortázar, C. (2024). The coexistence of wildlife and livestock. *Animal Frontiers*, 14(1): 5–12. <https://doi.org/10.1093/af/vfad064>

Chauvenet, A.L.M.; Watson, J.E.M.; Adams, V.M.; Di Marco, M.; Venter, O.; Davis, K.J.; Mappin, B.; Klein, C.J.; Kuempel, C.D. & Possingham, H.P. (2020). To achieve big wins for terrestrial conservation, prioritize protection of ecoregions closest to meeting targets. *One Earth*, 2(5): 479–486. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.04.013>

CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). (2006). *Programa de conservación y manejo Reserva de la Biosfera Mapimí: México* (p. 179). Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). ISBN: 968-817-762-8. Recuperado el 12 de agosto de 2024, de https://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/pdf/programas_manejo/Mapimi_ok.pdf

Dirzo, R.; Young, H.S.; Galetti, M.; Ceballos, G.; Isaac, N.J.B. & Collen, B. (2014). Defaunation in the Anthropocene. *Science*, 345(6195): 401–406. <https://doi.org/10.1126/science.1251817>

Equihua Zamora, M.; García Alaniz, N.; Pérez-Maqueo, O.; Benítez Badillo, G.; Schmidt, M.; Equihua Benítez, J.; Maeda, P. & Álvarez Palacios, J.L. (2014). Integridad ecológica como indicador de la calidad ambiental. En: González Zuarth, C.A.; Vallarino Moncada, A.; Pérez-Jiménez, J.C. & Low Pfeng, A.M. (Eds.); *Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental* (pp. 695–718). El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR); Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). ISBN (impresa): 978-607-8429-04-2; ISBN (digital): 978-607-8429-05-9.

Galetti, M. & Dirzo, R. (2013). Ecological and evolutionary consequences of living in a defaunated world. *Biological Conservation*, 163(Special Issue: Defaunation's impact in tropical terrestrial ecosystems): 1–6. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2013.04.020>

Gallina Tessaro, S. & Martínez Morales, I. (2015). *40 años de éxitos: la historia del INECOL* (p. 104). Instituto de Ecología (INECOL, A.C.). ISBN: 978-607-7579-51-9. Consultado el 10 de agosto de 2024, en http://www1.inecol.edu.mx/cv/CV_pdf/libros/Historia_INECOL.pdf

García-Feria, L.M. (2021). *Sorta situ*, renaturalización y una salud: tres conceptos de urgente integración en la conservación en México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 37(1): 1–16. <http://doi.org/10.21829/azm.2021.3712385>

Halffter, G. (1978). Las Reservas de la Biosfera en el Estado de Durango: una nueva política de conservación y estudio de los recursos bióticos. *Instituto de Ecología*, (4): 17–43.

Urry, L.A.; Cain, M.L.; Wasserman, S.A.; Minorsky, P.V. & Orr, R.B. (2024). *Campbell Biología* (Traslation from the Campbell Biology, 12th edition; Martínez Madrid, A.; Suárez Moreno, M.P.; Porras López, E.P.; Morales Primo, A.U., (Trad.); p. 1480). Pearson Educación de México S.A. de C.V. ISBN 978-607-32-5947-7.

LA HISTORIA DE Wanha'







THE HISTORY OF Wanha'

Carlos Manuel Burelo Ramos^{1✉}, Eva López Dobrusin², Neil Ebeth Meled Morales Rodríguez³, Susana Rosales Rosado⁴, Jesús Manuel Ascencio Rivera⁵ & Judith Paola Cardeño Resendis⁶

¹Biólogo por la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), doctor en sistemática. Profesor-investigador y responsable del Laboratorio de Manglares Interiores (LMI) en el Centro de Investigación para la Conservación y Aprovechamiento de Recursos Tropicales (CICART) de la División Académica de Ciencias Biológicas, en la UJAT. ²Bióloga por la UJAT. Sus estudios han sido dirigidos a la ecología microbiana y limnología de algunos sitios dentro de la RBW. Actualmente, colaboradora del LMI de la DACBiol-UJAT. ³Biólogo y Maestro en Ciencias Ambientales por la UJAT. Su interés lo ha enfocado a las epifitas de la RBW. Se desempeña como técnico, fotógrafo y videógrafo dentro del LMI de la DACBiol-UJAT. ⁴Bióloga por la UJAT. Realizó el estudio de las mariposas diurnas de la RBW; actualmente responsable de la producción de plántulas de mangle y del estudio de las mariposas nocturnas. ⁵Biólogo por la UJAT; especialista en diagnóstico y gestión ambiental por la Universidad Veracruzana (UV) y Maestro en Ciencias Agrícolas por el Colegio de Postgraduados (COLPOS). Profesor-investigador y responsable del Programa de Caracterización y Manejo de la Vegetación en la DACBiol-UJAT. ⁶Estudiante de la Licenciatura en Biología y voluntaria en el LMI en la DACBiol-UJAT.

División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT); Carretera Federal #180 (Villahermosa-Cárdenas) km 0.5 S/N; entronque a Bosques de Saloya; C.P. 86150. Villahermosa, Tabasco; México.

✉ carlos.burelo@ujat.mx

 ¹ 0000-0003-2977-1063  ² 0000-0002-4726-0614  ³ 0000-0002-3173-538X
 ⁴ 0000-0003-2504-2170  ⁵ 0009-0003-0722-6336  ⁶ 0009-0004-0073-6197

Como referenciar:

Burelo Ramos, C.M.; López Dobrusin, E.; Morales Rodríguez, N.E.M.; Rosales Rosado, S.; Ascencio Rivera, J.M. & Cadeño Resendis, J.P. (2024). La historia de Wanha'. *Kuxulkab'*, 30(68): e6381, septiembre-diciembre. <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a30n68.6381>

Disponible en:

<https://revistas.ujat.mx> | <https://revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab>
<https://revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab/article/view/6381>

DOI:

<https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a30n68.6381>

Resumen

El presente trabajo trata de exponer los sucesos que ocurrieron para lograr la declaración de la Reserva de la Biosfera Wanha' en el estado de Tabasco en el año 2023. Esta tiene una amplia biodiversidad, la mayor parte de ella aun desconocida, pero su principal y mejor conocido valor son los manglares interiores presentes en los márgenes del río San Pedro Mártir, los cuales crecen en agua dulce y son los manglares ubicados más tierra adentro del planeta. El texto se divide en capítulos que representan etapas significativas de la historia de su creación, también, se destaca el desarrollo de trabajos de investigación y esfuerzos de reforestación que se han hecho en la zona. Se concluye con una visión a futuro, mencionando las perspectivas de posibles estudios que enriquezcan el conocimiento de la biodiversidad e importancia del lugar, así como del seguimiento de trabajos de reforestación con la finalidad de conservación.

Palabras clave: ANP; Manglares interiores; Biodiversidad; Balancán; Tenosique.

Abstract

This paper attempts to present the events that occurred to achieve the declaration of the Wanha' Biosphere Reserve in the state of Tabasco in 2023. This reserve has a wide biodiversity, most of it still unknown, but its main and best-known value is the inland mangroves present on the banks of the San Pedro Mártir River, which grow in fresh water and are the most inland mangroves on the planet. The text is divided into chapters that represent significant stages in the history of its creation, also highlighting the development of research work and reforestation efforts that have been made in the area. It concludes with a vision for the future, mentioning the perspectives of possible studies that enrich the knowledge of the biodiversity and importance of the place, as well as the monitoring of reforestation work for the purpose of conservation.

Keywords: ANP; Inland mangroves; Biodiversity; Balancán; Tenosique.

Hace 82 años, unos años después de fundarse la «Sociedad Botánica de México», Cyrus Longworth Lundell publica el libro “Flora of eastern Tabasco and adjacent Mexican areas” (Lundell, 1942); producto de 1,939 colectas realizadas desde mayo a julio por el botánico de origen japonés Eizi Matuda en los estados de Tabasco, parte de Campeche y Chiapas, que dieron como resultado un listado de casi 700 especies (figura 1). En esta obra, se cita la colecta «*Matuda 3329*» procedente de la comunidad de *La Palma*, una comunidad a orillas del Río San Pedro Mártir (RSPM), en el municipio de Tenosique, Tabasco. Esta colecta fue identificada como *Rhizophora mangle* L. conocida como «mangle rojo» quien se convertiría en la estrella de esta historia.

El libro pasó desapercibido debido a la escasa agrupación de estudiosos de la vegetación en México; el trabajo botánico de esa época se realizaba principalmente en el centro del país; en Tabasco después de la muerte de José Narciso Rovirosa (1901), los estudios eran prácticamente nulos. En años posteriores diversos autores mencionaron estos manglares en trabajos botánicos hechos en la región del RSPM; sin embargo, ningún trabajo profundiza sobre esta anormalidad biogeográfica. La Secretaría de Turismo del Estado incluso consideraba a los manglares como «un atractivo turístico» más de la región, que se sumó a la oferta de las zonas arqueológicas en la zona

El Proyecto «Flora riparia del Río San Pedro»

El Río San Pedro Mártir (RSPM), es considerado como una región hidrológica prioritaria, es un lugar donde se desarrollan procesos ecosistémicos importantes para toda la cuenca del Usumacinta. La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) reconoce tres zonas para conservación biológica; pese a ello es una zona

desconocida biológicamente, existiendo pocos estudios de la biodiversidad vegetal, específicamente en la sección del río dentro de la Reserva Estatal «Cascadas de Reforma»; cuenta con un área 5,748.35 hectáreas, decretada el 23 de noviembre del 2002 (Gobierno del Estado de Tabasco, 2002).

Ante la necesidad de conocer la biodiversidad de la zona, los investigadores Carlos Manuel Burelo Ramos y Jesús Manuel Ascencio Rivera, junto con estudiantes de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiología) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), en 2014 empezaron a realizar expediciones botánicas a lo largo de los 100 kilómetros que tiene el RSPM, recorriendo desde la región fronteriza con Guatemala en el municipio de Tenosique, hasta su desembocadura al Usumacinta en el municipio de Balancán.

Las constantes visitas al municipio de Balancán durante el 2015 por parte del equipo UJAT, despertaron el interés de Jorge Alberto Lezama Suárez, en ese entonces director del Instituto Tecnológico de los Ríos (ITSR), quien se sintió atraído para colaborar en la conservación y estudio del RSPM, por lo que gestiona la firma de un convenio de colaboración entre el ITSR y la UJAT (UJAT, 2015). Entre las características de dicho convenio, se apoya la contratación de la ecóloga Sayra Guadalupe Rodríguez Trinidad como técnico de campo, así como con recursos para continuar las colectas en la zona.

En este periodo, se sumaron a las expediciones estudiantes que estaban desarrollando sus trabajos de investigación respecto a diversas familias botánicas del Estado: Doris Córdova Córdova (Meliaceae), Ena Exaebel Córdova (Helechos), Marlon A. González Aguilar (Orquidaceae), Manuel Jesús Campos Díaz (Cactaceae) y Ana Karen Santiago Garduza (agua y suelo); alumnos dirigidos por el

profesor Burelo Ramos, en conjunto con los investigadores del ITSR, Elsy Segura Bertolini y Jesús Antonio Moguel Inzunza (fotografía 1). Este trabajo se extiende hasta el 2016, lográndose la colecta de más de 500 ejemplares que pertenecen a 365 especies botánicas y que hoy se encuentran resguardadas en el «Herbario UJAT».

Estos recorridos demostraron que el mangle rojo se encuentra distribuido a lo largo de casi 80 kilómetros del RSPM, desde la frontera con Guatemala hasta antes de las «Cascadas de Reforma», donde en algunos puntos forman una línea constante a lo largo del río, pero principalmente distribuidos como «manchones» de pocos individuos dispersos, inclusive desapareciendo en largas extensiones del río. Además, se pudo observar otros tipos de vegetación presentes en la zona, como lo son las selvas altas o mediana subperennifolia, selva alta perennifolia y diferentes agrupaciones de vegetación hidrófila; así como poder evaluar el estado de conservación que guarda cada una de ellas.

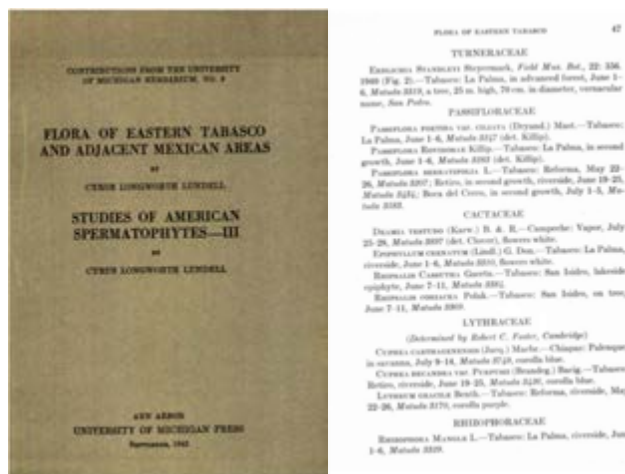


Figura 1. Portada de la publicación Cyrus Longworth Lundell (1942), donde se informa la colecta y primer reporte de *Rhizophora mangle*.

¡Las preguntas emergen!

Los manglares son la vegetación dominante del 70 % de la línea de costa en el trópico y subtrópico del mundo, donde las especies de mangle han desarrollado adaptaciones morfológicas, fisiológicas y reproductivas, las cuales les permiten colonizar zonas de agua salada, con poco suelo y que permanecen encharcadas (Lacerda & Schaeffer-Novelli, 1999).

La presencia del mangle en los márgenes del Río San Pedro Mártir (RSPM) no coincidía con lo expuesto sobre este tipo de ecosistemas, descritos en artículos y libros científicos, donde se mencionan que:

Los manglares en México se distribuyen en el interior de lagunas costeras y sistemas deltaicos de las costas del Golfo de México y del Océano Pacífico, con algunas lagunas costeras que poseen bocas efímeras que se abren durante la temporada de lluvias o por acción de los pescadores (López & Ezcurra, 2002).

Por lo que la presencia de mangle rojo en el RSPM representaba un misterio para los biólogos que visitaban la zona y para los mismos habitantes de la región. Es por ello por lo que se originaban preguntas obligadas como:

*¿Qué hacen estos mangles aquí?,
¿Cómo y cuándo llegaron? y
¿Cómo sobreviven lejos de la costa?*

Se elaboraron muchas hipótesis en torno a estas preguntas; por ejemplo, la participación de los mayas, quienes habitaron cerca de estos sitios, se les atribuía haberlos traído desde la costa. Otras señalaban la posibilidad de que el río estuviera conectado al mar mediante ríos subterráneos o que en algún punto del curso del río hubiera un banco de sal que alimentara y mantuviera con vida a estos mangles.



Fotografía 1. Colectas botánicas en diferentes etapas del proyecto «Flora riparia del Río San Pedro Mártir»; (Cortesía de Burelo Ramos).

El profesor Burelo Ramos se propuso despejar esta incógnita, responder estas inquietudes y dar a conocer al mundo sus resultados. Sin embargo, careciendo de los recursos y equipos necesarios, en el 2017 contactó al ecólogo y conservacionista Exequiel Ezcurra de la Universidad de California; le mostró los resultados parciales de sus investigaciones adjuntando imágenes de los manglares del RSPM. Tras varias discusiones, llegan a la conclusión de que están ante algo único e impresionante, contagiándolo de curiosidad por dar una respuesta a las preguntas sobre los manglares del RSPM. Es así como Exequiel Ezcurra decide invitar a varios especialistas al proyecto, entre ellos Octavio Aburto Oropeza, Paula Ezcurra, Felipe Zapata, Sula Vanderplank y Claudia Enríquez.

Durante los años 2018 y 2019, se llevan a cabo exploraciones de campo en diversos puntos del RSPM. El artista audiovisual, cineasta y comunicador de proyectos ecológicos Ben Fiscella es convocado para documentar el trabajo y los escenarios del RSPM. En estas expediciones siguen participando los tesisistas del profesor Burelo Ramos y se suma Neil Ebeth Meled Morales Rodríguez y William Álvarez Jiménez.

El auge de los manglares

Los manglares del Río San Pedro Mártir (RSPM) adquieren relevancia a nivel mundial a partir del año 2020, los resultados obtenidos cambian lo que se conocía sobre la distribución de estos ecosistemas en el mundo. Sin embargo, más allá de su importancia científica, se convierten en un claro indicador de los efectos del cambio climático a nivel global, lo que nos lleva a reflexionar sobre el futuro del planeta en medio de la crisis climática que estamos experimentando hoy en día.

El primer medio para la difusión de los resultados de las investigaciones fue en 2020 mediante la presentación del cortometraje «Memorias del futuro: el descubrimiento moderno de un ecosistema relicto» dirigido por Ben Fiscella, producido por Octavio Aburto y Paula Ezcurra (Fiscella, 2020).

Posteriormente, las observaciones se publicaron en la revista "Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)", con el artículo titulado "Relict inland mangrove ecosystem reveals last Interglacial Sea Levels" (Aburto-Oropeza, Burelo-Ramos, Ezcurra, Ezcurra, Henriquez, Vanderplank & Zapata, 2021).

Los resultados obtenidos en conjunto a lo que se ha investigado hasta el momento, permiten comenzar a responder algunas de las preguntas iniciales:

1. Los manglares del RSPM corresponden a los llamados «manglares interiores», definidos como poblaciones de manglares sin conexión directa con el mar o con conexiones intermitentes.

Estos poco representados en el mundo, forman parches en países como Australia, Antigua-Barbuda, Bahamas, Indonesia, India, Pakistán, Guatemala y México.

2. El manglar de la RSPM constituye un ecosistema relictico que se estableció en la zona de las «Cascadas de Reforma» hace aproximadamente 125,000 años. Esto ocurrió durante un fenómeno global en el que la Tierra experimentó un aumento de temperatura entre 4 y 6 °C, lo que elevó el nivel del mar hasta 9 metros. Se hipotetiza que en ese momento la línea de costa alcanzó las actuales «Cascadas de Reforma» en Balancán. Posteriormente, el mar retrocedió, dejando a los manglares del río San Pedro Mártir aislados, donde empezaron a reproducirse y establecerse a lo largo del río.
3. Esta población de mangle ha sobrevivido hasta nuestros días y son evidencia de un cambio climático global, además, son un recordatorio de que el mar podría volver a este territorio tierra adentro si no se toman acciones firmes contra el cambio climático.
4. Los manglares del RSPM se encuentran entre los más alejados de la costa en el mundo, ubicados entre 120 y 180 kilómetros en línea recta de la costa actual. Crecen en agua dulce, sin contacto con agua salada, y son de los manglares continentales situados a mayor altura sobre el nivel del mar, alcanzando los 47 metros.

Lo impactante y controvertida que sonaba la información, logro que la revista "National Geographic" publicara en la edición de agosto de 2022 el artículo «Los manglares de la selva: como un ecosistema del pasado nos obliga a reflexionar sobre el futuro»; dicho material difunde para la sociedad en general la historia de estos fascinantes manglares.



Fotografía 2. Trabajo de campo: estudiantes e investigadores nacionales e internacionales en la RBW; (Cortesía de Burelo Ramos).

La UJAT en esta etapa del proyecto

Desde el 2021, la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) se ha apropiado y comprometido con el estudio del Río San Pedro Mártir (RSPM) y asigna recursos al proyecto «Biodiversidad y conservación de los manglares interiores del Río San Pedro Mártir, como elementos para el desarrollo sostenible en Balancán y Tenosique, Tabasco, México».

Dentro de este proyecto, alumnos han estudiado diversos grupos biológicos, dentro de los cuales se incluyen a los hongos, aves, algas, mariposas (diurnas y nocturnas), libélulas, microbialitos (según Burne & Moore son estructuras organo-sedimentarias bentónicas formadas por la acreción, atrapamiento o precipitación mineral mediada por actividad microbiana) y epífitas, junto a investigadores de: El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Instituto de Ecología (INECOL A.C.), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Universidad Nelson Mandela ("Nelson Mandela University" de Sudáfrica), y por supuesto la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBioI-UJAT), (fotografía 2). Esos resultados son prueba del compromiso con la formación de recursos humanos y el impulso a los estudios y la difusión de estos.

Además, tal difusión promovió que investigadores nacionales e internacionales mostraran interés en la zona de los manglares; iniciando así una etapa de colaboración, en la cual se están desarrollando trabajos multidisciplinarios, tales como la fisiología del mangle rojo (*Rhizophora mangle*); la paleobotánica del área ocupada por los manglares; bacterias asociadas a las raíces de los mangles, y estudios de microbialitos en los diques del RSPM.

La gestación de Wanha'

Las noticias sobre la importancia de los manglares del Río San Pedro Mártir (RSPM) llegaron al presidente de la república, Andrés Manuel López Obrador; cuando el 01 de agosto del 2022 la fotodocumentalista Elideth Fernández presentó los resultados de las investigaciones durante la conferencia matutina y cuestionó al presidente sobre el futuro de este importante territorio.

En respuesta, él mencionó que se evaluarían los hallazgos y dejó abierta la posibilidad de incluirlos en el programa de áreas naturales protegidas (ANP). Días después, la directora de conservación de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), Gloria Tavera Alonso, contacta al profesor Burelo Ramos para iniciar a trabajar en la estructuración de un plan para la declaración de ANP en la zona.

En junio del mismo año, el rector de la UJAT, Guillermo Narváez Osorio, junto con un grupo de académicos de la DACBiol-UJAT así como de personal de la CONANP, se reúnen para oficializar la colaboración y llevar a cabo el «Estudio previo justificativo necesario para la declaración del Área Natural Protegida del RSPM». En esta misma reunión, se propuso por primera vez, el nombre de «Wanha'» para esta reserva y el cual proviene del nombre original en lengua maya de río: "wan" que

significa codorniz, y "ha" que significa agua o río, traduciéndose así como «El río de las codornices» (Bernal, 2023). Este encuentro marcó el inicio de una serie de colaboraciones entre la UJAT y la CONANP.

En abril del 2023 se completó y publicó el estudio previo justificativo para la declaración del ANP de Wanha'; en junio comenzaron las consultas públicas en las comunidades que integran el área de influencia respecto a la propuesta del establecimiento del polígono del ANP. Estas consultas tenían como objetivo informar a los pobladores sobre las implicaciones de declarar el RSPM y sus alrededores como ANP, para permitirles decidir si estaban de acuerdo con esta disposición del gobierno federal.

El Nacimiento del ANP

El 01 de septiembre del 2023, la historia de la conservación ambiental vio nacer a Wanha', este fue un hito significativo en Tabasco y México.

79 años después del descubrimiento de los manglares por Eizi Matuda, nueve años posteriormente a las primeras exploraciones botánicas realizadas por investigadores y alumnos a lo largo del Río San Pedro Mártir (RSPM), y a un año después de que la CONANP y la UJAT iniciaran sus trabajos en conjunto, se publica en el Diario Oficial de la Federación el decreto por el cual se declara ANP con el carácter de Reserva de la Biosfera la zona conocida como Wanha', con superficie que abarca a los municipios de Balancán y Tenosique en el estado de Tabasco (Presidencia de los Estados Unidos Mexicanos, 2023). Wanha' cuenta con tres zonas núcleo:

1. Laguna «El Cacahuate», muy cercana a la frontera con Guatemala; en sus orillas se encuentra la mayor área de mangle, pero rodeada de actividad ganadera.

2. Laguna «Ensenada Grande», una gran área de humedal, con una gran diversidad de aves y plantas acuáticas.
3. «Santuario de las Garzas», área de humedales y zona de vegetación riparia que sirve de área de anidación de una gran diversidad de aves.

Este logro es destacable por el tiempo récord en que se hizo la declaración de la ANP en México, a partir de un descubrimiento científico.

Con este decreto, se cierra un ciclo de arduas investigaciones y se abre una nueva etapa de estudio, pero sobre todo, una nueva fase dedicada a la restauración, protección y conservación de este territorio, así como a la difusión de los resultados obtenidos dentro de las comunidades que abarcan Wanha' (fotografía 3).

Al rescate de Wanha'

El mangle rojo (*R. mangle*), especie emblemática de la Reserva de la Biosfera de Wanha' (RBW), no solo es un testigo de un periodo de la historia de la Tierra, sino que también posee un valor ecológico incalculable.

Lamentablemente, su población en las orillas del Río San Pedro Mártir (RSPM) ha disminuido, debido a incendios naturales o provocados, así como a la expansión de actividades como la agricultura y la ganadería. El problema surge porque los pobladores se veían afectados por las raíces de los mangles, las cuales formaban barreras que impedían el acceso del ganado al agua, por lo que los ganaderos se dedicaron a eliminar sistemáticamente estos árboles y convertirlos en cenizas.



Fotografía 3. Vistas panorámicas de Wanha'; (Cortesía de Burelo Ramos).

Desde mayo del 2023, la UJAT, en colaboración con las empresas «REPSOL» y «SLB», han emprendido acciones para restaurar este ecosistema vital. Se han establecido 10 viveros en los márgenes del RSPM, los cuales son gestionados por los habitantes de las comunidades locales. En estos viveros se han producido y plantado 60,000 plantas en los márgenes del RSPM, lo que representa un logro significativo, resultado de la unión y dedicación entre la universidad, las empresas petroleras y los pobladores.

Este proyecto no solo está enfocado en la restauración del ecosistema de manglar, sino que también ha contribuido al conocimiento de la biodiversidad de la RBW, ya que ha brindado recursos para el estudio de abejas y mariposas nocturnas, apoyado con la continuación del estudio de aves, plantas y mariposas diurnas.

Todos estos esfuerzos no solo enriquecen nuestra comprensión de la biodiversidad local, sino que también sientan las bases para futuros planes de desarrollo ecoturístico en la zona, generando así un mayor valor para este invaluable ecosistema.

El futuro de Wanha'

Las acciones que se deben de poner en marcha en la Reserva de la Biosfera Wanha' (RBW) para que sea un proyecto funcional con un futuro a largo plazo, son tres:

1. Convertir el territorio en un espacio de investigación científica, es decir, seguir generando información sobre su biodiversidad, así como todas aquellas que conduzcan a conservar las especies y sus hábitats, integrando el saber tradicional de las comunidades locales con el conocimiento científico.

En Wanha' sus habitantes han desarrollado a lo largo de generaciones, una profunda serie de saberes de los ecosistemas que habitan, así como de la ecología y biología de las especies con las que comparten territorio; un ejemplo particular es el caso de los robalos (*Centropomus undecimalis*, *Centropomus poeyi*), donde los habitantes conocen los periodos en que «bajan», y lo que ha provocado que su captura haya llevado a la sobreexplotación. Ahora esta información debe redirigirse, entenderse y ampliarse por la academia para hacer una planeación de actividades como la pesca.

2. Se hace necesario establecer un programa de conservación y protección de los ecosistemas y especies de Wanha'. Para ello, se requiere la aplicación de la legislación ambiental de manera inmediata, principalmente, en lo que respecta a las técnicas de pesca comercial empleadas, el cambio de uso del suelo y contaminación de los cuerpos de agua; así mismo se hace necesario un programa de reforestación y sobre todo una estrategia de prevención y combate a incendios forestales.

De igual manera urge implementar acciones de educación ambiental en los diversos grados escolares, entre pescadores y ganaderos; esto con la finalidad de que la sociedad tome

conciencia sobre la realidad global del planeta a través de la enseñanza y sensibilización sobre la importancia del medio ambiente. Este programa de educación deberá tener como meta fomentar valores y actitudes que promuevan la utilización y conservación de forma racional de los recursos naturales, así como la búsqueda de soluciones a los numerosos problemas ambientales que se producen en Wanha'. Igualmente, debe contar como meta que, a corto y largo plazo, que las generaciones futuras desarrollen un estilo de vida más sensible con el medio ambiente.

3. Generar e implementar prácticas que equilibren las necesidades humanas con la conservación del medio ambiente, como el ecoturismo principalmente. La llegada de turistas a la RBW es inevitable, gracias a la coyuntura que tiene Wanha' con el proyecto del «Tren Maya», donde tiene cercanas dos estaciones: «Boca del Cerro» (Tenosique) y «El Triunfo» (Balancán).

El ecoturismo puede contribuir a la conservación del lugar y mantener la integridad de estos ecosistemas, por lo que, actividades como la tala ilegal o la caza furtiva pueden erradicarse. Entre las operaciones ecoturísticas que abren la puerta a oportunidades de captación de recursos económicos en la región podrían ser (entre otras):

- Caminatas en zonas como *Cascadas de Reforma*, *Santa Elena*, *San Miguel Sacaolas*.
- Observación de aves en el *Santuario de las Garzas y La Palma*.
- Canotaje (kayaks) de *Provincia* a *Cascadas de Reforma* o de *San Miguel Sacaolas* al *Tinto*.
- Viajes o excursiones fotográficas en la mayoría de los sitios.
- Pesca deportiva en *La Palma* o *San Pedro*.

Todas estas actividades deben ser desarrolladas por los habitantes de la zona, por lo que la capacitación y formación de guías es otra oportunidad en donde la

UJAT puede contribuir en el desarrollo de las comunidades; esto a partir de la transferencia de conocimiento que se ha generado sobre el sitio, y no desde los salones de clase (no solo a los alumnos), sino directamente en la zona y hacia los habitantes de las comunidades; un reto en donde los investigadores de la UJAT tienen en la mira.

Conclusión

Wanha' es la segunda reserva de la biosfera y la tercera área natural protegida de índole federal en el estado de Tabasco. Su territorio es continuo con el «Área Natural de Protección de Flora y Fauna Cañón del Usumacinta» y de lado de Guatemala con los dos parques con mayor extensión de ese país, el «Parque Nacional Sierra del Lacandón» y el «Parque Nacional Laguna del Tigre»; los cuales forman parte de la Reserva de la Biosfera Selva Maya (Carr, 2000). Por lo que a mediano plazo se deben realizar proyectos multidisciplinarios que involucren a los dos países, y su futuro depende de la voluntad política de ambas naciones, de la inversión en su gestión, su estudio y, sobre todo, el compromiso de la sociedad en su conservación.

Wanha' es un territorio protegido por su biodiversidad y su concepción está ligada al trabajo de investigación-académico generado desde la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT); lo cual brinda a los universitarios una gran satisfacción y que conlleva –de la misma manera– a una gran responsabilidad ante la sociedad en cuanto a su protección, estudio, conservación y, sobre todo, nos obliga a desarrollar operaciones que aseguren la participación y el beneficio equitativo de las comunidades locales.

Agradecimientos

A las empresas REPSOL y SLB por su apoyo a los programas de rescate del mangle rojo (*Rhizophora*

mangle), el cual pretende devolver la majestuosidad a los márgenes del Río San Pedro Mártir; igualmente por el soporte para continuar con los estudios y persistir en conocer la biodiversidad de la zona. A María Eugenia Molina Paniagua, por revisar este manuscrito y corrección de referencias citadas.

A la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) por el sustento al desarrollo de las investigaciones en Wanha'. Pero, ante todo, a los habitantes de las comunidades de Wanha', quienes se han sumado al estudio, rescate y conservación de su territorio.

Referencias

Aburto-Oropeza, O.; Burelo-Ramos, C.M.; Ezcurra, E.; Ezcurra, P.; Henriquez, C.L.; Vanderplank, S.E. & Zapata, F. (2021). Relict inland mangrove ecosystem reveals Last Interglacial sea levels. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(41): e2024518118. <https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.2024518118>

Bernal Romero, G. (2023). Desciframiento del glifo emblema de Santa Elena, Tabasco. Apuntes históricos sobre un señorío maya del río San Pedro Mártir. *Arqueología Mexicana*, 29(178): 68–75. Versión corta disponible en <https://arqueologiamexicana.mx/mexico-antiguo/el-glifo-emblema-de-santa-elena-tabasco>

Burne, R.V. & Moore, L.S. (1987). Microbialites: organosedimentary deposits of benthic microbial communities. *PALAIOS*, 2(3): 241. <https://doi.org/10.2307/3514674>.

Carr, D.L. (2000). Un perfil socio-económico y demográfico del Parque Nacional Sierra de Lacandon: desafíos y caminos a la conservación. En Grunberg, J. (Ed.), *Nuevas Perspectivas de Desarrollo Sostenible* (pp. 93–106). Guatemala: The Nature Conservancy (TNC); Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) & Consejo Nacional de Áreas Protegidas de la Presidencia de la República de Guatemala (CONAP).

Fiscella, B. (2020, diciembre 22). *Memorias del futuro: el descubrimiento moderno de un ecosistema relictado* (cortometraje | benfiscella). [Vimeo - Web]. Disponible en <https://vimeo.com/493923605>

Gobierno del Estado de Tabasco. (2002, noviembre 23). Declaración de Área Natural Protegida de Jurisdicción Estatal «Cascadas de Reforma», clasificada como Reserva Ecológica en el municipio de Balancán Tabasco (No. 17432; pp. 3.9-48). *Periódico Oficial del Estado - Secretaría de Gobernación* [Web]; Secretaría de Desarrollo Social y Protección del Medio Ambiente (SEDESPA). Consultado el 27 de junio de 2024, en <https://tabasco.gob.mx/decretos-y-programas-de-manejo-anp>

Lacerda L.D., & Schaeffer-Novelli. (1999). Mangroves of Latin America: the need for conservation and sustainable utilization. En Yáñez-Arancibia, A. & Lara-Domínguez, A.L. (Eds.). *Ecosistemas de Manglar en América Tropical* (pp. 5–8). Instituto de Ecología A.C. México, UICN/ORMA, Costa Rica. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/126738751/Cap-2>

López Portillo, J. & Ezcurra, E. (2002). Los manglares de México: una revisión. *Madera y Bosques (número especial)*, 8(1): 27–51. <https://doi.org/10.21829/myb.2002.801290>

Lundell, C.L. (1942). Flora of Eastern Tabasco and adjacent Mexican areas. *Contributions from the University of Michigan Herbarium*, 8: 5–74. Consulted on May 4, 2024, at <https://www.biodiversitylibrary.org/part/186241>

Presidencia de los Estados Unidos Mexicanos. (2023, septiembre 01). DECRETO por el que se declara área natural protegida Wanha', con el carácter de reserva de la biosfera, la superficie de 38,255-64-17.76 hectáreas, ubicada en los municipios de Balancán y Tenosique, estado de Tabasco (segunda publicación). *Diario Oficial de la Federación - Secretaría de Gobernación* [Web]; Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT); Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU). Consultado el 30 de junio de 2024, en https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5700709&fecha=01/09/2023#gsc.tab=0

UJAT (Universidad Juárez Autónoma de Tabasco). (2015, febrero). Realizarán proyecto para preservar ecosistemas en el río San Pedro. *Noticias – UJAT* [Web]. Consultado el 15 de mayo de 2024, en <https://www.ujat.mx/Noticias/Interior/21750>

LOS MANGLARES COMO HOLOBIONTES Y OTRAS HISTORIAS DEL MAR

MANGROVES AS HOLOBIONTS AND OTHER SEA STORIES

Diego Montes Gabriel¹, Mariana B. Becerril Jiménez², Enrique Hernández Martínez³ & Mirna Vázquez Rosas Landa^{4✉}

¹Estudiante de Licenciatura en Ciencias Genómicas de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); partícipe de investigaciones en bioelectroquímica, biorremediación, evolución experimental y metagenómica. En el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMyL-UNAM) realiza su tesis sobre el microbioma de manglar contaminado con petróleo y microplásticos, así como la capacidad de este para la degradación de hidrocarburos. ²Estudiante de Ingeniería Biológica en la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM); realiza una estancia en el ICMyL-UNAM, investigando el ciclo del carbono en metagenomas de manglar. ³Ilustrador mexicano y biólogo por la UNAM, colaborador en publicaciones educativas y de divulgación; expositor de arte naturalista. ⁴Doctora por el Instituto de Ecología de la UNAM; investigadora del ICMyL-UNAM; su atención se centra al estudio de las comunidades microbianas de los ecosistemas marinos, su distribución y papel en la biogeoquímica de la Tierra, utilizando enfoques computacionales y experimentales.

Unidad Académica de Ecología y Biodiversidad Acuática, del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMyL); Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); Circuito Exterior S/N, Ciudad Universitaria; Delegación Coyoacán; C.P. 04510. Ciudad de México; México.

✉ mvazquez@cmarl.unam.mx

 0000-0002-6928-7930

Como referenciar:

Montes Gabriel, D.; Becerril Jiménez, M.B.; Hernández Martínez, E. & Vázquez Rosas Landa, M. (2024). Los manglares como holobiontes y otras historias del mar. *Kuxulkab'*, 30(68): e6388, septiembre-diciembre. <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a30n68.6388>

Disponible en:

<https://revistas.ujat.mx> | <https://revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab>
<https://revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab/article/view/6388>

DOI:

<https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a30n68.6388>

Resumen

Los manglares son ecosistemas complejos y muy importantes ya que ofrecen protección costera, captura de carbono y proporcionan hábitat para tiburones, rayas, crustáceos, peces entre otros, es por esto que pueden representar auténticos holobiontes, entidades formadas por plantas, animales y una comunidad microbiana interdependiente que ha coevolucionado durante millones de años. Los microbios desempeñan roles cruciales como la fijación de nitrógeno y la solubilización de nutrientes, tanto para las plantas como para el ecosistema entero. Comprender los manglares como holobiontes es esencial para apreciar su complejidad y tomar decisiones informadas sobre su conservación, esta perspectiva holística puede aplicarse a otros ecosistemas promoviendo una gestión ambiental más efectiva y una mejor comprensión de la vida.

Palabras clave: Manglar; Holobionte; Microbioma; Conservación; Ecosistema.

Abstract

Mangroves are complex and very important ecosystems as they offer coastal protection, carbon sequestration and provide habitat for sharks, rays, crustaceans, fish and others, which is why they may represent true holobionts, entities formed by plants, animals and an interdependent microbial community that has co-evolved for millions of years. Microbes play crucial roles such as nitrogen fixation and nutrient solubilization for both plants and the entire ecosystem. Understanding mangroves as holobionts is essential to appreciate their complexity and make informed decisions about their conservation; this holistic perspective can be applied to other ecosystems promoting more effective environmental management and a better understanding of life.

Keywords: Mangrove; Holobiont; Microbiome; Conservation; Ecosystem.

¿Sabías que los seres vivos no son solo individuos, sino comunidades de organismos que cooperan para sobrevivir y prosperar?. En el caso de los manglares, estos forman asociaciones con organismos y microorganismos que colaboran para desarrollarse y mantenerse sanos. Comprender cómo cada uno de estos organismos es fundamental para los demás nos permite gestar una conservación más integral de los manglares, un ecosistema vital por su alta biodiversidad y su capacidad como sumidero de carbono. Al almacenar más carbono del que libera a la atmósfera, los manglares contribuyen a la reducción de los niveles de dióxido de carbono (CO₂) y a la regulación del clima global (Zhang, Guo & Li, 2013; Segaran, Azra, Lananan, Burlakovs, Vincevica-Gaile, Rudovica, Grinfelde, Rahim & Satyanarayana, 2023).

En este texto, analizamos qué son los holobiontes, por qué los manglares con su microbioma son holobiontes y planteamos la hipótesis que este ecosistema está compuesto por múltiples holobiontes distintos.

¿Qué es un holobionte?

Lynn Margulis propuso el término al sugerir que las células eucariotas evolucionaron mediante la simbiosis entre bacterias independientes, lo que permitió la creación de seres más complejos (Sagan, 1967). En 1991 Margulis definió los «holobiontes» como organismos compuestos por un macroorganismo y sus simbioses (bacterias, hongos, virus, etcétera), que coevolucionan y dependen entre sí (Margulis & Fester, 1991).

Esta simbiosis es tan exitosa que los organismos se especializan en funciones complementarias (Bosch & Miller, 2016), y en algunos casos, los genomas se intercambian entre hospedador y huésped (Roughgarden, 2023), lo que crea una unidad

ecológica única e interdependiente (Salvucci, 2016; Skillings, 2016; Singh, Liu & Trivedi, 2020).

La simbiosis: el coral como un ejemplo

Los holobiontes están en todas partes. Muchos organismos, como los corales, los seres humanos o los líquenes se estudian como holobiontes, no como macroorganismos individuales.

Profundicemos un poco más en los corales, que es lo más cercano a un ecosistema como el manglar; desde finales del siglo pasado, se descubrió que los corales son entidades simbióticas formadas por múltiples microorganismos y el coral (Rowan, 1998), principalmente las microalgas de la familia Symbiodiniaceae que proporcionan entre el 75 y 90 % de sus nutrientes, así como su característico color marrón. Esta simbiosis data de hace 240 millones de años, y ha sido clave en la formación de los arrecifes de coral (Lajeunesse, Parkinson, Gabrielson, Jeong, Reimer, Voolstra & Santos, 2018). Además, el moco de coral es esencial no sólo para su nutrición, sino también para la colonización de nuevas especies coralinas, al contener millones de bacterias beneficiosas que las nuevas colonias pueden incorporar (Wild, Woyt & Huettel, 2005; Ritchie, 2006). El microbioma coralino se encuentra principalmente en la dermis, donde forma el moco protector, y en la mesodermis, donde bacterias, hongos y arqueas contribuyen al ciclo del nitrógeno y al crecimiento mediante la disposición de carbonato de calcio (Thompson, Rivera, Closek & Medina, 2015; Cárdenas, Ye, Ziegler, Payet, McMinds, Vega & Voolstra, 2020).

Comprender a los corales como holobiontes ha revolucionado la conservación de los arrecifes, antes se consideraba al coral como un organismo único, ahora al descubrir que son una compleja asociación entre un animal y algas microscópicas, se ha podido

abordar la conservación de manera más integral (Doering, Maire, van Oppen & Blackall, 2023). Esta perspectiva permite entender mejor fenómenos como el blanqueamiento, que ocurre cuando las algas abandonan al coral debido al estrés ambiental (Helgoe, Davy, Weis & Rodriguez-Lanetty, 2024). Al conocer esta relación simbiótica, los científicos pueden diseñar estrategias de conservación más efectivas, como seleccionar especies de algas más resistentes al cambio climático o manipular las condiciones ambientales para favorecer la recolonización de las algas (Scott, 2024).

Manglar como unidad ecológica

Los manglares prosperan en la interfaz entre el mar y la tierra, adaptándose a la salinidad y protegiendo las costas con sus raíces y troncos, que actúan como barreras naturales contra inundaciones, erosión, tormentas y maremotos (tsunamis). Además, son capaces de capturar grandes cantidades de dióxido de carbono, contribuyendo a mitigar el cambio climático (Primavera, Friess, Van Lavieren & Lee, 2019; Alongi, 2020; Liu, Zhai & Gu, 2023).

Clave en estos procesos son los microorganismos, por tanto, los manglares y su microbiota forman un holobionte, interactuando en sinergia tras millones de años de coevolución (Yu, Tu, Liu, Peng, Wang, Xiao, Lian, Yang, Hu, Yu, Qian, Wu, He, Shu, He, Tian, Wang, Wang, Wu, Huang, He, Yan & He, 2023). Esta relación simbiótica beneficia a ambos, permitiéndoles realizar funciones esenciales como la fijación de nitrógeno, descomposición de materia orgánica y protección costera. Cambios en la composición microbiana pueden afectar significativamente la salud del ecosistema (Scherer, Mason & Mast, 2022). La comunidad microbiana varía según factores como la edad del bosque, la materia orgánica, la salinidad y la bioturbación (Sarker, Masud-Ul-Alam, Hossain, Rahman & Sharifuzzaman, 2021).

Los manglares más antiguos y con mayor materia orgánica albergan comunidades microbianas más diversas, mientras que los sedimentos arcillosos y la baja bioturbación favorecen la estabilidad microbiana. La relación entre los manglares y sus microbios es mutuamente beneficiosa: las plantas modifican el suelo, creando un ambiente favorable para los microbios, que a su vez transforman nutrientes esenciales como los mucopolisacáridos (Holguin, Guzman & Bashan, 1992).

Las cianobacterias y diazotrofos, como *Azospirillum* sp., se asocian con las raíces y aceleran el crecimiento mediante la fijación de nitrógeno (Hossain, Siddique, Abdullah, Saha, Ghosh, Rahman & Limon, 2013). Hongos y bacterias liberan nutrientes y modifican el pH del suelo, facilitando la absorción por las plantas, que les proporcionan exudados ricos en energía (Maria, Sridhar & Raviraja, 2005; Rajendran & Kathiresan, 2007).

Se ha demostrado que la fijación de nitrógeno ocurre tanto en las raíces subterráneas como en las aéreas de los manglares, aumentando durante la marea o la lluvia (Alvarenga, Rigonato, Branco & Fiore, 2015). Además, los microbios desempeñan un papel en la solubilización de minerales y la producción de ácidos orgánicos que liberan nutrientes para las plantas (Holguin, Vazquez & Bashan, 2001). Un estudio demostró que la inoculación de hojas de *Avicennia* — un género de árbol de mangle— con bacterias fijadoras de nitrógeno y solubilizadoras de fosfato duplicó la absorción de nitrógeno (Vazquez, Holguin, Puente, Lopez-Cortes & Bashan, 2000). En Australia Occidental, se ha observado que la reducción de sulfato está correlacionada con la productividad de los manglares, evidenciando la interacción entre árboles y suelo anaeróbico (Alongi 2005).

Además, los manglares son hábitats naturales de una gran variedad de macroorganismos, entre los más llamativos se encuentran los tiburones y rayas

(elasmobranquios), que mantienen una fuerte relación ecológica con estos ecosistemas (Knip, Heupel & Simpfendorfer, 2010). Muchas especies de tiburones y rayas inician su vida en los manglares y regresan al crecer, ya que ofrecen refugio y protección contra depredadores más grandes y altas temperaturas (Heupel, Kanno, Martins & Simpfendorfer, 2018; Hammerschlag, Morgan & Serafy, 2010).

Los manglares también les proporcionan alimento directo e indirecto (Crossin, Heupel, Holbrook, Hussey, Lowerre-Barbieri, Nguyen, Raby & Cooke, 2017; Davy, Simpfendorfer & Heupel, 2015). A su vez, tiburones y rayas benefician a los manglares al translocar nutrientes y minerales, ayudando a mantener el equilibrio trófico y controlando las poblaciones de presas (Kneib, 2002; Shipley, Matich, Hussey, Brooks, Chapman, Frisk, Guttridge, Guttridge, Howey, Kattan, Madigan, O'Shea, Polunin, Power, Smukall, Schneider, Shea, Talwar, Winchester, Brooks & Gallagher, 2023). Las rayas, además, realizan bioturbación al modificar el suelo mientras cazan y se refugian, lo cual es esencial para el flujo hídrico adecuado en los manglares (O'Shea, Thums, van Keulen & Meekan, 2012; Pérez-Ceballos, Zaldívar-Jiménez, Canales-Delgadillo, López-Adame, López-Portillo & Merino-Ibarra, 2020). Además, una mayor bioturbación se asocia con mayor diversidad microbiana (Bertics & Ziebis, 2009).

Estas interacciones mutuas entre macroorganismos refuerzan la idea de que todos los seres vivos y su entorno están interconectados en un ecosistema y es muy posible que estos otros macroorganismos albergan una microbiota que se conecte a este sistema (figura 1).



Figura 1. Representación de las interacciones entre organismos que cohabitan el manglar y su microbiota; (Ilustración de Enrique Hernández Martínez).

Impacto de los manglares a nivel global

Los manglares, a través de su crecimiento y la acción de microorganismos, capturan, transforman y almacenan dióxido de carbono (CO₂) en sedimentos costeros durante largos períodos.

También exportan carbono orgánico de la zona costera al océano, lo que es crucial para prevenir la erosión costera y el entierro de carbono orgánico (Zhang, Thompson & Townend, 2023; Adame, Cormier, Taillardat, Iram, Rovai, Sloey, Yando, Blanco-Libreros, Arnaud, Jennerjahn, Lovelock, Friess, Reithmaier, Buelow, Muhammad-Nor, Twilley & Ribeiro, 2024); ya que la exportación de carbono orgánico por parte de los manglares inicia una serie de procesos biológicos que favorecen la estabilización de los sedimentos costeros, aumentando la cohesión de los sedimentos, esto

gracias a los “biofilms” que sirven como «pegamento» (Zhang *et al.*, 2023), y al crear estructuras biológicas que protegen la línea de costa, tal como las raíces de los manglares (Alongi, 2014).

El calentamiento global amenaza gravemente la biosfera, según el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), el aumento de la concentración de gases de efecto invernadero es la principal causa del calentamiento global, lo que provoca incendios forestales, huracanes, inundaciones, calor extremo, pérdida de biodiversidad y destrucción de ecosistemas naturales (Frame & Stone, 2013).

Esto subraya que, aunque los manglares son importantes localmente como hábitats, también tienen un impacto significativo en la salud global del planeta. Además, influyen en la economía de las comunidades que dependen de ellos, como la pesca, el turismo y la extracción de madera (Alongi, 2014; Fajriyah, 2024). Los manglares también son esenciales para la investigación científica, ayudando a comprender y conservar otros ecosistemas complejos de nuestro planeta.

Conclusión

Comprender los manglares como holobiontes — complejas comunidades de organismos que interactúan entre sí— nos brinda una perspectiva integral para su conservación, al reconocer que estos ecosistemas son mucho más que la suma de sus partes, podemos diseñar estrategias de manejo más efectivas y sostenibles, analizando las intrincadas relaciones entre las plantas, los animales y los microorganismos que conforman los manglares, podemos identificar las vulnerabilidades y fortalezas de estos ecosistemas frente a los desafíos ambientales, como el cambio climático; por ejemplo, al estudiar el microbioma del manglar, descubrimos una comunidad de microorganismos que

desempeñan un papel crucial en la salud y resiliencia de estos ecosistemas, supongamos que estas comunidades microbianas pueden ayudar a las plantas de mangle a tolerar condiciones de estrés, como la salinidad y la inundación, y a secuestrar carbono de la atmósfera de una manera más efectiva.

Esta visión holística nos permite abordar la conservación de los manglares desde múltiples ángulos: por ejemplo la restauración ecológica se beneficia enormemente de este enfoque; al comprender las interacciones entre los componentes del holobionte, podemos diseñar estrategias de restauración más efectivas, como la reintroducción de especies clave o la manipulación de las comunidades microbianas, también el manejo de enfermedades en los manglares se vuelve más preciso cuando se considera el contexto del holobionte, al reconocer que las enfermedades a menudo son el resultado de desequilibrios en estas interacciones complejas, podemos desarrollar tratamientos más específicos y preventivos.

El monitoreo de la salud de los ecosistemas de manglar también se beneficia del enfoque holobionte, al identificar indicadores biológicos sensibles a los cambios ambientales, como la composición del microbioma o la abundancia de especies clave, podemos detectar tempranamente los impactos de las perturbaciones y tomar medidas correctivas a tiempo.

También es extremadamente importante concientizar a la población sobre el uso sostenible de los recursos de los manglares, como limitar la pesca excesiva, no usar la madera del mangle en exceso, o hacer lo posible por evitar la contaminación de los manglares; todas estas son actividades cruciales para mantener el equilibrio del ecosistema. Otras acciones comunitarias o académicas para la conservación puede ser la creación de áreas

naturales protegidas (ANP), como el caso de la recién decretada Reserva de la Biosfera Wanha' (RBW) en colaboración con la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT); esta área es fundamental para preservar tales ecosistemas únicos, especialmente los manglares interiores, que son un ejemplo de resiliencia y adaptabilidad, ya que como sabemos los manglares se desarrollan en aguas salobres — interacción de agua dulce y salada— mientras que los manglares presentes en la ANP son enteramente de agua dulce, lo que la vuelve un área de estudio sumamente interesante (Montejo, 2023; Spalding, Kainuma & Collins, 2010).

La visión holobionte no solo es aplicable a los manglares, sino que puede extenderse a otros ecosistemas, promoviendo una gestión ambiental más efectiva y sostenible. En un mundo donde la biodiversidad enfrenta múltiples amenazas, adoptar enfoques holísticos como el holobionte es crucial para la conservación de los ecosistemas y el bienestar de las generaciones presentes y futuras.

Referencias

Adame, M.F.; Cormier, N.; Taillardat, P.; Iram, N.; Rovai, A.; Sloey, T.M.; Yando, E.S.; Blanco-Liberos, J.F.; Arnaud, M.; Jennerjahn, T.; Lovelock, C.E.; Friess, D.; Reithmaier, G.M.S.; Buelow, C.A.; Muhammad-Nor, S.M.; Twilley, R.R. & Ribeiro, R.A. (2024). Deconstructing the mangrove carbon cycle: gains, transformation, and losses. *Ecosphere*, 15(3): e4806. <https://doi.org/10.1002/ecs2.4806>

Alongi, D.M. (2005). Mangrove–microbe–soil relations. In: Kistensen, E.; Haese, R.R. & Kostka, J.E. (Eds.); *Interactions between macro- and microorganisms in marine sediments* (pp. 85-103). American Geophysical Union as part of the Coastal and Estuarine Studies. <https://doi.org/10.1029/CE060p0085>

Alongi, D.M. (2014). Carbon cycling and storage in mangrove forests. *Annual Review of Marine Science*, 6: 195–219. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010213-135020>

Alongi, D.M. (2020). Carbon cycling in the World's mangrove ecosystems revisited: significance of Non-Steady state diagenesis and subsurface linkages between the forest floor and the coastal ocean. *Forests*, 11(9): 977. <https://doi.org/10.3390/f11090977>

Alvarenga, D.O.; Rigonato, J.; Branco, L.H.Z., & Fiore, M.F. (2015). Cyanobacteria in mangrove ecosystems. *Biodiversity and Conservation*, 24: 799–817. <https://doi.org/10.1007/s10531-015-0871-2>

Bertics, V.J. & Ziebis, W. (2009). Biodiversity of benthic microbial communities in bioturbated coastal sediments is controlled by geochemical microniches. *The ISME Journal*, 3: 1269–1285. <https://doi.org/10.1038/ismej.2009.62>

Bosch, T.C.G. & Miller, D.J. (2016). *The holobiont imperative: perspectives from early emerging animals* (p. 155). Springer Vienna. eBook ISBN 978-3-7091-1896-2. <https://doi.org/10.1007/978-3-7091-1896-2>

Cárdenas, A.; Ye, J.; Ziegler, M.; Payet, J.P.; McMinds, R.; Vega Thurber, R. & Voolstra, C.R. (2020). Coral-associated viral assemblages from the central Red Sea align with host species and contribute to holobiont genetic diversity. *Frontiers in Microbiology*, 11: 572534. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.572534>

- Crossin, G.T.; Heupel, M.R.; Holbrook, C.M.; Hussey, N.E.; Lowerre-Barbieri, S.K.; Nguyen, V.M.; Raby, G.D.; & Cooke, S.J.** (2017). *Acoustic telemetry and fisheries management. Ecological Applications*, 27(4): 1031–1049. <https://doi.org/10.1002/eap.1533>
- Davy, L.E.; Simpfendorfer, C.A. & Heupel, M.R.** (2015). Movement patterns and habitat use of juvenile mangrove whiprays (*Himantura granulata*). *Marine & Freshwater Research*, 66(6): 481–492. <https://doi.org/10.1071/MF14028>
- Doering, T.; Maire, J.; van Oppen, M.J.H. & Blackall, L.L.** (2023). Advancing coral microbiome manipulation to build long-term climate resilience. *Microbiology Australia*, 44(1): 36–40. <https://doi.org/10.1071/MA23009>
- Fajriyah, N.** (2024). Community-Based blue economy development in Mangrove Ecosystems (Case study in the Segara Anakan Lagoon, Cilacap Regency). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1314: 012055. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1314/1/012055>
- Frame, D.J. & Stone, D.A.** (2013). Assessment of the first consensus prediction on climate change. *Nature Climate Change*, 3: 357–359. <https://doi.org/10.1038/nclimate1763>
- Hammerschlag, N.; Morgan, A. & Serafy, J.E.** (2010). Relative predation risk for fishes along a subtropical mangrove–seagrass ecotone. *Marine Ecology Progress Series*, 401, 259–267. <https://doi.org/10.3354/MEPS08449>
- Helgoe, J.; Davy, S.K.; Weis, V.M. & Rodriguez-Lanetty, M.** (2024). Triggers, cascades, and endpoints: connecting the dots of coral bleaching mechanisms. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 99(3): 715–752. <https://doi.org/10.1111/brv.13042>
- Heupel, M.R.; Kanno, S.; Martins, A.P.B. & Simpfendorfer, C.A.** (2018). Advances in understanding the roles and benefits of nursery areas for elasmobranch populations. *Marine and Freshwater Research*, 70(7): 897–907. <https://doi.org/10.1071/MF18081>
- Holguin, G.; Guzman, M.A. & Bashan, Y.** (1992). Two new nitrogen-fixing bacteria from the rhizosphere of mangrove trees: Their isolation, identification and *in vitro* interaction with rhizosphere *Staphylococcus* sp. *FEMS Microbiology Letters*, 10(3): 207–216. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.1992.tb05777.x>
- Holguin, G.; Vazquez, P. & Bashan, Y.** (2001). The role of sediment microorganisms in the productivity, conservation, and rehabilitation of mangrove ecosystems: an overview. *Biology and Fertility of Soils*, 33: 265–278. <https://doi.org/10.1007/s003740000319>
- Hossain, M.; Siddique, M.R.H.; Abdullah, S.M.R.; Saha, S.; Ghosh, D.C.; Rahman, M.S. & Limon, S.H.** (2013). Nutrient dynamics associated with leaching and microbial decomposition of four abundant mangrove species leaf litter of the Sundarbans, Bangladesh. *Wetlands*, 34(3): 439–448. <https://doi.org/10.1007/s13157-013-0510-1>
- Kneib, R.T.** (2002). Salt marsh ecoscapes and production transfers by estuarine nekton in the Southeastern United States. In: Weinstein, M.P. & Kreeger, D.A. (Eds.); *Concepts and Controversies in Tidal Marsh Ecology* (pp. 267–291). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/0-306-47534-0_13
- Knip, D.M.; Heupel, M.R. & Simpfendorfer, C.A.** (2010). Sharks in nearshore environments: models, importance, and consequences. *Marine Ecology Progress Series*, 402: 1–11. <https://doi.org/10.3354/meps08498>

- LaJeunesse, T.C.; Parkinson, J.E.; Gabrielson, P.W.; Jeong, H.J.; Reimer, J.D.; Voolstra, C.R. & Santos, S.R.** (2018). Systematic revision of Symbiodiniaceae highlights the antiquity and diversity of coral endosymbionts. *Current Biology*, 28(16): 2570–2580.e6. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.07.008>
- Liu, Z.; Zhai, F. & Gu, Y.** (2023). Mangroves' role in supporting ecosystem-based techniques to reduce disaster risk and adapt to climate change: a review. *Journal of Sea Research*, 196: 102449. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2023.102449>
- Margulis, L. & Fester, R.** (1991). *Symbiosis as a source of evolutionary innovation: speciation and morphogenesis* (p. 470). The MIT Press. ISBN: 9780262519908
- Maria, G.L.; Sridhar, K.R. & Raviraja, N.S.** (2005). Antimicrobial and enzyme activity of mangrove endophytic fungi of southwest coast of India. *Journal of Agricultural Technology*, 1(1): 67–80. Retrieved June 6, 2024 from <https://www.thaiscience.info/journals/Article/IJAT/10843227.pdf>
- Montejo, E.** (2023, agosto 30). Reserva de la Biosfera Wanha': la nueva Área Natural Protegida que alberga un manglar único en el mundo. *National Geographic en Español—Ecología* [Web]. Consultado en <https://www.ngenespanol.com/ecologia/reserva-de-la-biosfera-wanha-nueva-area-natural-protegida-en-mexico/>
- O'Shea, O.R.; Thums, M.; van Keulen, M. & Meekan, M.** (2012). Bioturbation by stingrays at Ningaloo Reef, Western Australia. *Marine and Freshwater Research*, 63(3): 189–197. <https://doi.org/10.1071/MF11180>
- Pérez-Ceballos, R.; Zaldívar-Jiménez, A.; Canales-Delgadillo, J.; López-Adame, H.; López-Portillo, J. & Merino-Ibarra, M.** (2020). Determining hydrological flow paths to enhance restoration in impaired mangrove wetlands. *PLOS ONE*, 15(1): e0227665. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227665>
- Primavera, J.H.; Friess, D.A.; Van Lavieren, H. & Lee, S.Y.** (2019). Chapter 1 - The Mangrove Ecosystem. In: Sheppard, C. (Ed.); *World seas: an environmental evaluation* (Second Edition, Volume Three; pp. 1–34). Elsevier Ltd. & Academic Press. ISBN 978-0-12-805052-1. <https://doi.org/10.1016/C2015-0-04336-2>
- Rajendran, N. & Kathiresan, K.** (2007). Microbial flora associated with submerged mangrove leaf litter in India. *Revista de Biología Tropical*, 55(2): 393–400. Retrieved from http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442007000200005&lng=en&tlng=en
- Ritchie, K.B.** (2006). Regulation of microbial populations by coral surface mucus and mucus-associated bacteria. *Marine Ecology Progress Series*, 322: 1–14. <https://doi.org/10.3354/meps322001>
- Roughgarden, J.** (2023). Holobiont evolution: population theory for the hologenome. *The American Naturalist*, 201(6): 763–778. <https://doi.org/10.1086/723782>
- Rowan, R.** (1998). Review-diversity and ecology of Zooxanthellae on coral reefs. *Journal of Phycology*, 34(3): 407–417. <https://doi.org/10.1046/j.1529-8817.1998.340407.x>
- Sagan, L.** (1967). On the origin of mitosing cells. *Journal of Theoretical Biology*, 14(3): 225–274. [https://doi.org/10.1016/0022-5193\(67\)90079-3](https://doi.org/10.1016/0022-5193(67)90079-3)

- Salvucci, E.** (2016). Microbiome, holobiont and the net of life. *Critical Reviews in Microbiology*, 42(3): 485–494. <https://doi.org/10.3109/1040841X.2014.962478>
- Sarker, S.; Masud-Ul-Alam, M.; Hossain, M.S.; Rahman Chowdhury, S. & Sharifuzzaman, S. M.** (2021). A review of bioturbation and sediment organic geochemistry in mangroves. *Geological Journal*, 56(5): 2439–2450. <https://doi.org/10.1002/gj.3808>
- Scherer, B.P.; Mason, O.U. & Mast, A.R.** (2022). Bacterial communities vary across populations and tissue type in red mangroves ('*Rhizophora mangle*', Rhizophoraceae) along an expanding front. *FEMS Microbiology Ecology*, 98(12): fiac139. <https://doi.org/10.1093/femsec/fiac139>
- Scott, C.B.** (2024). *Long-term dynamics and theoretical considerations in coral holobiont adaptation* (Dissertation presented for the degree of Doctor of Philosophy). The University of Texas at Austin. <https://repositories.lib.utexas.edu/bitstreams/b8f5463c-445f-4121-9d90-82283bdec239/download>
- Segaran, T.C.; Azra, M.N.; Lananan, F.; Burlakovs, J.; Vincevica-Gaile, Z.; Rudovica, V.; Grinfelde, I.; Rahim, N.H.A. & Satyanarayana, B.** (2023). Mapping the link between climate change and mangrove forest: a global overview of the literature. *Forests*, 14(2): 421. <https://doi.org/10.3390/f14020421>
- Shipley, O.N.; Matich, P.; Hussey, N.E.; Brooks, A.M.L.; Chapman, D.; Frisk, M.G.; Guttridge, A.E.; Guttridge, T.L.; Howey, L.A.; Kattan, S.; Madigan, D.J.; O'Shea, O.; Polunin, N.V.; Power, M.; Smukall, M.J.; Schneider, E.V.C.; Shea, B.D.; Talwar, B.S.; Winchester, M.; Brooks, E.J. & Gallagher, A.J.** (2023). Energetic connectivity of diverse elasmobranch populations – implications for ecological resilience. *Proceedings of the Royal Society B: biological sciences*, 290: 20230262. <https://doi.org/10.1098/rspb.2023.0262>
- Singh, B.K.; Liu, H. & Trivedi, P.** (2020). Eco-holobiont: a new concept to identify drivers of host-associated microorganisms. *Environmental microbiology*, 22(2): 564–567. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.14900>
- Skillings, D.** (2016). Holobionts and the ecology of organisms: multi-species communities or integrated individuals? *Biology & Philosophy*, 31: 875–892. <https://doi.org/10.1007/s10539-016-9544-0>
- Spalding, M.; Kainuma, M. & Collins, L.** (2010). *World Atlas of Mangroves* (p. 336). Routledge. eBook ISBN 9781849776608. <https://doi.org/10.4324/9781849776608>
- Thompson, J.R.; Rivera, H.E.; Closek, C.J. & Medina, M.** (2015). Microbes in the coral holobiont: partners through evolution, development, and ecological interactions. *Frontiers in cellular and infection microbiology*, 4: 176. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2014.00176>
- Vazquez, P.; Holguin, G.; Puente, M.E.; Lopez-Cortes, A. & Bashan, Y.** (2000). Phosphate-solubilizing microorganisms associated with the rhizosphere of mangroves in a semiarid coastal lagoon. *Biology and Fertility of Soils*, 30(5): 460–468. <https://doi.org/10.1007/s003740050024>
- Wild, C.; Woyt, H. & Huettel, M.** (2005). Influence of coral mucus on nutrient fluxes in carbonate sands. *Marine Ecology Progress Series*, 287: 87–98. <http://dx.doi.org/10.3354/meps287087>
- Yu, X.; Tu, Q.; Liu, J.; Peng, Y.; Wang, C.; Xiao, F.; Lian, Y.; Yang, X.; Hu, R.; Yu, H.; Qian, L.; Wu, D.; He, Z.; Shu, L.; He, Q.; Tian, Y.; Wang, F.; Wang, S.; Wu, B.; Huang, Z.; He, J.; Yan, Q. & He, Z.** (2023). Environmental selection and evolutionary process jointly shape genomic and functional profiles of mangrove rhizosphere microbiomes. *mLife*, 2(3): 253–266. <https://doi.org/10.1002/mlf2.12077>

Zhang, L.; Guo, Z.H. & Li, Z.Y. (2013). Carbon storage and carbon sink of mangrove wetland: research progress. *The journal of applied ecology*, 24(4): 1153–1159.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23898678/>

Zhang, N.; Thompson, C.E.L. & Townend, I.H. (2023). The effects of disturbance on the microbial mediation of sediment stability. *Limnology and Oceanography*, 68(7): 1567–1579.
<https://doi.org/10.1002/lno.12368>

EVALUACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LOS MANGLARES DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA PANTANOS DE CENTLA, TABASCO

SPATIAL-TEMPORAL EVALUATION OF THE MANGROVES OF THE CENTLA WETLANDS BIOSPHERE RESERVE, TABASCO

Eunice Pérez Sánchez^{1✉} & Humberto Hernández Trejo²

¹Bióloga por la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), con Maestría y Doctorado de la Universidad de Stirling (Gran Bretaña). Experta en sistemas de información geográfica y transferencia de tecnología. Coordinadora de proyectos en sistemas de monitoreo y oportunidades de desarrollo socioeconómico sostenible en zonas inundables. Profesora-investigadora y responsable del Laboratorio de Diagnóstico Ambiental y Análisis Geográfico en la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBIOL) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT). ²Biólogo por la Universidad Veracruzana (UV) con Doctorado en Ecología y Manejo de Recursos Naturales del Instituto de Ecología. Experto en el diagnóstico de la vegetación y uso del suelo, así como en restauración de manglares en área naturales protegidas. Coordinador de proyectos en ecología, diversidad y restauración de comunidades tropicales. Profesor-investigador de la DACBIOL-UJAT.

División Académica de Ciencias Biológicas (DACBIOL); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT); Carretera Federal #180 (Villahermosa-Cárdenas) km 0.5 S/N; entronque a Bosques de Saloya; C.P. 86150. Villahermosa, Tabasco; México.

✉ eunice.perez@ujat.mx

 0000-0003-0994-9311  0000-0002-1526-512X

Como referenciar:

Pérez Sánchez, E. & Hernández Trejo, H. (2024). Evaluación espacio-temporal de los manglares de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco. *Kuxulkab'*, 30(68): e6390, septiembre-diciembre. <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a30n68.6390>

Disponible en:

<https://revistas.ujat.mx>

<https://revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab>

<https://revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab/article/view/6390>

DOI:

<https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a30n68.6390>

Resumen

Los manglares son ecosistemas de alto valor ecológico y económico. En México, el 35 % de los humedales han sido alterados, lo que ha impulsado la adopción de medidas de conservación, como la adhesión a la Convención de Ramsar y la creación de reservas de biosfera. En Tabasco, la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, un sitio Ramsar, ha registrado cambios en la cobertura de manglares. Este estudio analiza su evolución mediante imágenes Landsat de 1986 y 2023. Los resultados indican una disminución del 51 % en la superficie de manglares. Aunque estos ecosistemas son resistentes a condiciones adversas, su degradación sigue siendo una realidad. Desde 1986, solo 5,214 hectáreas de manglares han persistido hasta 2023, con una probabilidad del 58 % de mantenerse en el futuro. La presencia de manglares en áreas de agua dulce en la reserva subraya la importancia de estudiar su estructura para garantizar su conservación adecuada.

Palabras clave: Manglar; Tendencias de Cambio; Centla.

Abstract

Mangroves are ecosystems of high ecological and economic value. In Mexico, 35 % of wetlands have been altered, which has prompted conservation measures such as accession to the Ramsar Convention and the creation of biosphere reserves. In Tabasco, the Pantanos de Centla Biosphere Reserve, a Ramsar site, has registered changes in mangrove cover. This study analyzes its evolution using Landsat images from 1986 and 2023. The results indicate a 51 % decrease in mangrove area. Although these ecosystems are resilient to adverse conditions, their degradation is still a reality. Since 1986, only 5,214 hectares of mangroves have persisted until 2023, with a 58 % probability of remaining in the future. The presence of mangroves in freshwater areas in the reserve underscores the importance of studying their structure to ensure their proper conservation.

Keywords: Mangrove; Change Trends; Centla.

Los manglares son bosques de árboles y arbustos que se distribuyen en las costas de las zonas tropicales. Estos ecosistemas han evolucionado para prosperar en condiciones extremas de salinidad y falta de oxígeno, ofreciendo una rica biodiversidad y un conjunto único de servicios ecosistémicos. Su importancia se extiende más allá de sus límites físicos, conectándose de manera importante con otros ecosistemas.

En América, la extensión de manglares abarca aproximadamente 46,284 km², representando un 30.4 % del total mundial. Esta extensión señala su relevancia global, aunque no exenta de desafíos. Investigaciones recientes han revelado una tendencia preocupante: la disminución de estos bosques costeros debido a la intervención humana directa, como la conversión para la agricultura intensiva y otros usos exclusivos.

En países como Colombia y Costa Rica, la pérdida de cobertura manglar ha sido documentada con detenimiento. En la costa pacífica colombiana, la intervención humana ha reducido significativamente estos ecosistemas críticos, mientras que, en Costa Rica, la atención se centra en la conservación de especies clave como los moluscos de valor comercial, subrayando la necesidad urgente de estrategias de protección.

México, poseedor de aproximadamente el 0.6 % de los humedales globales, alberga una extensa red de manglares que ha registrado una pérdida alarmante. Más del 35 % de estos ecosistemas han sido alterados o destruidos, una situación que pone en riesgo a la biodiversidad local y los servicios ambientales que los manglares proporcionan, como la captura de carbono y la protección costera (Barba-Macías, Rangel-Mendoza, Ramos-Reyes, 2006; Palomeque, Galindo, Sánchez & Escalona, 2017; Valderrama-Landeros, Rodríguez-Zúñiga, Troche-

Souza, Velázquez-Salazar, Villeda-Chávez, Alcántara-Maya, Vázquez-Balderas, Cruz-López & Ressler, 2017; Aguirre 2018; Ovando-Hidalgo, Tun-Garrido, Mendoza-González & Parra-Tabla, 2020; Ramírez-García, Zavala-Cruz, Rincón-Ramírez, Guerrero-Peña, García-López, Sánchez-Hernández, Castillo-Acosta, Alfaro-Sánchez & Ortiz-Pérez, 2022).

Históricamente, México ha mostrado un compromiso significativo con la conservación de sus humedales. La firma de la Convención de Ramsar en 1985 marcó un hito importante, designando sitios como la Reserva de la Biosfera Ría Lagartos en Yucatán y la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla en Tabasco (Barba, Valadez, Pinkus & Pinkus, 2014) como áreas protegidas. Hasta 2023, México tiene registrados 144 sitios en Ramsar que cubren el 1.63 % de la superficie nacional (Medina, Scott-Morales, Vela, Cotera & Estrada, 2023). Estos lugares no solo son refugios para la vida silvestre, sino también decisivos para la mitigación del cambio climático y la sostenibilidad ambiental a largo plazo.

Tabasco, en particular, destaca por su riqueza en humedales, que cubren el 27.76 % del territorio estatal. La Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, que ocupa el 12 % de la superficie de Tabasco, es un área clave para la biodiversidad regional y global (Barba-Macías *et al.*, 2006). Sin embargo, enfrenta presiones significativas debido a la expansión agrícola y urbana, lo que amenaza con fragmentar y degradar estos frágiles ecosistemas (Barba *et al.*, 2014).

Investigaciones científicas sobre los manglares de Tabasco han analizado diversos aspectos, desde su estructura forestal hasta los impactos del cambio climático y la influencia histórica en su desarrollo. Estos estudios han documentado la pérdida de cobertura natural y subrayado la importancia de

mantener áreas protegidas y gestionadas adecuadamente para preservar la funcionalidad ecológica de estos ecosistemas (Barba-Macías *et al.*, 2006; Palomeque *et al.*, 2017; Barba *et al.*, 2014; Aguirre, 2018; Ovando-Hidalgo *et al.*, 2020; Ramírez-García *et al.*, 2022). La conservación de los manglares es esencial por su biodiversidad y por los servicios ecosistémicos que proporcionan.

En cuanto a estos servicios, destaca la capacidad única de los manglares para almacenar carbono de manera eficiente en sus suelos, lo que contribuye significativamente a la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo, esta valiosa función está en peligro debido a la conversión de los manglares en tierras agrícolas y ganaderas, prácticas que liberan el carbono almacenado y exacerban el ciclo de degradación ambiental.

En respuesta a estos desafíos, la implementación de estrategias efectivas de conservación y restauración son necesarias. La gestión sostenible de los manglares no solo protege la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, sino que fortalece la resiliencia climática de las comunidades locales. La integración de políticas de uso del suelo que prioricen la conservación es ineludible para asegurar un futuro sostenible para estos ecosistemas únicos, como mitigar las emisiones de carbono y reducir los costos económicos asociados a la deforestación (Kumagai, Costa, Ezcurra & Aburto-Oropeza, 2020).

El presente trabajo expone el análisis espacio-temporal utilizando imágenes satelitales de 1986 y 2023 para cuantificar cambios en la cobertura de manglares en la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla. Estos datos son una llamada a la acción, subrayando la urgencia de proteger y restaurar estos paisajes naturales antes de que sea demasiado tarde.

Características de los Pantanos de Centla

La Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla (RBPC), ubicada en el noreste del estado de Tabasco y abarcando 302,706 hectáreas (ha). Se destaca como un área importante de biodiversidad y ecosistemas acuáticos en Mesoamérica (figura 1). Los Pantanos de Centla se distinguen por su riqueza biológica, cultural y económica.

En sus 302,706 hectáreas, distribuidas en los municipios de Centla, Jonuta y Macuspana, conviven diversas comunidades vegetales y una fauna única, vinculada estrechamente con los humedales característicos de la región mesoamericana. Estos ecosistemas no solo albergan especies de flora y fauna adaptadas a las condiciones acuáticas, sino que también desempeña un papel significativo en la regulación climática y la protección de la biodiversidad regional.

El análisis de la distribución de diferentes tipos de vegetación y uso de suelo es básico para comprender la salud y la dinámica de los manglares, ya que estos cumplen funciones ecológicas fundamentales, como la protección de costas, la captura de carbono y el soporte de la biodiversidad (Méndez & Jiménez, 2015). Los cambios en la vegetación y uso de suelo tienen un impacto directo en los manglares, ya sean expansiones o reducciones, reflejan factores como el cambio climático, la subida del nivel del mar o la intervención humana a través de la urbanización la agricultura, el manejo de recursos hídricos y la deforestación (Berlanga-Robles & Ruiz-Luna, 2007; Zepeda, Nemiga, Lot & Madrigal, 2012; Rodríguez-Zúñiga, Troche-Souza, Vázquez-Lule, Márquez-Mendoza, Vázquez-Balderas, Valderrama-Landeros, Velázquez-Salazar, Cruz-López, Ressler, Uribe-Martínez, Cerdeira-Estrada, Acosta-Velázquez, Díaz-Gallegos, Jiménez-Rosenberg, Fueyo-Mac Donald & Galindo-Leal, 2013).

El análisis espacial

Una evaluación precisa de la distribución de la vegetación y uso de suelo ayuda a planificar acciones de restauración y mitigación, preservando los servicios ecosistémicos que la dinámica de los ecosistemas de manglares brinda a las comunidades locales y al ambiente global.

Por lo anterior, el estudio detallado de la cobertura vegetal y uso de suelo mediante el uso de tecnologías avanzadas de teledetección revela transformaciones significativas a lo largo del tiempo en la dinámica de los manglares, proporcionando una visión más profunda sobre cómo este ecosistema evoluciona bajo la influencia de diversos factores (Valderrama-Landeros *et al.*, 2017).

En este caso, la utilización de imágenes de satélite correspondientes a los años 1986 y 2023 permitió identificar cambios considerables en la distribución de diferentes tipos de vegetación y usos de suelo en relación con los manglares. Para llevar a cabo este análisis detallado, se han aplicado herramientas avanzadas de teledetección y modelado, entre las cuales destacan el Clasificador Semi-Automático (SCP) de QGIS y el modelo Land Change Modeler (LCM) de Idrisi Selva.

El proceso de análisis espacial con el SCP de QGIS se llevó a cabo con la adquisición y pre-procesamiento de imágenes Landsat 1986 y 2023, a la cuales se le aplicaron correcciones atmosféricas para mejorar la calidad. Una vez procesadas, se seleccionaron «regiones de interés» (ROI por sus siglas en inglés) que representan diferentes tipos de cobertura vegetal basados en la clasificación de INEGI (2013), las cuales se emplearon para entrenar el clasificador supervisado mediante el algoritmo de Máxima Verosimilitud. Posteriormente, se generó un mapa temático que mostró la distribución espacial de los distintos tipos de vegetación, facilitando el análisis

de cambios en la cobertura vegetal a lo largo del tiempo (cuadro 1).

Por otro lado, el “Land Change Modeler (LCM)” de Idrisi Selva se utilizó para analizar los cambios en la cobertura del suelo y proyectar escenarios futuros. Partiendo de los mapas temáticos generados con el SCP (figura 2), el LCM identifica las transiciones de un tipo de cobertura vegetal a otro, permitiendo detectar patrones de cambio, como la deforestación. El modelo fue aplicado por sus técnicas estadísticas para evaluar las probabilidades de cambio basadas en imágenes de diferentes años, en el caso de este estudio 1986 y 2023, identificando los principales impulsores del cambio, ya sean naturales (cobertura vegetal) o antrópicos (uso de suelo).

Cuadro 1. Superficie cubierta por cada tipo de vegetación y uso de suelo (INEGI, 2013) en las imágenes de 1986 y 2023 determinada con el Clasificador Semi-Automático de QGIS.

Categorías de Veg y USu	Área en ha (1986)	% del área de la RBPC	Área en ha (2023)	% del área de la RBPC
Achual	14,137.83	4.67	17,907.21	5.91
Agua	29,391.84	9.71	13,768.29	4.54
Chintulillar-Tular	27,007.74	0.89	7,243.29	2.39
Coco	8,086.14	2.67	17,586.63	5.80
Hidrófitas flotantes	7,169.85	2.37	5,912.55	1.95
Manglar	16,496.19	5.45	8,392.68	2.77
Pastizal cultivado	11,384.37	3.76	17,786.07	5.87
Pastizal inundable	10,591.38	3.50	18,544.68	6.13
Popal	49,747.50	16.43	55,275.03	18.26
Popal-Tular	39,959.73	13.20	27,028.44	8.93
Pukté-Manglar	7,782.03	2.57	7,320.60	2.42
Tintal	16,899.84	5.58	16,434.72	5.43
Tular	28,465.56	9.40	44,722.44	14.77
Tular-Popal	36,226.71	11.96	45,424.08	15.00

Claves: Veg. = vegetación; USu. = Uso de suelo; ha = hectárea.

Una de las principales ventajas del LCM es su capacidad de proyectar escenarios futuros mediante la simulación de posibles cambios en la cobertura de la vegetación, permitiendo prever las consecuencias de distintos escenarios, en este análisis se establecieron proyecciones de posibles escenarios futuros hasta el año 2050. Estas proyecciones son de gran relevancia, ya que permiten prever cómo podrían evolucionar los ecosistemas si se mantienen las tendencias actuales, alertando sobre áreas de especial vulnerabilidad.

En términos específicos, el análisis mostró que ciertas comunidades vegetales, como el Popal-Tular, han experimentado reducciones significativas en su extensión, de 39,959 en 1986 a 27,028 ha en 2023. Otras, como los pastizales cultivados, han registrado un incremento notable. Esto refleja tanto la presión ambiental, como los cambios en las prácticas humanas dentro y alrededor de la reserva.

Con base en el análisis realizado con el LCM de Idrisi Selva, los manglares registraron un aumento pequeño y se han expandido hacia otras áreas (gráfica 1). En cuanto a la localización del cambio, la figura 3 muestra los cambios en la cobertura de manglares entre 1986 y 2023. Aunque el patrón parece ser uniforme, se registró una reducción de 11,281 ha, siendo notoria en la cobertura espacial al norte de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla (RBPC).

Las ganancias en superficie, es decir, las áreas donde se extendieron los manglares son importantes (3,178 ha), particularmente al sur de la reserva donde esencialmente los ecosistemas son de agua dulce. Se muestran en color blanco. De la cobertura de manglar existente en 1986, el análisis mostró que solo 5,214 ha que persistieron hasta 2023.

De esta manera, podemos mirar hacia el futuro para implementar políticas y estrategias que promuevan

la conservación integrada de la RBPC. Esto incluye la regulación del uso del suelo, la restauración de hábitats degradados y la sensibilización pública sobre la importancia de los manglares.

El análisis de probabilidad de transición mostró las posibilidades de cambio entre diferentes tipos de cobertura vegetal y uso de suelo para posibles escenarios futuros hasta el año 2050. A pesar de las reducciones importantes para los cuerpos de agua, estos tienen una probabilidad del 66 % de mantener su estado a largo plazo. Los pastizales cultivados también muestran una alta estabilidad a largo plazo, a menos que ocurra una sequía prolongada. Sin embargo, el manglar tiene una probabilidad de 58 % de persistir, con una posibilidad de 23 % de transformarse en Popal.

De esta manera, los resultados de este análisis resaltan la necesidad urgente de conservar y restaurar los manglares en la RBPC. Estos ecosistemas no solo son vitales desde una perspectiva ambiental, sino también desde un punto de vista económico y social. Estudios realizados por Gaspari, Diaz, Delgado & Senisterra (2015), Carvajal-Oses, Herrera-Ulloa, Valdés-Rodríguez & Campos-Rodríguez (2019), Betanzos-Vega, Tripp-Quezada, Macías-Aguilera, Leyva-Segura, Arencibia-Carballo & Mazón-Suástegui (2022) subrayan cómo la conservación de los manglares puede beneficiar directamente a las comunidades locales al mantener el equilibrio ecológico y respaldar actividades económicas sostenibles, como el ecoturismo y la pesca como lo señala el Plan de Manejo de la RBPC (INE, 2000).

Para abordar esta situación, implementar estrategias efectivas de gestión y conservación son ineludibles. Esto incluye la promoción de prácticas agrícolas y ganaderas sostenibles que minimicen la conversión de manglares, así como la restauración activa de áreas degradadas.

La integración de políticas basadas en evidencia científica y la participación comunitaria son clave para asegurar el éxito a largo plazo de estas iniciativas.

Conclusiones

Los manglares son ecosistemas únicos que ofrecen una variedad de servicios para el ambiente y las comunidades humanas. En particular, en la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla (RBPC), estos bosques costeros desempeñan un papel muy importante al proporcionar suministro de agua y actuar como barrera natural contra eventos extremos. Sin embargo, a pesar de su valor, los manglares enfrentan amenazas significativas que han llevado a su degradación y pérdida.

El presente análisis mostró que, durante las últimas cuatro décadas, la RBPC ha experimentado una preocupante disminución en la cobertura de manglares. Este fenómeno se ha atribuido en gran medida a actividades humanas como la expansión agrícola y ganadera, que han favorecido la conversión de manglares en pastizales inundados y cultivos. Estos cambios no solo han alterado el paisaje natural, sino que también han comprometido la capacidad de los manglares para proporcionar servicios ecosistémicos, como la protección contra la erosión costera y la regulación del ciclo del agua. Estas tendencias ocurren en otras áreas naturales protegidas como lo discute Medina *et al.* (2023).

Investigaciones recientes respaldan la conexión entre la pérdida de manglares y las actividades humanas, destacando un cambio alarmante hacia la expansión de popales y tulares en lugar de los densos bosques de manglares. Estos hallazgos son consistentes con estudios anteriores que alertaron sobre la reducción progresiva de la cobertura vegetal natural en la RBPC (Isaac-Márquez, de Jong,

Eastmond, Ochoa-Gaona, Hernández & Kantún, 2005; Ovando, 2012).

Asimismo, es necesario abordar la complejidad de las fluctuaciones climáticas históricas que han influido en la distribución geográfica de los manglares en la región. Investigaciones recientes, como las de Aburto-Oropeza, Burelo-Ramos, Ezcurra, Ezcurra, Henriquez, Vanderplank & Zapata (2021), han revelado la presencia de manglares en áreas inesperadas, como en el río Usumacinta y el río San Pedro Mártir en El Petén, señalando la adaptabilidad única de estos ecosistemas a diferentes condiciones ambientales a lo largo del tiempo geológico.

Además, la aplicación de sistemas de información geográfica (SIG) ha sido fundamental para monitorear y analizar los cambios en la cobertura de manglares en un periodo de 37 años en la RBPC. Estas herramientas han permitido identificar patrones de cambio y predicciones de tendencias futuras. Por ejemplo, la utilización de matrices de probabilidad de transición se registró una disminución alarmante en la cobertura de manglares dentro de la reserva, la cual es del 51 % en el periodo de estudio de 1986 hasta 2023.

En conclusión, la protección de los manglares en la RBPC no solo es substancial para preservar la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, sino también para salvaguardar el bienestar de las comunidades locales que dependen de estos recursos naturales. Solo mediante un enfoque colaborativo y multidisciplinario, que involucre a científicos, tomadores de decisiones y poblaciones locales, podremos garantizar la sostenibilidad de estos valiosos ecosistemas costeros para las generaciones futuras.

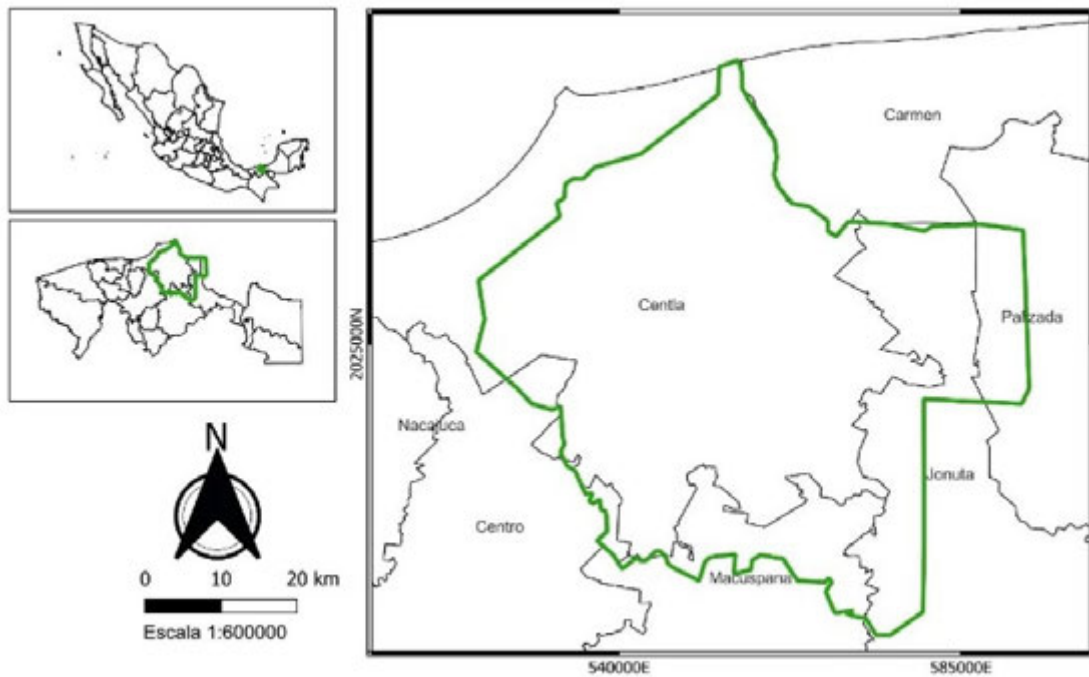


Figura 1. Localización de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla (RBPC); (Fuente: elaboración propia con datos vectoriales del INEGI, 2013).

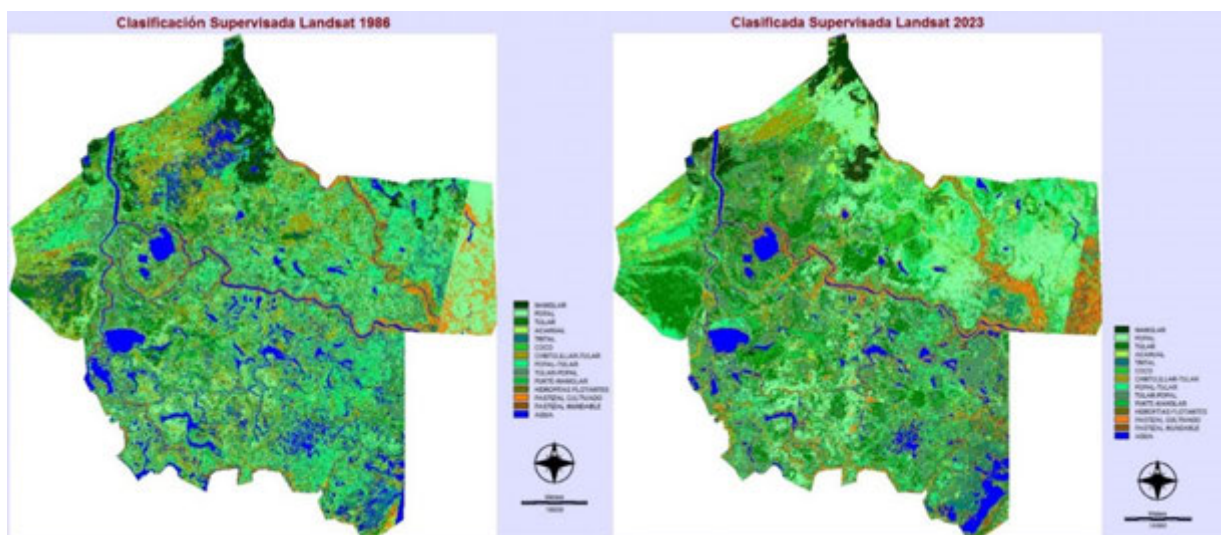
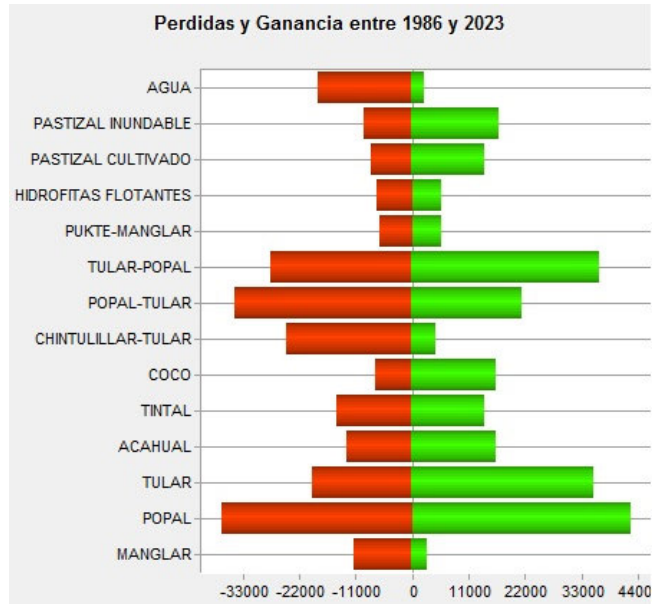


Figura 2. Distribución de la cobertura vegetal y uso de suelo de la RBPC en los años 1986 y 2023 (Reclasificación realizada con Idrisi Selva. Escala 1:600000).



Gráfica 1. Estimación de pérdidas y ganancias en la cobertura vegetal y uso de suelo de la RBPC obtenida con el LCM de Idrisi Selva.

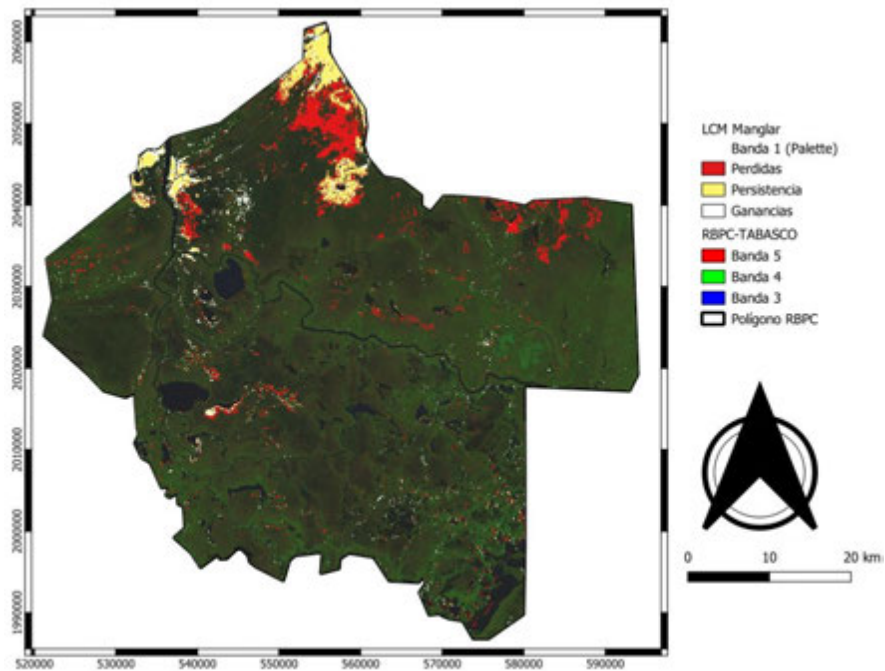


Figura 3. Localización del manglar en la RBPC de acuerdo a la tasa de pérdidas. Mapa obtenido con el LCM de Idrisi Selva.

Referencias

- Aburto-Oropeza, O.; Burelo-Ramos, C.M.; Ezcurra, E.; Ezcurra, P.; Henríquez, C.L.; Vanderplank, S.E. & Zapata, F.** (2021). Relict inland mangrove ecosystem reveals Last Interglacial sea levels. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(41): e2024518118. <https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.2024518118>
- Aguirre Cruz, L.** (2018). *Plan para la conservación del manglar en la comunidad de El Carrizal Coyuca de Benítez, Guerrero* (Tesis de Maestría). México: Universidad Autónoma de Guerrero (UAGRO). http://ri.uagro.mx/bitstream/handle/uagro/368/OK_09191843_TM2018_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Barba-Macías, E.; Rangel-Mendoza, J.; Ramos-Reyes, R.** (2006) Clasificación de los humedales de Tabasco mediante sistemas de información geográfica. *Universidad y Ciencia*, 22(2): 101–110. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=15422201>
- Barba Macías, E.; Valadez Cruz, F.; Pinkus Rendón, M.A. & Pinkus Rendón, M.J.** (2014). Revisión de la problemática socioambiental de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco. *Investigación y Ciencia*, 22(60): 50–57. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=6743116006>
- Berlanga-Robles, C.A. & Ruiz-Luna, A.** (2007). Análisis de las tendencias de cambio del bosque de mangle del sistema lagunar Teacapán-Agua Brava, México: una aproximación con el uso de imágenes de satélite Landsat. *Universidad y Ciencia*, 23(1): 29–46. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=15423104>
- Betanzos-Vega, A.; Tripp-Quezada, A.; Macías-Aguilera, E.; Leyva-Segura, A.; Arencibia-Carballo, G. & Mazón-Suástegui, J.M.** (2022). Valorando bienes y servicios ambientales (BSA) del manglar en la ostricultura artesanal: Las Tunas, Cuba. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 9(1): e2829. <https://doi.org/10.19136/era.a9n1.2829>
- Carvajal-Oses, M.; Herrera-Ulloa, Á.; Valdés-Rodríguez, B. & Campos-Rodríguez, R.** (2019). Manglares y sus servicios ecosistémicos: hacia un desarrollo sostenible. *Gestión y Ambiente*, 22(2): 277–290. <https://doi.org/10.15446/ga.v22n2.80639>
- Gaspari, F.J.; Diaz Gomez, A.R.; Delgado, M.I. & Senisterra, G.E.** (2015). Evaluación del Servicio Ambiental de provisión hídrica en cuencas hidrográficas del sudeste bonaerense, Argentina. *Rev. Fac. Agron. La Plata*, 114(1): 214–221. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5718243.pdf>
- INE (Instituto Nacional de Ecología).** (2000). *Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla: México* (mayo, 1ª reimpresión corregida; p. 222). Instituto Nacional de Ecología (INE), Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). Recuperado en <https://paot.org.mx/centro/ine-semarnat/anp/AN30.pdf>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía).** (2013, diciembre 12). Uso del suelo y vegetación, escala 1:250000, serie V (continuo nacional). *Catálogo de metadatos geográfico—Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)* [Web]. <http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/usv250s5ugw.html>
- Isaac-Márquez, R.; de Jong, B.; Eastmond, A.; Ochoa-Gaona, S.; Hernández, S. & Kantún, M.D.** (2005) Estrategias Productivas Campesinas: un análisis de los factores condicionantes del uso del suelo en el oriente de Tabasco, México. *Universidad y Ciencia*, 21(42): 56–72. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=15404202>
- Kumagai, J.A.; Costa, M.T.; Ezcurra, E. & Aburto-Oropeza, O.** (2020). Prioritizing mangrove conservation across Mexico to facilitate 2020 NDC ambition. *Ambio*, 49(12): 1992–2002. <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01334-8>

Medina García, M.A.; Scott-Morales, L.M.; Vela Coiffier, P.; Cotera Correa, M. & Estrada Castellón, E. (2023). Análisis temporal de uso del suelo en un sitio Ramsar (Núm. 1981) en el centro de Nuevo León. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 14(79): 107–134. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v14i79.1356>

Méndez, C. & Jiménez, J. (2015). Análisis de la asociación entre la estructura y composición de la comunidad vegetal de manglar, y los parámetros físico-químicos del agua en la Bahía La Graciosa, Izabal, Guatemala. *Revista científica*, 25(1): 50–65. <https://doi.org/10.54495/Rev.Cientifica.v25i1.97>

Ovando Hidalgo, N. (2012). *Análisis de las variaciones espacio-temporales de los humedales que conforman la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco, México* (Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales). Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Ovando-Hidalgo, N.; Tun-Garrido, J.; Mendoza-González, G. & Parra-Tabla, V. (2020). Efecto del cambio climático en la distribución de especies clave en la vegetación de duna costera en la península de Yucatán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 91: e912883. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2020.91.2883>

Palomeque de la Cruz, M.A.; Galindo Alcántara, A.; Sánchez, A.J. & Escalona Maurice, M.J. (2017). Pérdida de humedales y vegetación por urbanización en la cuenca del río Grijalva, México. *Investigaciones Geográficas*, (68): 151–172. <https://doi.org/10.14198/INGEO2017.68.09>

Ramírez-García, A.R.; Zavala-Cruz, J.; Rincón-Ramírez, J.A.; Guerrero-Peña, A.; García-López, E.; Sánchez-Hernández, R.; Castillo-Acosta, O.; Alfaro-Sánchez, G. & Ortiz-Pérez, M.A. (2022). Vegetation cover and land use change (1947-2019) in the region of Los Ríos, Tabasco, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales*, 28(3):

465–481. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2022.01.001>

Rodríguez-Zúñiga, M.T.; Troche-Souza, C.; Vázquez-Lule, A.D.; Márquez-Mendoza, J.D.; Vázquez-Balderas, B.; Valderrama-Landeros, L.; Velázquez-Salazar, S.; Cruz-López, M.I.; Ressler, R.; Uribe-Martínez, A.; Cerdeira-Estrada, S.; Acosta-Velázquez, J.; Díaz-Gallegos, J.; Jiménez-Rosenberg, R.; Fueyo-Mac Donald, L. & Galindo-Leal, C. (2013). *Manglares de México: extensión, distribución y monitoreo* (p. 128). México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). ISBN: 978-607-8328-02-4

Valderrama-Landeros, L.H.; Rodríguez-Zúñiga, M.T.; Troche-Souza, C.; Velázquez-Salazar, S.; Villeda-Chávez, E.; Alcántara-Maya, J.A.; Vázquez-Balderas, B.; Cruz-López, M.I. & Ressler, R. (2017). *Manglares de México: actualización y exploración de los datos del sistema de monitoreo 1970/1980–2015* (p. 128). México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 978-607-8328-78-9 (digital). <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/07/Manglares-de-M%C3%A9xico-actualizaci%C3%B3n-y-exploraci%C3%B3n-de-los-datos-del-sistema-de-monitoreo-19701980-2015.pdf>

Zepeda Gómez, C.; Nemiga, X.A.; Lot Helgueras, A. & Madrigal Uribe, D. (2012). Análisis del cambio del uso del suelo en las ciénegas de Lerma (1973-2008) y su impacto en la vegetación acuática. *Investigaciones geográficas*, (78): 48–61. <https://doi.org/10.14350/RIG.32469>

EXPLORACIÓN DE TENDENCIAS DE CAMBIO FORESTAL EN RESERVAS DE LA BIOSFERA, TABASCO, DESDE EL ESPACIO

EXPLORATION OF FOREST CHANGE TRENDS IN BIOSPHERE RESERVES, TABASCO, FROM SPACE

Cristóbal Daniel Rullán Silva^{1✉} & Adriana Ema Olthoff²

¹Ingeniero bioquímico y Maestro en Ciencias con especialidad en Sistemas Ambientales por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (México); Doctor en Ciencias para la Conservación y Uso Sostenible de Sistemas Forestales por la Universidad de Valladolid (España). Especialista en teledetección aplicada a incendios forestales, plagas forestales, conservación y uso sostenible de recursos naturales, en particular de comunidades vegetales tropicales. Profesor-investigador en la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT). ²Geógrafa y Doctora en Ciencias. Especialista en aplicaciones de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y teledetección a estudios de vegetación secundaria, cambios de uso de suelo e incendios forestales. Colaboradora independiente en proyectos tales como: Línea base para el Estado de Tabasco REDD+; Estudio previo justificativo para la creación de la Reserva de la Biosfera Wanha'.

División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT): Carretera Federal #180 (Villahermosa-Cárdenas) km 0.5 S/N; entronque a Bosques de Saloya; C.P. 86150. Villahermosa, Tabasco; México.

✉ cristobalrullan@gmail.com

 0000-0003-0108-2493  0000-0002-1176-7069

Como referenciar:

Rullán Silva, C.D. & Olthoff, A.E. (2024). Exploración de tendencias de cambio forestal en Reservas de la Biosfera, Tabasco, desde el espacio. *Kuxulkab'*, 30(68): e6391, septiembre-diciembre. <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a30n68.6391>

Disponible en:

<https://revistas.ujat.mx>
<https://revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab>
<https://revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab/article/view/6391>

DOI:

<https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a30n68.6391>

Resumen

En este trabajo, con el objetivo de explorar la dinámica forestal durante 23 años en dos Áreas Naturales Protegidas con categoría de Reservas de la Biosfera en Tabasco, se analizaron los datos espectrales de cambio de cobertura forestal. Esos datos fueron obtenidos de manera gratuita de "Global Forest Watch" y accedidos a través de la plataforma "Google Earth Engine". Concretamente se utilizó el conjunto de datos mundial "Hansen Global Forest Change" sobre áreas de ambas reservas para posteriormente en un sistema de información geográfica analizarlos a nivel regional. Los resultados proporcionan información sobre cambios forestales, algunos verificados como reales, pero la mayoría con inconsistencias por provenir de una escala planetaria. Por lo mismo, "Hansen Global Forest Change" resulta una importante aplicación como recurso investigativo y operativo, para derivar y actualizar información de cambios forestales a escala local con fines de monitoreo de la deforestación, regeneración y reforestación.

Palabras clave: Teledetección; Área Natural Protegida; Landsat; QGIS; GEE.

Abstract

This work analysed spectral data on forest cover change to explore forest dynamics over 23 years in two Natural Protected Areas with Biosphere Reserve status in Tabasco. These data were obtained free of charge from Global Forest Watch, and accessed through the Google Earth Engine platform. Specifically, the Hansen Global Forest Change dataset on areas of both reserves was used for subsequent analysis at the regional level in a geographic information system. The results provide information on forest changes; some are verified as real, but most have inconsistencies because they come from a planetary scale. Hansen Global Forest Change is an important application as a research and operational resource for deriving and updating information on forest change at local scales for monitoring deforestation, regeneration and reforestation.

Keywords: Remote sensing; Protected Natural Areas; Landsat; QGIS; GEE.

El término «teledetección» acuñado en la década de 1960 hace referencia a actividades que incluyen aspectos tales como obtener información desde sensores remotos a bordo de satélites, hasta el almacenamiento, análisis e interpretación de datos espectrales en imágenes satelitales (Chuvieco, 2016). Estas imágenes tienen diferentes resoluciones radiométricas, espectrales, temporales y de tamaño de píxel, dependiendo del satélite que las toma. Algunas imágenes —como la colección «Landsat»— que a la fecha cuenta con nueve misiones y un archivo de más de 50 años (Wulder, Loveland, Roy, Crawford, Masek, Woodcock, Allen, Anderson, Belward, Cohen, Dwyer, Erb, Gao, Griffiths, Helder, Hermosilla, Hipple, Hostert, Hughes, Huntington, Johnson, Kennedy, Kilic, Li, Lyburner, McCorkel, Pahlevan, Scambos, Schaaf, Schott, Sheng, Storey, Vermote, Vogelmann, White, Wynne & Zhu, 2019), son de acceso gratuito desde 2008.

El desarrollo de la teledetección se ha dado en paralelo con el avance de los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Los SIG recopilan, gestionan, analizan y representan de manera cartográfica datos georreferenciados de fenómenos naturales y humanos. En las últimas décadas los SIG han presentado diferentes versiones gratuitas o de código abierto (en inglés "open source") que permiten desarrollar análisis espaciales robustos a partir de algoritmos y modelos geoestadísticos. El hecho de que los SIG sean gratuitos facilita el acceso universal al conocimiento y hace efectivo el derecho humano a la ciencia y acceso al saber, particularmente el indicador 16.10.2 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas. En ese sentido, en la última década, el programa "Quantum Geographic Information System (QGIS)" se ha posicionado como el «SIG *open source*» más potente y flexible (Morales, 2024).

Con el avance de las tecnologías de información, también han surgido plataformas electrónicas (web) para el análisis de datos espaciales en la nube. Por ejemplo, "Google Earth Engine (GEE)" desde 2010 es una potente plataforma que almacena más de un millón de gigabytes (GB) de imágenes de los satelitales «Landsat», «MODIS» y «Sentinel». De esta manera, GEE tiene más de mil conjuntos de datos geoespaciales lo cual permite al usuario realizar estudios rápidos y gratuitos sobre los impactos ambientales de las actividades humanas, o de desastres naturales. Otras aplicaciones interesantes son "Global Forest Change (GFC)" creada por el laboratorio "Global Land Analysis and Discovery" de la Universidad de Maryland, que se asoció con "Global Forest Watch (GFW)", una plataforma desarrollada por una red de más de 40 instituciones (Google, Esri, el Programa de Medio Ambiente de las Naciones Unidas, entre otros).

En los portales web de GFC y GFW se muestran cambios de la cobertura forestal a nivel global resultantes del análisis de series temporales de imágenes Landsat (Hansen, Potapov, Moore, Hancher, Turubanova, Tyukavina, Thau, Stehman, Goetz, Loveland, Kommareddy, Egorov, Chini, Justice & Townshewnd, 2013). Algunas ventajas de GFC y GFW es que ofrecen datos espectrales de pérdidas y ganancias forestales desde el año 2000, son accesibles desde GEE y desde allí sus datos son exportables a QGIS. Específicamente "Global Forest Change (GFC)" ofrece un catálogo de datos espectrales sobre el cambio forestal a nivel mundial para el periodo 2000–2023 considerando la pérdida anual de todos los árboles de más de cinco metros de altura (Goldman & Carter, 2024). Se trata de datos con 30 metros de resolución espacial, generados por Hansen *et al.* (2013), a partir de todas las imágenes de los sensores Landsat disponibles entre los años 2000 y 2023.

Dicho catálogo en la plataforma geomática “Google Earth Engine (GEE)” es un producto llamado “Hansen Global Forest Change”, y se descarga en cuatro bandas temáticas:

- 1) “Treecover2000”; porcentaje de cubierta forestal en el año 2000;
- 2) “Lossyear”; píxeles de pérdidas de cobertura forestal por año;
- 3) “Loss”; píxeles con pérdidas de cobertura forestal entre 2000 y 2023, y finalmente
- 4) “Gain”; píxeles con ganancia de cobertura forestal entre 2000 y 2023.

Dado que el cambio forestal impacta significativamente los servicios ecosistémicos de los bosques, los datos en GFC se actualizan anualmente (Weisse & Potapov, 2021). En la primera versión (2000–2013), las áreas tropicales registraron tanto las mayores pérdidas como ganancias de bosque, aunque las pérdidas superaron a las ganancias (Hansen *et al.*, 2013). En la última versión, que abarca hasta 2023, se observa una reducción en la pérdida de bosques primarios en algunos países, tendencia que se mantiene en general (Goldman & Carter, 2024).

Desde el 2000, GFC documenta el «estado de flujo» de los bosques, incluyendo pérdidas permanentes por deforestación a causa de expansión urbana o agropecuaria; y pérdidas temporales por incendios, así como ganancias por regeneración natural y nuevas plantaciones comerciales.

Los análisis arriba presentados corresponden a cambios forestales a una escala global. Pero ¿qué sucede si se cartografían y analizan a una escala local como lo son las reservas de la biosfera del Estado de Tabasco, «Pantanos de Centla» y «Wanha'»?; para responder esta pregunta se utilizó GEE y QGIS con los datos de libre acceso de “Hansen Global Forest Change”, que se basan en una serie temporal de

imágenes Landsat. Entonces, los objetivos del trabajo en ambas ANP, utilizando datos de “Global Forest Watch”, QGIS y GEE para el periodo 2000–2023 fueron:

- a) cartografiar las pérdidas y ganancias forestales,
- b) cuantificar los cambios de cobertura forestal.

Los resultados permiten conocer si la pérdida de cobertura arbórea observada en las plataformas globales sobre cambio forestal se corresponde con la existente en la realidad a escala local, es decir en ambas reservas de la Biosfera en Tabasco. Esta información es crucial para realizar seguimientos y evaluaciones del estado de las coberturas forestales en áreas naturales protegidas.

Aspectos generales de las Reservas de la Biosfera de Tabasco

La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) del gobierno de México establece siete categorías de Áreas Naturales Protegidas (ANP) (CONANP, 2024a), de las cuales aquella con mayor nivel de protección se clasifica como «Reserva de la Biosfera. Según la UNESCO (s.f.), una reserva de la biosfera tiene tres funciones principales: conservación de la diversidad biológica y cultural; desarrollo económico sostenible; y apoyo logístico para la investigación y la educación. Por ello, las ANP son el foco del esfuerzo de muchos investigadores, debido a la necesidad de entender qué se protege, en qué proporción y el impacto de las actividades humanas permitidas (Ortega-Rubio, Pinkus-Rendón & Espitia-Moreno, 2015).

De las 48 reservas de la biosfera existentes en México (CONANP, 2024b), el estado de Tabasco tiene dos: la Reserva de la Biosfera Wanha' y la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla. Ambas reservas abarcan 379,217.91 hectáreas, aproximadamente el 13.8 % del Estado.

Pantanos de Centla y Wanha' protegen la biodiversidad de sus principales ecosistemas: humedales y selvas tropicales, pero sus grandes extensiones y escasas vías de acceso dificultan el monitoreo y la evaluación directa de estos hábitats naturales.

La Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla (RBPC), según decreto de 1992 y sitio RAMSAR desde 1995, está ubicada al noreste de Tabasco (figura 1) con 302,706.63 hectáreas, lo que representa el 12.27 % del Estado. Es uno de los

humedales más importantes de Mesoamérica y uno de los más extensos del continente americano (CONANP, 2012). Según la Convención sobre los Humedales (1995) —mejor conocida como Ramsar—, la RBPC tiene un gran valor hidrológico (control de inundaciones, recarga de acuíferos, estabilización costera), sociocultural (conocimientos ancestrales en el uso de la flora, importancia arqueológica, la pesca que representa el 19 % de la producción de Tabasco) y ecológico (museo de plantas vivas).

Alberga hábitats que son refugio de numerosas aves, peces, tortugas e invertebrados acuáticos, y es la principal reserva de plantas acuáticas de México, con casi el 12 % de la vegetación acuática y subacuática del país (Barba, Valadez, Pinkus & Pinkus, 2014). Además de las hidrófitas, se desarrollan selvas bajas inundables con especies como el Pukté (*Bucida buceras*) y el Palo de tinte o de Campeche (*Haematoxylon campechianum*), que pueden alcanzar entre 6 y 12 metros de altura.



Figura 1. Localización de las Reservas de la Biosfera del estado de Tabasco.

Estas selvas se encuentran en franjas o islotes entre la vegetación acuática, o como bosques mixtos en zonas de manglar —mangle rojo (*Rhizophora mangle*)— en muchas ocasiones. También, asociado al mangle rojo formando bosques mixtos, se presentan el mangle negro (*Avicennia germinans*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y el mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*); (SEMARNAP, 2000). La Reserva de la Biosfera Wanha' (RBW), decretada en 2023, se encuentra al sureste de Tabasco (figura 1), entre los municipios de Balancán y Tenosique, abarcando una extensión de 38,255.6 hectáreas (CONANP, 2023). Su nombre proviene del vocablo maya "Wanha", que significa «río de codornices». En general, la región se caracteriza por ambientes fragmentados de selvas bajas y medianas (Cámara, Hernández, Castillo, Galindo, Morales, Zequeira, Rullán, Jesús, Gama, Cappello & Guadarrama, 2011).



Figura 2. Proceso cartográfico integrando tres herramientas geoinformáticas; (Elaboración propia).

Sus ecosistemas incluyen vegetación secundaria de selva, vegetación hidrófita como tular-carrizal-popal-sibal (Miranda & Hernández-X., 1963), y mangles rojos (*Rhizophora mangle*). Aunque los mangles son árboles y arbustos típicos de humedales costeros (Duke, 2014), en la RBW se encuentran en las riberas cársticas del río San Pedro Mártir a 170 kilómetros de la costa del Golfo de México. Aburto-Oropeza, Burelo-Ramos, Ezcurra, Ezcurra, Henriquez, Vanderplank & Zapata (2021) demostraron que esos mangles rojos son relictos aislados que evidencian el nivel del mar durante el periodo interglaciario en el sur de México. Asimismo, se han identificado junto a estos mangles, 112 especies típicas del mar costero (Burelo, Ezcurra & Aburto, 2022).

Cartografía de los cambios en la cobertura vegetal de las dos Reservas de la Biosfera

El proceso cartográfico (figura 2) inicia en la plataforma "Google Earth Engine (GEE)" donde se visualizaron los datos de acceso libre de "Hansen Global Forest Change (HGFC)" que estaban

actualizados hasta el 2023 (versión UMD/hansen/global_forest_change_2023_v1.11).

Con tales datos se generó una imagen multibanda o multispectral sobre el área de ambas reservas, es decir, un archivo ráster que muestra categorías de cambio y no cambio forestal. Posteriormente, se exportaron dichas áreas al "Quantum Geographic Information System (QGIS)", generándose una nueva imagen multispectral. Esto facilitó la visualización de las pérdidas y ganancias forestales, así como las áreas con dinámicas persistentes durante los 23 años que cubre el estudio.

En un siguiente paso, la información de la imagen multibanda de cada Reserva se convirtió a dos tipos de archivos: uno vectorial, que permite calcular áreas mediante polígonos, y otro en formato KML ("Keyhole Markup Language"), que superpone datos geoespaciales en mapas digitales como "Google Earth". Este último formato es crucial para realizar un análisis visual con el historial de imágenes de alta resolución de "Google Earth" (Abburu & Golla, 2015). En la exploración visual se siguen criterios de fotointerpretación tales como forma, textura, tono, contexto, localización, etcétera.

Por ejemplo, los potreros tienen formas geométricas regulares, en las áreas de plantaciones se observan patrones de distribución de árboles, la vegetación arbórea muestra una textura rugosa y media la arbustiva, por mencionar algunos. Las áreas vectoriales que corresponden a los límites de cada Área Natural Protegida se descargaron de manera gratuita del portal SIG CONANP (accesible a través de <https://sig.conanp.gob.mx/>).

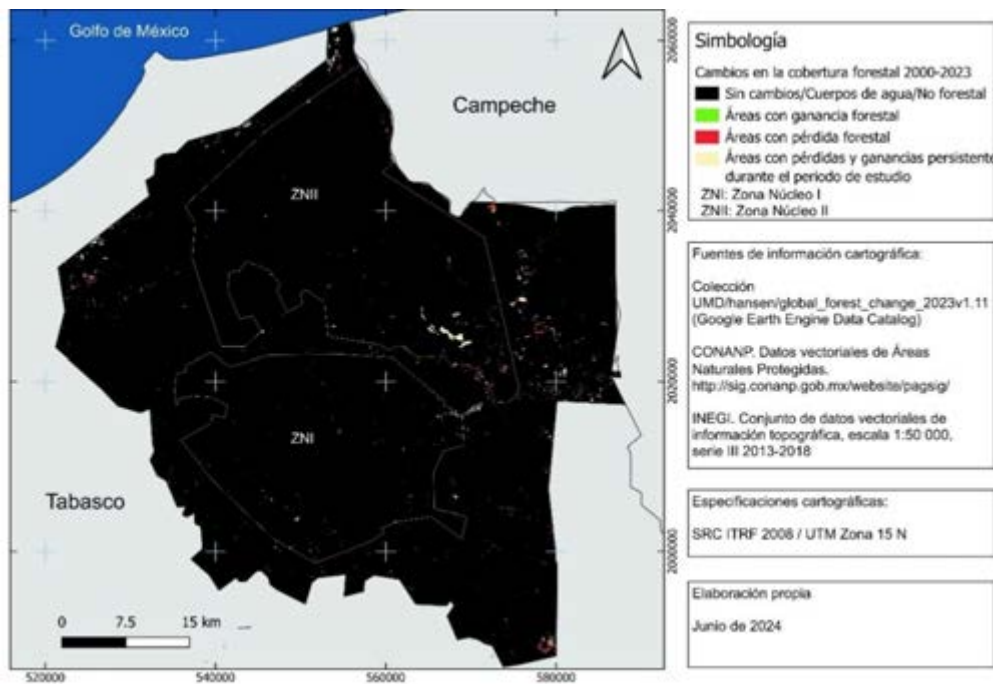


Figura 3. Datos de "Hansen Global Forest Change" para la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla.

Cambios forestales en la RBPC

Según los datos de "Hansen Global Forest Change (HGFC)", la mayor parte de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla (RBPC) (figura 3) se mantuvo sin cambios entre el 2000 y el 2023, a pesar de los incendios que se registran anualmente (Rullán, Olthoff, Gama, Pérez & Galindo, 2009; Pérez, Olthoff, Hernández-Trejo & Rullán-Silva, 2022). Esto se explica porque tales incendios se generan principalmente en comunidades hidrófitas y pastizales, y no en comunidades arbóreas propiamente. Las áreas con ganancia de cobertura arbórea fueron mínimas.

Por otra parte, los mayores cambios se registraron hacia el Este, en parte de la Zona Núcleo II y su área contigua de amortiguamiento (figura 4a, recuadro naranja). Sin embargo, esa área no corresponde a una zona arbórea, sino al pantano dominado por comunidades hidrófitas.

Al realizar un acercamiento a esa área para su mejor visualización, se pueden observar cuatro zonas o grupos identificados por HGFC como árboles con altura mayor a cinco metros (figura 4b, polígonos de líneas blancas) pero en realidad son comunidades hidrófitas con árboles aislados.

Un acercamiento aún mayor, por ejemplo, al Grupo 4 permite contabilizar 13 polígonos de vegetación hidrófita con pequeñas copas de árboles aislados, que suman 45.02 hectáreas (figura 5). Incluso, hacia el extremo izquierdo de la mencionada figura se aprecia, en color verde claro, un cuerpo de agua parcialmente cubierto de comunidades hidrófitas

Cambios forestales en la RBW

La dinámica de cambio forestal en la Reserva de la Biosfera Wanha' (RBW) entre 2000 y 2023 (figura 6)

se debe considerar previa a su existencia como tal, pues se decretó en agosto de 2023. Al analizar los datos de "Hansen Global Forest Change (HGFC)" en la RBW destacan tres grupos de análisis (figura 7):

- Grupo 1, al noreste como ejemplo de ganancia forestal;
- Grupo 2, en el centro-norte, y
- Grupo 3, al sur como ejemplos de pérdida arbórea.

Las áreas de estos tres grupos se cotejaron con el historial de imágenes de alta resolución de "Google Earth" a fin de poder corroborar tal dinámica de ganancias y pérdidas.

El Grupo 1 en la parte norte, presentó la mayor área de ganancia arbórea observada (figura 8, polígono verde). Según el historial de imágenes de alta resolución de "Google Earth" corresponde a una plantación. Se puede inferir que esos árboles en el año 2000 no tenían cinco metros de altura, y 23 años después el sensor Landsat capta el crecimiento forestal y HGFC lo identifica como un incremento.

El Grupo 2 en el centro-norte (figura 9, polígono rojo) muestra una pérdida permanente de cobertura vegetal. Sin embargo, debería mostrar un «área con pérdida y ganancias persistentes» entre 2000 y 2023 (y ser un polígono de color beige según los datos de HGFC). Esto porque visto sobre el "Google Earth" sí hubo una pérdida en el año 2013, pero con evidencias de regeneración desde 2015 hasta 2024.

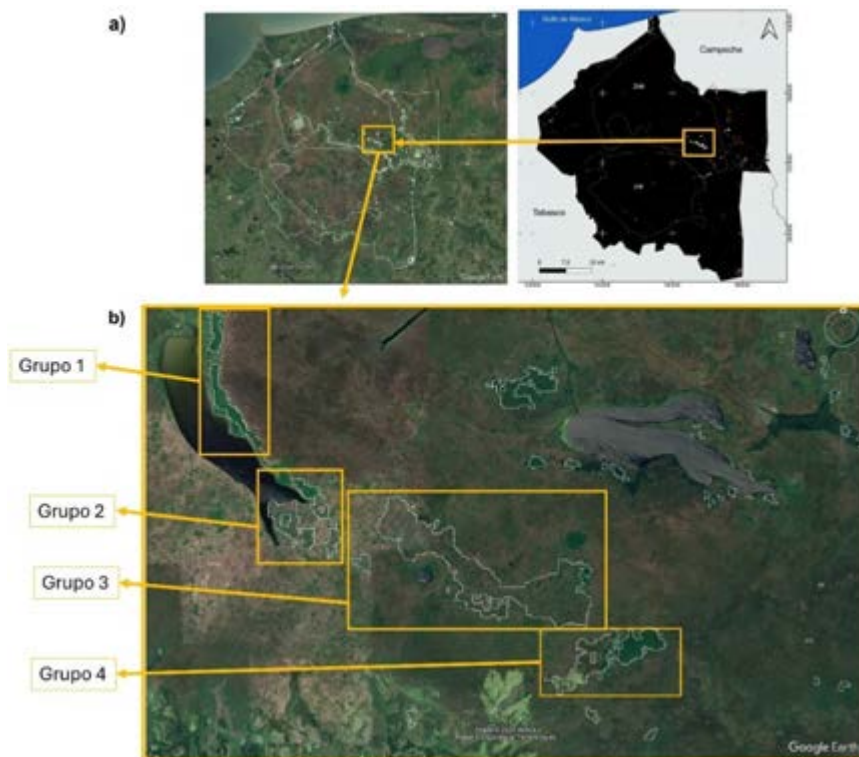


Figura 4. Exploración visual a través de "Google Earth" sobre la RBPC, señalando áreas con mayor pérdidas y ganancias persistentes; (Elaboración propia).

a) Área con mayor dinámica de pérdida y ganancia forestal (recuadro naranja, parte superior).

b) Misma área subdividida en cuatro grupos para facilitar su visualización en Google Earth (parte inferior).

El Grupo 3 al sur para su mejor análisis se subdividió en dos. El Grupo 3a) muestra polígonos con datos de pérdida permanente (figura 10). Sin embargo, en el histórico de imágenes de "Google Earth" se observó vegetación arbórea hasta 2014, y un cambio de uso de suelo a parcelas de plantaciones forestales comerciales a partir de 2019. Debido a esto último los árboles podrían tener menos de cinco metros de altura, y el algoritmo de HGFC lo identifica como pérdida arbórea (polígonos en color rojo), en vez de un «área con pérdida y ganancias persistentes» entre 2000 y 2023.

Finalmente, el Grupo 3b) permite ver en las imágenes históricas de "Google Earth" que en 2006 el área era un potrero con manchones aislados de árboles, en 2019 una plantación forestal y en 2021 se ve una tendencia al desmonte (figura 11).

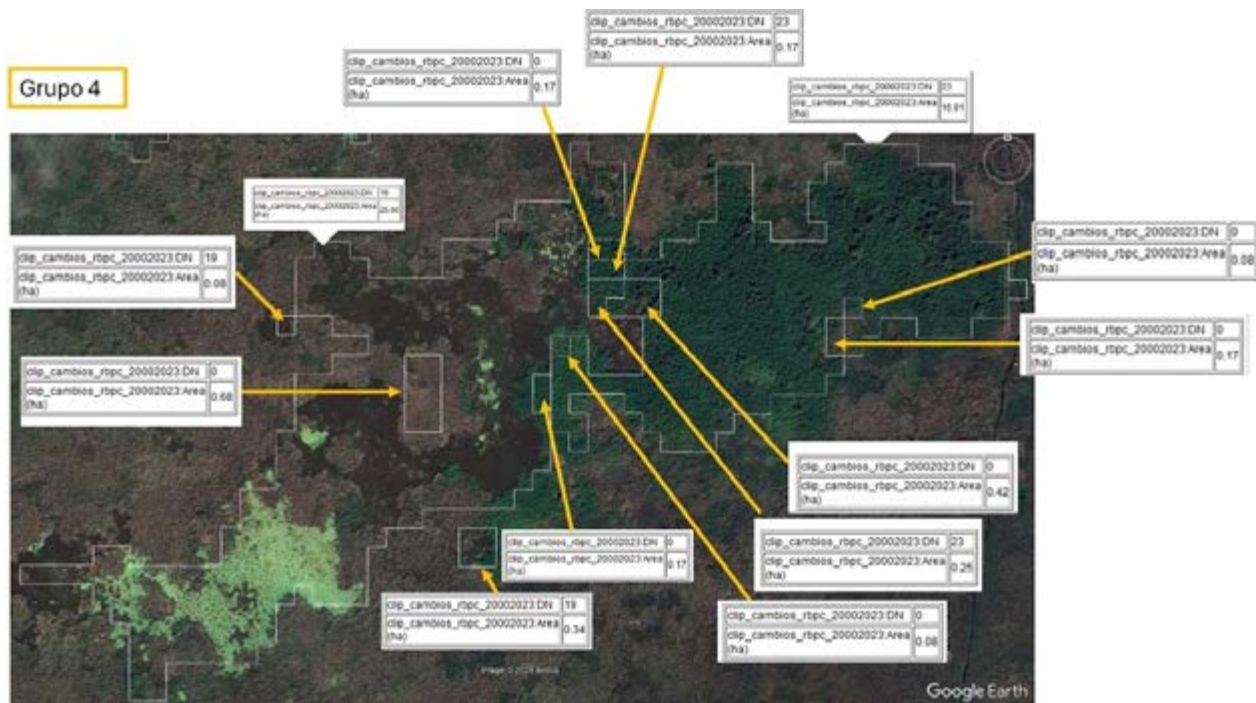


Figura 5. Datos de "Hansen Global Forest Change" correlacionados con imágenes de alta resolución de "Google Earth"; (Elaboración propia).

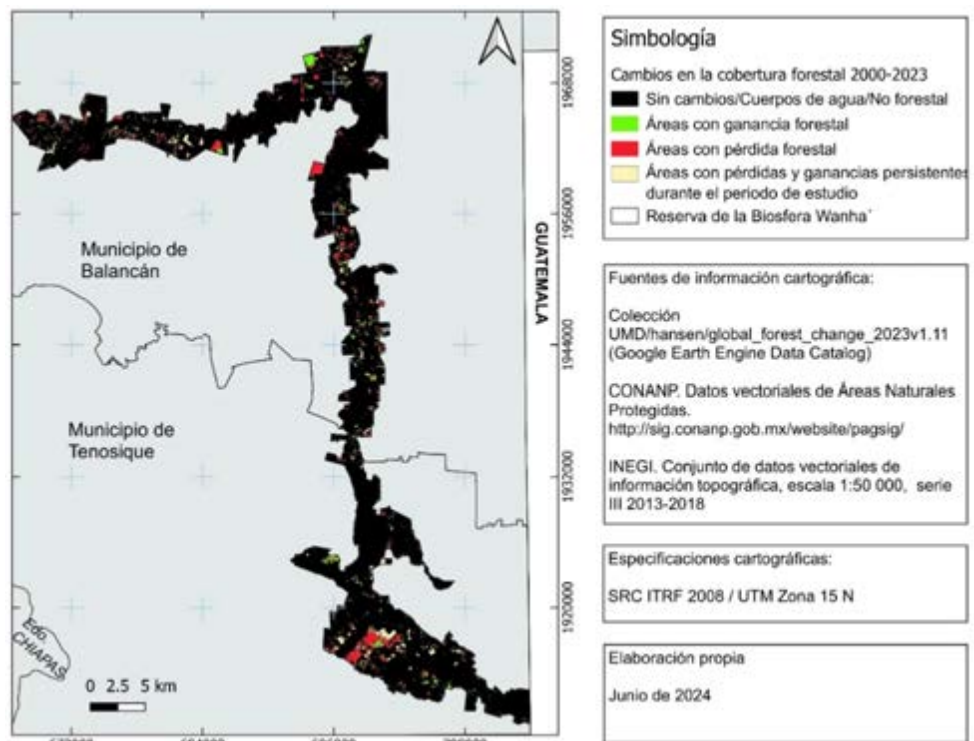


Figura 6. Datos de "Hansen Global Forest Change" para la Reserva de la Biosfera Wanha'.

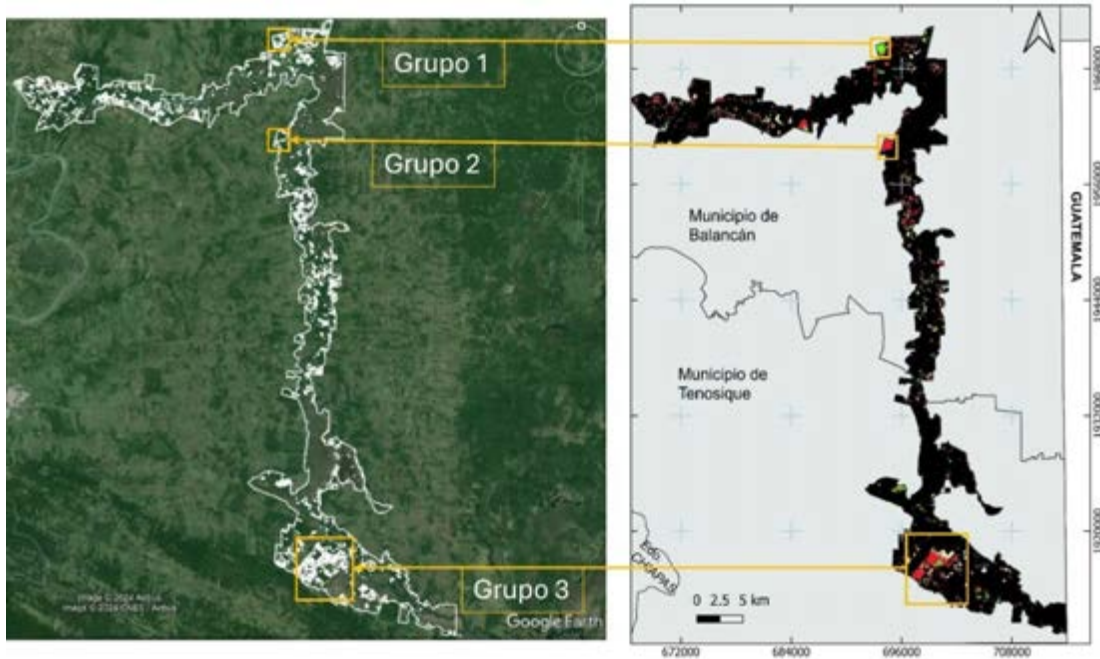


Figura 7. Exploración visual sobre "Google Earth" de las áreas con pérdidas y ganancias temporales y permanentes; (Elaboración propia).

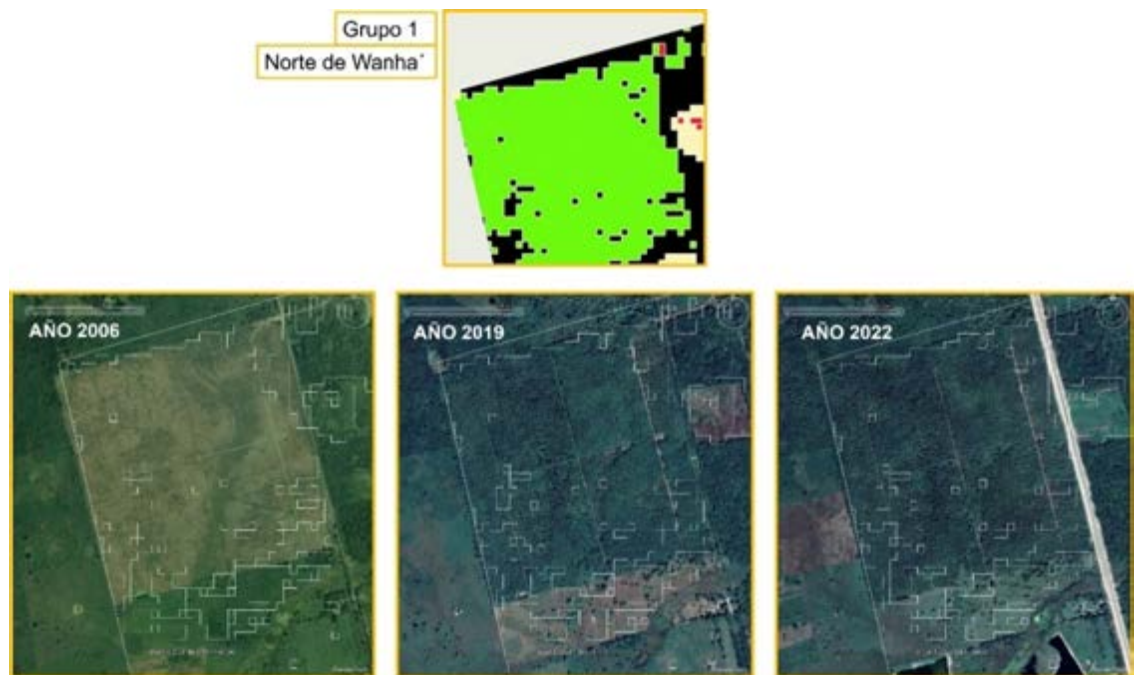


Figura 8. Visualización del historial de imágenes de "Google Earth" en un área de ganancia permanente; (Elaboración propia).



Figura 9. Visualización del historial de imágenes de "Google Earth" en un área de pérdida permanente; (Elaboración propia).

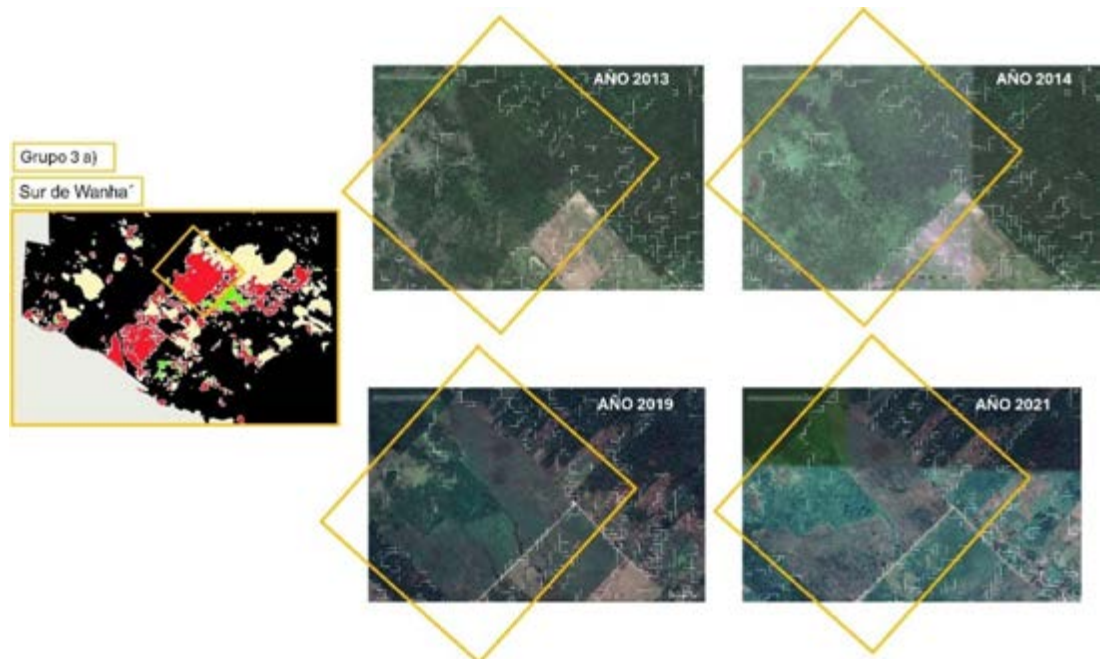


Figura 10. Visualización del historial de imágenes de "Google Earth" en otra área de pérdida permanente; (Elaboración propia).

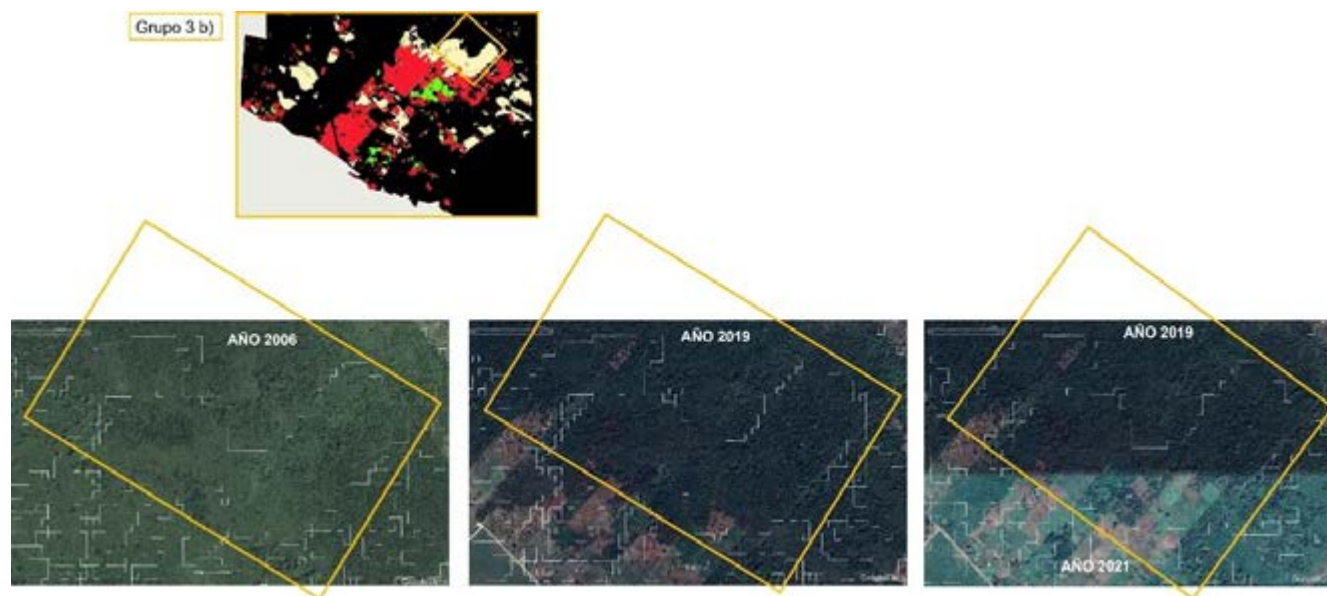


Figura 11. Historial de imágenes de "Google Earth" con un área de ganancia y pérdida persistente; (Elaboración propia).

Quantificación del cambio forestal en las Reservas de la Biosfera

Al analizar los cambios en los bosques, también es útil medir estas variaciones en hectáreas. En este trabajo, se convirtieron las imágenes multiespectrales descargadas de "Google Earth Engine (GEE)" en un archivo vectorial que permitió trabajar con cálculos de áreas específicas en el "Quantum Geographic Information System (QGIS)". En concreto, a través del geoproceso de corte y tomando el vector del límite de cada reserva de la biosfera como capa de máscara, se calcularon las hectáreas de cada categoría de cambio mediante la calculadora de campos de QGIS.

En las poco más de 300 mil hectáreas de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla (RBPC), los resultados muestran que la vegetación arbórea ha perdido casi 556 hectáreas y ganando tan solo 80 hectáreas en 23 años (gráfica 1).



Gráfica 1. Quantificación del cambio forestal en la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla durante 2000-2023; (Elaboración propia).

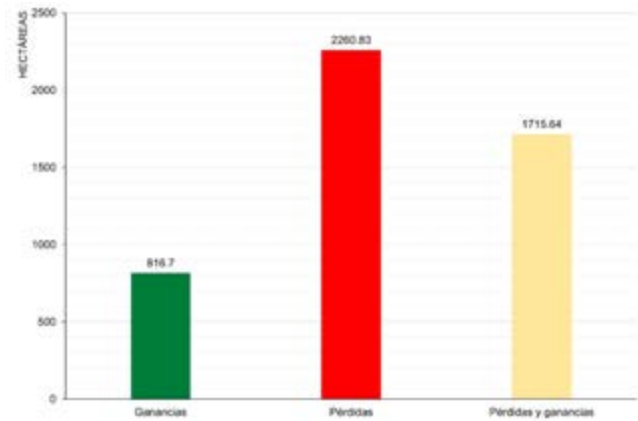
En tanto que en la Reserva de la Biosfera Wanha' (RBW), la dinámica de pérdidas y ganancias forestales ha sido significativa en los últimos 23 años, afectando más de 1,700 hectáreas de un total de 38,255.6 hectáreas (gráfica 2). La ganancia forestal ha sido de 816.7 hectáreas con una significativa pérdida arbórea cuantificada en 2,260.8 hectáreas.

Explicando los cambios observados

Desde 2015 Tabasco ha perdido unas 34,946 hectáreas de vegetación primaria debido a incendios (Córdova, 2023). En la última década, la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla (RBPC) es la zona más afectada por las recurrentes quemaduras (IPCET, 2017). Los datos registrados en la RBPC como pérdida forestal en realidad son perturbaciones por fuego en comunidades hidrófitas y pastizales. Allí las quemaduras son intencionales para favorecer el desarrollo de pasturas para la ganadería y facilitar la caza de tortugas y cocodrilos (Rullán *et al.*, 2009; Pérez *et al.*, 2022).

En la Reserva de la Biosfera Wanhá' (RBW) las pérdidas forestales también pueden deberse a incendios frecuentes, provocados por la población para renovar pastizales para la ganadería y abrir espacios en los humedales para la pesca (Cámara, Rullán & Galindo, 2019). Las ganancias pueden estar vinculadas a programas de desarrollo forestal sustentable promovidos por la Comisión Nacional Forestal desde 1988 (Fierros, 2003) y otros programas estatales y federales desde 2018.

La precisión de los datos de teledetección ha mejorado gracias al avance en los algoritmos de análisis (Goldman & Carter, 2024) y a la mayor resolución de los sensores Landsat 8 y Landsat 9. El segundo lanzado en 2021 tiene una resolución radiométrica de 14 bits, superior a los 12 bits del primero en órbita desde 2013. Al trabajar juntos, estos sensores reducen el tiempo de revista de 16 a 8 días, lo que permite un análisis más rápido y preciso de los cambios en la cobertura forestal. Esto ayuda a determinar si las pérdidas de los bosques son temporales o permanentes y a analizar la recuperación de áreas afectadas.



Gráfica 2. Cuantificación del cambio forestal en la Reserva de la Biosfera Wanhá durante 2000-2023; (Elaboración propia).

A pesar de lo antes comentado, es importante tener en cuenta que los creadores de la aplicación "Global Forest Change" reconocen que el modelo presenta inconsistencias (Weisse & Potapov, 2021). Esto se debe a que, entre el año base 2000 y el 2013 se utilizaron imágenes de los satélites Landsat 4, 5 y 7, cuyas resoluciones eran mucho menores que las de Landsat 8 y 9 utilizadas a partir del año 2013. Como se mostró en los resultados, algunas observaciones de pérdidas o ganancias de cobertura forestal no fueron precisas. Para reducir estas incertidumbres se podrían realizar verificaciones y muestreos en el lugar, como sugieren Weiss & Potapov (2021), como una forma más confiable de analizar las tendencias de pérdida en una región durante un tiempo determinado.

Una limitación del conjunto de datos presentado es que no considera los árboles aislados ni los parches de árboles menores a 900 metros cuadrados, debido a la resolución de 30 metros del sensor Landsat. Esto hace que el inventario de cobertura forestal sea inexacto (Brandt, Ertel, Spore & Stolle, 2023) a mayores escalas.

Para abordar esta situación, en 2021 "Global Forest Watch (GFW)" lanzó un nuevo conjunto de datos llamado «Cobertura Arbórea de los Trópicos» (TTC, por sus siglas en inglés) desarrollado por el equipo «Iniciativa de Restauración Global». Los datos de TTC tienen 10 metros de resolución usando los sensores Sentinel 2A y 2B e imágenes radar de Sentinel 1.

La Cobertura Arbórea de los Trópicos (TTC) está disponible en la plataforma de GFW como un mapa interactivo con datos de porcentajes de cobertura arbórea con una resolución de media hectárea (Ertel, Goldman, Spore & Brandt, 2023). Esto le permite identificar vegetación leñosa de entre tres y cinco metros de altura con diámetro de copa de al menos cinco metros (Ertel *et al.*, 2023). El mapa más reciente es del año 2020 y es estático, es decir, no permite evaluar cambios en el tiempo. Sin embargo, el "World Resources Institute" planea lanzar un producto anual de la TTC en el futuro.

Conclusiones y recomendaciones

En este trabajo se exploró la dinámica forestal durante 23 años en las Reservas de la Biosfera Pantanos de Centla (RBPC) y Wanhá' (RBW) usando datos gratuitos de "Hansen Global Forest Change" disponibles en "Google Earth Engine (GEE)". Al usar tales datos es importante llevar a cabo exploraciones visuales en "Google Earth" ya que por las diferencias de escala (global) puede haber inconsistencias. De todas maneras estos datos espectrales son útiles como una primera exploración en las tendencias de cambio de la cobertura arbórea en Áreas Naturales Protegidas de grandes extensiones y con ambientes de difícil acceso.

El sistema de información geográfica "Quantum Geographic Information System (QGIS)" permitió cartografiar las dinámicas de cambio forestal en ambas reservas. Juntas, estas herramientas resultan

esenciales para una primera exploración de las tendencias de cambio en las coberturas arbóreas de la RBPC y de la RBW. Los resultados muestran que los cambios en las coberturas arbóreas están influenciados por factores como el año de inicio de cada reserva, las políticas forestales vigentes durante el periodo de estudio, y las tradiciones socioculturales de las comunidades locales.

Las pérdidas forestales en ambas reservas se deben principalmente a impactos humanos como los incendios relacionados con la ganadería, la pesca y la silvicultura. Se trata de quemas recurrentes que aumentan la emisión de gases de efecto invernadero y las temperaturas globales intensificando lluvias y sequías. Para mitigar esta situación recomendamos realizar continuos seguimientos y evaluaciones del estado de las coberturas forestales, correlacionándolos con flujos de carbono, cálculos de biomasa, entre otros.

Los cambios significativos en la RBW, en las dos décadas anteriores a su creación, podrían servir como línea base del estado de su vegetación. Consideramos urgente iniciar un seguimiento inmediato de su cobertura forestal, especialmente de los relictos de selva alta y manglares interiores.

Los avances en la teledetección, con más plataformas espaciales y mejores sensores, mejorarán la precisión de los datos, produciendo información de calidad más estandarizada. Recomendamos profundizar en el uso de la teledetección desde GEE y QGIS para monitorear cambios en la cobertura vegetal de las Áreas Naturales Protegidas.

Para zonas tropicales como la RBPC y la RBW, futuras investigaciones deberían utilizar los datos más recientes de cobertura arbórea tropical, una vez queden disponibles en el "Global Forest Watch".

También sugerimos se realicen muestreos y verificaciones de campo, para obtener datos que sirvan de verdad-terreno al momento de correlacionarse con los datos espectrales, al evaluar su precisión, y así obtener tendencias más confiables.

Referencias

- Abburu, S. & Golla, S.B.** (2015). Satellite image classification methods and techniques: a review. *International Journal of Computer Applications*, 119(8): 20–25. <https://www.ijcaonline.org/archives/volume119/number8/21088-3779/>
- Aburto-Oropeza, O.; Burelo-Ramos, C.M.; Ezcurra, E.; Ezcurra, P.; Henriquez, C.L.; Vanderplank, S.E. & Zapata, F.** (2021). Relict inland mangrove ecosystem reveals last interglacial sea levels. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 118 (41): e2024518118. <https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.2024518118>
- Barba Macías, E.; Valadez Cruz, F.; Pinkus Rendón M.A. & Pinkus Rendón M.J.** (2014). Revisión de la problemática socioambiental de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla, Tabasco. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 60: 50–57. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=6743116006>
- Brandt, J.; Ertel, J.; Spore, J. & Stolle, F.** (2023). Wall-to-wall mapping of tree extent in the tropics with Sentinel-1 and Sentinel-2. *Remote Sensing of Environment*, 292: 113574. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2023.113574>
- Burelo Ramos, C.M.; Ezcurra, E. & Aburto, O.** (2022, octubre). La historia que cuentan los mangles: los mangles de la selva. *National Geographic en español*, 51(04): 96–107. ISSN 1665-7764
- Cámara Cabrales, L.C.; Hernández Trejo, H.; Castillo Acosta, O.; Galindo Alcántara, A.; Morales, A.; Zequeira Larios, C.; Rullán Silva, C.D.; Jesús García, M.; Gama Campillo, L.M.; Cappello García, S. & Guadarrama Olivera, M.Á.** (2011). *Estudio regional forestal de la UMAFOR de Los Ríos* (Reporte técnico; p. 304). División Académica de Ciencias Biológicas (DACBIOL), Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).
- Cámara Cabrales, L.C.; Rullán Silva, C.D. & Galindo Alcántara, A.** (2019). Estudio de caso: incendios forestales en la región de Los Ríos. En: Cruz Angón, A.; Cruz Medina, J.; Valero Padilla, J.; Rodríguez Reynaga, F.P.; Melgarejo, E.D.; Mata Zayas, E.E. & Palma López, D.J. (Coords.); *La biodiversidad en Tabasco: estudio de Estado* (Volumen 3; pp. 64–67). Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO). ISBN (Vol. III) 9786078570225
- Chuvieco, E.** (2016). *Fundamentals of satellite remote sensing: an environmental approach* (Second edition; p. 486). CRC Press, Taylor & Francis Group. ISBN 9780429154928. <https://doi.org/10.1201/b19478>
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas).** (2012). Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, a 20 años de haber sido decretada. *Comunicado de prensa de la CONANP* [Web]. Consultado el 14 de junio de 2024, en www.conanp.gob.mx/difusion/comunicado.php?id_subcontenido=284

CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). (2023, mayo). *Estudio Previo Justificativo para el establecimiento del Área Natural Protegida Reserva de la Biosfera Wanha'* (p. 232). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (AMBIENTE); Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT). Recuperado el 02 de septiembre de 2024; de <https://www.conanp.gob.mx/pdf/separata/EPJ-RB-Wanha.pdf>

CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). (2024a). Áreas Naturales Protegidas. *Áreas Naturales Protegidas—CONANP* [Web]. Consultado el 29 de julio de 2024, en <https://www.gob.mx/conanp/documentos/areas-naturales-protegidas-278226>

CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). (2024b). Áreas Naturales Protegidas Decretadas. *Áreas Naturales Protegidas Decretadas—CONANP* [Web]. Consultado el 29 de julio de 2024, en <https://www.gob.mx/conanp/acciones-y-programas/areas-naturales-protegidas-decretadas>

Convención sobre los Humedales (Ramsar). (1995). Ficha informativa de Humedales Ramsar (FIR): Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla (p. 15). *Servicio de Información sobre Sitios Ramsar—Convención sobre los Humedales* [Web]. Recuperado el 20 de marzo de 2018, de <https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/MX733RIS.pdf?language=es>

Córdova de la Cruz, I. (2023). *Oficio de respuesta de solicitud de información del número de incendios forestales registrados en Tabasco, lo anterior del año 2015 al año 2023, desglosado por año, municipio y hectáreas afectadas* (Documento operativo brindado por el Sistema Plataforma Nacional de Transparencia). Departamento de Protección Forestal, Comisión Estatal Forestal de Tabasco (COMESFOR), delegación Tabasco; México.

Duke, N.C. (2014). Mangrove coast. In: Harff, J.; Meschede, M.; Petersen, S. & Thiede, J. (Eds.); *Encyclopedia of Marine Geosciences* (pp. 1-14). Springer Editorial. https://doi.org/10.1007/978-94-007-6644-0_186-1

Ertel, J.; Goldman, L.; Spore, J. & Brandt, J. (2023, junio 06). Tree cover data sets on Global Forest Watch, Explained. *Global Forest Watch (GFW)* [Web]. Consulted on July 25, 2024, in <https://www.globalforestwatch.org/blog/data-and-tools/tree-cover-data-comparison>

Fierros González, A.M. (Ed.). (2003). *Programa de Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales: a 15 años de su creación* (Documento técnico; p. 198). Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). Recuperado de https://www.conafor.gob.mx/biblioteca/documentos/PROGRAMA_DE_DESARROLLO_DE_PFC_A_15_A_NOS_DE_SU_CREACION.PDF

Goldman, L. & Carter, S. (2024, abril 04). Global Forest Watch's 2023 tree cover loss data explained. *Global Forest Watch (GFW)* [Web]. Consulted on July 24, 2024, in <https://www.globalforestwatch.org/blog/data-and-tools/2023-tree-cover-loss-data-explained/>

Hansen, M.C; Potapov, P.V.; Moore, R.; Hancher, M.; Turubanova, S.A.; Tyukavina, A.; Thau, D.; Stehman, S.V.; Goetz, S.J; Loveland, T.R.; Kommareddy, A.; Egorov, A.; Chini, L.; Justice, C.O. & Townshend, J.R.G. (2013). High-Resolution global maps of 21st-Century Forest cover change. *Science*, 342(6160): 850–853. <https://doi.org/10.1126/science.1244693>

IPCET (Instituto de Protección Civil del Estado de Tabasco). (2017). *Plan de contingencia para la temporada de incendios forestales 2017* (p. 63). Gobierno del Estado de Tabasco; Instituto de Protección Civil del Estado de Tabasco (IPCET). Recuperado de <https://acortar.link/MmZGUu>

Miranda, F. & Hernández-X., E. (1963) Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 28: 29–179. <https://doi.org/10.17129/botsci.1084>

Morales, A. (2024, marzo 19). ¿Por qué QGIS es la referencia en los clientes SIG open source?. *MappingGIS* [Web]. Consultado el 22 de marzo de 2024 en: <https://acortar.link/LVCNVU>

Ortega-Rubio, A.; Pinkus-Rendón, M.J. & Espitia-Moreno, I.C. (2015). *Las áreas naturales protegidas y la investigación científica en México* (p. 572). Red de Áreas Naturales Protegidas (CONACYT); Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, (CIBNOR S.C.); Universidad Autónoma de Yucatán (UADY) & Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMICH). ISBN 978-607-424-558-5. Consultado el 15 de junio de 2023 en <https://acortar.link/H8PQct>

Pérez, C.C.; Olthoff, A.E.; Hernández-Trejo, H. & Rullán-Silva, C.D. (2022). Evaluating the best spectral indices for burned areas in the tropical Pantanos de Centla Biosphere Reserve, Southeastern Mexico. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 25: 100664. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2021.100664>

Rullán Silva, C.D.; Olthoff, A.E.; Gama, L.; Pérez Sánchez, E. & Galindo Alcántara, A. (2009). Discriminación de umbrales de áreas quemadas mediante imágenes Landsat TM, en la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla. *Kuxulkab' revista de divulgación*, XV(28): 37–44. <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a15n28.441>

SEMARNAP (Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca). (2000, septiembre 26). RESUMEN del Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla (26-sep-2000; Segunda Sección). *Diario Oficial de la Federación - Secretaría de Gobernación* [Web]. Recuperado el 20 de julio de 2024, de https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=2060446&fecha=26/09/2000#gsc.tab=0

UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura). (s.f.). ¿Qué son las reservas de biosfera?. *Programa sobre el Hombre y la Biosfera (MAB, Man and the Biosphere Programme)–UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization)* [Web]. Consultado el 28 de marzo de 2024, en <https://www.unesco.org/es/mab/wnbr/about>

Weisse, M. & Potapov, P. (2021, April 28). Assessing trends in tree cover loss over 20 years of data. *Global Forest Watch (GFW)* [Web]. Recovered from <https://www.globalforestwatch.org/blog/data-and-tools/tree-cover-loss-satellite-data-trend-analysis/>

Wulder, M.A.; Loveland, T.R.; Roy, D.P.; Crawford, C.J.; Masek, J.G.; Woodcock, C.E.; Allen, R.G.; Anderson, M.C.; Belward, A.S.; Cohen, W.B.; Dwyer, J.; Erb, A.; Gao, F.; Griffiths, P.; Helder, D.; Hermosilla, T.; Hipple, J.D.; Hostert, P.; Hughes, M.J.; Huntington, J.; Johnson, D.M.; Kennedy, R.; Kilic, A.; Li, Z.; Lyburner, L.; McCorkel, J.; Pahlevan, N.; Scambos, T.A.; Schaaf, C.; Schott, J.R.; Sheng, Y.; Storey, J.; Vermote, E.; Vogelmann, J.; White, J.C.; Wynne, R.H. & Zhu, Z. (2019). Current status of Landsat program, science, and applications. *Remote Sensing and Environment*, 225: 127–147. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.02.015>

CAPACIDAD DE MANEJO: DETERMINANTE PARA EL ÉXITO TURÍSTICO DE LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS EN TABASCO

MANAGEMENT CAPACITY: A DETERMINING FACTOR FOR THE TOURIST SUCCESS OF TWO PROTECTED NATURAL AREAS IN TABASCO

Carolina Zequeira Larios¹✉ & José Luis Martínez Sánchez²

¹Doctora en Ecología Tropical por la Universidad Veracruzana (UV); centrada en el estudio de los sistemas tropicales y comunidades sociales establecidas en Áreas Naturales Protegidas (ANP) y áreas agrícolas; profesora-investigadora y colaboradora en el «Cuerpo Académico: Ecología, Restauración y Manejo de Comunidades Tropicales (CA-ERMCT)» de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiología), en la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT). ²Doctor en Ecología Vegetal por la Escuela de Ciencias Naturales de la Universidad de Stirling (Reino Unido). Profesor-investigador y colaborador en el CA-ERMCT de la DACBiología-UJAT.

División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiología); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT): Carretera Federal #180 (Villahermosa-Cárdenas) km 0.5 S/N; entronque a Bosques de Saloya; C.P. 86150. Villahermosa, Tabasco; México.

✉ carolina.zequeira@ujat.mx

 0000-0002-6180-5529  0000-0002-2131-4223

Como referenciar:

Zequeira Larios, C. & Martínez Sánchez, J.L. (2024). Capacidad de manejo: determinante para el éxito turístico de las áreas naturales protegidas en Tabasco. *Kuxulkab'*, 30(68): e6392, septiembre-diciembre. <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a30n68.6392>

Disponible en:

<https://revistas.ujat.mx>

<https://revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab>

<https://revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab/article/view/6392>

DOI:

<https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a30n68.6392>

Resumen

La gestión efectiva de áreas naturales protegidas es esencial para conservar la biodiversidad y proteger ecosistemas frágiles. Este estudio analiza la capacidad de manejo en el Parque Estatal Agua Blanca y la Reserva Ecológica Cascadas de Reforma en Tabasco. Se evaluaron instalaciones e infraestructura para uso público, siguiendo la metodología de Cifuentes. Estas áreas son cruciales para preservar especies en riesgo y proporcionar servicios ecosistémicos. Sin embargo, la falta de recursos humanos, financieros y técnicos puede afectar su eficacia. Es vital invertir en la formación de personal especializado y asegurar una financiación adecuada. La participación de la comunidad local también es clave. Fortalecer la capacidad de manejo de estas áreas es una prioridad para la conservación a largo plazo, el turismo sostenible y el bienestar humano, garantizando beneficios continuos para la sociedad y el medio ambiente.

Palabras clave: Capacidad de carga; Desarrollo local; Ambiente; Servicios ecosistémicos; Protección ambiental.

Abstract

Effective management of protected natural areas is essential for conserving biodiversity and protecting fragile ecosystems. This study analyzes the management capacity in Agua Blanca State Park and Cascadas de Reforma Ecological Reserve in Tabasco. Public use facilities and infrastructure were evaluated following Cifuentes' methodology. These areas are crucial for preserving endangered species and providing ecosystem services. However, the lack of human, financial, and technical resources can affect their effectiveness. It is vital to invest in training specialized personnel and ensuring adequate funding. Community involvement is also key. Strengthening the management capacity of these areas is a priority for long-term conservation, sustainable tourism, and human well-being, guaranteeing continuous benefits for society and the environment.

Keywords: Carrying capacity; Local development; Environment; Ecosystem services; Environmental protection.

La creación y mantenimiento de áreas naturales protegidas (ANP) no solo requiere de la designación de un espacio en particular, sino también de la capacidad de gestionarlo de manera efectiva, ya que estas áreas ante la crisis ambiental global que vivimos actualmente, se convierten en espacios que desempeñan un papel crucial en la conservación de la biodiversidad, la protección de ecosistemas frágiles y en la provisión de servicios ecosistémicos vitales para la humanidad (Espitia-Moreno, Arriola-Padilla & Ortega-Rubio, 2017; Brenner, 2020). Por lo que se debe tener un esquema colaborativo para brindar recursos humanos, financieros y técnicos necesarios que cumplan los objetivos para los que fueron decretadas. La carencia de alguno de estos recursos pone en riesgo su efectividad y limita su capacidad para cumplir con su mandato de conservación (Tlapa, Bustamante, Vargas, Ramírez, Cervantes & Cruz, 2020).

Es fundamental que los gobiernos, organizaciones no gubernamentales y la sociedad en su conjunto, reconozcan la importancia de fortalecer la capacidad de manejo de las ANP (Arias, 2023). De acuerdo con la reciente Norma Mexicana NMX-AA-189-SCFI-2021, la capacidad de manejo se refiere a la evaluación de las condiciones con las que cuenta un área natural protegida para cumplir sus funciones y objetivos (SE, 2024). Esto implica invertir en la formación y capacitación de personal especializado, asegurar un financiamiento adecuado y sostenido en infraestructura, así como el promover la participación activa de las comunidades locales en la gestión de estas áreas (Brenner, 2020).

Solo a través de un enfoque integral y colaborativo podremos garantizar que las ANP cumplan con su objetivo de conservación a largo plazo (Cantú-Martínez, 2018). La capacidad de manejo de estas áreas no solo es una prioridad ineludible, sino

también una inversión en el futuro de nuestro planeta y de las generaciones venideras.

La capacidad de manejo en las áreas naturales protegidas es un aspecto crucial por diversas razones (CONANP, 2023a):

1. Conservación de la biodiversidad: albergan una gran variedad de especies vegetales y animales, algunas de las cuales pueden ser endémicas o en peligro de extinción. Mantener una gestión efectiva de estas áreas es vital para proteger y preservar la diversidad biológica.
2. Protección de ecosistemas frágiles: muchos de los ecosistemas presentes en ANP son sensibles a las perturbaciones humanas. La gestión adecuada garantiza que estos ecosistemas frágiles se mantengan saludables y puedan seguir brindando servicios fundamentales, como la regulación del clima, la provisión de agua limpia y la mitigación de desastres naturales.
3. Recreación y turismo sostenible: también ofrecen oportunidades para el turismo y la recreación al aire libre. Una adecuada capacidad de manejo garantiza que estas actividades se realicen de manera sostenible, evitando impactos negativos en el entorno natural y permitiendo que las generaciones futuras disfruten de estos espacios.
4. Contribución al bienestar humano: no solo benefician a la flora y fauna, sino que también tienen un impacto positivo en la salud y el bienestar de las personas. Estos espacios proporcionan lugares para el esparcimiento, la conexión con la naturaleza y el disfrute de servicios ecosistémicos fundamentales para nuestra supervivencia.

Actualmente el estado de Tabasco cuenta con 18 áreas naturales protegidas (ANP): 3 de competencia federal y 11 de competencia estatal, el resto establecidas mediante certificado. De acuerdo con su categoría de manejo, dicha entidad tiene 6 reservas ecológicas, 4 parques estatales, 4 áreas destinadas voluntariamente a la conservación (ADVC), 1 monumento natural, 2 reservas de la biosfera y 1 área de protección de flora y fauna (BIENESTAR, 2023). De éstas, solo 2 áreas cuentan con estudios científicos respecto a la capacidad de carga turística (CCT): la «Reserva Ecológica Cascadas de Reforma (RECR)» en el municipio de Balancán (Zequeira, Gama, Galindo, Laines, Cámara, Castillo, Macías-Valadez & Zavala, 2010), y el «Parque Estatal Agua Blanca (PEAB)» en la municipalidad de Macuspana (Zequeira, Gama, Galindo, Castillo, Laines & Macías-Valadez, 2007).

En los estudios de capacidad de carga turística (CCT) un componente importante es el cálculo de la capacidad de manejo (CM), este se obtiene a partir de variables tales como respaldo jurídico, políticas, equipamiento, dotación de personal, financiamiento, infraestructura y facilidades o instalaciones disponibles.

La capacidad de manejo óptima es definida como el mejor estado o condiciones que la administración de un área protegida debe tener para desarrollar sus actividades y alcanzar sus objetivos (Cifuentes, Mesquita, Méndez, Morales, Aguilar, Cancino, Gallo, Jolón, Ramírez, Ribeiro, Sandoval & Turcios, 1999; SE, 2024).

Con base a lo anterior, en este texto se presentan y analizan los resultados obtenidos de la capacidad de manejo (CM) de la Reserva Ecológica Cascadas de Reforma y el Parque Estatal Agua Blanca.

Las zonas de estudio

La Reserva Ecológica Cascadas de Reforma (RECR), fue decretada como tal el 23 de noviembre de 2002, por el Gobierno del Estado de Tabasco debido a su gran riqueza de especies de flora y fauna presentes en el ecosistema. Esta reserva representa un importante refugio para la anidación y alimentación de numerosas especies de aves, tanto migratorias como locales. Sin embargo, tal decreto ha sido derogado recientemente en el 2023, para poder formar parte de la nueva «Reserva de la Biosfera Wanhá'»; los estudios más recientes confirmaron la importancia ecológica de esta área y de esta forma se sumó a las 38,255 hectáreas decretadas de competencia federal (CONANP, 2023b; Olvera, 2023).

En cuanto al Parque Estatal Agua Blanca (PEAB), esta área natural protegida (ANP) fue decretada en esta categoría el 19 de diciembre de 1987 por el Gobierno del Estado, en ese entonces abarcaba una superficie de 2,025 hectáreas; sin embargo, esta se vio reducida a 1,462 según el decreto del 5 de julio de 2017 publicado en el Periódico Oficial del Estado de Tabasco (Gobierno del Estado de Tabasco, 2017). En este parque se encuentra uno de los pocos relictos de selva alta perennifolia que quedan diseminados en el Estado, por ello su gran importancia ecológica.

El PEAB ha sido objeto de numerosos estudios sobre la flora y fauna que alberga gracias a su exuberante vegetación; investigaciones científicas han reportado importantes hallazgos sobre murciélagos, hongos, moluscos e insectos (Castillo & Zavala, 1996; Rangel, Gamboa & Alegría, 2004; Zarco-Espinosa, Valdez-Hernández, Ángeles-Pérez & Castillo-Acosta, 2010; Sánchez-Pérez, Castillo-Acosta & Cámara-Cabrales, 2011; García-Morales, Gordillo-Chávez, Valdez-Leal & Pacheco-Figueroa, 2014; Rosique-Gil, Córdova, Capello-García & Cid-Martínez, 2018).



Fotografía 1. Imágenes de la Reserva de la Biosfera Cascadas de Reforma; (cortesía de Carolina Zequeira Larios).



Fotografía 2. Imágenes alusivas al Parque Estatal Agua Blanca; (cortesía de Carolina Zequeira Larios).

Los cálculos ¿cómo se hicieron?

Como ya se mencionó, la medición de la capacidad de manejo (CM) se calcula a partir de lo recomendado por Cifuentes y colaboradores (1999), donde para este caso y realizar el estudio de los parques, fueron consideradas las variables: personal, infraestructura y equipamiento. Estas fueron seleccionadas por su facilidad de análisis y medición, debido a que se contaba con la información requerida para la investigación. Cada variable está constituida por una serie de elementos, que el área natural protegida (ANP) debe tener en cada rubro y la cual se mide con base a la existencia y la cantidad óptima (cuadro 1, 2 y 3).

Cada variable se valoró de acuerdo con cuatro criterios: cantidad, estado, localización y funcionalidad. La categoría personal sólo se calificó teniendo en cuenta el criterio de cantidad, debido a que el conocimiento del personal no pudo valorarse por impedimentos de las autoridades ejidales. Para establecer una estimación más objetiva de la CM fue importante uniformar el mecanismo de calificación para todas las variables. Los criterios utilizados fueron:

- Cantidad: relación porcentual entre la cantidad existente y la cantidad óptima a juicio de la administración del área protegida y de los autores del presente estudio.
- Estado: se entiende por las condiciones de conservación y uso de cada componente, como su mantenimiento, limpieza y seguridad, permitiendo el uso adecuado y seguro de la instalación, facilidad o equipo.
- Localización: se entiende como la ubicación y distribución espacial apropiada de los componentes en el área, así como la facilidad de acceso a los mismos.
- Funcionalidad: este criterio es el resultado de una combinación de los dos anteriores (estado y localización), es decir, la utilidad práctica que

determinado componente tiene tanto para el personal como para los visitantes.

Cada uno de estos criterios recibió un valor, calificado según la siguiente escala:

Porcentaje	Valor	Calificación
<= 35	0	Insatisfactorio
36-50	1	Poco satisfactorio
51-75	2	Medianamente satisfactorio
76-89	3	Satisfactorio
>= 90	4	Muy satisfactorio

Fuente: Cifuentes *et al.*, 1999.

Cuadro 1. Resultados de la capacidad de manejo (CM) de las ANP.

Variable	Valor obtenido en la RECR	Valor obtenido en el PEAB
Capacidad de carga real (CCR)	6,214 visitas/día	2,133 visitas/día
Capacidad de Manejo (CM)		
Infraestructura	0.1719	0.3473
Equipo	0.0853	0.0208
Personal	0.0688	0.3906
Promedio	0.1086	0.2533
Total CM	10.86 %	25.29 %
Capacidad de carga efectiva (CCE)	675 visitantes/día	539 visitantes/día

Claves: RECR (Reserva Ecológica Cascadas Reforma); PEAB (Parque Ecológico Agua Blanca). Fuente: Zequeira *et al.* (2007; 2010).

Es evidente que existe un mayor número de opciones para la valoración de la capacidad de manejo del sitio; sin embargo, se consideraron aquellas más relevantes y que se considera aportan elementos suficientes para realizar una aproximación. El óptimo para cada variable fue establecido a juicio de los autores comparando con otros sitios naturales que ofrecen servicios turísticos basados en la naturaleza, además de los datos obtenidos en entrevistas a visitantes, personal y delegado a cargo de la administración de los sitios.

Cuadro 2. Resultados de infraestructura disponible en el PEAB.

Infraestructura	Capacidad actual (A)	Cantidad óptima (B)	Cantidad Relación A/B	Estado	Localización	Funcionalidad	Suma (S)	Factor (S/16)
Oficina Administrativa	0	1	0	0	0	0	0	0.000
Casa para personal	0	1	0	0	0	0	0	0.000
Caseta de entrada	0	1	0	0	0	0	0	0.000
Sala de exposiciones	0	1	0	0	0	0	0	0.000
Parqueo	1	1	1	2	1	0	4	0.250
Área "camping"	1	1	1	1	1	0	3	0.188
Área de "picnic"	50	1	50	3	3	2	58	3.625
Asadores	50	8	6	2	2	2	12.25	0.766
Basureros	15	11	2	2	3	2	8.364	0.523
Mesas	50	16	3	2	3	2	10.13	0.633
Baños	2	2	1	1	3	2	7	0.438
Duchas	4	5	1	1	3	2	6.8	0.425
Lavamanos	8	3	3	2	3	2	9.667	0.604
Inodoros	10	5	2	1	3	2	8	0.500
Urinarios	0	1	0	0	0	2	2	0.125
Pilas de lavado	0	2	0	1	1	1	3	0.188
Refugios (kioscos)	0	8	0	2	0	0	2	0.125
Taller	0	1	0	0	0	0	0	0.000
Bodega	0	1	0	1	0	0	1	0.063
Senderos	0	2	0	3	4	4	11	0.688
Sist. de drenaje en senderos	0	2	0	1	0	0	1	0.063
Mirador	1	1	1	1	1	0	3	0.188
Puentes	0	5	0	0	0	0	0	0.000
Bancos	50	28	2	1	1	0	3.786	0.237
Señalización	2	17	0	0	0	0	0.118	0.007
Sist. Interp.	0	2	0	0	0	0	0	0.000
Croquis	1	2	1	1	0	0	1.5	0.094
Maqueta	0	1	0	0	0	0	0	0.000
Promedio								0.347

Fuente: Zequeira et al. (2007).

Para calificar la cantidad se tomó en cuenta la relación entre la cantidad existente y la cantidad óptima, llevando este valor porcentual a la escala de 0–4. Los otros criterios fueron calificados con base a las apreciaciones de los autores, y de acuerdo con las condiciones existentes para cada uno.

Cuadro 3. Resultados de personal disponible en el PEAB.

Personal	Capacidad actual (A)	Cantidad óptima (B)	Cantidad Relación A/B	Factor (C/4)
Administrador	1	1	1	0.250
Educación Ambiental	0	1	0	0.000
Guardaparques	2	8	0.25	0.063
Guías	20	4	5	1.250
Promedio				0.391

Fuente: Zequeira et al. (2007).

Cuadro 4. Resultados de equipamiento disponible en el PEAB.

Equipamiento	Capacidad actual (A)	Cantidad óptima (B)	Cantidad Relación A/B	Estado	Localización	Funcionalidad	Suma (S)	Factor (S/16)
Vehículo	0	2	0	0	0	0	0	0.000
Radio	0	6	0	0	0	0	0	0.000
Arma de fuego	0	4	0	0	0	0	0	0.000
Extintor de incendios	0	6	0	0	0	0	0	0.000
Tienda de campaña	1	1	1	2	0	1	4	0.250
Botiquín de primeros auxilios	0	1	0	0	0	0	0	0.000
Pantalla de proyección	0	1	0	0	0	0	0	0.000
Proyector de diapositivas	0	1	0	0	0	0	0	0.000
Computadora	0	1	0	0	0	0	0	0.000
Motosierras	0	2	0	0	0	0	0	0.000
Chapeadoras	0	3	0	0	0	0	0	0.000
Rotulador	0	1	0	0	0	0	0	0.000
Promedio								0.021

Fuente: Zequeira et al. (2007).

Para los cálculos se obtuvo el total de las calificaciones de cada componente. Este total se le comparó al óptimo (valor máximo alcanzable si cada criterio hubiera sido calificado con la máxima calificación de 4), y el resultado se le tomó como un factor.

Cuadro 4. Resultados de equipamiento disponible en el PEAB.

Equipamiento	Capacidad actual (A)	Cantidad óptima (B)	Cantidad Relación A/B	Estado	Localización	Funcionalidad	Suma (S)	Factor (S/16)
Vehículo	0	2	0	0	0	0	0	0.000
Radio	0	6	0	0	0	0	0	0.000
Arma de fuego	0	4	0	0	0	0	0	0.000
Extintidor de incendios	0	6	0	0	0	0	0	0.000
Tienda de campaña	1	1	1	2	0	1	4	0.250
Botiquín de primeros auxilios	0	1	0	0	0	0	0	0.000
Pantalla de proyección	0	1	0	0	0	0	0	0.000
Proyector de diapositivas	0	1	0	0	0	0	0	0.000
Computadora	0	1	0	0	0	0	0	0.000
Motosierras	0	2	0	0	0	0	0	0.000
Chapeadoras	0	3	0	0	0	0	0	0.000
Rotulador	0	1	0	0	0	0	0	0.000
Promedio								0.021

Fuente: Zequeira *et al.* (2007).

El promedio de todos los factores constituye el factor de la variable. Finalmente, la capacidad de manejo del Parque se estableció a partir del promedio de los factores de las tres variables, expresado en porcentaje, de la siguiente manera: el valor asignado a *Infraestructura, Equipamiento y Personal* se suman y el resultado se divide entre tres, posteriormente, este total se multiplica por 100 (Cifuentes *et al.*, 1999).

El trabajo se realizó en cada una de las ANP tomando mediciones de las instalaciones e infraestructura destinada al uso público. Los detalles sobre el cálculo pueden consultarse en Cifuentes *et al.* (1999) que fue la metodología aplicada en esta investigación. Aunque recientemente en 2021 dicha metodología ha sido publicada por la Secretaría de Economía en la

norma mexicana NMX-AA-189-SCFI-2021 (SE, 2024) y en ella se establecen los indicadores de infraestructura, equipo y personal necesarios para determinar la capacidad de manejo de una ANP arriba expuestos.

Razonamiento a los resultados

La Reserva Ecológica Cascadas de Reforma (RECR) y el Parque Estatal Agua Blanca (PEAB), son sitios naturales visitados por habitantes de procedencia local, estatal y nacional (Zequeira *et al.*, 2010; Romero, Zequeira, Gama & Martínez, 2023).

La actividad turística en estas zonas es administrada por las localidades más cercanas; en el caso de la RECR los habitantes de la localidad «Provincia» son quienes tienen a cargo la responsabilidad del servicio turístico a los visitantes, mientras que en el PEAB son los habitantes de la localidad «Palomas» quienes son responsables de la atención y administración de los recursos naturales y la infraestructura disponible. Son ellos quienes en algunas ocasiones reciben capacitación y toman decisiones sobre la infraestructura turística que ofrecen a los visitantes.

La capacidad de carga turística (CCT) resultante de estas zonas refleja la habilitación que tienen los sitios para recibir visitantes y puedan estos disfrutar de la naturaleza e infraestructura que ofrecen los sitios mencionados, a la vez que se garantizan la conservación y protección del recurso natural. Sin embargo, el número de visitantes se ve reducido cuando se cuenta con una capacidad de manejo (CM) insuficiente para atender las necesidades básicas de los turistas que llegan de visita al sitio.

Veamos los resultados descritos en el cuadro 1 de acuerdo a los estudios realizados para el RECR y el PEAB; para el primero se obtuvo una capacidad de



carga real (CCR) de 6,214 y en el segundo 2,133 esto significa que en el sitio se puede recibir esta cantidad de visitantes, pero como se puede observar se tiene solo una capacidad de manejo del 10.86 % y el 25.29 % respectivamente, cifras que debieran ser del 100 %; lo cual reduce el número de turistas que se pueden recibir por día, al aplicar los porcentajes sobre la CCR, la atención de los visitantes se reduce a 675 y 539 turistas respectivamente.

Ahora, ¿por qué esta situación en los sitios?, como se puede observar en el cuadro 1 la CM está determinada por la disponibilidad de recursos en tres rubros:

- a) Infraestructura: que contempla oficinas, caseta de entrada, áreas de estacionamiento bien delimitadas, basureros, mesas, baños, duchas, lavamanos, agua potable, palapas, bodegas, sistema de drenaje, puentes, señalización, mapas, croquis, etcétera en cantidad y calidad (cuadro 2 y 5).
- b) Personal: se evalúa tener un responsable o administrador general del sitio, capacitación constante a los prestadores de servicios, disponibilidad de guardaparques y guías (cuadro 3 y 6).
- c) Equipamiento: se valora la disponibilidad de sistemas de comunicación para emergencias (radios o teléfonos), extinguidores de incendios, tiendas de campañas disponibles, botiquines de primeros auxilios, pantallas de proyección, computadoras, motosierras, chapeadoras y rotuladores (cuadro 4 y 7).

De acuerdo con las normas nacionales o internacionales estos rubros deben cumplirse en una cantidad mínima necesaria para atender y garantizar la seguridad de los visitantes; sin embargo, estos se cubren parcialmente en solo algunos de ellos.

Por lo que, se obtuvieron valoraciones promedio muy bajas en cada rubro, ya que carecen de muchos de estos requisitos para llevar a cabo una eficiente atención turística.

Capacidad de manejo: factores que atender

A pesar de los enormes esfuerzos llevados a cabo por el gobierno para fortalecer las capacidades de las comunidades locales que llevan la responsabilidad de administrar las áreas naturales protegidas (ANP), estos quedan desaprovechados al no darse continuidad a los proyectos o programas de desarrollo ni atención a las debilidades y oportunidades de los sitios decretados como ANP (COPLADET, 2019; Arias, 2023).

Como puede observarse en los resultados del rubro de infraestructura, se debe fortalecer e incrementar las instalaciones turísticas de que disponen los sitios, pero sobre todo se debe trabajar de manera conjunta con profesionistas como arquitectos y diseñadores para mejorar los espacios y ofrecer servicios de mejor calidad y presentación; en el Parque Estatal Agua Blanca (PEAB) actualmente las instalaciones se encuentran deterioradas, no tienen disponibilidad de agua potable ni servicios básicos para los visitantes.

En el caso de la Reserva Ecológica Cascadas de Reforma (RECR) los ejidatarios recibieron considerables apoyos en infraestructura y capacitación en atención a visitantes; sin embargo, con el paso del tiempo, las mismas inclemencias ambientales y los malos manejos administrativos han ocasionado el deterioro de las cabañas para hospedaje y las palapas para uso de los visitantes han sido derribadas por la erosión del suelo en la orilla del río. Algunos proyectos autorizados para mejorar la infraestructura y servicios al cliente quedaron inconclusos y en la actualidad permanecen desmejorando considerablemente el paisaje natural.

Cuadro 5. Resultados de infraestructura disponible en la RECR.

Infraestructura	Capacidad actual (A)	Cantidad óptima (B)	Cantidad Relación A/B	Estado	Localización	Funcionalidad	Suma (S)	Factor (S/16)
Oficina Administrativa	0	1	0	0	0	0	0	0.000
Casa para personal	0	1	0	0	0	0	0	0.000
Caseta de entrada	0	1	0	0	0	0	0	0.000
Sala de exposiciones	0	1	0	0	0	0	0	0.000
Parqueo	0	1	0	0	0	0	0	0.000
Área "camping"	1	1	1	1	0	0	2	0.125
Área de "picnic"	1	1	1	2	3	3	9	0.563
Asadores	8	39	0	1	2	3	6.205	0.388
Basureros	10	30	0	0	0	1	1.333	0.083
Mesas	15	39	0	2	2	2	6.385	0.399
Baños	2	2	1	2	2	2	7	0.438
Duchas	5	5	1	2	2	2	7	0.438
Lavamanos	6	6	1	2	2	2	7	0.438
Inodoros	10	10	1	2	2	2	7	0.438
Urinarios	0	1	0	0	0	2	2	0.125
Pilas de lavado	0	2	0	0	0	1	1	0.063
Refugios (kioscos)	15	39	0.384	2	2	3	7.385	0.462
Taller	0	1	0	0	0	0	0	0.000
Bodega	1	1	1	1	0	0	2	0.125
Senderos	0	2	0	1	1	4	6	0.375
Sist. de drenaje en senderos	0	2	0	0	0	0	0	0.000
Mirador	1	1	1	0	0	0	1	0.063
Puentes	5	5	1	1	3	0	5	0.313
Bancos	75	195	0	1	1	0	2.385	0.149
Señalización	1	20	0	0	0	0	0.05	0.003
Sist. Interpr	0	2	0	0	0	0	0	0.000
Croquis	0	2	0	0	0	0	0	0.000
Maqueta	0	1	0	0	0	0	0	0.000
Caj. de Estacionam.	0	200	0	0	0	0	0	0.000
Promedio								0.172

Fuente: Zequeira *et al.* (2010).

Cuadro 6. Resultados de personal disponible en el RECR.

Personal	Capacidad actual (A)	Cantidad óptima (B)	Cantidad Relación A/B	Factor (C/4)
Administrador / contador	1	1	1	0.250
Educación Ambiental	0	5	0	0.000
Guardaparques	1	10	0.1	0.025
Guías	0	10	0	0.000
Promedio				0.069

Fuente: Zequeira *et al.* (2010).

Cuadro 7. Resultados de equipamiento disponible en la RECR.

Equipamiento	Capacidad actual (A)	Cantidad óptima (B)	Cantidad Relación A/B	Estado	Localización	Funcionalidad	Suma (S)	Factor (S/16)
Vehículo	0	2	0	0	0	0	0	0.000
Radio	0	10	0	0	0	0	0	0.000
Arma de fuego	0	1	0	0	0	0	0	0.000
Extintidor de incendios	0	6	0	0	0	0	0	0.000
Tienda de campaña	0	5	0	0	0	0	0	0.000
Botiquín de primeros auxilios	0	2	0	0	0	0	0	0.000
Pantalla de proyección	0	1	0	0	0	0	0	0.000
Proyector de diapositivas	0	1	0	0	0	0	0	0.000
Computadora	0	1	0	0	0	0	0	0.000
Motosierras	0	2	0	0	0	0	0	0.000
Chapeadoras	0	2	0	0	0	0	0	0.000
Rotulador	0	1	0	0	0	0	0	0.000
Implementos de cocina	100	100	1	3	3	3	10	0.625
Mostrador	0	1	0	0	0	0	0	0.000
Machetes	10	10	1	3	1	2	7	0.438
Carretillas	1	5	0	3	1	2	6.2	0.388
Caja registradora	0	1	0	0	0	0	0	0.000
Promedio								0.085

Fuente: Zequeira *et al.* (2010).

En lo que respecta al personal de las ANP, se han destinado recursos para dar capacitación permanente al personal que ahí labora; en el PEAB algunos de ellos cuentan con certificaciones y capacitación suficiente para brindar recorridos, siempre partiendo de la base que ellos son quienes mejor conocen su territorio. La capacitación se ha centrado en dotar conocimiento para el manejo del equipo especial que debe llevarse y proporcionar asistencia a los visitantes.

En este sentido, es necesario mantener la capacitación para las generaciones venideras, pero, sobre todo es necesario establecer programas permanentes de educación ambiental que involucre a toda la población para dar a conocer la riqueza natural de su territorio y la importancia de la conservación de los sitios.

En cuanto al equipamiento, los sitios carecen de una gran cantidad de equipos como vehículos, radios, teléfonos, armas, extintores, botiquines de primeros auxilios etcétera. En este rubro es importante generar programas que permitan una formación administrativa hacia los encargados para generar la compra de dichos equipos, es necesario formarlos en cuestiones contables y administrativas de tal manera que sepan la forma de hacer rentables y autosostenibles las ANP dedicadas a proporcionar servicios turísticos.

Conclusiones

Ante esta situación es urgente elaborar un programa de educación ambiental permanente por parte de la academia, a partir de los resultados obtenidos en proyectos llevados a cabo en estas zonas, que concientice a la población de las localidades aledañas y conozcan la importancia ecológica del territorio donde viven.

De esta forma, podrían ser los guardabosques del sitio y, así sean ellos, quienes se conviertan en los propios gestores de los recursos que requieren para mantener la infraestructura en buenas condiciones y sobre todo mantener la riqueza y belleza natural de estos sitios además de favorecer el desarrollo de las comunidades locales.

En resumen, conocer los valores de la capacidad de manejo de las áreas naturales protegidas es fundamental para garantizar la conservación de la biodiversidad, la protección de los ecosistemas frágiles, el fomento de un turismo sostenible y la promoción del bienestar humano. Esto es un aspecto importante que debe ser atendido para asegurar la sostenibilidad de estos espacios naturales y los beneficios ambientales que nos brindan a todos.

Referencias

Arias, N. (2023, enero 13). Reactiva Semarnat proyecto de gobierno de Tabasco para rescatar la Laguna de las Ilusiones. *El Herald de Tabasco* [Web]. Consultado el 15 de junio de 2024, en <https://www.elheraldodetabasco.com.mx/local/reactiva-semarnat-proyecto-del-gobierno-de-tabasco-para-rescatar-la-laguna-de-las-ilusiones-9465117.html>

BIENESTAR (Secretaría de Bienestar, Sustentabilidad y Cambio Climático). (2023, octubre 16). Listado de Áreas Naturales Protegidas. *Sistema Estatal de Áreas Naturales Protegidas de Tabasco; Secretaría de Bienestar, Sustentabilidad y Cambio Climático (BIENESTAR); Gobierno del Estado de Tabasco* [Web]. Consultada el 05 de octubre de 2024, en <https://tabasco.gob.mx/anps-tabasco-listado>

Brenner, L. (2020). La gestión participativa de Áreas Naturales Protegidas mexicanas. *Revista Mexicana de Sociología*, 82(2): 343–373. <https://doi.org/10.22201/iis.01882503p.2020.2.58147>

Cantú-Martínez, P.C. (2018). Papel de las Áreas Naturales Protegidas en la sustentabilidad. *Ciencia Universidad Autónoma de Nuevo León* [Web], 21(89). <https://cienciauanl.uanl.mx/?p=7865>

Castillo Acosta, O. & Zavala Cruz, J. (1996). Fisiografía, recursos vegetales y alternativas de manejo en el Parque Estatal Agua Blanca, Tabasco. *Universidad y Ciencia*, 12(23): 63–70. <https://ri.ujat.mx/handle/20.500.12107/1493>

Cifuentes Arias, M.; Mesquita, C.A.B.; Méndez, J.; Morales, M.E.; Aguilar, N.; Cancino, D.; Gallo, M.; Jolón, M.; Ramírez, C.; Ribeiro, N.; Sandoval, E. & Turcios, M. (1999). *Capacidad de carga turística de las áreas de uso público del Monumento Nacional Guayabo, Costa Rica* (p. 75). Costa Rica, WWF Centroamérica; CATIE Turrialba, Costa Rica. https://wwflac.awsassets.panda.org/downloads/wwfca_guayabo.pdf

CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). (2023a, octubre). Áreas Naturales Protegidas. *Áreas Naturales Protegidas, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP)–Gobierno de México* [Web]. Consultada el 14 de junio de 2024, en <https://www.gob.mx/conanp/documentos/areas-naturales-protegidas-278226>

CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). (2023b, mayo). *Estudio Previo Justificativo para el establecimiento del Área Natural Protegida Reserva de la Biosfera Wanha'* (p. 232). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (AMBIENTE); Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT). Recuperado el 02 de septiembre de 2024; de

<https://www.conanp.gob.mx/pdf/separata/EPJ-RB-Wanha.pdf>

COPLADET (Comisión de Planeación para el Desarrollo del Estado de Tabasco). (2019). *Programa Sectorial de Desarrollo Turístico 2019-2024* (p. 66). Comisión de Planeación para el Desarrollo del Estado de Tabasco (COPLADET), Gobierno del Estado de Tabasco. Consultado el 14 de junio de 2014, en https://tabasco.gob.mx/sites/default/files/users/planeacion_spf/9.%20Programa%20Sectorial%20de%20Desarrollo%20Tur%3%ADstico%202019-2024.pdf

Espitia-Moreno, I.C.; Arriola-Padilla, V.J. & Ortega-Rubio, A. (Eds.). (2017). *Gestión, Manejo y Conservación en Áreas Naturales Protegidas* (p. 178). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (Michoacán, México). ISBN 978-607-9169-86-2. Recuperado en http://areas-naturales-protegidas.org/renanp/pdfs/libros/GESTION_MANEJO_CONSERVACION_ANPs.pdf

García-Morales, R.; Gordillo-Chávez, E.J.; Valdez-Leal, J.D. & Pacheco-Figueroa, C.J. (2014). Las áreas naturales protegidas y su papel en la conservación de los murciélagos del estado de Tabasco, México. *Therya*, 5(3): 725-736. <https://doi.org/10.12933/therya-14-217>

Gobierno del Estado de Tabasco. (2017, julio 05). Decreto por el que se modifica la superficie del Área Natural Protegida denominada «Parque Estatal de Agua Blanca» establecida por el Decreto 0658, publicado en el Periódico Oficial del Estado el 19 de diciembre de 1987 (Época 6a; Suplemento 7808 C; No. 17621; p. 6). *Periódico Oficial del Estado–Secretaría de Gobernación* [Web]. Consultado el 13 de junio de 2024, en <https://tabasco.gob.mx/sites/default/files/users/sbstabasco/DPE-AB-Parque%20Estatal%20de%20Agua%20Blanca%202017.pdf>

Olvera, M.A. (2023, octubre 05). AMLO hará historia al declarar 43 Áreas Naturales Protegidas. *Hidalgo News* [Web]. Consultada el 18 de mayo de 2024, en <https://hidalgonews.mx/amlo-hara-historia-al-declarar-43-areas-naturales-prottegidas/>

Rangel Ruíz, L.J.; Gamboa Aguilar, J. & Alegría Ruíz, F. (2004). Diversidad malacológica en la región Maya II. Parque Estatal Agua Blanca, Tabasco, México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 1(20): 55–62. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57520105>

Romero Juárez, M.C.; Zequeira Larios, C.; Gama Campillo, L.M. & Martínez Sánchez, J.L. (2023). Capacidad de carga y referente de resiliencia ecológica del Parque Estatal Agua Blanca. *Kukulkab'*, 29(63): e5317. <https://revistas.ujat.mx/index.php/kukulkab/article/view/5317>

Rosique-Gil, E.; Córdova Córdova, L.L.; Capello García, S. & Cid-Martínez, A. (2018). Hongos ingoldianos de las cascadas del Parque Estatal Agua Blanca, Tabasco, México. *Scientiafungorum*, 47: 3–11. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2594-13212018000100003

Sánchez-Pérez, B.R.; Castillo-Acosta, O. & Cámara-Cabrales, L.C. (2011). Regeneración natural de la selva alta perennifolia en el Parque Estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco, México. *Polibotánica*, (32): 63–88. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682011000200004

SE (Secretaría de Economía). (2024). *Norma Mexicana NMX-AA-189-SCFI-2021 que establece el procedimiento y la metodologías para la elaboración de estudios de límite de cambio aceptable y estudios de capacidad de carga para la realización de actividades turísticas-recreativas en áreas naturales protegidas de competencia federal* (SINEC-20210828152032582; p. 50). Secretaría de Economía; Dirección General de Normas; Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos.

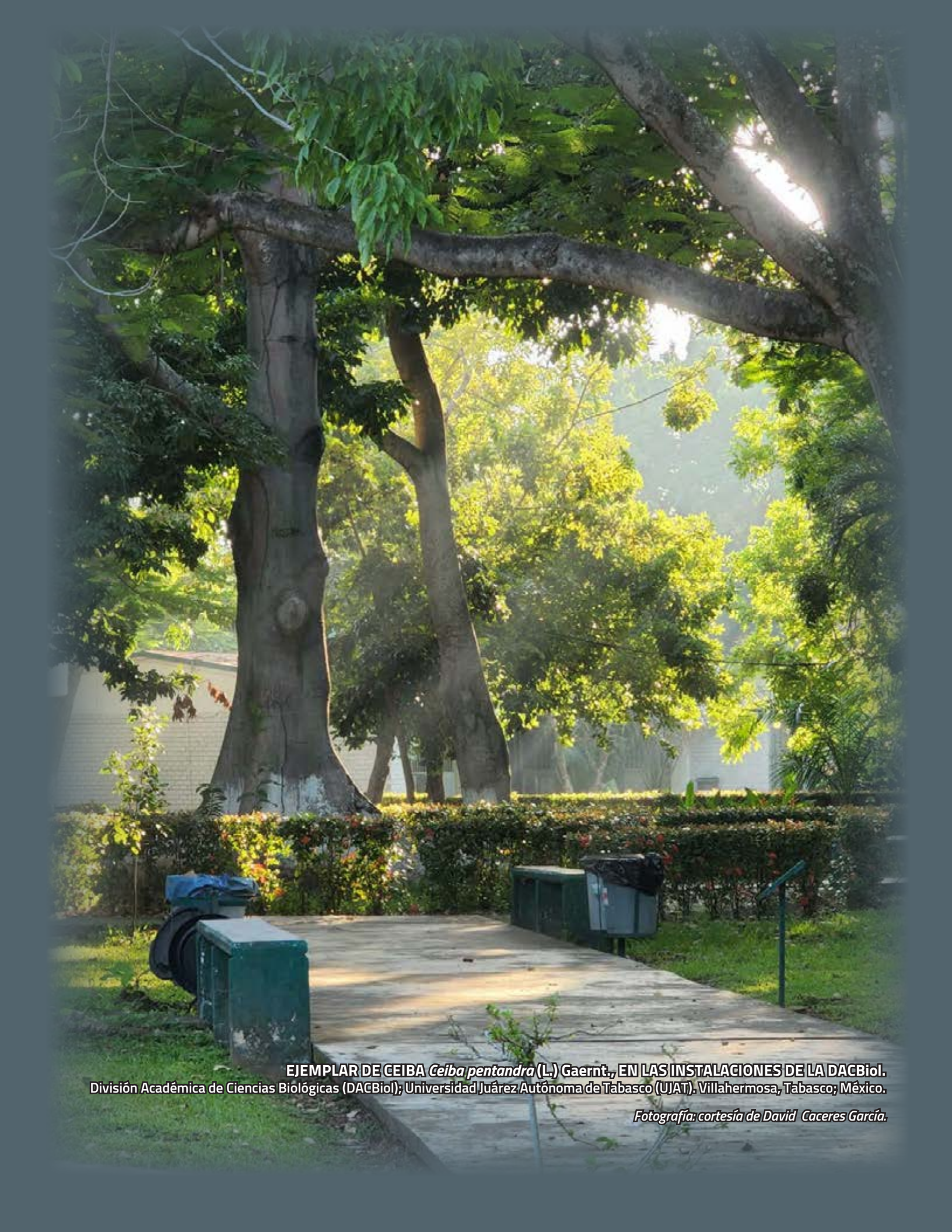
Consultada el 21 de octubre de 2024, en <https://www.conanp.gob.mx/Turismo/NMX-AA-189-SCFI-2021.pdf>

Tlapa Almonte, M.; Bustamante González, A.; Vargas López, S.; Ramírez Valverde, B.; Cervantes Gutiérrez, V. & Cruz Bello, G. (2020). Factores del deterioro de las áreas naturales protegidas periurbanas del Valle de Puebla, México. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 35(1): 51–82. <https://doi.org/10.24201/edu.v35i1.1828>

Zarco-Espinosa, V.M.; Valdez-Hernández, J.I.; Ángeles-Pérez, G. & Castillo-Acosta, O. (2010). Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del Parque Estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. *Universidad y Ciencia*, 1(26): 1–17. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-29792010000100001

Zequeira Larios, C.; Gama Campillo, L.M.; Galindo Alcántara, A.; Laines Canepa, J.R.; Cámara Cabrales, L.C.; Castillo Acosta, O.; Macías-Valadez Treviño, M.E. & Zavala Cruz, J. (2010). *Determinación de la Capacidad de Carga Turística de la Reserva Ecológica Cascadas de Reforma, Balancán, Tab.* (Reporte Técnico, FOMIX TAB2007-C09-74370; p. 79). Fondos Mixtos del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

Zequeira Larios, C.; Gama Campillo, L.M.; Galindo Alcántara, A.; Castillo Ramiro, J.J.; Laines Canepa, J.R. & Macías-Valadez Treviño, M.E. (2007). *Determinación de la Capacidad de Carga Turística del Parque Estatal Agua Blanca, Macuspana, Tab.* (Reporte Técnico, FOMIX TAB2005-C06-16805; p. 71). Fondos Mixtos del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).



EJEMPLAR DE CEIBA *Ceiba pentandra* (L.) Gaernt., EN LAS INSTALACIONES DE LA DACBIOL.
División Académica de Ciencias Biológicas (DACBIOL); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), Villahermosa, Tabasco; México.

Fotografía: cortesía de David Caceres García.

«La disciplina es no perder de vista lo que se desea alcanzar»

DACBIOL



ILUMINACIÓN NOCTURNA DE LA ENTRADA PRINCIPAL Y FACHADA DE LA DACBIOL-UJAT.

División Académica de Ciencias Biológicas (DACBIOL); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT). Villahermosa, Tabasco; México.

Fotografía: cortesía de David Caceres García.



KUXULKAB'

División Académica de Ciencias Biológicas; Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

☎ +52 (993) 358 1500, 354 4308 ext. 6415

✉ kuxulkab@ujat.mx

🌐 www.revistas.ujat.mx

Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5, entronque a Bosques de Saloya. C.P. 86039.
Villahermosa, Tabasco. México.