



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

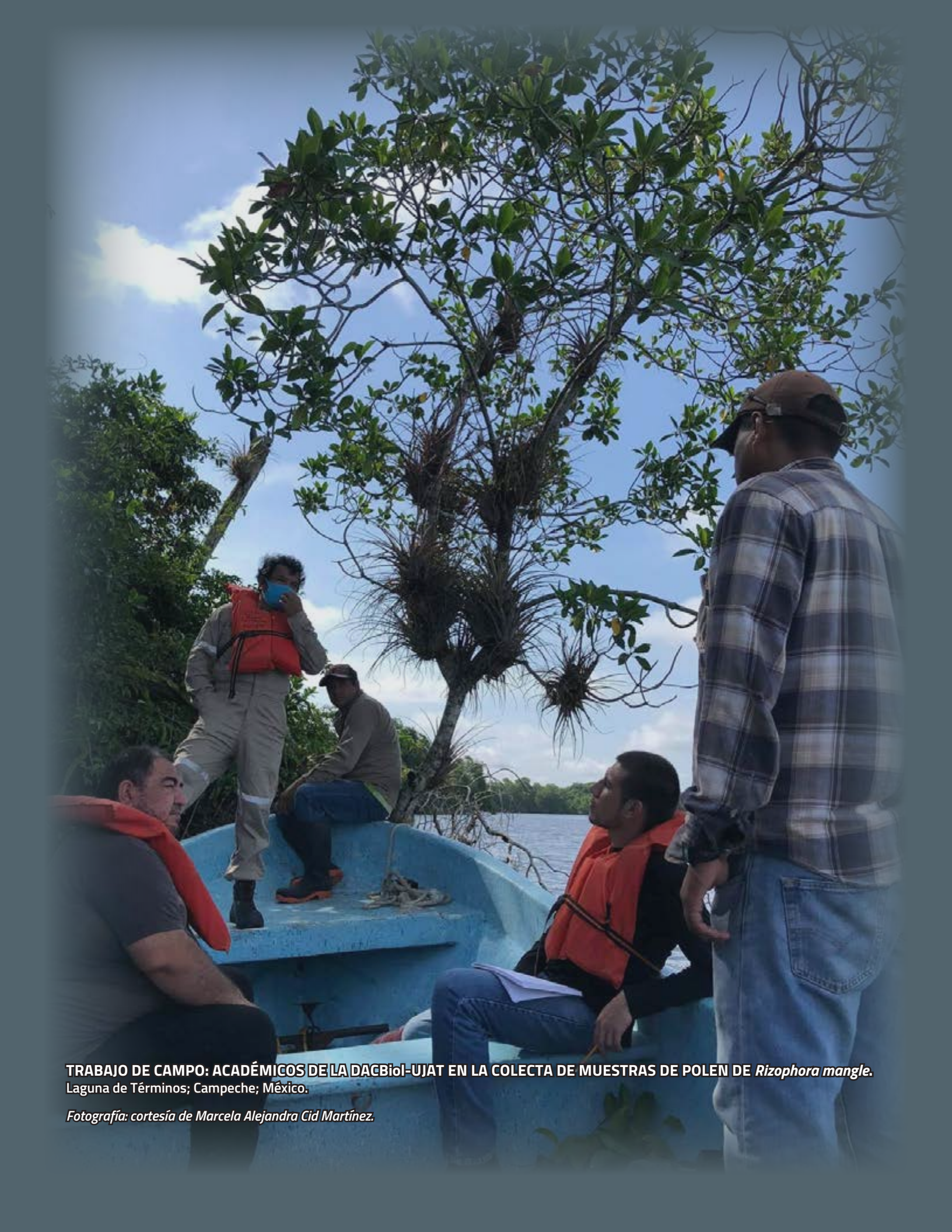
Bióloga por la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT); Maestra en Ciencias en Acuicultura y Doctora en Ciencias (Acuicultura) por el Instituto de Acuicultura de la Universidad de Stirling (Reino Unido). Editora invitada y responsable del número especial.

«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 Sanlúcar Estrada

M.C.A. Alma Deysi Anaclote 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

Traductores

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 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.

Lynice 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

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 Silva¹✉ & 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/>).

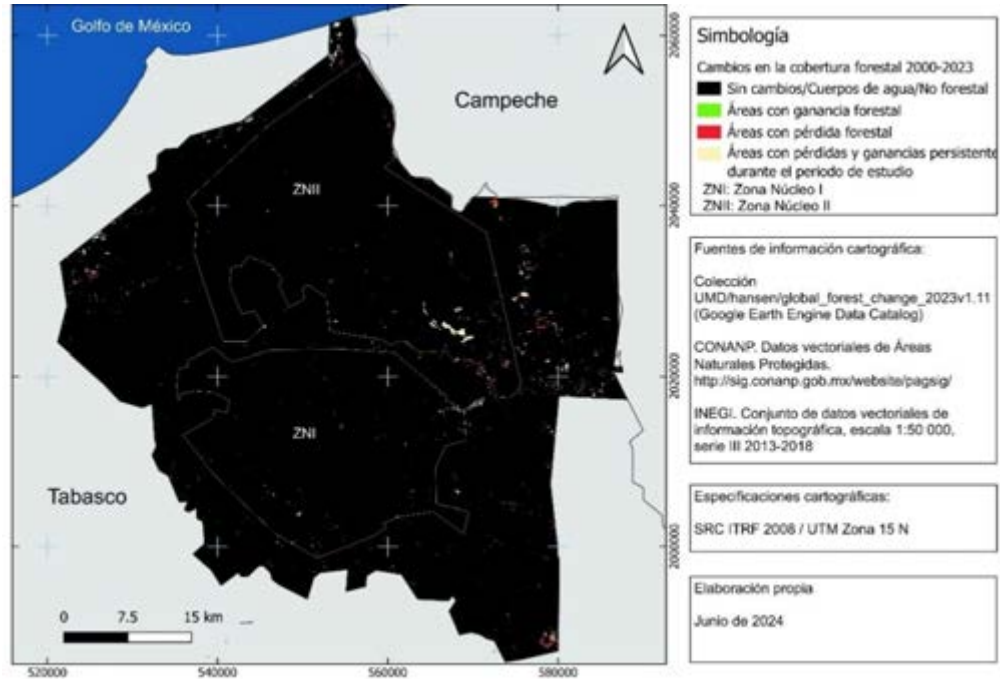


Figura 3. Datos de "Hansen Global Forest Change" para la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla.

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.

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).

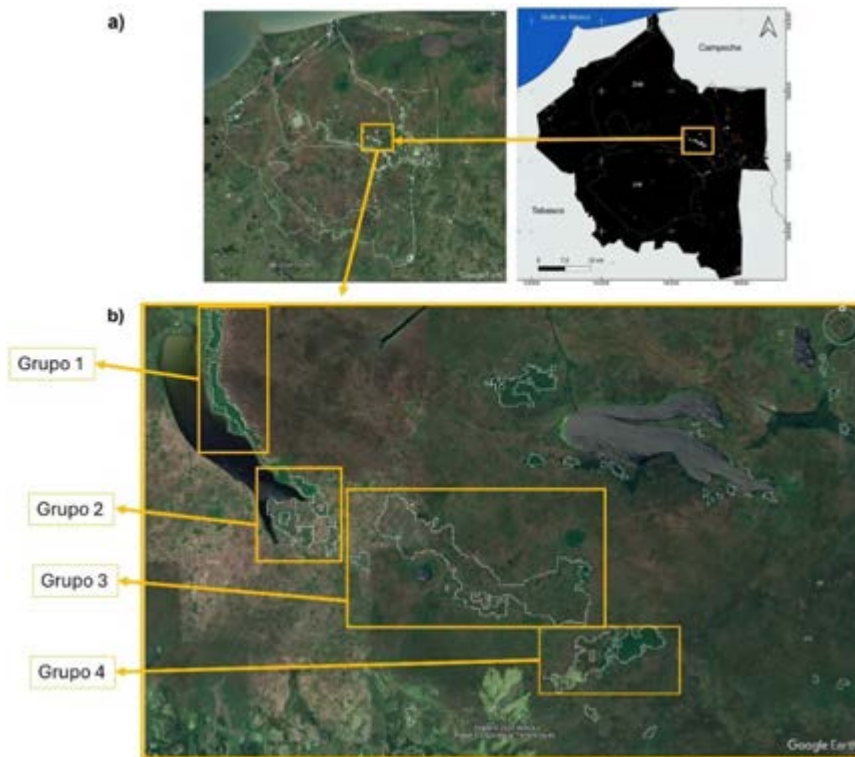


Figura 4. Exploración visual a través de "Google Earth" sobre la RBPC, señalando áreas con mayor pérdidas y ganancias persistentes; (Elaboración propia).

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).

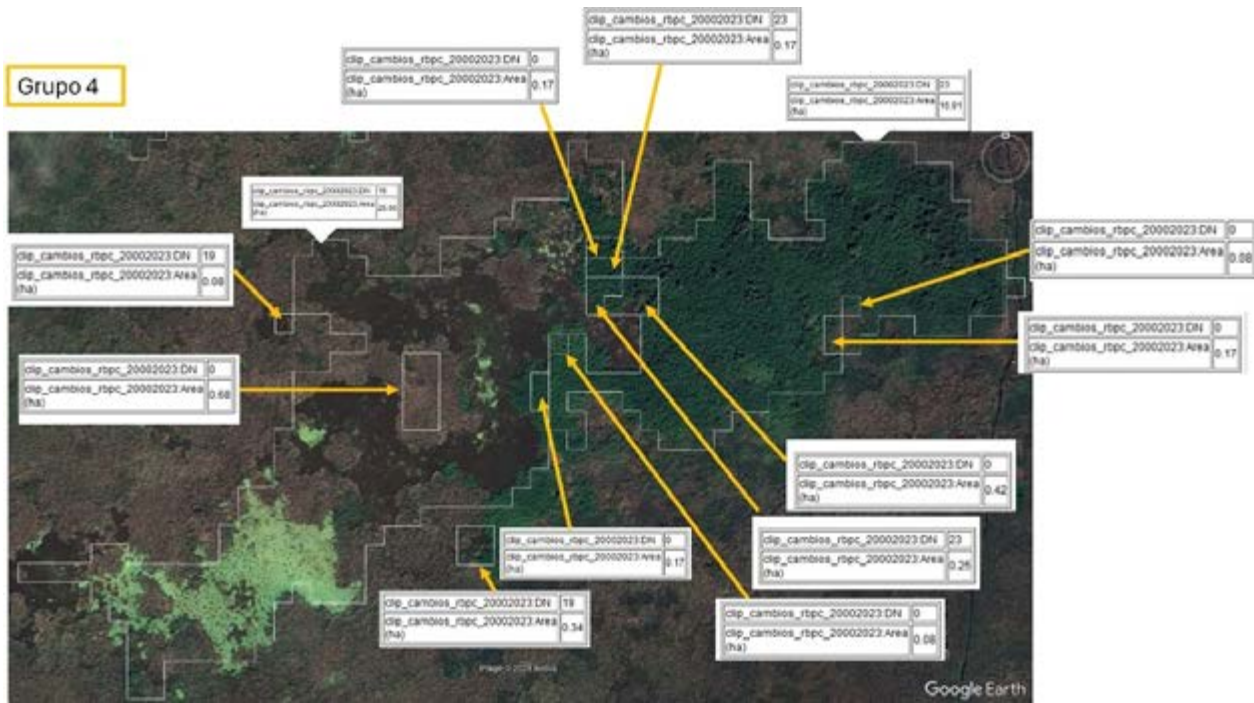


Figura 5. Datos de "Hansen Global Forest Change" correlacionados con imágenes de alta resolución de "Google Earth"; (Elaboración propia).

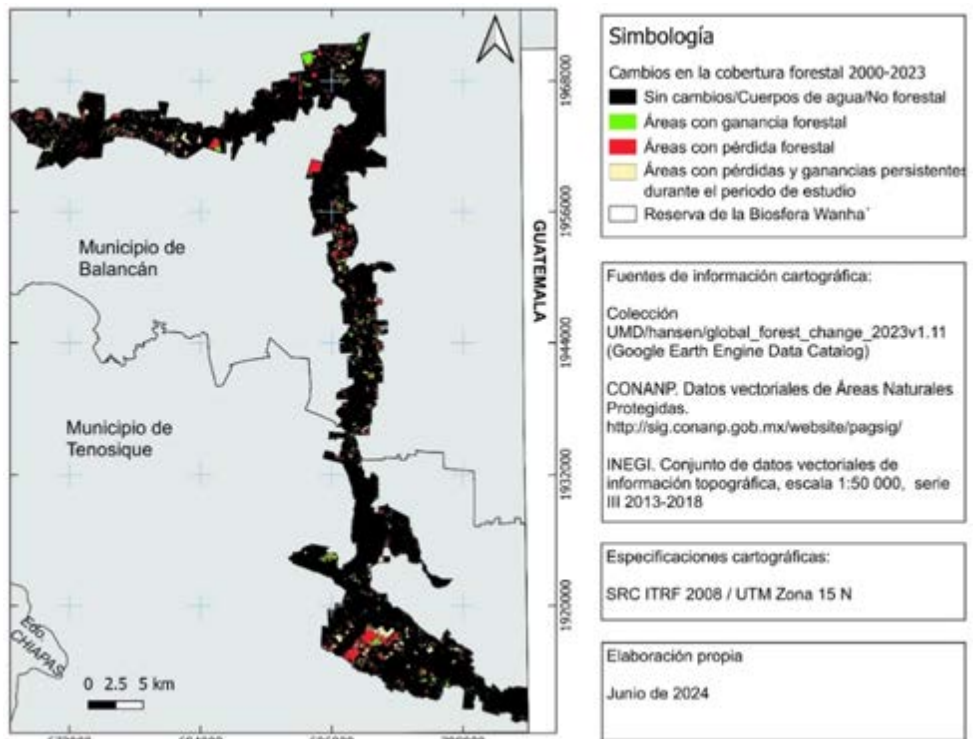


Figura 6. Datos de "Hansen Global Forest Change" para la Reserva de la Biosfera Wanka'.

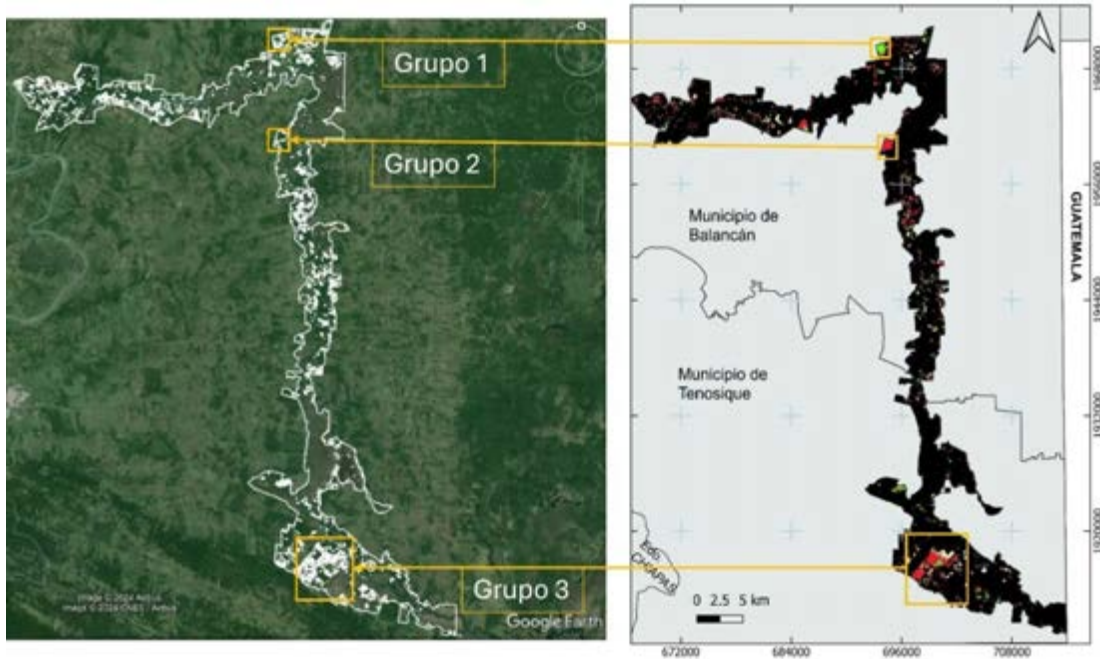


Figura 7. Exploración visual sobre "Google Earth" de las áreas con pérdidas y ganancias temporales y permanentes; (Elaboración propia).

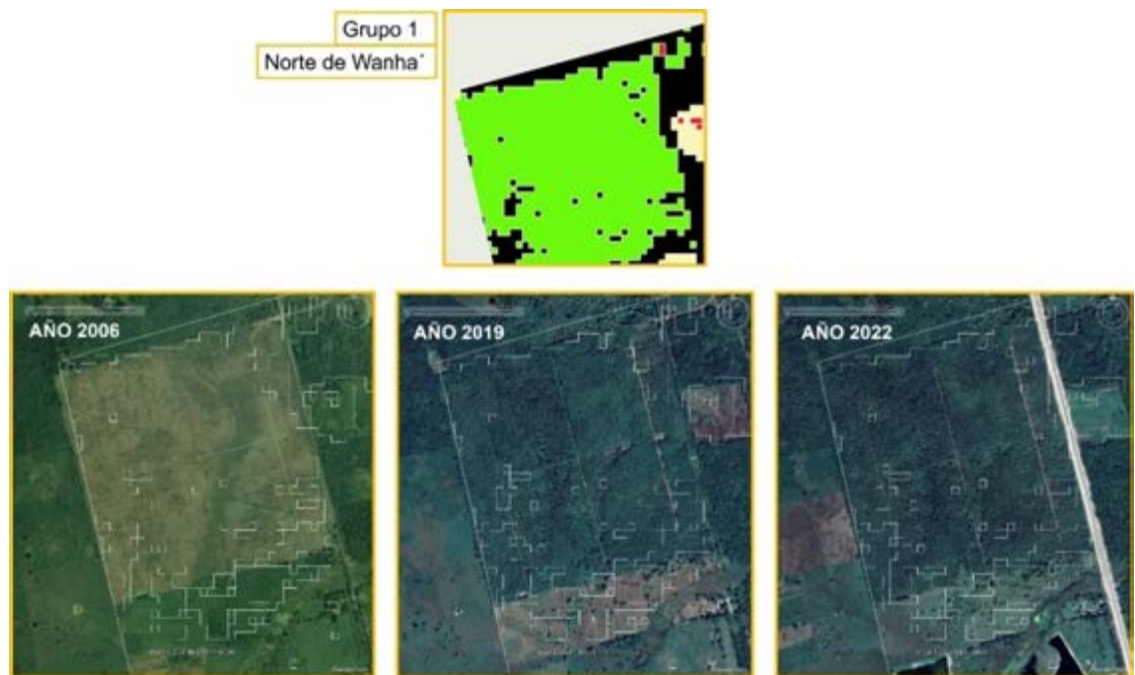


Figura 8. Visualización del historial de imágenes de "Google Earth" en un área de ganancia permanente; (Elaboración propia).



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

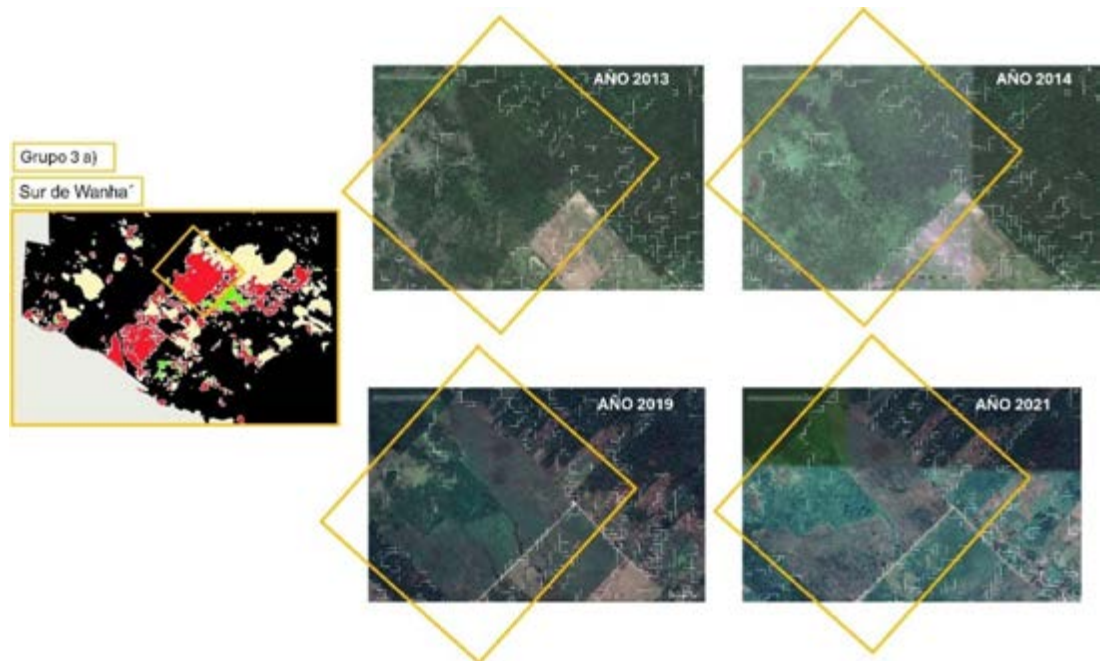


Figura 10. Visualización del historial de imágenes de "Google Earth" en otra área de pérdida permanente; (Elaboración propia).

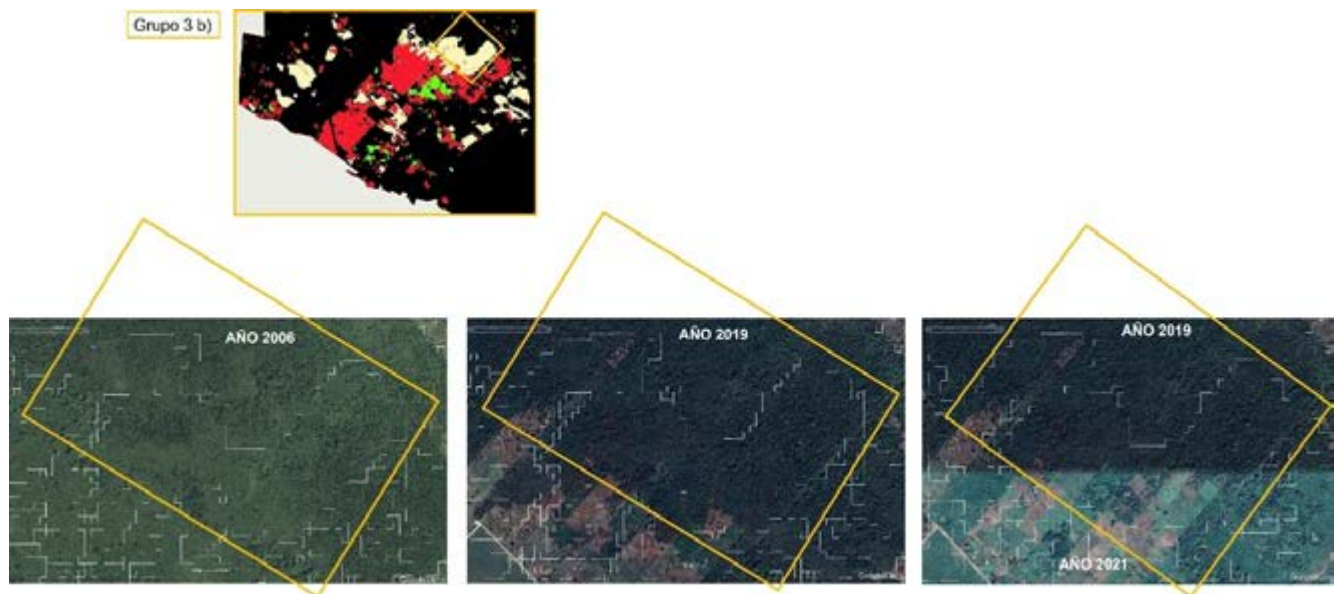


Figura 11. Historial de imágenes de "Google Earth" con un área de ganancia y pérdida persistente; (Elaboración propia).

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

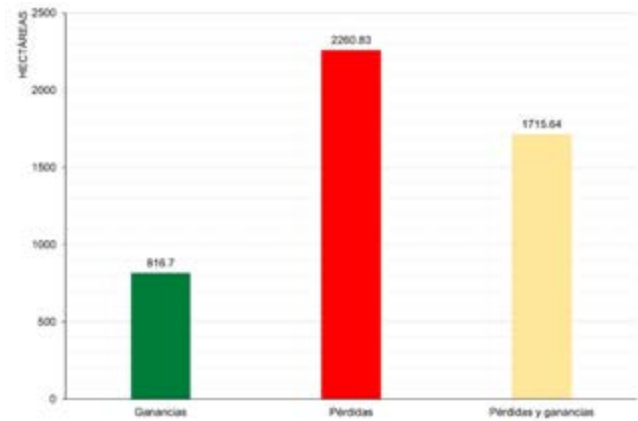
En tanto que en la Reserva de la Biosfera Wanhá' (RBW), la dinámica de pérdidas y ganancias forestales ha sido significativa en los últimos 23 años, afectando más de 1,700 hectáreas de un total de 38,255.6 hectáreas (gráfica 2). La ganancia forestal ha sido de 816.7 hectáreas con una significativa pérdida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

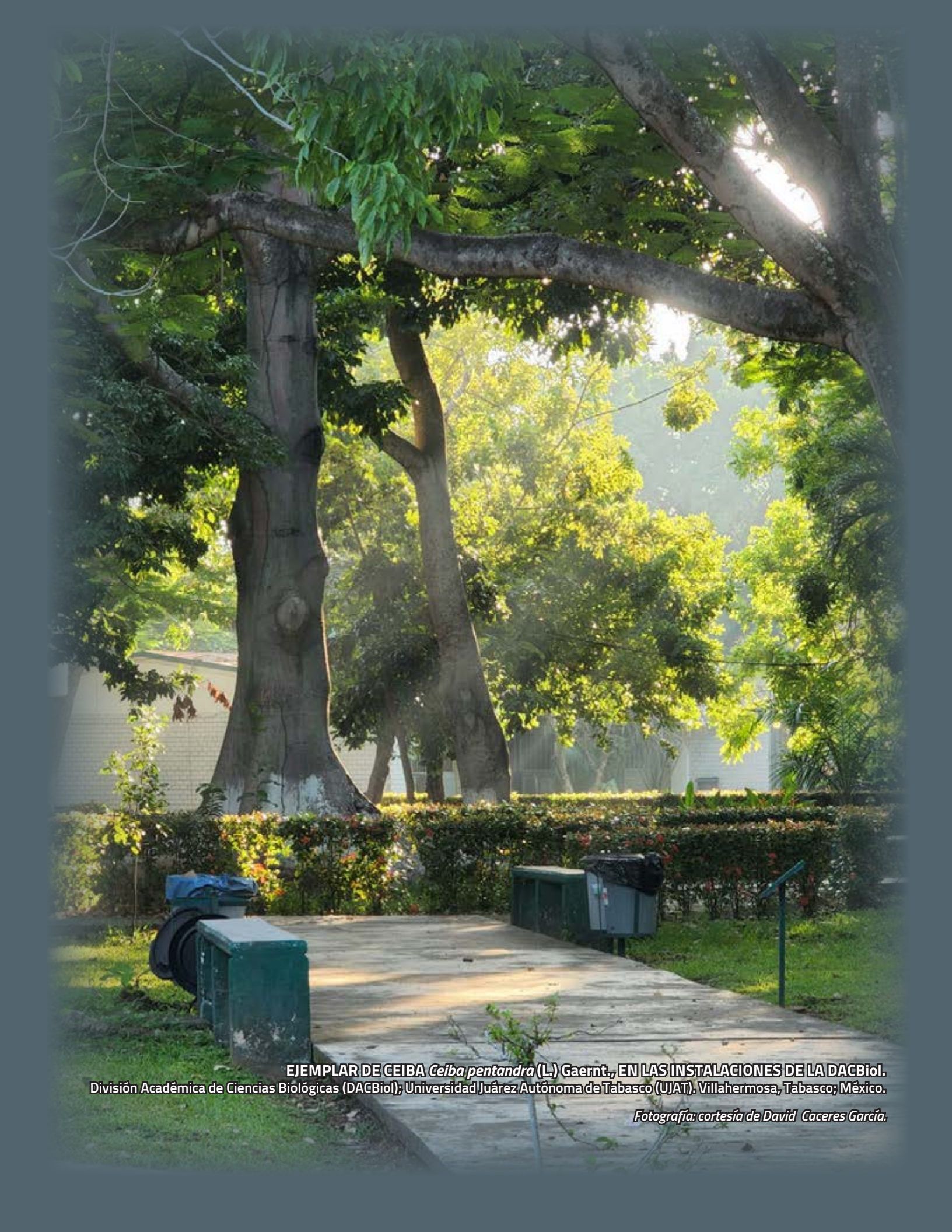
Rullán Silva, C.D.; Olthoff, A.E.; Gama, L.; Pérez Sánchez, E. & Galindo Alcántara, A. (2009). Discriminación de umbrales de áreas quemadas mediante imágenes Landsat TM, en la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla. *Kuxulkab' revista de divulgación*, XV(28): 37–44. <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a15n28.441>

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>



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

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.