

ACTA BIOLÓGICA MEXICANA



Julio-Diciembre 2025
Núm. 3, Vol. 2

U N I V E R S I D A D A U T Ó N O M A D E S I N A L O A



Fotografía: Walfredo Avila

ISSN (en trámite)

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA

ACTA BIOLÓGICA MEXICANA

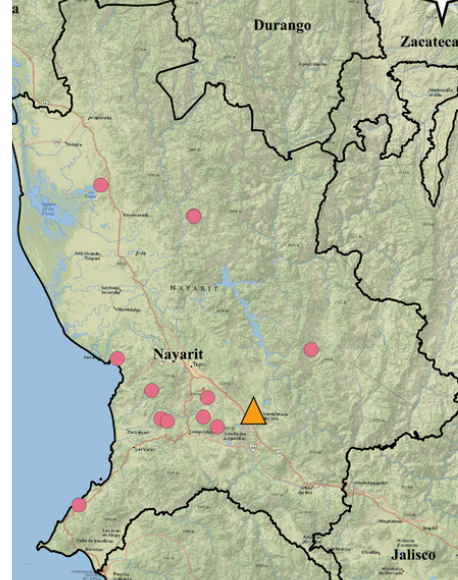
**Revista de la Facultad de Biología UAS
en coedición con la
Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Baja California**

Núm. 3 Volumen 2. ISSN (en trámite)



Diciembre de 2025. Culiacán de Rosales, Sinaloa, México.

Directorio



DR. JESÚS MADUEÑA MOLINA

Rector

DRA. NIDIA YUNIVA BRUN CORONA

Secretaria General

DR. ALFONSO MERCADO GÓMEZ

Director General de Servicios Escolares

DR. SERGIO MARIO ARREDONDO

Secretario Académico Universitario

DRA. MARCELA DE JESÚS VERGARA JIMÉNEZ

Director General de Investigación y Posgrado

DR. INGMAR SOSA CORNEJO

Director de la Facultad de Biología

LIC. NIDIA ODETTE SANTANA RODELO

**Coordinadora de Revistas Académicas
Universitarias-UAS**



Comité editorial

Editor en Jefe

Dr. Edith Hilario Torres Montoya

Editor invitado

Dr. Guillermo Romero Figueroa

Gestor

Dr. Hipólito Castillo Ureta

Editor sección Biológicas

Dr. Marcial Zazueta Moreno

Editor sección Biomédicas

Dr. Juan José Ríos Tostado

Editor sección Perspectivas

Dr. José Israel Torres Avendaño

Maquetación

Biól. Mariana Valeria Ayala Rubio

Traducción

Aryane María Lugo Galvez



Comité científico

Dra. Edith Salazar Villa

Dra. Indira Rojo Báez

Dra. Luz Isela Peinado Guevara

Dr. Samuel Campista León

Dr. Lorenzo Antonio Picos Corrales

Dr. Bladimir Salomón Montijo

Dra. Loranda Calderón Zamora

Dra. Claudia Desiree Norzagaray Valenzuela

Dr. Vicente Olimón Andalón

Dr. José Saturnino Díaz

Dr. Jorge Guillermo Sánchez Zazueta

Dr. Jesús Salvador Velarde Félix

Dr. César Enrique Romero Higareda



CENTINEL



El Comité Editorial de Acta Biológica Mexicana revista de la Facultad de Biología de la Universidad Autónoma de Sinaloa, agradece la colaboración realizada como pares evaluadores a investigadores, alumnos, personal académico y administrativo de nuestra institución, así como autores e investigadores de nivel nacional e internacional pertenecientes a universidades, centros de investigación e instituciones tecnológicas. En reconocimiento a sus aportaciones, se divulgan sus nombres y procedencia, lo que permite una publicación de acceso abierto manteniendo la integridad del procedimiento de evaluación de la calidad en Acta Biológica Mexicana Núm. 3, Vol. 2, julio-diciembre, 2025.

CINTILLO LEGAL

Acta Biológica Mexicana es una publicación semestral editada por la Universidad Autónoma de Sinaloa, a través de la Facultad de Biología, con el domicilio en Calzada de las Américas Norte, Blvd. Universitarios, Ciudad Universitaria, Col. Universitaria, 80040 Culiacán de Rosales, Sinaloa, México. Teléfonos:(667)716-11-39. Editores responsables: Edith Hilario Torres Montoya e Hipólito Castillo Ureta. Correo electrónico: acbiomex@uas.edu.mx. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo Núm. ISSN: (en trámite). La fecha de última modificación, diciembre de 2025.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Acta Biológica Mexicana rechaza cualquier reclamación legal proveniente por la reproducción parcial o total de la información, y de plagio en los trabajos publicados.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes dela publicación sin previa autorización. Cada manuscrito está bajo la licencia

Atribución-NoComercial-SinDerivada4.0Internacional (CC BY-NC-ND4.0).



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>



Contenido

07 CARTA COMITÉ EDITORIAL

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN

08 TENDENCIAS EN LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LA BIOLOGÍA

28 VEGETACIÓN Y FLORA DE LAS ISLAS DE LA BAHÍA DE OHUIRA, AHOME, SINALOA, PARTE DEL APFF ISLAS DEL GOLFO DE CALIFORNIA.

ARTÍCULO DE REVISIÓN

49 EFECTOS DE LOS CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO OCASIONADOS POR LAS ACTIVIDADES ANTROPOGÉNICAS SOBRE LA TRANSMISIÓN DEL VIRUS DEL DENGUE

NOTAS BREVES

68 FÁRMACOS RESIDUALES EN CUERPOS DE AGUA: UNA NOTA SOBRE RIESGOS ECOLÓGICOS Y REMOCIÓN CON QUITOSANO

76 PRIMER REGISTRO DE MARGAY *Leopardus wiedii* (CARNIVORA: FELIDAE) EN SANTA MARÍA DEL ORO, NAYARIT, MÉXICO

82 INSTRUCCIONES PARA AUTORES

Carta del Comité Editorial



Estimadas y estimados lectores,

Nos complace presentarles la tercera entrega de Acta Biológica Mexicana. Con esta publicación cerramos un año de logros editoriales, consolidándonos como una revista que da cuenta del quehacer biológico en el noroeste de México, con la mirada puesta en los ámbitos nacional e internacional.

En este número se abordan diversos tópicos: el registro de una especie de felino en el vecino estado de Nayarit; algunas notas reflexivas sobre temáticas biológicas y biomédicas; así como una propuesta novedosa de biorremediación frente a la creciente contaminación del agua. Por otra parte, se analizan distintas perspectivas sobre la enseñanza de la biología. Sin duda, se trata de una entrega muy completa, que esperamos sea del agrado de nuestros lectores, pues consideramos que contribuye al enriquecimiento del acervo cultural y reflexivo de nuestra comunidad.

Nuevamente, invitamos a la comunidad universitaria a contribuir con nuestra revista; sus aportaciones hacen la diferencia y nos permiten mantener el pulso editorial de lo que, en materia de biología y biomedicina, se desarrolla en nuestra región.

Convencidos de que la divulgación del conocimiento es fundamental para la transformación de las conciencias y el avance de los pueblos, continuaremos trabajando en esta labor.

Culiacán, Sinaloa, diciembre de 2025.



TENDENCIAS EN LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LA BIOLOGÍA

TRENDS IN THE TEACHING-LEARNING OF BIOLOGY

Marcos Bucio-Pacheco*^{1, 2}

✉ ocelotl@uas.edu.mx

Orcid:0000-0002-2959-7125

Perla Margarita Meza-Inostroza^{2, 3}

Orcid: 0000-0003-3837-6866

Héctor Alexis Castro-Bastidas²

Orcid: 0000-0002-6448-5639

Eduardo Gerónimo Santos-García¹

Orcid: 0009-0004-7104-7479

Víctor Manuel Salomón-Soto²

Orcid: 0000-0003-3837-6866

Ramiro Álvarez-Valenzuela²

Orcid: 0009-0003-9186-521X

¹Facultad de Biología de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Ave. Universitarios y Blvd. de las Américas s/n. Ciudad Universitaria, Culiacán Rosales, Sinaloa, México. C.P. 80013.

²Centro de Estudios “Justo Sierra” (CEJUS), Surutato, Badiraguato, 80600, Sinaloa, México.

³Universidad Tecnológica de Culiacán. Culiacán-Imala Km 2, Los Ángeles, 80014, Culiacán Rosales, Sinaloa, México

*Autor de correspondencia

Recibido: 16 de diciembre de 2025

Aceptado: 22 de diciembre de 2025

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original.

TENDENCIAS EN LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LA BIOLOGÍA

TRENDS IN THE TEACHING-LEARNING OF BIOLOGY

Marcos Bucio-Pacheco, Perla Margarita Meza-Inostroza, Héctor Alexis Castro-Bastidas, Eduardo Gerónimo Santos-García, Víctor Manuel Salomón-Soto, Ramiro Álvarez-Valenzuela

Resumen

La educación en ciencias es fundamental para la formación de individuos que comprendan la construcción del conocimiento. El objetivo de este estudio fue identificar y caracterizar las tendencias en los problemas y metodologías de investigación relacionados con el proceso de enseñanza-aprendizaje de la biología. Se utilizó la bibliometría para analizar referencias provenientes de la base de datos Web of Science (WoS), de acuerdo con los indicadores bibliométricos propuestos por el paquete Bibliometrix. Se encontró que la tendencia principal es el desplazamiento del “qué enseñar” hacia el “cómo enseñar”. Se concluye que las estrategias educativas deben enfocarse en métodos de aprendizaje activo.

Palabras clave: Alumno, bibliometría, bibliometrix, maestro, WoS.

Abstract

Science education is fundamental for developing individuals who understand the construction of knowledge. The objective of this study was to identify and characterize trends in research problems and methodologies related to the teaching and learning process of biology. Bibliometrics was used to analyze references from the Web of Science (WoS) database, according to the bibliometric indicators proposed by the Bibliometrix package. The main trend found was a shift from "what to teach" to "how to teach." It is concluded that educational strategies should focus on active learning methods.

Keywords: Bibliometrics, bibliometrix, student, teacher, WoS.

Introducción

La educación en ciencias constituye un pilar fundamental para el desarrollo de sociedades basadas en el conocimiento, donde la formación de ciudadanos científicamente alfabetizados se ha convertido en una prioridad global (Mathew, 2025). En las últimas dos décadas, la educación en biología ha experimentado transformaciones significativas impulsadas por iniciativas como "Vision and Change in Undergraduate Biology Education", que ha establecido un marco para la reforma pedagógica en la disciplina (La et al., 2025; Treibergs et al., 2024; Zhu et al., 2025). Este marco enfatiza el desarrollo de competencias científicas, la integración de conceptos fundamentales y la implementación de prácticas pedagógicas centradas en el estudiante, alejándose de los modelos tradicionales basados en la memorización y la transmisión pasiva de conocimientos (Wolyniak et al., 2025).

La enseñanza y el aprendizaje de la biología enfrentan desafíos únicos derivados de la complejidad y diversidad de sus contenidos, que abarcan desde procesos moleculares hasta sistemas ecológicos, para la comprensión de esta complejidad es necesario la integración de múltiples disciplinas científicas (Rodríguez-Muñoz & Huincahue, 2025). Los estudios contemporáneos revelan la necesidad de abordar concepciones erróneas persistentes en temas fundamentales como evolución, fotosíntesis y respiración celular (Kadirhanogullari & Köse, 2024), así co-

mo de desarrollar competencias transversales como el pensamiento crítico, la comunicación y alfabetización científica (Alarcón et al., 2025; Bowen et al., 2025; Van et al., 2025).

La educación en biología ha incorporado progresivamente metodologías activas que promueven el aprendizaje significativo. El Aprendizaje Basado en Problemas (PBL) ha demostrado mejorar significativamente el conocimiento de metodologías activas y habilidades críticas como la explicación de fenómenos y la indagación (Alarcón et al., 2025).

Las Experiencias de Investigación de Curso para Pregrado (CUREs) se han consolidado como estrategias efectivas para exponer a los estudiantes a investigación integrativa mientras contribuyen al conocimiento científico (Baker et al., 2025; Hall et al., 2025).

Paralelamente, la integración tecnológica ha abierto nuevas posibilidades educativas. Los laboratorios virtuales han mostrado resultados comparables a la enseñanza convencional en términos de éxito de aprendizaje, además de promover actitudes más positivas hacia el aprendizaje en línea [e-learning] (Bauermeister et al., 2025; Rakhmawati et al., 2025). La realidad virtual emerge como una herramienta prometedora, aunque la investigación sobre su implementación en el aprendizaje de biología aún es limitada (Rakhmawati et al., 2025).

Recientemente, la inteligencia artificial (IA) generativa, particularmente ChatGPT, ha generado debates sobre su regulación y uso responsable en contextos educativos, con estudiantes demandando directrices institucionales claras (Coelho et al., 2025; Dogru & Faulconer, 2025; Rahioui et al., 2025). Por tanto, existe la necesidad de llevar a cabo el análisis de la producción científica para detectar las tendencias en la enseñanza aprendizaje de la biología.

El análisis bibliométrico ha emergido como una metodología poderosa para identificar patrones, tendencias y estructuras del conocimiento en campos científicos (Ahmed et al., 2024). Esta aproximación cuantitativa permite examinar grandes volúmenes de literatura mediante el análisis de publicaciones, citas, palabras clave, redes de colaboración y evolución temporal de temas de investigación (Wang et al., 2024).

En el contexto educativo, el análisis bibliométrico se ha consolidado como una herramienta versátil que puede complementar aproximaciones cualitativas en la comprensión de fenómenos pedagógicos (Brezuleanu et al., 2024). Este método resulta particularmente útil para evaluar el estado del arte en campos interdisciplinarios, como la educación en modelado computacional para ciencias de la vida, donde el análisis bibliométrico permite evaluar el uso prevalente de enfoques específicos en instituciones de investigación emergente (Madamanchi et al., 2018). La metodología bibliométrica también se integra

eficazmente con investigaciones de tipo "estado del conocimiento", que buscan caracterizar sistemáticamente el rol atribuido a conceptos específicos en investigaciones educativas dentro de marcos teóricos particulares (de Avelar et al., 2024).

En educación de la biología específicamente, estudios bibliométricos han revelado la evolución de subcampos, como las experiencias de investigación basadas en cursos en bioquímica (He et al., 2024). Similarmente, análisis sobre concepciones erróneas en biología han permitido identificar que temas como evolución, respiración y fotosíntesis permanecen como focos persistentes de investigación a lo largo del tiempo (Kadirhanogullari & Köse, 2024). Además, la revisión bibliográfica sistemática de estudios similares permite contextualizar intervenciones educativas innovadoras, como el uso de poesía en la enseñanza de biología, dentro de marcos pedagógicos más amplios (Moya-Méndez & Zwart, 2022).

El uso de software especializado como CiteSpace, VOSviewer y Bibliometrix permite visualizar redes de conocimiento, detectar clústeres temáticos, identificar autores e instituciones influyentes, y mapear la evolución conceptual de disciplinas (He et al., 2024; Kadirhanogullari & Köse, 2024). La capacidad de estos instrumentos para pro-

cesar grandes volúmenes de datos bibliográficos de bases indexadas como Web of Science, Scopus y PubMed permite obtener panoramas comprensivos que serían imposibles mediante revisiones tradicionales. Esta aproximación resulta particularmente valiosa para comprender campos multifacéticos como la educación en la biología, donde convergen investigaciones sobre pedagogía, tecnología educativa, evaluación, formación docente y aprendizaje disciplinar. En contextos de educación superior, esta combinación metodológica resulta especialmente pertinente para responder a necesidades cambiantes del mercado laboral y para adaptar la formación educativa a demandas contemporáneas (Brezuleanu et al., 2024), permitiendo identificar tendencias investigativas que informan tanto la práctica pedagógica como el diseño curricular.

A pesar de la abundante investigación sobre aspectos específicos de la educación en biología, existe una carencia significativa de estudios bibliométricos comprensivos que mapeen sistemáticamente las tendencias temporales de problemáticas y metodologías abordadas en este campo. Dichos estudios podrían ayudar en la comprensión de la evolución temporal de prioridades de investigación en educación de la biología, la emergencia y consolidación de líneas temáticas existentes, tales como tecnología educativa, formación docente y metodologías activas, y las transiciones metodológicas en la investigación educativa en biología, desde enfoques cualitativos hasta diseños experimentales y es-

tudios de implementación a gran escala. La ausencia de este conocimiento estructural dificulta la toma de decisiones informadas sobre direcciones futuras de investigación, inversión en desarrollo educativo y políticas de transformación curricular. El objetivo de este estudio fue identificar y caracterizar las tendencias temporales en problemáticas y metodologías de investigación en enseñanza y aprendizaje de la biología, mediante un análisis bibliométrico comprensivo de la literatura publicada en las últimas décadas.

Materiales y métodos

Para llevar a cabo este trabajo, se realizó un análisis bibliométrico para determinar las tendencias sobre la enseñanza de la biología a nivel universitario. La búsqueda de información se llevó a cabo en la colección núcleo de la base de datos Web of Science (WoS) consultada el 4 de diciembre de 2025. Se seleccionó esta base de datos debido a que tiene amplia cobertura de revistas de alta calidad, es la principal fuente para la obtención de datos bibliométricos (He et al., 2024), y facilita la búsqueda y filtración de documentos. El perfil de búsqueda pasó por 4 etapas:

1. (TI = ("teaching" OR "education" OR "pedagogy") AND TI = (biology OR "life science*")) AND ALL = ("undergra-

1. duate" OR "licenciatura" OR "university" OR "higher education"))).
2. TI = ("teaching" OR "education" OR "pedagogy") AND TI = (biology OR "life science*") AND ALL = ("undergraduate" OR "licenciatura" OR "university" OR "higher education") NOT ALL = ("K-12" OR "high school" OR "secondary education" OR "primary education" OR "medical education" OR "veterinary" OR "nursing" OR adolescent OR medic*)).
3. (TI = ("teaching" OR "education" OR "pedagogy") AND TI = (biology OR "life science*") AND ALL = ("undergraduate" OR "licenciatura" OR "university" OR "higher education") NOT ALL = ("K-12" OR "high school" OR "secondary education" OR "primary education" OR "medical education"

OR "veterinary" OR "nursing" OR adolescent OR medic*)).

Con el total de referencias obtenidas usamos lo indicado por Lituma Carriel (2026) y Ariyanto et al. (2025) para obtener el corpus final (Figura 1). Una vez hecha la depuración, las fichas resultantes se descargaron con el formato indicado para ser analizadas con Bibliometrix y EndNote®. En Bibliometrix se consideraron los siguientes indicadores bibliométricos: Producción científica anual, ciclo de vida de la producción científica, ley de Bradford, palabras clave, evolución temática y dendrograma temático. EndNote® se usó para la administración de referencias y textos completos.

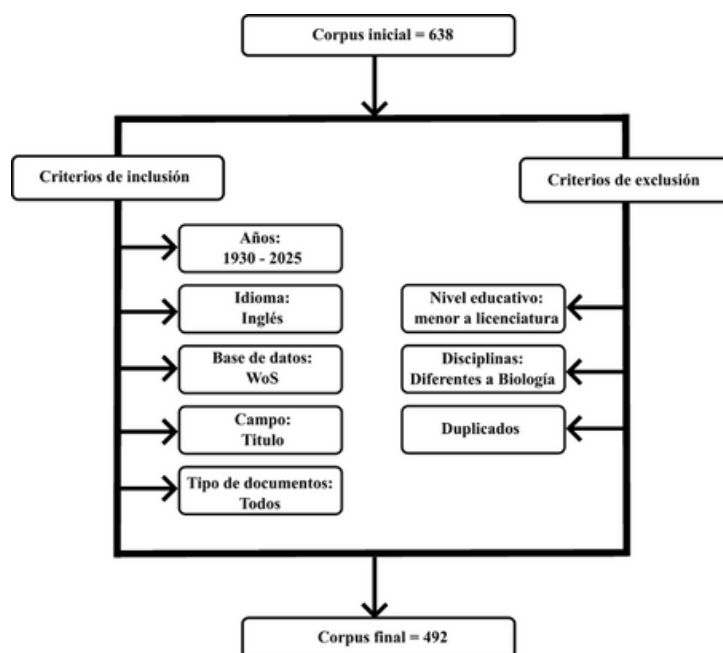


Figura 1. Diagrama de flujo para la selección del *corpus*.

Resultados

Producción científica anual

El análisis de la producción científica revela un total de 456 documentos publicados entre 1930 y 2025 (Figura 2). Las primeras publicaciones datan de 1930 y 1949 con un artículo cada año, seguidas de contribuciones aisladas en las décadas de 1950 y 1960, con un máximo de dos artículos en 1964. Entre 1970 y 1999, la producción se mantuvo muy baja, con numerosos años sin publicaciones y un máximo de tres artículos anuales en 1987, 1996, 1998 y 1999. A partir de 2000 se observa un incremento sostenido, con un promedio aproximado de cinco artículos por año en la década 2000-2009 y un pico de 10 publicaciones en 2009. El crecimiento se aceleró desde 2010 con 16 documentos, man-

teniéndose por encima de los 10 artículos anuales en siguientes años, salvo en 2013 y 2015 con 12 y 13 documentos, respectivamente.

El período 2010-2025 concentra el 85,3% de la producción total (389 documentos). Los años más productivos fueron 2024 con 44 artículos, 2025 con 42, 2020 con 39 y 2022 con 36. La tendencia en las últimas dos décadas muestra un crecimiento exponencial, pasando de seis publicaciones anuales en 2000-2001 a más de 40 en 2024-2025.

Para complementar esta descripción, el ajuste de una curva de acumulación logística (Figura 3) a los datos revela que los 492 documentos acumulados hasta 2025 representan aproximadamente el

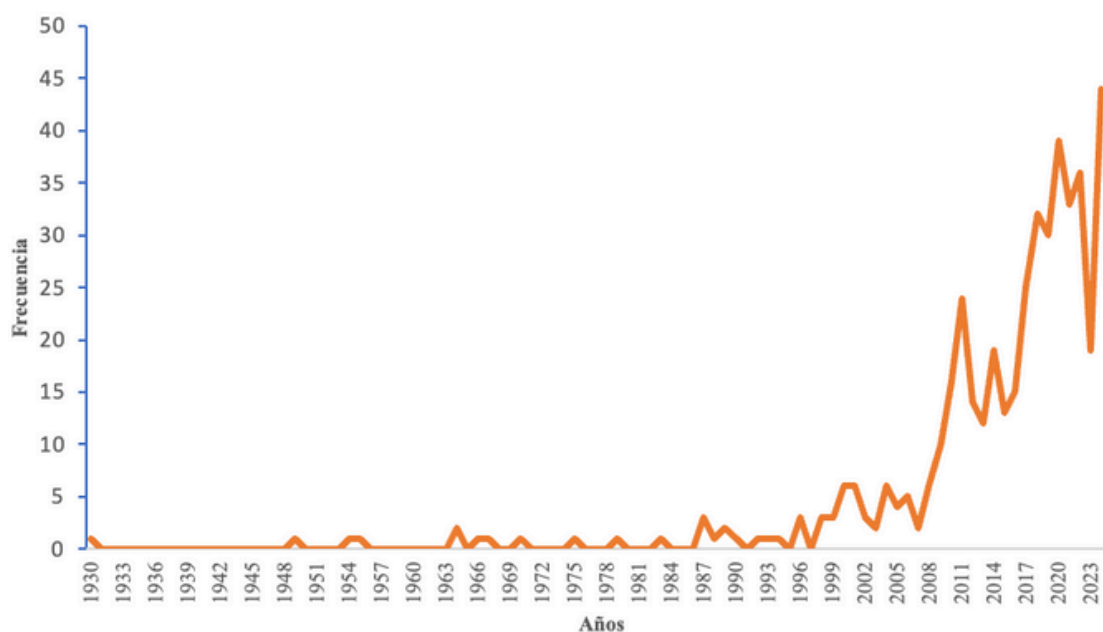


Figura 2. Producción científica anual sobre la enseñanza-aprendizaje de la biología.

43,3% de la capacidad estimada sobre la producción científica sobre estudios del enseñanza-aprendizaje de la biología (K=1140 documentos). Según esta proyección, la producción científica alcanzaría su asíntota alrededor del año 2070, con un total estimado de 1,140 publicaciones.

Ley de Bradford

El análisis bibliométrico reveló 229 revistas científicas que presenta un patrón de distribución característico de la Ley de Bradford (Figura 4). Las revistas núcleo se constituyen por 7 revistas que concentraron 173 artículos (35.0% del total), con un promedio de 24.7 artículos por revista. CBE - Life Sciences Edu-

cation fue la revista más productiva con 52 artículos, seguida por Journal of Biological Education (31 artículos) y Biochemistry and Molecular Biology (26). Las cuatro revistas restantes del núcleo produjeron entre 15 y 18 artículos cada una. La curva de productividad mostró una caída exponencial desde el núcleo hacia las zonas periféricas.

El número total de palabras clave identificadas en los artículos analizados fueron 1,027. El análisis de frecuencia identificó la presencia de 20 (19.8%) palabras clave predominantes en la literatura de educación biológica. De estas, ocho se alinean con el perfil de bus-

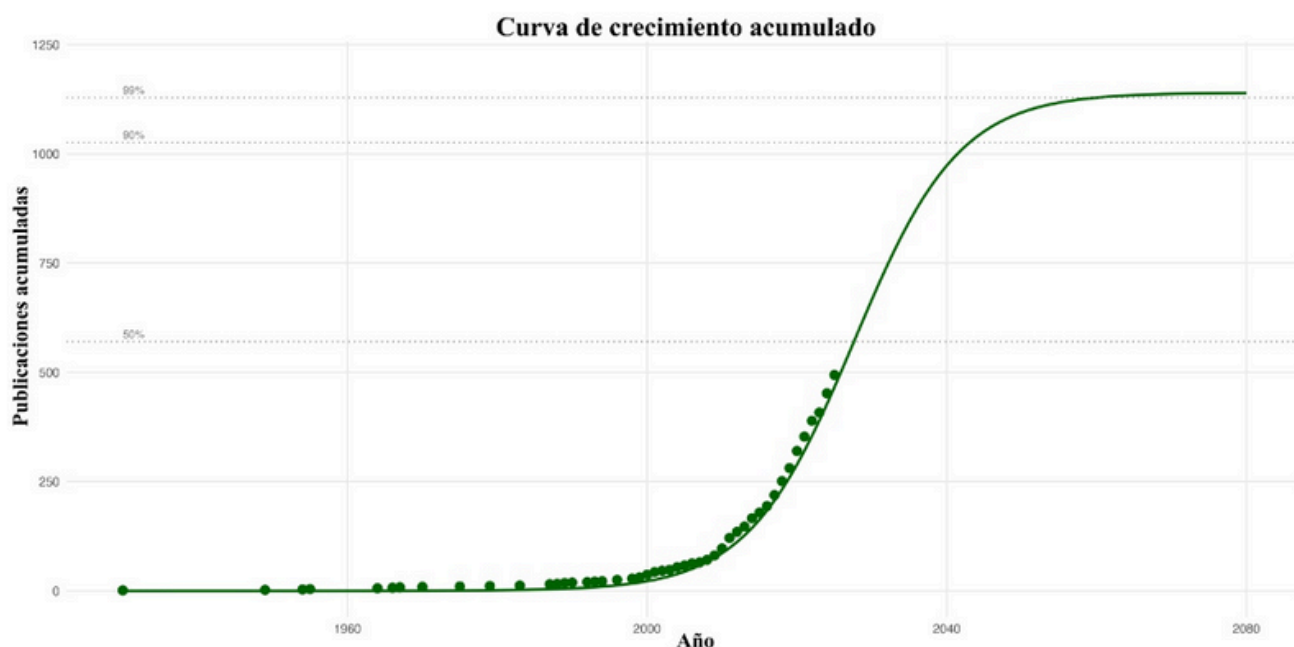


Figura 3. En la gráfica se muestra la curva de crecimiento a partir de los datos observados (círculos) y lo esperado al actual ritmo de publicación.

queda utilizado: *education* (47), *biology*, (33), *higher education* (21), *biology education* (18), *undergraduate* (15), *life sciences* (11) y *teachers* (11). Las cinco palabras más frecuentes fueron *science* (65), *education* (47), *student* (34), *biology* (33) y *knowledge* (24). Las palabras clave restantes se refieren a las formas de proceder que tanto estudiantes como profesores deben considerar, en relación con las actitudes hacia el conocimiento científico de la biología, los objetivos de aprendizaje, así como las experiencias que se pueden alcanzar y su impacto en las experiencias futuras en es-

te campo científico. Los términos asociados con niveles educativos incluyeron *higher education* 21), *undergraduate* (15) y *research experiences* (11). Los términos vinculados con aspectos disciplinares específicos incluyeron *cell biology* (12) y *life science* (11). Por último, las palabras vinculadas con variables de desempeño se presentaron con frecuencias entre 10 y 18, destacando *performance* (18), *self-efficacy* (12) y *faculty* (11) (Tabla 1).

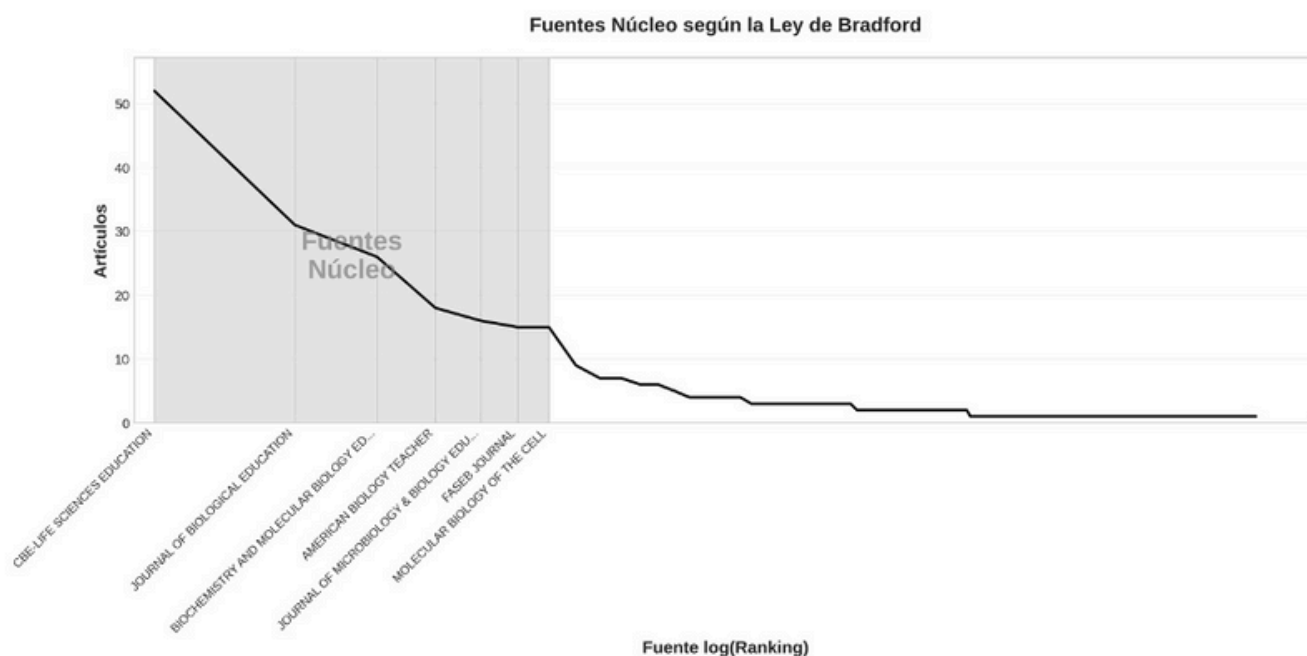


Figura 4. Revistas núcleo. La zona sombreada representa la zona 1 de acuerdo a la Ley de Bradford.

Tabla 1. Palabras más frecuentes.

| Palabras | Frecuencia |
|----------------------|------------|
| science | 65 |
| education | 47 |
| students | 34 |
| biology | 33 |
| knowledge | 24 |
| higher education | 21 |
| biology education | 18 |
| performance | 18 |
| teaching | 16 |
| active learning | 15 |
| undergraduate | 15 |
| cell biology | 12 |
| experiences | 12 |
| self-efficacy | 12 |
| faculty | 11 |
| impact | 11 |
| life sciences | 11 |
| research experiences | 11 |
| teachers | 11 |
| attitudes | 10 |

Evolución temática

En la gráfica de evolución temática (Figura 5), el ancho de los flujos indica la fuerza de la continuidad: los más gruesos son los que conectan temas centrales como education → higher education → education/higher education. En la figura, los temas biology, education, science, students y higher education pueden ser tomadas como el núcleo, ya que persisten a lo largo de todo el tiempo, con conexiones entre ellos por períodos.

Mapa de estructura conceptual

El mapa de estructura conceptual describe gráficamente los temas de interés para esta investigación (Figura 6), en él se muestra que las palabras woman, race, acceptance, belief, attitudes y conceptions forman un clúster temático coherente en la región inferior-izquierda del gráfico. Estos términos no aparecen aislados, sino que se agrupan cerca de conceptos como thinking y experiences, lo que sugiere una dimensión afectiva y socio-contextual del aprendizaje.

En la región superior izquierda aparecen palabras como motivation, research experience, active learning, challenges, inquiry, desing y curriculum, reflejando que la enseñanza actual de la biología está centrada en los estudiantes y con un enfoque hacia la investigación. Asimismo, las palabras clave asociada al concepto stem, reflejan la inclusión de las mujeres en las áreas de las ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas.

En la región derecha del eje central están los conceptos learning, environmental education, assessment e instruction, que reflejan cómo llevar a cabo la enseñanza de la biología, así como la forma de evaluar si los nuevos métodos de enseñanza son efectivos o no.

Discusión

Evolución temporal de la producción científica

Los resultados obtenidos sobre la evolución temporal de la producción científica en la enseñanza-aprendizaje de la biología a nivel universitario revelan un patrón clásico de desarrollo de un campo interdisciplinario emergente, caracterizado por una fase inicial de latencia prolongada, seguida de un crecimiento acelerado en las últimas dos décadas. La escasa actividad registrada entre 1930 y 1999, con publicaciones esporádicas y un máximo anual de tres documentos, refleja que, durante gran parte del siglo XX, la investigación sistemática sobre pedagogía específica de la biología no constituía una prioridad consolidada. Este período coincide con un enfoque predominante en la enseñanza tradicional de la biología, centrado en la transmisión de contenidos disciplinares más que en los procesos de aprendizaje, tal como se describe en revisiones históricas de la educación en ciencias (DeHaan, 2005;

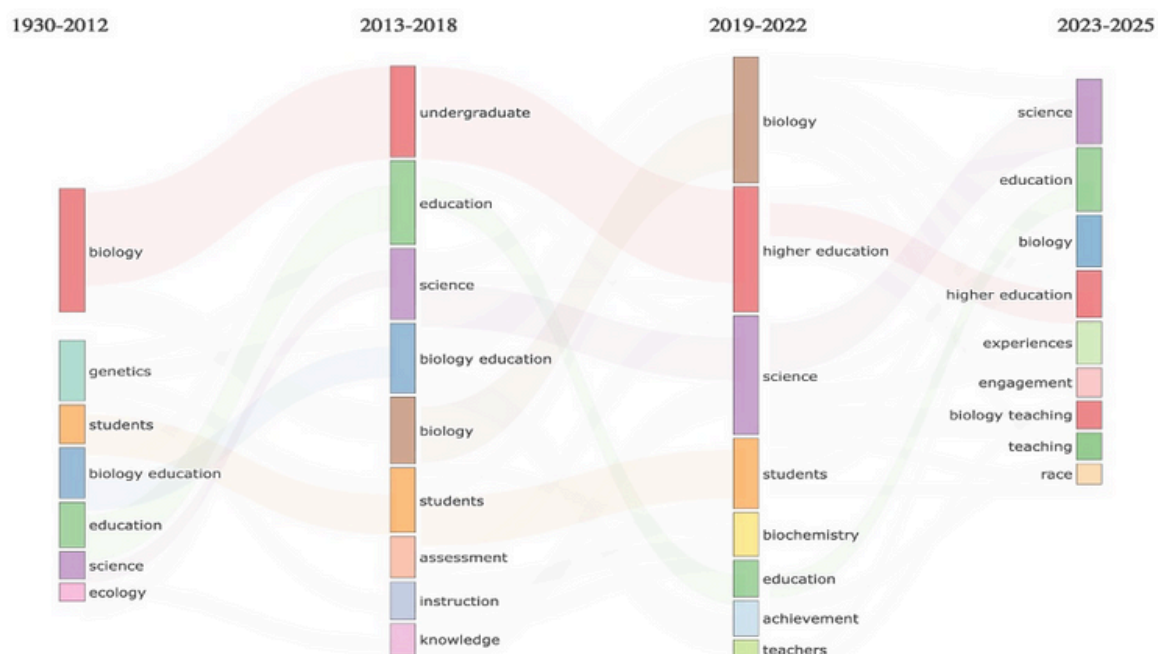


Figura 5. Evolución de los temas desde 1930 hasta 2025.

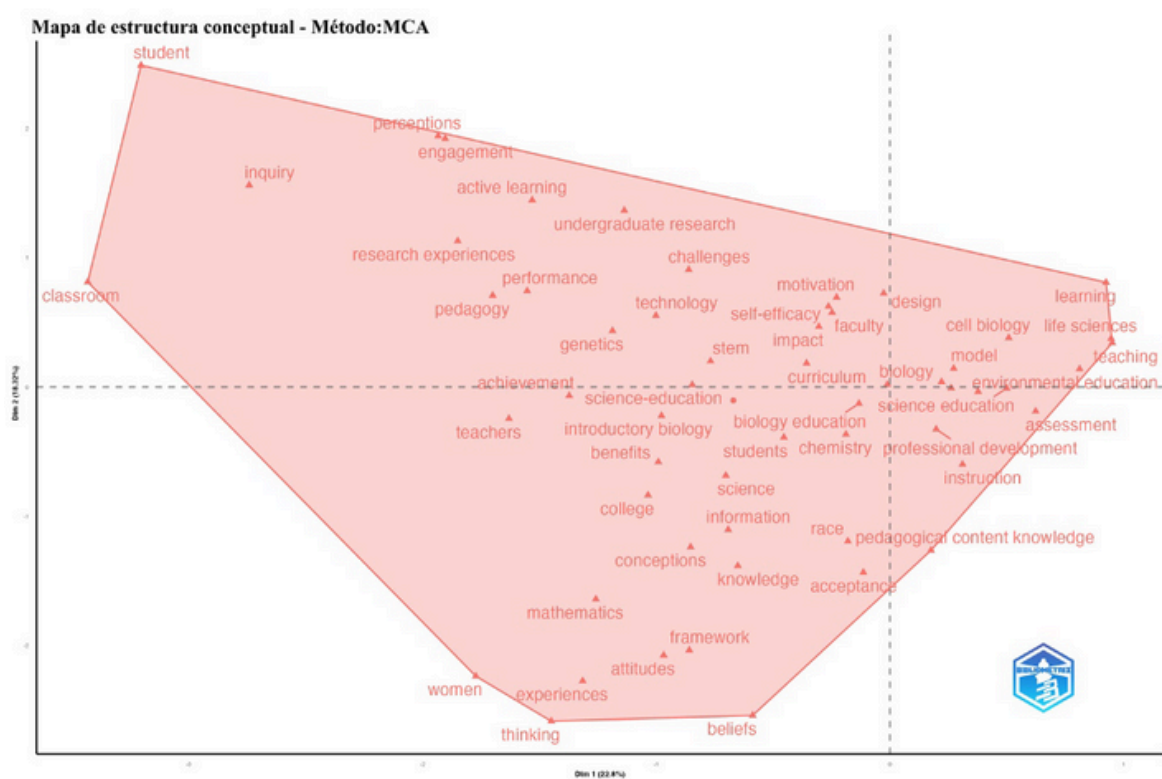


Figura 6. Mapa conceptual de la asociación de las palabras clave más comunes.

Wolyniak et al., 2025). La ausencia de marcos teóricos pedagógicos específicos para la biología universitaria hasta finales del siglo pasado explica esta baja productividad.

El incremento sostenido a partir de 2000 y, particularmente la fase exponencial desde 2010, que concentra el 85,3% del total de documentos, se alinea con hitos internacionales que impulsaron la reforma pedagógica en la disciplina. Iniciativas como “Vision and Change in Undergraduate Biology Education” (La et al., 2025; Treibergs et al., 2024; Zhu et al., 2025) marcaron un punto de inflexión al promover enfoques centrados en el estudiante, competencias científicas y prácticas activas, alejándose de modelos memorísticos (Wolyniak et al., 2025). Este marco reformista, difundido globalmente, estimuló una oleada de investigaciones empíricas sobre metodologías innovadoras como el Aprendizaje Basado en Problemas (PBL), las Experiencias de Investigación de Curso para Pregrado (CUREs) y la integración tecnológica (Alarcón et al., 2025; Baker et al., 2025; Bauermeister et al., 2025), lo que explica el aumento sostenido observado.

El pico de productividad en los años recientes (2020-2025), con más de 35 artículos anuales, puede atribuirse adicionalmente al impacto de la pandemia de COVID-19, que aceleró la transición hacia modalidades remotas e híbridas y generó un interés masivo por laboratorios virtuales, e-learning y herramientas digitales en la enseñanza de la biología (Bauermeister et al., 2025; Rakhmawa-

ti et al., 2025). Asimismo, la emergencia de debates sobre inteligencia artificial generativa en contextos educativos (Coelho et al., 2025; Dogru & Faulconer, 2025) contribuyó a mantener alta la producción en 2024-2025.

Por otro lado, el ajuste de la curva de acumulación logística refuerza la interpretación de que el campo se encuentra en una fase intermedia de maduración. Al haber alcanzado solo el 43,3% de la capacidad estimada ($K=1140$ documentos) hacia 2025, con proyección de estabilización alrededor de 2070, se evidencia un potencial significativo de expansión futura. Este patrón logístico es común en subdisciplinas de la educación en ciencias que responden a necesidades sociales y tecnológicas emergentes (He et al., 2024; Kadirhanogullari & Köse, 2024). Factores que podrían sostener este crecimiento incluyen la integración creciente de tecnologías inmersivas (realidad virtual, IA), el énfasis en equidad e inclusión (temas identificados en el mapa conceptual como “race”, “woman”), y la demanda de alfabetización científica frente a desafíos globales como cambio climático y avances biotecnológicos (Mathew, 2025; Rodríguez-Muñoz & Huincahue, 2025).

En comparación con otros campos analizados bibliométricamente, como la bioquímica educativa (He et al., 2024) o

las concepciones alternativas en biología (Kadirhanogullari & Köse, 2024), la enseñanza-aprendizaje general de la biología muestra un inicio más tardío pero un crecimiento más pronunciado en la última década, lo que sugiere una consolidación acelerada impulsada por reformas curriculares internacionales. Los hallazgos confirman la transición del campo de un tema marginal a un área de investigación dinámica y en plena expansión, con perspectivas de maduración a largo plazo. Estos resultados subrayan la importancia de continuar impulsando reformas pedagógicas y políticas institucionales que fomenten la investigación en metodologías activas, tecnología educativa e inclusión, para capitalizar el potencial de crecimiento identificado.

Ley de Bradford

Los resultados confirman que la literatura en educación biológica sigue la distribución característica de la Ley de Bradford, con una concentración de artículos en un pequeño núcleo de revistas especializadas (Viju, 2013; Sudhier, 2010). Este patrón, observado en otras disciplinas científicas (Behrens & Luksch, 2011; Pinto et al., 2013; Venable et al., 2016), refleja la existencia de revistas núcleo altamente especializadas que dominan la comunicación científica en educación biológica. La proporción de concentración observada es intermedia comparada con otros campos científicos. Venable et al. (2016) identificaron ocho revistas núcleo en neurocirugía, un cam-

po de publicación consolidada. La educación biológica en contraste representa un dominio interdisciplinario, lo que podría explicar una dispersión moderada de la literatura. La dominancia de CBS-Life Science Education como revista más productiva indica la presencia de una fuente central especializada en investigación educativa biológica y refleja el patrón observado en campos especializados, donde revistas disciplinarias específicas concentran la mayor productividad (Desai et al., 2018; Venable et al., 2014). La caída exponencial hacia las zonas periféricas es característica de la Ley de Bradford (Desai et al., 2018) e indica que pocas revistas concentran numerosos artículos, y que muchas revistas contribuyen mínimamente. Las siete revistas núcleo capturan una fracción sustancial de la literatura relevante y permiten una cobertura amplia y comprensiva sobre el tema (Nordstrom, 1990; Patra & Mishra, 2006).

Palabras clave

La predominancia de términos del perfil de búsqueda valida la estrategia metodológica empleada (Bai et al., 2024). La mayor frecuencia de *science* versus *biology* sugiere la integración del campo dentro de la educación científica, mientras que la prominencia de *students* y *knowledge* refleja un énfasis en los cons-

tructos cognitivos centrados en el aprendizaje (Wang & Chai, 2018). La predominancia de *higher education* y *undergraduate* es consistente con los términos dominantes en la educación universitaria (Wang & Chai, 2018). La baja frecuencia de subdisciplinas específicas, como *cell biology* y *life science*, podría reflejar el énfasis en enfoque integradores sobre la biología. Este patrón contrasta con la fragmentación disciplinar documentada e la estructura organizacional de los departamentos académicos (Labov et al., 2010), sugiriendo que la investigación educativa en biología privilegia los marcos conceptuales unificadores sobre las especializaciones subdisciplinares (Nehm, 2019).

La coexistencia de términos educativos, disciplinares y de desempeño académico podrían estar reflejando la naturaleza multifacética de la investigación en educación biológica.

En conjunto, estas palabras nos proporcionan una comprensión integral de la importancia del enfoque y las orientaciones de la enseñanza y el aprendizaje de la biología en el entorno escolar universitario. El término *science*, denota el conocimiento adquirido a través de la observación y el razonamiento, situando a los estudiantes dentro del contexto general de su significado. La interrelación de este término con los demás descriptores define el contexto de este trabajo y la orientación de la enseñanza de la biología.

Evolución temática

Podemos establecer 3 grandes períodos que nos permiten comprender la trayectoria de los temas desde el inicio hasta el final del tiempo analizado:

1. Al principio (1930-2012): el enfoque es de contenidos científicos puros (genetics, ecology, biology cell).
2. A la mitad del tiempo (2013-2018): se hace énfasis en la pedagogía universitaria, evaluación y conocimiento.
3. Recientemente (2019-2025): hay un giro hacia la enseñanza activa, experiencias de aprendizaje, compromiso y temas de equidad/inclusión.

En los últimos años, el campo parece moverse hacia una educación en biología más inclusiva, experiencial y centrada en el estudiante, posiblemente influida por debates sobre diversidad, aprendizaje post-pandemia o enfoques pedagógicos modernos (active learning, engagement) como el aprendizaje basado en la investigación. En este método se parte de fenómenos existentes, lo que implica que los estudiantes realicen actividades científicas de forma estructurada mediante la investigación de nuevos conocimientos, encontrando, comprobando, recopilando, analizando y extrayendo conclusiones adecuadas de

acuerdo con los datos recopilados. Se sabe que el aprendizaje basado en la investigación promueve el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico, necesario en el aprendizaje de la ciencia (Daryanes et al., 2023). Daryanes y Sayuti (2023) aplicaron este método de aprendizaje y encontraron que el pensamiento crítico de los estudiantes aumentó, sobre todo en el indicador “capacidad para expresar ideas”.

Recapitulando, el tema de la enseñanza aprendizaje de la biología ha ido evolucionando del qué enseñar, al cómo enseñar. Esto implica, que ya se sabe qué es lo que tiene que aprender un estudiante, lo que se necesita en la actualidad es un cambio e innovación en las formas de proceder en la enseñanza. Las prácticas docentes deben incluir estrategias colaborativas, instrucción compartida, uso de tecnología y enfoque en necesidades de conocimiento, habilidades y motivación. Se debe resaltar el modelo de competencias de Borromeo-Ferri como base para diseñar experiencias basadas en problemas reales (Rodríguez-Muñoz & Huincahue, 2025). Además, se deben realizar cursos integrados: experimentales-computacionales y de aprendizaje activo (Didier et al., 2025).

Conclusión

Uno de los principios básicos que todo Biólogo comprende es el cambio. Tenemos claro que la vida ha ido cambiando y que seguirá haciéndolo. Este principio esencial debe ser aplicado a las formas de proceder de

la enseñanza-aprendizaje de la biología teniendo en cuenta las siguientes tendencias emergentes:

1. Expansión de la interdisciplinariedad más allá de la biología tradicional.
2. Incorporación creciente de tecnologías digitales, inteligencia artificial y realidad virtual.
3. Enfoque en discusiones explícitas sobre variaciones reales en la práctica científica.
4. Énfasis en aprendizaje activo, colaborativo y basado en problemas reales.
5. Necesidad de marcos teóricos y guías para el diseño educativo.

Referencias

1. Ahmed, S., Adjei-Opong, T., Heim, A., Noyes, K., Schmid, K., Couch, B., Stetzer, M., Senn, L., Vinson, E., Smith, M., & Treibergs, K. (2024). Open Resources for Biology Education (ORBE): a resource collection [Editorial Material]. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 25(2), 5.
<https://doi.org/10.1128/jmbe.00203-23>
2. Alarcón, E., Alvarez, M., Pozo-Rico, T., & Gilar-Corbí, R. (2025). Unlocking Critical Skills: Evaluating Problem-Based Learning in Developmental Biology Education. *Luz*, 24, 15, Article e1531.
3. Ariyanto, E., Sofilda, E., & Rumondang, H. (2025). Dividend Taxes and Corporate Investment: A Bibliometric Analysis. *ABAC Journal*, 45(4).
<https://doi.org/10.59865/abacj.2025.40>
4. Bai, X., Cheng-Xi Aw, E., Wei-Han Tan, G., & Ooi, K.-B. (2024). Livestreaming as the next frontier of e-commerce: A bibliometric analysis and future research agenda. *Electronic Commerce Research and Applications*, 65, 101390.
<https://doi.org/10.1016/j.elerap.2024.101390>
5. Baker, S., Carmona-Galindo, V., Hoque, M., Edriss, F., Alrasyashi, A., Al-Shaghdari, A., Al-wakeel, A., Ali, N., Alkuhali, A., Allen, A., Bangurah, S., Bazoun, W., Benford, H., Doss, D., Eady, A., Dourra, M., Guirgis, H., Hamade, I., Hamo, R.,... Vosbigian, G. (2025). Advancing Integrative Pollinator Biology Education With Course-Based Undergraduate Research Experiences. *Integrative and Comparative Biology*, 65(4), 1007–1017.
<https://doi.org/10.1093/icb/icaf145>
6. Bauermeister, T., Janssen, N., & Engler, J. (2025). Conventional teaching vs. e-learning: A case study of German undergraduate biology students. *Education and Information Technologies*, 30(8), 10979–10995.
<https://doi.org/10.1007/s10639-024-13261-2>
7. Behrens, H., & Luksch, P. (2011). Mathematics 1868-2008: a bibliometric analysis. *Scientometrics*, 86(1), 179–194.
<https://doi.org/10.1007/s11192-010-0249-x>
8. Bowen, C., Coscia, K., Aadnes, M., Summersill, A., & Barnes, M. (2025). Undergraduate Biology Students' Climate Change Communication Experiences Indicate a Need for Discipline-Based Education Research on Science Communication Education about Culturally Controversial Science Topics. *CBE-Life Sciences Education*, 24(2), 19, Article ar24.
<https://doi.org/10.1187/cbe.23-07-0134>
9. Brezuleanu, C., Mihalache, R., Brezuleanu, M., Ungureanu, E., & Sirghia, A. (2024). ADAPTATION OF ENTREPRENEURIAL EDUCATION AND TRAINING IN ECONOMICS FOR THE STUDENTS OF "ION IONESCU DE LA BRAD" UNIVERSITY OF LIFE SCIENCES (IULS) IASI, ROMANIA, IN THE CONTEXT OF CHANGING LABOUR MARKET NEEDS. *Scientific Papers-Series Management Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 24(1), 135–146.
10. Coelho, R., Bjune, A., Ellingsen, S., Solheim, B., Thormodsaeter, R., Wasson, B., & Cotner, S. (2025). A Call for Clarity: Biology Students Advocate for Guidelines for the Use of Generative AI in Higher Education. *Journal of Science Education and Technology*, 34(4), 853–865.
<https://doi.org/10.1007/s10956-025-10216-1>
11. Daryanes, F., Ririen, D., Fikri, K., & Sayuti, I. (2023). Improving Students' Critical Thinking Through the Learning Strategy "Students as Researchers": Research Based Learning. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*.

12. Daryanes, F., & Sayuti, I. (2023). Research-based learning in biology courses to train students critical thinking skills: Student's perception. *Biosfer*.
13. de Avelar, L., Moreira, A., & Paranhos, R. (2024). School knowledge in researches of teaching biology in young and adult education based in Cultural-Historical perspective. *Educacao*, 49, 26, Article 72370. <https://doi.org/10.5902/1984644472370>
14. DeHaan, R. L. (2005). The Impending Revolution in Undergraduate Science Education. *Journal of Science Education and Technology*, 14(2), 253–269. <https://doi.org/10.1007/s10956-005-4425-3>
15. Desai, N., Veras, L., & Gosain, A. (2018). Using Bradford's law of scattering to identify the core journals of pediatric surgery [; Proceedings Paper]. *Journal of Surgical Research*, 229, 90–95. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2018.03.062>
16. Didier, J., Croce, S., Bayoumi, S., Valceschini, E., Escoffier, H., Gonzalez, E., Kishk, A., Badkas, A., De Landtsheer, S., & Sauter, T. (2025). Challenges and opportunities in systems biology education [Review]. *Endocrine-Related Cancer*, 32(6), 10, Article e250024. <https://doi.org/10.1530/erc-25-0024>
17. Dogru, M., & Faulconer, E. (2025). ChatGPT as a Virtual Laboratory Teaching Assistant in Undergraduate Biology [; Early Access]. *Research in Science Education*, 21. <https://doi.org/10.1007/s11165-025-10271-z>
18. Hall, B., Roberts, R., & Wolyniak, M. (2025). Transforming Molecular Life Sciences Education: Past, Current, and Future Insights and Practices [Editorial Material; Early Access]. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 5. <https://doi.org/10.1002/bmb.70017>
19. He, Y., Li, S., Chen, Z., Liu, B., & Luo, X. (2024). Knowledge-Map Analysis of Undergraduate Biochemistry Teaching Research: A Bibliometric Study from 2012 to 2021. *Journal of Chemical Education*, 101(2), 307–318. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c01021>
20. Kadirhanogullari, M. K., & Köse, E. (2024). Misconceptions in Biology Education: A Bibliometric Analysis. *International Journal on Studies in Education*, 6(2), 27. <https://doi.org/10.46328/ijonse.211>
21. La, S., Grochau-Wright, Z., Hoskinson, J., Davison, D., & Michod, R. (2025). Translating Research on Evolutionary Transitions Into the Teaching of Hierarchical Complexity in University Biology Courses. *Ecology and Evolution*, 15(11), 12, Article e72267. <https://doi.org/10.1002/ece3.72267>
22. Labov, J., Reid, A., & Yamamoto, K. (2010). Integrated Biology and Undergraduate Science Education: A New Biology Education for the Twenty-First Century? *CBE-Life Sciences Education*, 9(1), 10–16. <https://doi.org/10.1187/cbe.09-12-0092>
23. Lituma Carriel, S. d. R. (2026). Bibliometric analysis of bioremediation of hydrocarbon-contaminated soils in Ecuador 2019-2025. *eVitroKhem*, 5, 203. <https://doi.org/10.56294/evk2026203>
24. Madamanchi, A., Poindexter, S., Cardella, M., Glazier, J., Umulis, D., & IEEE. (2018, Oct 03–06 2018). Qualitative Findings from Study of Interdisciplinary Education in Computational Modeling for Life Sciences Student Researchers from Emerging Research Institutions. *Frontiers in Education Conference [2018 ieee frontiers in education conference (fie)]*. 48th IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), San Jose State Univ, San Jose, CA.
25. Mathew, S. (2025). Fusion of Biology and Art: An Interdisciplinary STEM Education. *American Biology Teacher*, 87(3), 159–164. <https://doi.org/10.1525/abt.2025.87.3.159>

26. Moya-Méndez, N., & Zwart, H. (2022). Science and poetry: poems as an educational tool for biology teaching. *Cultural Studies of Science Education*, 17(3), 727–743. <https://doi.org/10.1007/s11422-022-10118-3>
27. Nehm, R. H. (2019). Biology education research: building integrative frameworks for teaching and learning about living systems. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1(1), 15. <https://doi.org/10.1186/s43031-019-0017-6>
28. Nordstrom, L. O. (1990). BRADFORD LAW AND THE RELATIONSHIP BETWEEN ECOLOGY AND BIOGEOGRAPHY. *Scientometrics*, 18(3-4), 193–203. <https://doi.org/10.1007/bf02017761>
29. Patra, S. K., & Mishra, S. (2006). Bibliometric study of bioinformatics literature. *Scientometrics*, 67(3), 477–489. <https://doi.org/10.1556/Scient.67.2006.3.9>
30. Pinto, M., Escalona-Fernández, M. I., & Pulgarín, A. (2013). Information literacy in social sciences and health sciences: a bibliometric study (1974-2011). *Scientometrics*, 95(3), 1071–1094. <https://doi.org/10.1007/s11192-012-0899-y>
31. Rahioui, F., Jouti, M., & EL Ghzaoui, M. (2025). Exploring the effect of ChatGPT-3 on biology students' lateral thinking skills: a mixed-methods study and impacts for ai-enhanced education. *Telematics and Informatics Reports*, 19, 8, Article 100249. <https://doi.org/10.1016/j.teler.2025.100249>
32. Rakhmawati, I., Kapelari, S., & Weinberg, L. (2025). A systematic review and network visualization of virtual reality research in biology education [Review]. *Cogent Education*, 12(1), 18, Article 2523141. <https://doi.org/10.1080/2331186x.2025.2523141>
33. Rodríguez-Muñoz, C., & Huincahue, J. (2025). Interdisciplinary practices for teaching biology: a systematic review [Review]. *Journal of Biological Education*, 59(5), 850–868. <https://doi.org/10.1080/00219266.2024.2399516>
34. Treibergs, K., Stetzer, M., Olson, A., Schmid, K., Adjei-Opang, T., Onimode, R., Noyes, K., Eldermire, E., Couch, B., & Smith, M. (2024). A Scoping Review of Published Lesson Plans Showcases Two Decades of Change in Undergraduate Life Science Education Resources [Review]. *CBE-Life Sciences Education*, 24(4), 15, Article 40. <https://doi.org/10.1187/cbe.25-04-0068>
35. Van, K., Tasawar, S., Brendel, E., Law, C., Mahajan, A., Brownell-Riddell, C., Diamond, N., Ritchie, K., & Monk, J. (2025). Using a 'Students as Partners' model to develop an authentic assessment promoting employability skills in undergraduate life science education. *Febs Open Bio*, 15(3), 506–522. <https://doi.org/10.1002/2211-5463.13941>
36. Venable, G. T., Shepherd, B. A., Loftis, C. M., McClatchy, S. G., Roberts, M. L., Fillinger, M. E., Tansey, J. B., & Klimo, P. (2016). Bradford's law: identification of the core journals for neurosurgery and its subspecialties [Review]. *Journal of Neurosurgery*, 124(2), 569–579. <https://doi.org/10.3171/2015.3.Jns15149>
37. Venable, G. T., Shepherd, B. A., Roberts, M. L., Taylor, D. R., Khan, N. R., & Klimo, P. (2014). An application of Bradford's law: identification of the core journals of pediatric neurosurgery and a regional comparison of citation density. *Childs Nervous System*, 30(10), 1717–1727. <https://doi.org/10.1007/s00381-014-2481-9>
38. Wang, M. Y., & Chai, L. H. (2018). Three new bibliometric indicators/approaches derived from keyword analysis. *Scientometrics*, 116(2), 721–750. <https://doi.org/10.1007/s11192-018-2768-9>

39. Wang, Y. J., Wang, Z. R., Cui, H. R., & Zhang, L. L. (2024). The migrasome as a developmental learning paradigm in cell biology. *Cell Biology International*, 48(9), 1254–1265.
<https://doi.org/10.1002/cbin.12220>

40. Wolyniak, M. J., Safford, S., Klinedinst, S., Barton, L., Fernandes, J., Lee, K., Beason-Abmayr, E., & Sandquist, E. (2025). The Council on Undergraduate Research (CUR) Biology Division: A Dynamic Community Promoting Best Practices in Undergraduate Biology Education [Meeting Abstract]. *Journal of Biological Chemistry*, 301(5), 1, Article 108587.
<https://doi.org/10.1016/j.jbc.2025.108587>

41. Zhu, B., Parsley, K., Griscom, H., Wallace, L., Castellano, R., Gonzalez, R., Ospina, D., & McCartney, M. (2025). Connecting plant science education in undergraduate life science courses to plant awareness disparity, Vision and Change, and sustainability careers. *Journal of Biological Education*, 59(4), 642–656.
<https://doi.org/10.1080/00219266.2024.2386253>



VEGETACIÓN Y FLORA DE LAS ISLAS DE LA BAHÍA DE OHUIRA, AHOME, SINALOA, PARTE DEL APFF ISLAS DEL GOLFO DE CALIFORNIA.

VEGETATION AND FLORA OF THE ISLANDS OF OHUIRA BAY, AHOME, SINALOA, PART OF THE APFF ISLANDS OF THE GULF OF CALIFORNIA.

José Saturnino Díaz^{1,2}

Orcid: 0000-0001-7494-4002

Bladimir Salomón-Montijo*^{1,2}

Orcid: 0000-0002-5053-9691

Marco Antonio Díaz-Zazueta¹

Orcid: 0009-0002-0012-1163

César Enrique Romero-Higareda^{1,2}

Orcid: 0000-0002-2794-7363

Jesús Miguel Corrales-Sauceda²

Orcid: 0000-0003-2520-4547

Daniela Uriarte-Sarabia²

Orcid: 0009-0006-4397-1976

Benjamín Urías-Díaz^{†3}

¹ Posgrado en Ciencias Biológicas de la Facultad de Biología. Ciudad Universitaria, Blvd. de las Américas y Blvd. Universitarios S/N. C. P. 80013, Culiacán Rosales, Sinaloa, México

² Facultad de Biología, Universidad Autónoma de Sinaloa. Ciudad Universitaria, Blvd. de las Américas y Blvd. Universitarios S/N. C. P. 80013, Culiacán Rosales, Sinaloa, México

³ Biblioteca Central de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Ciudad Universitaria, Blvd. de las Américas y Blvd. Universitarios S/N. C. P. 80013, Culiacán Rosales, Sinaloa, México

Recibido: 11 de diciembre de 2025

Aceptado: 23 de diciembre de 2025

*Autor de correspondencia

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original.

VEGETACIÓN Y FLORA DE LAS ISLAS DE LA BAHÍA DE OHUIRA, AHOME, SINALOA, PARTE DEL APFF ISLAS DEL GOLFO DE CALIFORNIA.

VEGETATION AND FLORA OF THE ISLANDS OF OHUIRA BAY, AHOME, SINALOA, PART OF THE APFF ISLANDS OF THE GULF OF CALIFORNIA.

José Saturnino Díaz, Marco Antonio Díaz-Zazueta, Jesús Miguel Corrales-Sauceda, Bladimir Salomón-Montijo, César Enrique Romero-Higareda, Daniela Uriarte-Sarabia, Benjamín Urías-Díaz[†]

Resumen

Se realizó un estudio de la flora y vegetación en seis pequeñas islas de la Bahía de Ohuira, Topolobampo, Sinaloa. Estas islas se caracterizan por suelos predominantemente rocosos y un paisaje dominado por matorral xerófilo, con una clara prevalencia de cactáceas columnares y nopaleras. En las zonas litorales, en contacto con el agua, se observan algunas formaciones típicas de manglar, así como remanentes de vegetación halófila. El inventario florístico documentó 152 especies de plantas, distribuidas en 118 géneros y 45 familias. Las familias con mayor riqueza fueron Fabaceae (18 especies), Cactaceae (16), Euphorbiaceae (13) y Poaceae (12); entre los géneros más diversos destacan Euphorbia con seis especies, y Abutilon, Ipomoea y Opuntia, con cuatro especies cada uno. En cuanto a las formas biológicas, predominan las hierbas (H), que constituyen el 38.8 % del total de especies, seguidas por arbustos (Ar) con un 26.97 % y trepadoras (Tr) con 11.84 %. Las islas con mayor riqueza florística fueron Mazocahui (120 especies), Mazocahui II (64) y Patos (54). Aunque este archipiélago representa un conjunto relativamente reducido de especies vegetales dentro del Área de Protección de Flora y Fauna “Islas del Golfo de California, sección Sinaloa”, se distingue por presentar pocos problemas de deforestación, baja presión turística y escasa presencia de especies invasoras (sean exóticas o nativas introducidas), registrándose únicamente 29 de estas. Este estudio contribuye al conocimiento de la diversidad florística insular en el Golfo de California, y sugiere que dichas islas, a pesar de su baja riqueza relativa, aún conservan comunidades vegetales relativamente intactas, lo que resalta su valor ecológico y la necesidad de su conservación.

Palabras clave: Florística, islas, matorral xerófilo, Ohuira, Topolobampo

Abstract

A study of flora and vegetation was conducted on six small islands in the Bahía de Ohuira, Topolobampo, Sinaloa. Soils on these islands are predominantly rocky, and the landscape is dominated by xerophytic scrub, with a clear prevalence of columnar cacti and Opuntia-dominated vegetation. At the coastal margins where islands meet the water, typical mangrove formations occur, as well as remnants of halophytic vegetation. The floristic inventory documen-

ted 152 plant species, arranged in 118 genera and 45 families. The richest families were Fabaceae (18 species), Cactaceae (16), Euphorbiaceae (13) and Poaceae (12); among the genera, Euphorbia stood out with six species, while Abutilon, Ipomoea and Opuntia each included four species. Regarding life-form categories, herbs (H) dominated, constituting 38.8 % of total species, followed by shrubs (Ar) at 26.97 % and climbers (Tr) at 11.84 %. The islands with the greatest floristic richness were Mazocahui (120 species), Mazocahui II (64 species) and Patos (54 species). Although this archipelago represents a relatively low number of plant species, in the Flora and Fauna Protection Area “Islas del Golfo de California, Sinaloa section”, it is distinguished by minimal deforestation, low tourism pressure, and a limited presence of invasive species (either exotic or introduced native species) with only 29 such species recorded. This study contributes to the knowledge of insular plant diversity in the Gulf of California and suggests that these islands, despite their relatively low species richness, still harbor comparatively intact plant communities, underscoring their ecological value and the need for their conservation.

Keywords: Dry shrub, floristic, isles, Ohuira, Topolobampo

Introducción

Los ecosistemas insulares constituyen reservorios de biodiversidad de gran relevancia, debido a su aislamiento geográfico respecto a otros entornos, lo cual favorece elevados niveles de endemismo y procesos evolutivos únicos (Liu et al., 2024). Este aislamiento permite estudiar la dinámica ecológica y evolutiva —tales como la dispersión, la emigración y la radiación adaptativa— en un escenario natural bien delimitado (Whittaker et al., 2017).

México destaca por sus numerosos cuerpos insulares marinos distribuidos entre el océano Pacífico y el océano Atlántico; su número asciende a aproximadamente 400 —incluyendo islas, cayos y arrecifes— según datos del INEGI

(2015). Estas formaciones presentan una diversidad ecológica muy variada, lo que ha permitido el establecimiento de una biodiversidad amplia con altos niveles de endemismo (Aguirre-Muñoz et al., 2017).

En la región noroeste de México, marcada por la península de Baja California y las costas de Sonora, Sinaloa y Nayarit, se encuentra el golfo de California, en cuyas aguas se distribuyen numerosas islas e islotes de diferentes tamaños y características ecológicas variadas (SEMARNAT, 1999). Respecto a las costas del estado de Sinaloa, y conforme a lo reportado por Flores-Campaña et al. (2003), se han registrado

423 cuerpos insulares —entre islas, islotes, rocas, cayos, farallones y arrecifes— que representan áreas de gran relevancia, pues sirven como refugio para fauna y flora. Además, actúan como corredores migratorios, proporcionando lugares de descanso, alimentación y reproducción para aves, mamíferos, peces y otros organismos marinos (Langle-Flores y Quijas, 2020). En este contexto, para las plantas estos espacios ofrecen sustrato y condiciones de humedad adecuadas para la germinación de semillas, facilitando la expansión de su rango de distribución (Garwood, 2024).

Las islas de la bahía de Ohuira forman parte del sitio considerado por la convención Ramsar como “Lagunas de Santa María–Topolobampo–Ohuira”, con número de registro 107, decretada el 2 de febrero de 2009 (Convención Sobre los Humedales Ramsar, 2009). Asimismo, están reconocidas como Sitios de Manglar con Relevancia Biológica y requieren de rehabilitación ecológica; se hallan bajo la protección oficial de Área Natural Protegida (ANP), según decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación el 2 de agosto de 1978 (DOF, 1978). Además, estas islas integran la Reserva de la Biosfera Islas del Golfo de California, declarada por la UNESCO en 1995 (SEMARNAT-INE-CONABIO, 1995); forman parte también de la Zona de Reserva y Refugio de Aves Migratorias y de Fauna Silvestre “Islas del Golfo de California (DOF, 2000).

En esa publicación oficial se modificó su categoría a Área de Protección de Flora y Fauna (APFF) “Islas del Golfo de California” y se les otorgó el estatus de Patrimonio Mundial de la Humanidad (UNESCO, 2005).

A nivel regional, los estudios sobre las islas locales han aumentado progresivamente; también se han desarrollado investigaciones en islas del estado de Sonora (Felger y Lowe, 1976; Felger y Wilder, 2012) y de Baja California Sur (Nabhan, 2002; Rebman et al., 2002), con las cuales estas pueden relacionarse al menos por su cercanía. Entre dichas investigaciones destacan las de Flores-Campaña et al. (1996) y Vega et al. (2001), realizadas en las islas Venados, Lobos y Pájaros, en la Bahía de Mazatlán, Sinaloa; así como la de Flores-Campaña et al. (2003) en las islas Talchichilte y Altamura, situadas en el municipio de Angostura, Sinaloa. Además, se incluyen el estudio de la estructura de la vegetación y flora del complejo lagunar Macapule–San Ignacio–Navachiste (Díaz, 2008), otro de Sánchez-Soto et al. (2016) en algunas islas del APFF Islas del Golfo de California y, más recientemente, los trabajos de Díaz et al. (2022) sobre cactáceas y especies exóticas e invasoras en el conjunto de islas de Sinaloa. Entre los antecedentes más relevantes en materia de vegetación para la zona, sobresale el trabajo de Reyes-

Olivas (2000) sobre la distribución de cactáceas y la composición florística de la isla Mazocahui; asimismo, el de Apodaca-Ovalle (2007) en la isla Patos —parte del archipiélago de la Bahía de Ohuira, Topolobampo, Sinaloa—; así como los estudios recientes de la vegetación y flora de las islas Santa María (Díaz et al., 2024) y El Maviri (Díaz et al., 2025) en la Bahía Santa María, dentro del mismo sector marino.

El presente trabajo tiene como objetivos identificar y describir la flora y las comunidades vegetales en las islas de la Bahía de Ohuira, en el norte de Sinaloa, lo que permitirá fundamentar con mayor precisión decisiones sobre posibles impactos

y sus modos de acción sobre las condiciones de las islas. A mediano y largo plazo, esto contribuirá a mejorar los resultados en la conservación de los cuerpos insulares de la región.

Materiales y métodos

Área de estudio

La Bahía de Ohuira se localiza en el Golfo de California, al noroeste del estado de Sinaloa y dentro del territorio municipal de Ahome, en las coordenadas de ubicación: Superior Izquierda: 25.790080 Latitud Norte, 109.321833 Longitud Oeste; Inferior Derecha: 25.427190 Latitud Norte, 108.790937 Longitud Oeste (Figura 1).

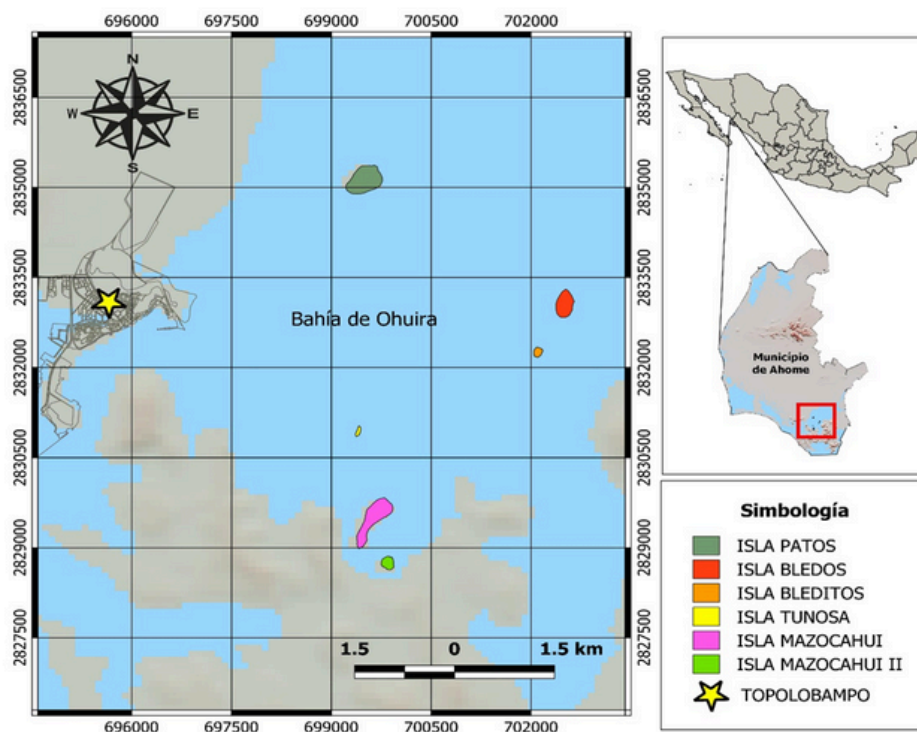


Figura 1. Ubicación del complejo insular en la Bahía de Ohuira, Topolobampo, Ahome, Sinaloa.

La bahía forma un amplio sistema lagunar junto con las bahías de Santa María y la bahía de Topolobampo, conectadas por un canal de 800 metros de ancho. Cuenta con un área de 125 km² (Reyes-Olivas, 2000), con abundantes bajos y una zona profunda de localización variable dependiendo de las mareas y arrastre de sedimentos (Romero-Beltrán et al., 2014). En la Bahía de Ohuira se encuentran seis islas: Mazocahui, Patos, Bledos, Mazocahui II, Tunosa y Bleditos (Tabla 1).

Los suelos más característicos de las islas son muy delgados, de textura franco-arcillosa, con grandes piedras y abundantes afloramientos rocosos (Reyes-Olivas, 2000) en los que se observa una gruesa costra blanca de excrecencias de aves que también se extiende sobre la vegetación.

El clima, según la Clasificación de Köppen modificada por García (1980), es del tipo BW(h')w (99.73 %), que se caracteriza por ser muy árido, cálido, con temperatura media anual mayor de 22 °C y temperatura del mes más frío mayor de 18 °C, con régimen de lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5 % al 10.2 % del total anual (Acosta-Velázquez y Vázquez-Lule, 2009), cuya precipitación media es de 240 mm.

De acuerdo con las divisiones del desierto sonorense propuestas por Shreve (1951), el área de estudio se ubica dentro de la zona llamada foothills of Sonora, que se caracteriza por la presencia de colinas escabrosas de baja altura.

En cuanto a sus coordenadas geográficas y considerando la frontera sur del desierto sonorense propuesta por Turner et al. (2005), el área cae justo dentro de los límites de dicha provincia. Bajo el esquema de las divisiones florísticas de México propuesto por Rzedowski(1978), la zona de estudio se ubica dentro del Reino Neotropical, en la Región Xerofítica Mexicana y en la Provincia Planicie Costera del Noroeste.

Tabla 1. Ubicación de las islas de la Bahía de Ohuira

| ISLA | COORDENADAS | ÁREA EN Has |
|---------------------|---------------------------------------|-------------|
| MAZOCAHUI | 109° 00' 42.98" O 25° 34' 13.80" N | 17.25 |
| PATOS | 109° 00' 46.93" O 25° 37' 13.71" N | 18.36 |
| BLEDOS | 108° 59' 00.65" O 25° 36' 02.43" N | 9.21 |
| MAZOCAHUI II | 109° 00' 38.16" O 25° 33' 45.71" N | 3.22 |
| TUNOSA | 109° 00' 52.57" O 25° 34' 56.69" N | 0.81 |
| BLEDITOS | 108° 59' 15.43" O 25° 35' 38.31" N | 1.63 |

Los tipos de vegetación de la isla fueron descritos considerando sus atributos florísticos, fisonómicos y fenológicos —incluyendo los ejemplares dominantes, las asociaciones principales, el tipo de suelo y la altura promedio de la comunidad. La nomenclatura se aplicó conforme al sistema de clasificación de vegetación de México propuesto por Rzedowski (1978). Para la cartografía se localizaron las islas de la bahía de Ohuira mediante el programa de acceso libre Google Earth Pro; a partir del mapa digital del programa se generaron puntos con las ubicaciones correspondientes. Posteriormente, estos se guardaron y exportaron como un archivo shapefile, que fue procesado en QGIS. Para la proyección de las ubicaciones se empleó el datum WGS84 / UTM Zona 12 N, consistente con la región representada. Asimismo, para el relieve continental se utilizó un modelo digital de elevación con escala 1:250 000. Para delimitar los estados, municipios y la república, así como las AGEB urbanas, se utilizó la información vectorial del marco geoestadístico nacional del año 2024, obtenida a través del portal del INEGI. La edición y generación del mapa final se realizó en QGIS versión 3.14.

En una primera etapa se identificaron los tipos de vegetación mediante la carta base; a continuación, estos fueron tipificados considerando sus atributos florísticos, fisonómicos y fenológicos, incluyendo ejemplares dominantes y asociaciones principales.

Para llevar a cabo el estudio florístico y determinar las comunidades vegetales, se realizaron recorridos durante las cuatro estaciones entre julio de 2018 y julio de 2025. En cada salida se efectuó la identificación in situ de las especies de plantas más comunes; se empleó además un banco de imágenes de los especímenes florísticos, y se colectaron ejemplares representativos de cada tipo de vegetación. Estos fueron identificados mediante literatura especializada —floras locales, regionales y nacionales—, así como otros estudios realizados en el área o en zonas cercanas (Reyes-Olivas, 2000; Apodaca-Ovalle, 2007; Díaz et al., 2023; Díaz et al., 2025). Para cada especie se indicó nombre científico, autor, familia, así como diversas características: forma biológica (A= Árbol; Ar= Arbusto; Su= Suculenta; H= Hierba; Ro= Rosetófila; T= Trepadora; Ra= Rastrera; Ep= Epífita), según la clasificación de Macías-Rodríguez et al. (2018), y el tipo de vegetación donde predomina (por ejemplo, MX= Matorral xerófilo; VH= Vegetación halófila; MG= Manglar). Los niveles de abundancia se determinaron mediante una escala de aproximación propuesta por Tansley (1946), cuyas categorías y valores —expresados como número de individuos observados durante los recorridos— se definieron de la siguiente manera: D (Dominante) = +100

observaciones; A (Abundante) = De 50 a 100; F (Frecuente) = De 21 a 49; O (Ocasional) = De 6 a 20; R (Rara) = De 1 a 5 observaciones. El tratamiento taxonómico y el listado de especies fueron ordenados alfabéticamente por familia, género y epíteto específico, conforme al arreglo propuesto por el Angiosperm Phylogeny Group IV (APG, 2016). Los nombres de las especies y sus autores se citaron según Plants of the World Online (POWO, 2025) y Villaseñor (2016). Las especies catalogadas como malezas (M) fueron determinadas y clasificadas como invasoras nativas (IN) o invasoras exóticas (IE) a nivel nacional, con base en Villaseñor y Espinosa-García (2004) y el Sistema de Información sobre Especies Invasoras (SIEI-CONABIO, 2022); y a nivel internacional, de acuerdo con la Global Invasive Species Database (GISD-IUCN, ISSG, 2025) y Lowe et al. (2004). El estatus de conservación nacional de cada especie se determinó según la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF, 2019), mientras que su estatus internacional siguió la International Union for Conservation of Nature (IUCN, 2025) —a través de la Lista Roja de Especies Amenazadas— y la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (Inskipp y Gillette, 2017).

Resultados

La vegetación dominante es el matorral xerófilo, el mismo que está presente en las

seis islas que forman el archipiélago. Además, se encontraron algunos vestigios de manglar, que es un tipo de vegetación acuática característica de los ambientes costeros en México, así como de vegetación halófila en pequeñas acumulaciones de arena y suelo arcilloso.

Descripción de los tipos de Vegetación

Se describen en orden de mayor a menor cobertura las comunidades vegetales presentes en las islas de acuerdo con el sistema de clasificación de los tipos de vegetación de México de Rzedowski (1978). Las comunidades son: Matorral xerófilo y vestigios de vegetación acuática y subacuática del tipo manglar.

Matorral Xerófilo

Está formado por una serie de especies bien adaptadas a condiciones de alta sequía, protegidas por una cubierta crasa o cerosa, con un metabolismo CAM; además, están cubiertas, la mayoría, por espinas o aguijones y la ausencia de hojas es notoria. En el área de estudio se distribuye de manera particular en aquellas islas cuyo suelo está cubierto por una gruesa capa de rocas. El paisaje es dominado por formas columnares, destacándose *Stenocereus thurberi* (Engelm.) Buxb. (Figura 2: A), *Pachycereus pecten aboriginum* (Engelm. ex S. Watson) Britton & Rose y algunas formas arboladas como *Ficus petiolaris*

Kunth, que por lo general se le encuentra ocupando lugares escabrosos y de alta pendiente, además de *Ipomoea arborescens* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) G. Don, que se destaca por su tamaño, su follaje denso y la coloración blanca de sus flores (Figura 2: B), mientras que en el estrato arbustivo se observa una alta densidad de formas crasas y suculentas como *Opuntia wilcoxii* Britton & Rose, *Ferocactus wislizenii* (Engelm.) Britton & Rose, *Agave rhodacantha* Trel., *Cylindropuntia fulgida* (Engelm.) F. M. Knuth, *C. thurberi* (Engelm.) F. M. Knuth y *Jatropha cinerea* (Ortega) Müll. Arg. Algunas formas arbustivas leñosas comunes de corteza lisa y plateada son *Euphorbia californica* Benth., *Bursera laxiflora* S. Watson, además de formas bajas con abundantes espinas curvas como *Mimosa dysocarpa* Benth. y *Randia aculeata* L. En el piso abundan algunas suculentas globosas como *Cochemiea mazatlanensis* (K. Schum.) D. Aquino & Dan. Sánchez, *C. dioica* (K. Brandegees) Doweld y *Echinocereus sciurus* subsp. *floresii* (Backeb.) N. P. Taylor, algunas herbáceas perennes y anuales como *Cochlospermum gonzalezii* (Sprague & L. Riley) Byng & Christenh., *Hibiscus biseptus* S. Watson, *Portulaca pilosa* L., *Hemionitis candida* (M. Martens & Galeotti) Christenh., *Evolvulus alsinoides* (L.) L., *Commelina erecta* L. y *Bouteloua aristidoides* (Kunth) Griseb., así como algunas especies que suelen distribuirse de forma muy dispersa y de manera más común en la vegetación halófila como las herbáceas *Amaranthus fim-*

briatus (Torr.) Benth., *Euploca procumbens* (Mill.) Diane & Hilger y *Johnstonella grayi* (Vasey & Rose) Hasenstab & M. G. Simpson, además de los arbustos *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt., *Lycium brevipes* Benth., *Maytenus phyllanthoides* Benth., *Suaeda ramosissima* (Standley) I. M. Johnston, *S. fruticosa* (L.) Forsk y *Tamarix ramossissima* Ledeb.

Se le encuentra en todas las islas, pero de manera muy destacada en Mazocahui, Patos y Bledos, donde suele encontrarse en excelente estado de conservación debido a la dificultad para introducirse en ella por lo escabroso del terreno, la abundancia de plantas con espinas y la escasa importancia económica.

Vegetación Acuática y Subacuática: Manglar

Es una comunidad vegetal que se distribuye de manera muy dispersa, principalmente en las orillas de las islas Mazocahui y Mazocahui II, en las que se acumulan suelos arcillosos entre las rocas cubiertas periódicamente de agua que entra empujada por la corriente del canal principal. En orden de importancia por su abundancia destacan *Rhizophora mangle* L., *Avicennia germinans* (L.) L. y *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn.f., que generalmente están en franco contacto con el agua. Presentan una altura que oscila entre 4 y 7 metros, formando, con

sus ramas y raíces entrelazadas, una barrera infranqueable. En el piso suelen encontrarse especies que son más usuales en la vegetación halófila, como *Atriplex barclayana* (Benth.) Dietr., *Batis maritima* L., *Sesuvium portulacastrum* L. y *Salicornia pacifica* Standl.

Tratamiento florístico

Se determinaron 152 especies, incluidas en 118 géneros y 45 familias, siendo las de mayor riqueza Fabaceae con 18 especies, Cactaceae con 16, Euphorbiaceae con 13 y Poaceae con 12 y Asteraceae con nueve. 24 familias presentan una sola especie. Los géneros con mayor número de especies son

Euphorbia con seis, *Opuntia*, *Abutilon* e *Ipomoea* con cuatro, así como *Cylindropuntia*, *Mariosousa* y *Cissus* con tres cada uno de ellos.

Las islas con mayor riqueza de especies son Mazocahui con 120, Mazocahui II con 64 y Patos con 54, mientras que las islas con menor riqueza son Tunosa, Bledos y Bleditos con 44, 39 y 33 especies, respectivamente (Apéndice I). Entre las formas biológicas destacaron las Hierbas (H) con el 38.8 % de las especies, seguidas por los Arbustos (Ar) con 26.97 % y las Trepadoras (Tr) con 11.84 %, las Suculentas (Su) aportan el



Figura 2. Matorral xerófilo en la Isla Mazocahui con A: *Stenocereus thurberi* y B: *Ipomoea arborescens*.

10.52 %, los Árboles (A) el 7.89 %, mientras que las Rastreras (Ra) y las Rosetófilas (Ro) proporcionan el 1.97 %, respectivamente (Figura 3). Las categorías de abundancia muestran 79 especies Abundantes (A), 24 Raras (R), 12 Comunes (C) y 37 Ocasionales (O) (Figura 4). Se registraron 29 especies catalogadas como malezas (M), de las cuales 14 son Invasoras Nativas (IN) y ocho son Invasoras Exóticas (IE); nueve están registradas en la Global Invasive Species Database (G) y 10 en la lista de Villaseñor y Espinoza-García (2004). Este grupo de malezas se distribuye en todo el complejo insular de manera muy poco representada, excepto por *Cenchrus ciliaris* L., *Amaranthus palmeri* S. Watson y *Nicotiana glauca* Graham, que se encuentran en todas las islas,

de manera muy abundante y en algunas constituyen las especies dominantes. Además, se determinaron tres especies clasificadas dentro de las “100 especies exóticas más nocivas del mundo”, siendo estas *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, así como *Lantana camara* L. y *T. ramosissima* (Lowe et al., 2004).

Especies en la NOM 059 SEMARNAT 2010, CITES 2025 e IUCN 2025

Entre las especies presentes en las islas se encuentran 19 catalogadas bajo diferentes categorías de protección. En la NOM 059 SEMARNAT 2010 se registran *A. germinans*, *R. mangle* y *L. racemosa*, las cuales están dentro de la categoría de Amenazadas (A), así como *Guaiaecum*

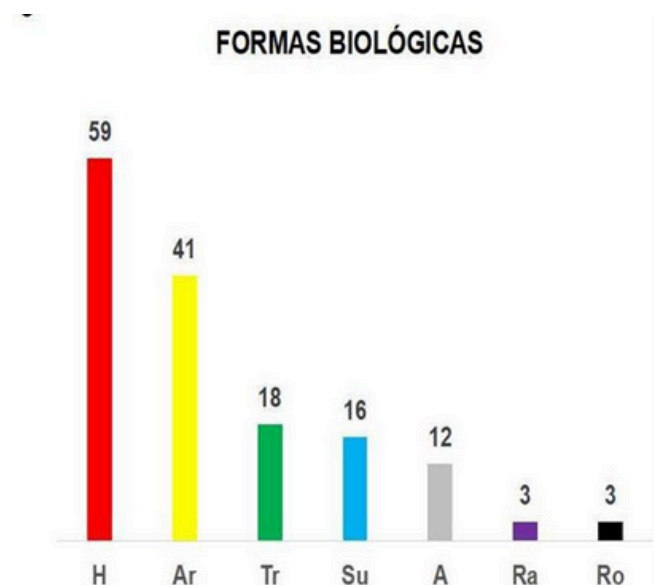
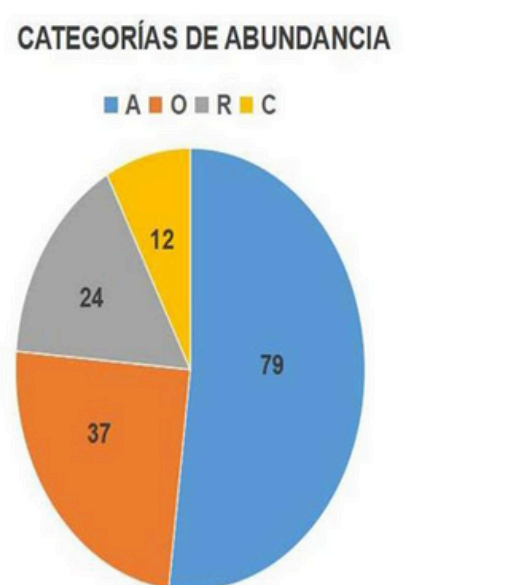


Figura 3. Formas biológicas entre la que sobresalen las hierbas (H); **Figura 4.** Categorías de abundancia entre las que destacan la forma abundante (A).



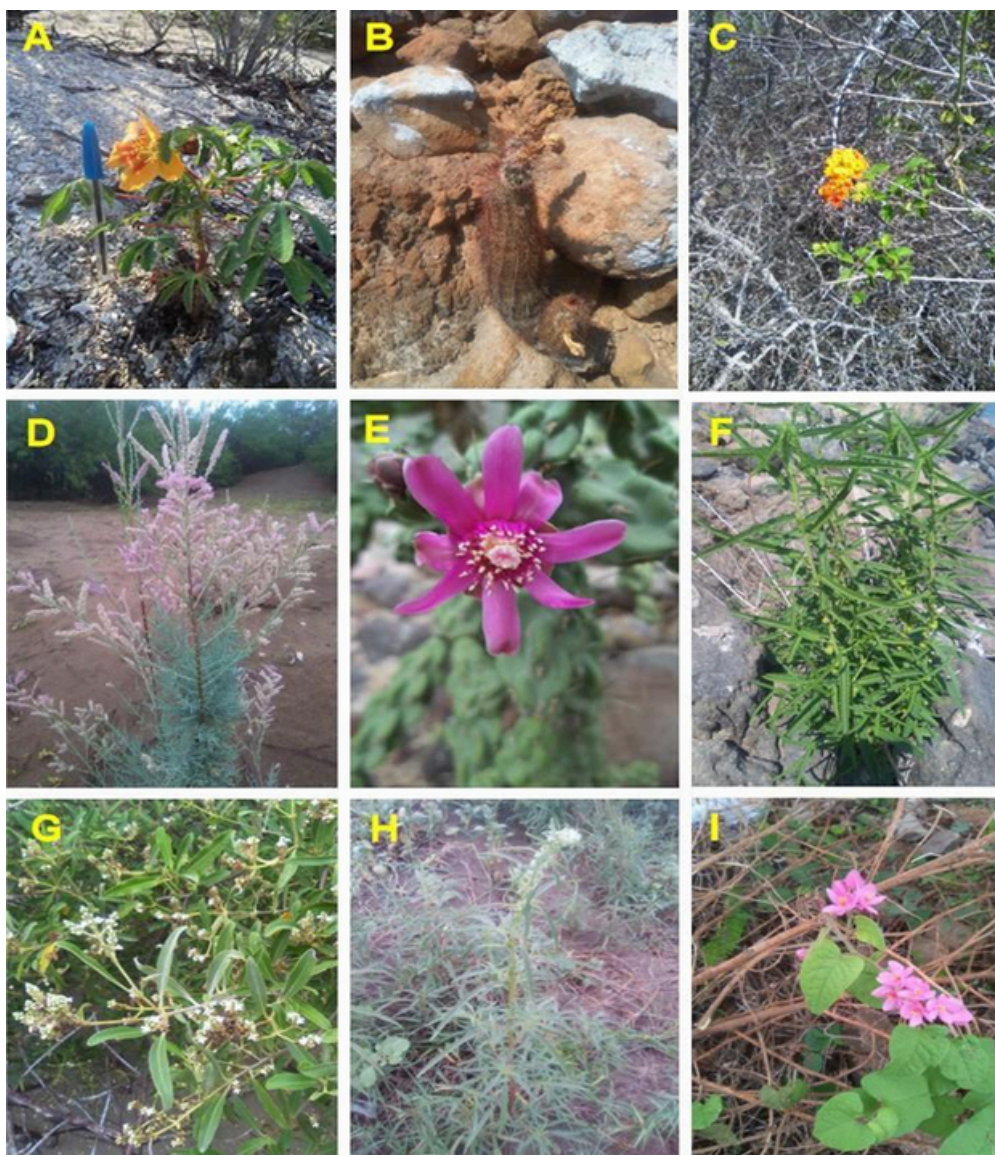


Figura 5. Algunas especies comunes de la flora de las islas de la Bahía de Ohuira. A: *Cochlospermum gonzalezii*; B: *Echinocereus sciurus* subsp. *floresii*; C: *Lantana camara*; D: *Tamarix ramosissima*, E: *Cyllindropuntia fulgida*; F: *Ayenia compacta*; G: *Avicennia germinans*; H: *Amaranthus fimbriatus*; I: *Antigonon leptopus*.

coulteri A. Gray, mientras que algunas cactáceas como *E. sciurus* subsp. *floresii* y *Peniocereus marianus* (Gentry) Sánchez-Mej. Se encuentran en la categoría de Protección especial (Pr). *G. coulteri* y todas las especies

de cactáceas del área, excepto *Pereskiopsis porteri* (Brandeggee ex F. A. C. Weber) Britton & Rose, se ubican dentro del Apéndice II de CITES (2025). Además, *G. coulteri* se encuentra catalo-

gada en la Lista Roja de Especies Amenazadas (IUCN, 2025) bajo la categoría de Vulnerable (VU), al igual que *F. wislizenii* y *Stenocereus alamosensis* (J. M. Coult.) A. C. Gibson & K. E. Horak, mientras que *E. sciurus* subsp. *floresii* se ubica dentro de la categoría de Amenazada (E). *P. marianus*, *S. thurberi*, *Cochemiea dioica* (K. Brandegees) Doweld, *C. mazatlanensis*, *Cylindropuntia fulgida*, *C. thurberi*, *Opuntia puberula* Pfeiff., *O. tomentosa* Salm-Dyck y *P. porteri* se encuentran bajo la categoría de Preocupación menor (LC) (Figura 5).

Discusión

Los tipos de vegetación registrados en las islas de la bahía de Ohuira coinciden con los reportados para otras islas de bahías cercanas. El matorral xerófilo ha sido documentado en algunas islas de Guasave, Sinaloa (Díaz, 2008), así como en la isla Garrapata, Angostura —situada al sur del área de estudio— y en islas del norte del mar de Cortés en Sonora (Felger y Lowe, 1976; Felger et al., 2012), así como en islas de Baja California Sur (Rebman et al., 2002). Por su parte, el manglar aparece claramente definido únicamente en las islas Mazocahui y Mazocahui II, aunque su abundancia no se compara con la de otras islas de Sinaloa, como Tachichilte y Altamura en Angostura (Flores-Campaña et al., 2003), Macapule y San Ignacio en Guasave (Díaz, 2008), así como El Maviri y Santa María en el municipio de Ahome (Díaz et al., 2023; Díaz et al., 2025), donde esta vegetación cubre exten-

siones de varias hectáreas.

La riqueza florística registrada resulta relativamente reducida comparada con la de las 18 islas de la bahía Navachiste en Guasave (Díaz, 2008), o con la de otras islas aisladas como Santa María (Díaz et al., 2023) y El Maviri (Díaz et al., 2025), todas muy próximas al área de estudio. Sin embargo, es ligeramente superior a la de otras islas de Sinaloa como Venados, Lobos y Pájaros (Flores et al., 1996; Vega-Aviña et al., 2001), situadas en la Bahía de Mazatlán.

En ese contexto, el complejo insular de Ohuira destaca por su elevado cociente especies/área, mayor que el de todos los conjuntos insulares estudiados en el marco del área de protección Área de Protección de Flora y Fauna Isla del Golfo de California con florística completa tanto en Sinaloa (Flores-Campaña et al., 1996; Vega-Aviña et al., 2001; Díaz, 2008) como en Sonora (Felger et al., 2012) y en Baja California/Baja California Sur (Cody et al., 2002; Rebman et al., 2002) (Tabla 2). Esta alta proporción de especies parece deberse a su reducido tamaño insular y a la dispersión de especies originarias de la Sierra de Navachiste, donde prospera el matorral xerófilo sobre suelos rocosos, así como al establecimiento de manglar y vegetación halófila en zonas de menor profundidad marina donde se han acumulado suelos arcillosos con elevadas concentraciones de sales, condiciones

que favorecen dichas formaciones (Yunus y Parawansa, 2023).

La riqueza de especies en las familias Fabaceae, Euphorbiaceae, Poaceae y Cactaceae es característica del desierto sonorense —provincia florística a la que pertenece el área de estudio—, en la que estas familias, junto con Asteraceae, figuran entre las dominantes y contribuyen de forma significativa a la biodiversidad local. Estas familias se encuentran bien adaptadas a condiciones de aridez extrema, como lo han documentado estudios en islas del Mar de Cortés como Tiburón (Felger y Lowe, 1976; Felger et al., 2012) y Cerralvo (León de la Luz y Rebman, 2002). De igual modo, constituyen las familias más representativas en islas adyacentes al área estudiada, como Santa María (Díaz et al., 2023), El Maviri (Díaz et al., 2025) y las de la bahía Navachiste (Díaz, 2008).

En islas rocosas situadas más al norte, dentro del mar de Cortés, los géneros más representativos siendo *Euphorbia* y *Opuntia* (Rebman et al., 2002). Por otra parte, la dominancia de especies herbáceas se explica por la extensión de suelos rocosos en gran parte de cada isla condición que favorece la proliferación de familias como Poaceae y Asteraceae (Foroughbackhch et al., 2013). En este contexto, las gramíneas aportan de forma importante al conjunto de especies catalogadas como malezas; sin embargo, este grupo representa solo el 19 % del total de la flora, un porcentaje inferior al observado en

otras islas de la región (Bahía de Mazatlán: Flores et al., 1996; Vega-Aviña et al., 2001; bahía Navachiste: Díaz, 2008; islas Santa María y El Maviri: Díaz et al., 2023; Díaz et al., 2025).

Otro aspecto destacable es la escasa presencia de formas arbóreas foliosas, cuya ausencia es en gran medida suplida por cactáceas de porte columnar, que dominan visualmente el paisaje. Este patrón es común en matorrales xerófilos en México (Brailovski-Signoret y Hernández, 2010), debido a las adaptaciones notables de estos vegetales a ambientes áridos —como su alta eficiencia para captar y almacenar agua y CO₂ (Pavón et al., 2016). En las islas estudiadas estas condiciones resultan especialmente propicias, lo que explica que la riqueza de especies de cactáceas sea la más alta dentro del complejo insular de Sinaloa (Díaz et al., 2022).

En cuanto a las categorías de abundancia, se observó que el 51.97 % de las especies son abundantes y corresponden principalmente a formas herbáceas —gramíneas, asteráceas y suculentas—, entre las cuales destacan *Stenocereus thurberi* y *Opuntia wilcoxii*, las cuales cubren casi por completo las islas Tunosa y Mazocahui II.

Tabla 2. Islas del APFF Islas del Golfo de California con estudios florísticos completos.

| Isla | Municipio y Estado | Área Ha | Especies | Cociente Esp/Área |
|--|---------------------------|----------------|-----------------|--------------------------|
| Ángel de la Guarda (Cody et al., 2002) | Mexicali, B. C. | 93,100 | 199 | 0.002 |
| Tiburón (Felger et al., 2012) | Hermosillo, Son. | 119, 874.86 | 340 | 0.003 |
| San José (Rebman et al., 2002) | La Paz, B. C. S. | 18, 079.5 | 219 | 0.012 |
| Espíritu Santo (Rebman et al., 2002) | La Paz, B. C. S. | 8378.5 | 249 | 0.029 |
| San Ignacio (Díaz, 2008) | Guasave, Sin. | 3667 | 151 | 0.041 |
| Venados (Flores-Campaña et al., 1996) | Mazatlán, Sin. | 56.17 | 126 | 2.24 |
| Pájaros (Vega-Aviña et al., 2001) | Mazatlán, Sin. | 54.25 | 57 | 1.05 |
| Santa María (Díaz et al., 2023) | Ahome, Sin. | 2588.18 | 202 | 0.078 |
| El Maviri (Díaz et al., 2025) | Ahome, Sin. | 914.31 | 270 | 0.295 |
| Islas Bahía de Ohuira | Ahome, Sin. | 50.48 | 152 | 3.01 |

Las seis especies incluidas bajo NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF, 2019) representan un número inferior al reportado para islas muy próximas y ubicadas en el mismo municipio — como Santa María (Díaz et al., 2023) y El Maviri (Díaz et al., 2025), así como para el complejo insular de la Bahía Navachiste (Díaz, 2008), situado en la municipalidad vecina de Guasave.

No obstante, este número es superior al reportado para islas más alejadas hacia el extremo sur de Sinaloa, como Venados (Flores et al., 1996) y las islas Lobos y Pájaros (Vega-Aviña et al., 2001). En este contexto, la mayor proporción de especies protegidas bajo la NOM-059, inscritas también en la lista roja internacional de IUCN o en el Apéndice II

de CITES (2025), presentes en las islas más septentrionales de la entidad —como es el caso de este estudio—, puede explicarse por la inclusión de especies de manglar, cuya protección está ampliamente justificada por su función ecológica, social y económica en las costas mexicanas y de otros países (Acharya, 2016). Además, la presencia de cactáceas, que suelen ser abundantes, pero también vulnerables debido a la rareza de sus formas, la belleza de sus flores y sus múltiples usos las hace susceptibles de sobreexplotación; por ello, muchas se encuentran protegidas legalmente para evitar su extracción indiscriminada (véase listado bajo NOM-059, IUCN, CITES).

Por otra parte, las tres especies clasificadas como exóticas invasoras entre las más nocivas del mundo (Lowe et al., 2004) —registradas en este estudio— constituyen una menor proporción respecto a la registrada en otros conjuntos insulares de la entidad, lo cual podría reflejar menores perturbaciones biológicas o menor propagación de invasoras en el complejo insular objeto de este trabajo.

Conclusiones

El análisis florístico realizado en el archipiélago de la Bahía de Ohuira, apoyado con estudios previos y actualizados, permitió documentar un total de 152 especies de plantas vasculares, distribuidas en 118 géneros y 45 familias. Este nivel de riqueza —y particularmente la alta proporción especie/área

resalta la capacidad del complejo insular para albergar una diversidad significativa, pese a su reducido tamaño. La composición florística —con predominio de Fabaceae, Cactaceae, Euphorbiaceae, Poaceae y Asteraceae— es consistente con patrones ya conocidos para islas costeras áridas del noroeste de México, donde predominan comunidades de matorral xerófilo adaptado a condiciones de extrema aridez y suelos rocosos, como sucede en otras islas del Golfo de California. Las formas biológicas más representadas fueron las hierbas ($\approx 39\%$), seguidas por arbustos, trepadoras y suculentas; mientras que las formas arbóreas resultaron escasas, lo que subraya la dominancia del matorral xerófilo y las adaptaciones de especies tolerantes a estrés hídrico. Por su parte, la importancia relativa de las cactáceas evidencia su papel ecológico clave en la estructura vegetal del área, como ocurre en otros ecosistemas insulares áridos. Aunque la riqueza comparada resulta menor que la reportada en islas cercanas de mayor tamaño o complejidad, el registro de 152 especies demuestra que el archipiélago de Ohuira constituye un reservorio botánico relevante. Además, la presencia de especies protegidas, como mangles y cactáceas, refuerza el valor de conservación del área y subraya la necesidad de su protección efectiva y mo-

nitoreo constante.

Por otro lado, la detección de malezas, incluidas algunas consideradas invasoras exóticas o de alta peligrosidad en escala global, advierte sobre posibles amenazas a la flora nativa. Aunque estas especies exóticas se distribuyen de forma poco representada en la mayoría de las islas, su abundancia en algunas de ellas y su posible dominio en condiciones perturbadas podrían comprometer la integridad florística nativa con el tiempo.

En consecuencia, este estudio aporta evidencia de que el archipiélago de Ohuira posee una comunidad vegetal variada, estructurada principalmente por matorral xerófilo, suculentas y pastos, con una relevancia especial de cactáceas y manglares en función del hábitat. Este mosaico de vegetación refuerza el papel del área como núcleo de biodiversidad regional, inserto dentro de un sistema lagunar-costero de alto valor ecológico. En síntesis, el presente trabajo demuestra que, aunque modesto en superficie, el archipiélago de Ohuira representa un hotspot de biodiversidad vegetal en Sinaloa. Sus comunidades vegetales —adaptadas a condiciones áridas y costeras—, la presencia de especies protegidas y la coexistencia de elementos nativos y exóticos hacen de este conjunto insular un sitio prioritario de conservación, monitoreo y manejo sostenible, fundamental dentro del contexto de los ecosistemas insulares del Golfo de California y su riqueza biológica.

Referencias

1. Acharya, G. 2002. Life at the margins: The social, economic and ecological importance of mangroves. *Madera y Bosques*. 8:53–60. <https://doi.org/10.21829/myb.2002.801291>
2. Acosta-Velázquez, J. y Vázquez-Lule, A. D. 2009. Caracterización del sitio de manglar Isla Santa María–Topolobampo–Ohuira, en Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). *Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica*. CONABIO, México, D.F.
3. Aguirre-Muñoz, A., Bedolla-Guzmán, Y., Hernandez-Montoya, J. C., Latofski-Robles, M., Luna-Mendoza, L., Méndez-Sánchez, F., Ortiz-Alcaraz, A., Rojas-Mayoral, E., y Samaniego-Herrera, A. 2018. The Conservation and Restoration of the Mexican Islands, a Successful Comprehensive and Collaborative Approach Relevant for Global Biodiversity (pp. 177–192). *Springer*, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-90584-6_9
4. Alanís-Flores, G. J. y Velazco-Macías, C. G. 2008. Importancia de las cactáceas como recurso natural en el noreste de México. *Ciencia UANL*. Vol. 11, 1:5-11.
5. APG IV (The Angiosperm Phylogeny Group). 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society* 181: 1-20. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>
6. Apodaca-Ovalle, V. 2007. Vegetación y flora de la isla Patos, un refugio para la reproducción de aves en el desierto costero de Topolobampo. Tesis de licenciatura. *Universidad de Occidente*, Los Mochis, Sinaloa, México. 87 pp.
7. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). 2025. Apéndices I, II y III de la CITES. <https://www.cites.org>. Accessed on October 2025.
8. Cody, M., Rebman, J., Moran, R. y Thompson, H. J. 2002. Plants. In Case, T.J.; Cody, M.L. y E. Ezcurra. *Island Biogeography of The Sea of Cortés*; Oxford University Press. Pp. 63-111.
9. CONABIO. 2022. Sistema de Información sobre Especies Invasoras (SIEI). *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*. México. <https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras>.
10. Convención Sobre los Humedales-Ramsar. 2009. Constancia de que el sitio Lagunas de Santa María-Topolobampo-Ohuira ha sido designado como humedal de importancia internacional y registrado en la lista de humedales de importancia internacional establecida con arreglo al artículo 2.1 de la Convención. *Ramsar*, Irán.
11. Diario Oficial de la Federación (DOF). 1978. Decreto del 2 de agosto: Creación de la Zona de Reserva y Refugio de Aves Migratorias y Fauna Silvestre Islas del Golfo de California, Baja California y Baja California Sur. *Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos*.
12. Diario Oficial de la Federación (DOF). 2000. Decreto del 7 de junio: Declara el Área de Protección de Flora y Fauna Islas del Golfo de California. *Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos*.
13. Diario Oficial de la Federación (DOF). 2019. Modificación del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010: Protección ambiental - Especies nativas de México de flora y

fauna silvestres - Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio - Lista de especies en riesgo. *Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos*.

14. Díaz, J. S. 2008. Diversidad Florística y Estructura de la Vegetación de las Islas de los Sistemas Lagunares Navachiste y Macapule, del Norte de Sinaloa. *Tesis de Maestría*. CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa, México. 152 pp.

15. Díaz, J. S., Márquez-Salazar, G., Millán-Otero, G., Bojórquez-Castro, J. G. y Díaz-Zazueta, M. 2022. Cactáceas del Área de Protección de Flora y Fauna Islas del Golfo de California, Sección Sinaloa. *Áreas Naturales Protegidas Scripta*, 2022. Vol. 8 (1): 59-65. <https://doi.org/10.18242/anpscripta.2022.08.08.01.0004>

16. Díaz, J. S., Márquez-Salazar G., Gamez-Duarte, E. A., Díaz-Zazueta, M. A. y Uriarte-Sarabia, D. 2023. Vegetación y flora de la isla Santa María en el APFF Islas del Golfo de California, sección Sinaloa. *Áreas Naturales Protegidas Scripta*, Vol. 9 (2): 1-24. <https://doi.org/10.18242/anpscripta.2023.09.09.02.0001>

17. Díaz, J. S., Salomón-Montijo, B., Romero-Higareda, C. E., Gamez-Duarte, E. y Millán-Otero, G. 2025. Vegetación y Flora de El Maviri en el APFF Islas del Golfo de California Sección Sinaloa. *Acta Biológica Mexicana*. No. 2. Vol. 1. 8-44.

18. Felger, R. S., and Lowe, C. H. 1976. The island and coastal vegetation and flora of the northern part of the Gulf of California. *Contributions in Science*, Vol. 285, 1–59. doi: 10.5962/p.241254

19. Felger, R. S., Wilder, B. T. 2012. Plant life of a desert archipelago flora of the Sonoran islands in the Gulf of California. *The University of Arizona Press*. Arizona, USA. 584 pp.

20. Flores-Campaña, L. M., Ortiz, M. y Yáñez, J. 2003. Islas e islotes de Sinaloa. En Cifuentes-Lemus, J.L. y J. Gaxiola (eds.) *Atlas de los Ecosistemas de Sinaloa*. Colegio de Sinaloa. Pp. 111-125

21. Flores-Campaña, L. M., Vega Aviña, R., Benítez Par-

do, R. y Hernández Álvarez, F. 1996. Flora de Isla Venados de Bahía Mazatlán, Sinaloa, México. *Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Auton. México, Ser. Bot.* 67(2):283-301.

22. Foroughbakhch, R., Alvarado-Vázquez, M. A., Carrillo Parra, A., Hernández-Piñero, J. L., y Lucio, G. 2013. Floristic diversity of a shrubland in northeastern Mexico. *Phyton*, 82(2), 175–184. <https://www.revistaphyton.fundromuloraggio.org.ar/vol82/FOROUGHBAKHCH.pdf>

23. García, E. 1980. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones particulares de la República Mexicana). *Instituto de Geografía, UNAM*. México, D. F. 246 pp.

24. Garwood, N. C. 2024. An expanded survey of seed germination for Barro Colorado Island. In *The First 100 Years of Research on Barro Colorado: Plant and Ecosystem Science*, ed. H. C. Muller-Landau and S. J. Wright, pp. 167–174. Washington, D.C.: *Smithsonian Institution Scholarly Press*.

25. Invasive Species Specialist Group (ISSG). 2015. *The Global Invasive Species Database*. Version 2015.1. <https://www.iucngisd.org/gisd/> Downloaded on July 03, 2025.

26. INEGI. 2003. Carta Edafológica del Norte de Sinaloa. *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*

27. INEGI. 2015. Catálogo del territorio insular mexicano. *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. 243 pp.

28. Inskipp, T. y Gillett, H. J. 2017. Checklist of CITES species and Annotated CITES appendices and reservations. Compiled by UNEP-WCMC. *CITES Secretariat*, Geneva, Switzerland and UNEP-WCMC, Cambridge, UK. 417 pp.

29. IUCN. 2025. The *IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2025-1. <https://www.iucnredlist.org>. Accessed on 10 October 2025.
30. Langle-Flores, A., y Quijas, S. 2020. A systematic review of ecosystem services of Islas Marietas National Park, Mexico, an insular marine protected area. *Ecosystem Services*, 46, 101214. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101214>
31. León de la Luz, J. L. y Rebman, J. P. 2002. The Vascular flora of Cerralvo island. Appendix 4.2. Pp. 512-539. En Case, T. J., Cody, M. L. y Ezcurra, E. (Eds.) *A New Island Biogeography of The Sea of Cortés*; Oxford University Press. Oxford, Reino Unido. 690 pp.
32. Liu, J., Liu, T., Zhou, Y., Chen, Y., Lu, L., Jin, X., Hu, R., Zhang, Y. y Zhang, Y. 2023. Plant diversity on islands in the Anthropocene: Integrating the effects of the theory of island biogeography and human activities. *Basic and Applied Ecology* 72:45-53. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2023.07.006>
33. Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S. y De Poorter, M. 2004. 100 de las Especies Exóticas Invasoras más dañinas del mundo. Una selección del Global Invasive Species Database. Publicado por *Grupo Especialista de Especies Invasoras (GEEI), Comisión de Supervivencia de Especies (CSE) de la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN)*, Primera edición; 12 pp.
34. Macías-Rodríguez, M. A., Frías-Ureña, H. G., Contreras-Rodríguez, S. H. and Frías-Castro, A. 2018. Vascular plants and vegetation of the Sayula sub-basin, Jalisco, Mexico. *Botanical Sciences* 96:103-137. <https://doi.org/10.17129/botsci.1030>
35. Nabhan, G. P. 2002. Cultural dispersal of plants and reptiles. Pp. 407-415. In Case, T.J. Cody, M. L. y Ezcurra, E. (Eds.). *Island Biogeography in The Sea of Cortés*. Oxford University Press.
36. Pavón, N. P., Ayala, C. O., y Martínez-Falcón, A. P. 2016. Water and carbon storage capacity in *Isolatocereus dumortieri* (Cactaceae) in an intertropical semiarid zone in Mexico. *Plant Species Biology*, 31(3):240-243. <https://doi.org/10.1111/1442-1984.12102>
37. Rebman, J., León de la Luz, J. L. y Moran, R. 2002. Vascular Plants of the Gulf Islands. Appendix 4.1. Pp. 465-511. En Case, T. J., Cody, M. L. y Ezcurra, E. (Eds.). *A New Island Biogeography of the Sea of Cortés*. Oxford University Press. USA, 690 pp.
38. Reyes-Olivas, A. 2000. Relación espacial entre cactáceas y arbustos en el desierto costero de Topolobampo, Sinaloa. *Informe final del Proyecto R217*. CONABIO. 69 pp.
39. Romero-Beltrán, E., Aldana-Flores, G., Muñoz-Mejía, E. M., Medina-Osuna, P. M., Valdez-Ledón, P., Bect-Valdez, J., Gaspar-Dillanes, M. T., Huidobro-Campos, L., Romero-Correa, A., Tirado-Figueroa, E., Saucedo-Barrón, C. J., Osuna-Bernal, D. A., y Romero-Mendoza, N. 2014. Estudio de la calidad del agua y sedimento en las lagunas costeras del estado de Sinaloa, México. Informe de Investigación. *Instituto Sinaloense de Acuacultura y Pesca*. 191 pp.
40. Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. *Limusa*. México, D. F., 432 pp.
41. Sánchez-Soto, B. H., García-Moya, E., Reyes-Olivas, Á., Romero-Manzanares, A. y Luna-Cavazos, M. 2016. Factores topográficos y edáficos que influyen en la estructura de especies perennes de islas de la costa de Sinaloa, México. *Botanical Sciences*, 94(1), 63-73. <https://doi.org/10.17129/botsci.219>
42. SEMARNAT. 1999. Programa de Manejo Islas del Golfo de California Zona de Reserva y Refugio de Aves Migratorias y Fauna Silvestre. *Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Instituto Nacional de Ecología*. 262 p.
43. SEMARNAT, INE, CONABIO. 1995. Reservas de la biosfera y otras áreas naturales protegidas

de México. 1era edición. *Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos*. 344 pp.

44. Shreve, F. 1951. Vegetation of the Sonoran Desert. *Carnegie Institution of Washington Publ.* 591. xii. + 192 pp., 35 halftone pls., 27 distribution map, 2 fold-in maps.

45. Tansley, A. G. 1946. Introduction to Plant Ecology. *Allen & Unwin*; London. 300 pp.

46. Turner, R.; Bowers, J. y Burgess, T. L. 2005. Sonoran Desert Plants an Ecological Atlas. *The University of Arizona Press*. 501 pp.

47. UNESCO. 2005. Convention Concerning the Protection of the World Cultural and Natural Heritage. Durban, South Africa. 220 pp.

48. Vega-Aviña, R., Benítez Pardo, D., Flores-Campaña, L. y Hernández-Álvarez, F. 2001. Vegetación y Flora de la Isla Pájaros e Isla Lobos, de la Bahía de Mazatlán, Sinaloa. Listados Florísticos de México # XXI. *Instituto de Biología, UNAM*. 19 pp.

49. Whittaker, R. J., Fernández-Palacios, J. M., Matthews, T. J., Borregaard, M. K. y Triantis, K. A. 2017. Island biogeography: Taking the long view of nature's laboratories. *Science* 357(6354): eaam8326. <https://doi.org/10.1126/science.aam8326>

50. Yunus, B. y Parawansa, B. S. 2023. Study of Tidal Inundation and Shade on Different Sediment Substrates on the Growth of *Rizophora Mucronata* Mangrove Saplings in the Management of Coastal Water Resources in Sinjai Regency. *Asian Jour. Social Scie. Mgmt. Tech.* Vol. 5 (3): 79-86.

Apéndice

Listado de especies en las seis islas de la Bahía de Ohuira. Consultar el documento en el siguiente link:


https://drive.google.com/file/d/13oG9wm2oUY3q8vKGPuSWAMAXSA8TbRI7/view?usp=share_link




EFFECTS OF LAND USE CHANGES AND CLIMATE CHANGE CAUSED BY ANTHROPOGENIC ACTIVITIES ON DENGUE VIRUS TRANSMISSION

EFFECTS OF LAND USE CHANGES AND CLIMATE CHANGE CAUSED BY ANTHROPOGENIC ACTIVITIES ON DENGUE VIRUS TRANSMISSION

Eduardo Aguirre González¹

 Orcid: 0009-0009-3890-4455

Alfredo Leal Sandoval^{1, 2}*

 Orcid: 0000-0003-3229-6072

 alfredoleal@uas.esu.mx

¹ Posgrado en Ciencias Biológicas de la Facultad de Biología. Ciudad Universitaria, Blvd. de las Américas y Blvd. Universitarios S/N. C. P. 80013, Culiacán Rosales, Sinaloa, México

² Facultad de Biología, Universidad Autónoma de Sinaloa. Ciudad Universitaria, Blvd. de las Américas y Blvd. Universitarios S/N. C. P. 80013, Culiacán Rosales, Sinaloa, México

*Autor de correspondencia

Recibido: 02 de diciembre de 2025

Aceptado: 09 de diciembre de 2025

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original.

Acta Biológica Mexicana Revista de la Facultad de Biología Vol. 2, Núm.3, ISSN (en trámite)

EFFECTOS DE LOS CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO OCASIONADOS POR LAS ACTIVIDADES ANTROPOGÉNICAS SOBRE LA TRANSMISIÓN DEL VIRUS DEL DENGUE

EFFECTS OF LAND USE CHANGES AND CLIMATE CHANGE CAUSED BY ANTHROPOGENIC ACTIVITIES ON DENGUE VIRUS TRANSMISSION

Eduardo Aguirre-González, Alfredo Leal-Sandoval

Resumen

Aedes aegypti es una especie urbanizada, lo que representa un desafío debido a la expansión de las ciudades y el crecimiento poblacional, favoreciendo su propagación y de esta forma, aumentando el riesgo de transmisión de enfermedades arbovirales. Por su parte, se ha observado que el aumento de temperatura favorece la proliferación y expansión de *Ae. aegypti*, al acelerar su ciclo biológico y permitir más generaciones en menos tiempo. Este efecto, junto con la variabilidad de precipitaciones, modifica la disponibilidad de hábitats para las fases inmaduras del mosquito, influyendo también en la cobertura terrestre y el uso del suelo. Por otro lado, el cambio en el uso del suelo ha facilitado la expansión de los hábitats de mosquitos, agravando el problema de enfermedades transmitidas por artrópodos, ya que algunos factores como la deforestación, la urbanización y el desarrollo agrícola han sido factores clave en la reemergencia de enfermedades como el dengue y la fiebre amarilla. Ante esto, se han realizado estudios con el fin de evaluar el impacto que tienen los cambios en el uso del suelo y el cambio climático sobre la distribución y abundancia de *Ae. aegypti*. Sin embargo, la herramienta de modelado de nicho ecológico (ENM) es importante al momento de predecir las zonas de idoneidad de hábitat de estas especies, ya que de esta forma se puede observar los patrones de distribución con el tiempo.

Palabras clave: *Aedes aegypti*, dengue, cambio de uso de suelo, transmisión, riesgo.

Abstract

Aedes aegypti is an urbanized species, which presents a challenge due to urban sprawl and population growth, favoring its spread and thus increasing the risk of arboviral disease transmission. Furthermore, rising temperatures have been observed to favor the proliferation and expansion of *Ae. aegypti* by accelerating its life cycle and allowing for more generations in less time. This effect, along with rainfall variability, modifies the availability of habitats for the mosquito's immature stages, also influencing land cover and land use. On the other hand, chan-

ges in land use have facilitated the expansion of mosquito habitats, exacerbating the problem of arthropod-borne diseases, as factors such as deforestation, urbanization, and agricultural development have been key in the reemergence of diseases like dengue and yellow fever. In response, studies have been conducted to assess the impact of land-use changes and climate change on the distribution and abundance of *Ae. aegypti*. However, ecological niche modeling (ENM) is an important tool for predicting habitat suitability for these species, as it allows for the observation of distribution patterns over time.

Keywords: *Aedes aegypti*, dengue, land use change, transmission, risk.

Introducción

Familia Culicidae

Los mosquitos de la familia Culicidae comprenden un taxón monofilético que es característico por representar un grupo grande y abundante de organismos que se encuentran en regiones templadas y tropicales de todo el mundo, incluso en el círculo polar ártico (Wood y Borkent, 1989; Miller et al., 1997, Harbach y Kitching, 1998). Los mosquitos son más abundantes en las zonas tropicales y actualmente se reconocen alrededor de 3,490 especies, aunque esta cifra podría ser entre tres y cinco veces más grande, debido a la semejanza entre las especies (Harbach y Howard, 2007).

Estos organismos poseen un ciclo biológico holometábolo, el cual se caracteriza por presentar cuatro etapas en su vida: huevo, larva, pupa y el adulto (Rueda, 2008). Las hembras adultas de algunos géneros como

Aedes y *Anopheles* ponen los huevos de manera individual, mientras que en otros géneros como *Culex* o *Culiseta* ponen cientos a la vez, ya sea en la superficie del agua, en la superficie de la vegetación flotante o en los márgenes de contenedores artificiales sujetos a inundaciones (Foster y Walker, 2002; Rueda, 2008).

En la mayoría de las especies, los adultos de ambos sexos se alimentan de azúcar de las plantas durante toda su vida, sin embargo, las hembras (salvo excepciones) son además hematófagas, y obtienen sangre de toda clase de vertebrados, aunque tienden a preferir la sangre de aves y mamíferos (Maciá y Micieli, 2023). Las hembras de algunas especies domésticas pueden ingerir el

azúcar con poca frecuencia o nunca, como en las especies *Aedes aegypti* y *Anopheles gambiae*, las cuales utilizan la sangre de los vertebrados para la obtención de energía y para la reproducción; por su parte, la alimentación por medio de sangre en las hembras rara vez comienza hasta al menos 1-3 días después de emerger, y generalmente esta no comienza hasta después del apareamiento y la alimentación con azúcar (González et al., 2016; Foster y Walker, 2019).

Importancia de la familia Culicidae

Los mosquitos son los insectos con mayor importancia en salud pública debido a que estos funcionan como vectores de diversas enfermedades que afectan al hombre, así como a los animales domésticos y silvestres (González et al., 2016). Los patógenos que pueden transmitir se engloban en tres grupos: arbovirus, protozoos y nematodos (González et al., 2016; Foster y Walker, 2019). Los arbovirus son un grupo de virus los cuales poseen la capacidad de replicarse en el interior de hospederos artrópodos y se han reconocido más de 500, de los cuales, aproximadamente 100 pueden afectar al ser humano y 40 a los animales domésticos, no obstante, los arbovirus más importantes que son transmitidos por mosquitos hacia los humanos se clasifican en tres familias: *Togaviridae* (Chikungunya, encefalitis equina), *Bunyaviridae* (Fiebre del Valle del Rift) y *Flaviviridae* (Fiebre amarilla, Dengue, Zika y encefalitis de San Luis) (Rueda, 2008; Gonza-

lez et al., 2016). Además, diversas especies de los géneros *Culex* (*Cx. tarsalis*, *Cx. pipiens*, *Cx. quinquefasciatus*) y *Aedes* (*Ae. aegypti*, *Ae. albopictus*) funcionan como vectores principales de estas enfermedades (González et al., 2016).

Dengue: actualidad

El dengue es una enfermedad ocasionada por el virus del dengue (DENV), la cual tiene una gran importancia a nivel mundial ya que es la infección transmitida por mosquitos más frecuente en todo el mundo, además de su capacidad de provocar pandemias; El DENV es transmitido por mosquitos vectores del género *Aedes*, principalmente *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* (Fig. 14), los cuales se encuentran en las regiones tropicales y subtropicales del mundo (OPS y OMS, 2010; Torres et al., 2014; Guzmán y Harris, 2015). Existen cuatro variantes del virus estrechamente relacionadas, pero serológicamente distintas al género *Flavivirus* las cuales se categorizan como DENV-1, DENV-2, DENV-3 y DENV-4 (Velandia y Castellanos, 2011). La incidencia anual de la fiebre del dengue en el mundo es de aproximadamente 400 millones de afectados y se estima que en el continente asiático se encuentra un 75% de la carga de la enfermedad, seguido de Latinoamérica y África (Fig. 15) (OPS y OMS, 2010; Vaughn et al.,

2010; Salles et al., 2018). Dentro de los factores más importantes que inciden en la expansión de la enfermedad se encuentran el crecimiento poblacional, migración desde zonas rurales hacia las urbanas, falta de agua potable y la poca organización en los programas para el control de la enfermedad, además, en los últimos años, se ha descrito que el calentamiento global también puede ocasionar la expansión en la distribución de mosquitos vectores alrededor del mundo (Gutiérrez, 2018). En el año 2024, se registraron en el mundo alrededor de 14 millones de casos y más de 9000 muertes asociadas a la enfermedad (Haider et al., 2025). En México, durante el año 2024 se registraron un total de 125,160 casos confirmados de los cuales 68,249 se reportaron como dengue sin signos de alarma, 52,697 de dengue con signos de alarma y 4,214 de dengue grave, ocasionando un total de 478 defunciones (Fig. 16) (Padilla-Monroy y Amezcua-Jiménez, 2024).

Prevención contra el dengue

La Organización Mundial de la salud (OMS) advierte que la prevención o reducción de la propagación del DENV se relaciona con el control y reducción de vectores, así como evitar el contacto, por lo que promueve un enfoque estratégico conocido como control integrado de vectores (Dehesa-López y Gutiérrez-Alatorre, 2019). Las acciones para el control de la transmisión deben ser enfocadas a la eliminación del mosquito vector en sus es-

tadios inmaduros y en su etapa adulta (OMS, 2019). Se recomienda a las personas usar ropa que cubra la mayor parte del cuerpo con el fin de reducir la cantidad de piel expuesta y así, disminuir las posibilidad de ser picado, así como la aplicación de repelentes efectivos contra mosquitos, uso de insecticidas domésticos y mosquiteros, además de eliminar depósitos de agua cubriéndolos o vaciándolos con el fin de evitar la emergencia de los adultos (García-Yáñez et al., 2018; Baldi Mata et al., 2019; Dehesa-López y Gutiérrez-Alatorre, 2019).

Cambio de uso de suelo y su relación con el aumento de enfermedades transmitidas por artrópodos

Los hábitats naturales de mosquitos en muchas regiones del mundo son abundantes incluso sin modificaciones ambientales humanas, sin embargo, dichas alteraciones a menudo incrementan los problemas asociados con los mosquitos, ya que estos pueden expandir sus hábitats, crear nuevos hábitats o modificarlos, de manera que las poblaciones limitadas de mosquitos puedan explotar con la disponibilidad de nuevos hábitats (Mouchet y Carnevale, 1997). Los efectos del cambio en el uso del suelo por parte de los humanos han sido reconocidos desde hace tiempo como un factor que incrementa las enfermedades transmitidas por mosquitos

estas alteraciones pueden clasificarse en varias categorías amplias y superpuestas, incluyendo sistemas de retención de agua, deforestación, desarrollo agrícola y urbanización (Norris, 2004).

La deforestación ha estado fuertemente vinculada a la reemergencia de enfermedades transmitidas por mosquitos como la fiebre amarilla y la malaria en el continente americano (Walsh et al., 1993; Carmago et al., 1994; Vasconcelos et al., 1997). Asimismo, la agricultura también es un factor que aumenta el riesgo de enfermedades, no solo porque las personas invaden los hábitats de los vectores, sino que se asocia con actividades que alteran las condiciones ambientales a favor de los mosquitos (Ramasamy et al., 1992). Además, de manera indirecta, las actividades agrícolas generan sedimentación y escurrimiento, lo que puede disminuir la profundidad del agua, lo que beneficia a que los mosquitos puedan reproducirse en estas aguas poco profundas (Dian y Changxing, 2001). Sin embargo, se ha observado que el desarrollo agrícola puede alterar el clima local, modificando la capacidad vectorial de los mosquitos o incluso acelerar su desarrollo (Lindblade et al., 2000).

En esta misma línea, la urbanización está asociada con las actividades que alteran los hábitats y el comportamiento de los vectores, ya que la extensa red de tuberías subterráneas que manejan el agua pluvial sirve como hábitat artificial adecuado para algunas especies de mosquitos como *Culex spp* (Byrne y Nichols, 1999; Kay et al., 2000).

En Australia se ha observado que los hábitats subterráneos pueden representar hasta el 78% de los mosquitos vectores durante la temporada seca, cuando el agua en la superficie es escasa (Russell et al., 2002).

Aedes aegypti: un vector afectado por el cambio climático

El vector principal del dengue *Ae. aegypti* podría tener un aumento en su densidad y distribución a futuro, debido a que el incremento de la temperatura favorece al aumento en las densidades de las poblaciones de mosquitos, acortando su ciclo biológico, lo que puede repercutir en un mayor número de generaciones en un solo año (Morin et al., 2013). Por lo tanto, cuando una región se calienta a niveles extremos y durante periodos prolongados, favorece a la existencia y el desarrollo de determinadas especies, por un lado, unas pueden aumentar significativamente sus poblaciones, en cambio, otras pueden expandir su rango de presencia natural, colonizando nuevas regiones. La variabilidad de las precipitaciones afecta la disponibilidad de hábitats para las larvas y pupas de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus*, además, la temperatura interactúa con la lluvia como regulador principal de la evaporación, afectando también la disponibilidad de hábitats acuáticos (Guadalupe et al., 2016). De la

manera indirecta, las precipitaciones, la temperatura y la humedad pueden influir en la cobertura terrestre y el uso del suelo, lo que puede promover o dificultar el crecimiento de las poblaciones de vectores (Morin et al., 2013). Las características particulares que se han observado asociadas con la presencia de *Ae. aegypti* incluyen la urbanización, factores socioeconómicos, diseño y construcción de edificaciones, la calidad del suministro y manejo del agua, así como la calidad de otros servicios de infraestructura de salud pública (Christophers, 1960). El aumento del tamaño y densidad de poblaciones en las principales ciudades provoca mayores demandas sobre la infraestructura y los servicios esenciales, particularmente en los países en desarrollo, por lo que las respuestas a estas demandas pueden alterar drásticamente la idoneidad de una localidad para la reproducción urbana de los mosquitos (Monath, 1994). Además, las interacciones biológicas entre especies que ocupan nichos similares también pueden influir en la distribución y abundancia de *Ae. aegypti*, pues se han observado disminuciones significativas en la abundancia y la distribución de *Ae. aegypti* con la invasión y expansión geográfica del mosquito tigre asiático *Ae. albopictus*, particularmente en regiones del sureste de los Estados Unidos (Jansen y Beebe, 2010).

Cambio climático y su implicación en la transmisión del dengue

El cambio climático es uno de los principales

problemas que la humanidad se enfrentará en las próximas décadas, debido a que se han identificado conexiones entre el clima y las enfermedades con diversos modos de transmisión (vectores, agua, alimentos, suelo y aire), siendo las asociaciones más fuertes aquellas entre el clima y las enfermedades transmitidas por mosquitos. El dengue podría alcanzar los 400 millones de casos anuales, ya que el clima afecta directa e indirectamente tanto al virus del dengue como a las poblaciones de vectores (Bhatt et al., 2013). La temperatura influye en las tasas de desarrollo, mortalidad y comportamiento de vectores y controla la replicación viral dentro del mosquito (Christophers, 1960). La incidencia de dengue se ha asociado con índices de vegetación, cobertura arbórea, calidad de las viviendas y entorno circundante, por lo que el cambio climático puede alterar como los humanos interactúan con la tierra, cambiando su uso e impactando la magnitud de la composición de las especies en las poblaciones de mosquitos (Van Benthem et al., 2005; Troyo et al., 2009).

Sitios de reproducción de Ae. aegypti y urbanización

Ae. aegypti es una especie altamente antropogenizada, por lo que es habitual encontrarla en estos entornos, lo que es

un problema teniendo en cuenta la creciente expansión de las ciudades y el aumento de la población, pudiendo originar que esta especie conquiste nuevos hábitats y se incremente el riesgo de la transmisión de enfermedades arbovirales (Sánchez-Amézquita y Posada-Buitrago, 2022).

La temporalidad también es un factor importante, ya que algunos estudios sugieren la vigilancia de los estadios inmaduros mediante la productividad pupal, ya que es el mejor indicador en la emergencia de adultos (Focks y Chadee, 1997; Knox et al., 2010; García-Rejón et al., 2011). Se ha observado que, durante la temporada seca, *Ae. aegypti* suele utilizar como criaderos los recipientes donde la gente almacena agua en sus viviendas, además de los contenedores donde beben agua los animales (Marquetti et al., 2005). En esta línea, se destaca que las alcantarillas contribuyen a la abundancia de pupas y a la emergencia de adultos (Manrique-Saide et al., 2013). La vigilancia de criaderos de *Ae. aegypti* se ha enfocado principalmente en viviendas, sin embargo, se ha dirigido la atención a la zona urbanizada, y entre los lugares monitoreados se encuentran aeropuertos, áreas comerciales, aéreas industriales, escuelas y cementerios, estos últimos han sido catalogados como sitios adecuados para el mantenimiento y reproducción de los mosquitos (Wilke et al., 2021). Estos lugares son entornos complejos, los cuales varían en forma, tamaño y configuración, sin embargo, la mayoría compar-

parten características similares como áreas con vegetación que ofrecen fuentes de azúcar y lugares de descanso para mosquitos vectores, como lo son floreros y plantas ornamentales, por lo que se deben considerar características locales como la presencia de floreros y otros posibles hábitats acuáticos con el fin de desarrollar estrategias efectivas para el manejo y control de las enfermedades arbovirales (Vezzani y Schweigmann, 2002; Abe et al., 2005; Morrison et al., 2006; Leisnham y Juliano, 2009; Dos Reis et al., 2010; Wilke et al., 2020).

Estudios acerca del impacto del cambio del uso del suelo sobre los culícidos

Se han realizado diversos estudios sobre como impactará el cambio climático a la epidemiología del dengue. Se sugiere que los cambios en el clima alterarán las dinámicas espaciales y temporales de la ecología del virus del dengue, lo que potencialmente aumentará los rangos de vectores, prolongará la duración de su actividad y aumentará el periodo infeccioso del mosquito al acortar el periodo de incubación extrínseca (Morin et al., 2013).

Algunos autores han determinado que el cambio climático aumentará la extensión latitudinal y altitudinal del dengue y prolongará la temporada de transmisión viral (Jetten y Focks, 1997).

No obstante, los cambios en el uso del suelo pueden promover la aparición de enfermedades infecciosas debido a las alteraciones del hábitat, nuevos patrones de distribución de especies y mayores tasas de contacto entre humanos, vectores y hospedadores reservorios (Morin et al., 2013).

Ewers y Didham (2007) mencionan que el interior de las selvas tropicales alberga menos especies de mosquitos y una composición comunitaria diferente en comparación con los bordes de la selva, lo cual podría explicarse debido a los cambios en las condiciones fisicoquímicas, microclimas y la diversidad de sitios de reproducción de las comunidades de mosquitos (da Silva Pessoa Vieira et al., 2022).

En un estudio realizado en China, con el fin de medir el impacto de la urbanización sobre poblaciones de mosquitos en zonas urbanizadas y no urbanizadas, los autores encontraron que la urbanización llevó a una disminución en las poblaciones anuales de la especie *Culex quinquefasciatus* en las zonas donde se urbanizó y un aumento en zonas que en 2010 aun seguían sin urbanizar, por lo que los autores sugirieron que el calentamiento provocado por la urbanización puede suprimir la población de mosquitos durante el verano, aunque esto podría ser contrarrestado por el aumento en los hábitats disponibles para la reproducción, además, se proyectó que el cambio climático reduciría la población anual de *Cx. quinquefasciatus*, aunque esta disminución solo se vería reflejada en los me-

ses pico ya que aumentaría durante los meses no pico debido a los incrementos de temperatura bajo los escenarios climáticos futuros, lo cual es favorable para la supervivencia, crecimiento y reproducción de mosquitos (Wang et al., 2020).

En esta misma línea, en Estados Unidos se realizó un estudio acerca de cómo la urbanización afecta a la proliferación de algunas especies de mosquitos como *Ae. aegypti* y *Cx. quinquefasciatus*. En un estudio realizado en Miami se encontró que cuanto más urbanizada se encuentra un área, menor diversidad de especies se dispone, siendo *Ae. aegypti* y *Cx. quinquefasciatus* las especies más dominantes, además, se menciona que la transformación del uso del suelo y la cobertura de áreas naturales en áreas urbanas en el sur de Florida puede afectar la abundancia relativa de mosquitos, la riqueza de especies y la composición comunitaria, favoreciendo especies de mosquitos vectores que están adaptadas para sobrevivir en entornos urbanizados. Los autores resaltan que las poblaciones humanas tendrán un mayor riesgo entomológico con las especies de mosquitos vectores, especialmente con *Ae. aegypti* y *Cx. quinquefasciatus*, incrementando el riesgo de transmisión de enfermedades, por lo que consideran que la urbanización tiene un impacto sig-

nificativo en la epidemiología de la transmisión de enfermedades transmitida por vectores (Wilke et al., 2021).

Estudios sobre el efecto del cambio climático en la distribución y abundancia de los mosquitos

En México se han realizado estudios sobre *Ae. aegypti* y su posible expansión hacia las zonas del centro del país con altitudes superiores a los 2,000 msnm. Un incremento de la temperatura de 0.2°C por década puede ocasionar que esta especie sobreviva a altitudes cercanas a 300 metros sobre los 2,100 msnm que se conoce actualmente. Los autores señalaron que la abundancia de *Ae. aegypti* a través del gradiente de elevación y temperatura estaba correlacionado con los factores climáticos. Asimismo, se menciona que las ciudades con gran altitud, como la Ciudad de México y Puebla, presentan un clima que no es idóneo para el establecimiento y proliferación de *Ae. aegypti*, sin embargo, estas ciudades están conectadas con rutas de transporte con ciudades con menor altitud, donde las temperaturas son más idóneas para el mosquito, lo que puede ser un medio para el establecimiento del vector (Lozano-Fuentes et al., 2012).

En un estudio realizado en Xalapa, México, los autores determinaron que la riqueza de especies era mayor en zonas preservadas y que en estas elevaciones, las condiciones climáticas actuales son favorables para estas especies de mosquitos debido a la humedad y

la temperatura. Asimismo, se observó que la expansión del vector del dengue es favorecida por la pérdida de la vegetación, la cual es ocasionada por el incremento de la temperatura. La conversión de las áreas naturales representa una pérdida de los sitios de alimentación naturales de algunas especies ocasiona que otras especies se establezcan y promueve a la presencia de especies invasora. La conservación de la vegetación por su parte representa un factor importante en el control de vectores en las ciudades, ya que, aunque la vegetación no juegue un rol importante en reducir la abundancia de estos vectores, si puede prevenir que se establezcan de manera adecuada (Equihua et al., 2017).

En esta línea, el cambio climático puede contribuir al aumento en la incidencia del dengue, pues según diversos autores, para el año 2100 la temperatura aumentará a tal punto que se encontrará la presencia de *Ae. aegypti* en zonas superiores a los 2,500 msnm, esto significa que las zonas como Xalapa y algunas ciudades que se encuentran en el borde donde los vectores se establecen, puedan ser habitables para estos y de esta manera aumentar el riesgo hacia la población de contraer enfermedades como el dengue, por lo que es importante establecer planes de conservación en estas zonas para que la urbanización descontrolada no ocasione

que se expandan estos vectores. Ante el latente aumento de los casos de dengue en México, es importante conocer a que se debe sobre todo teniendo en cuenta que hay programas donde se lucha por mantener el control del vector, además de conocer la dinámica poblacional de mosquitos en sitios de reproducción como lo son cementerios, para implementar estas estrategias de control vectorial en los periodos donde los casos de dengue aumentan (Equihua et al., 2017).

Estudios realizados sobre detección del virus del dengue (DENV) en áreas urbanizadas

Ante la importancia de monitorear los sitios urbanos, se han elaborado estudios con el objetivo de detectar la presencia de flavivirus en mosquitos del género *Aedes*, además, buscaban estimar la tasa de infección natural en estos ejemplares. En Colombia, durante un estudio se monitorearon áreas urbanas del departamento de Sucre donde los autores obtuvieron un total de 762 mosquitos hembra de *Ae. aegypti* los cuales mediante qRT-PCR se detectó molecularmente el virus del dengue, procesando un total de 100 pools de mosquitos. De estos pools, un total de 15 fueron positivas a ARN viral de DENV con una tasa de infección mínima (MIR) general de 1,968% (19,68 mosquitos infectados por cada 1000 capturados), mientras que los serotipos detectados fueron DENV-1 y DENV-2 (Hernández-Pérez, 2022).

En esta línea, Peña-García et al., 2016 obtu-

tuvieron un total de 2,107 ejemplares de *Ae. aegypti* de los cuales 1,210 eran hembras, por lo que a partir de estas muestras homogenizaron 373 pools, teniendo como resultado 45 pools positivos a DENV, dando como resultado que el 12.06% de los pools eran positivos para DENV, además de una MIR de 3.85%. Por su parte, Ramírez-González, 2020 captu-raron un total de 169 hembras del género *Aedes* teniendo una tasa general de infección por arbovirus de 36,1% siendo DENV-1 el arbovirus con mayor frecuencia encontrándose en el 82% de los ejemplares infectados, mientras que el 9,8% se encontraron positivos a CHIKV.

En un estudio realizado en Venezuela, los autores obtuvieron un total de 163 ejemplares de *Ae. aegypti* para el municipio MBI y 105 para el municipio FLA, ubicados en la provincia de Aragua. Para el municipio FLA se detectó la presencia de 2 pools positivos al serotipo DENV-3 y 3 pools positivos a CHIKV, mientras que en el municipio MBI solo se observó 1 pool positivo a CHIKV. La tasa mínima de infección para DENV para el municipio FLA fue de 1.90%, mientras que para CHIKV, en el municipio MBI la MIR fue de 0.61% y para el municipio FLA fue de 2.86% (Pernalet et al., 2020).

Asimismo, Manjarres-Estremor y Mercado-Martínez, 2015 en un estudio realizado en Colombia, obtuvieron un total

de 1883 individuos de *Ae. aegypti*, de los cuales 1432 fueron clasificadas como hembras y 319 como machos, además, el mes con mayor captura de mosquitos fue el mes de julio. La MIR general fue de 24,2 hembras infectadas por cada 1,000 hembras capturadas; se observó una circulación simultánea y frecuente de DENV-2 y DENV-3, con picos de aparición en mayo y julio para DENV-2, siendo junio el mes con mayor detección de DENV-2. En lo que respecta a la Tasa de Infección Mínima, en un estudio realizado en México se obtuvieron un total de 220 pools de *Ae. aegypti*, de los cuales, 5 fueron positivos para DENV, dando una MIR de 0.4%. Por su parte, se encontraron los serotipos DENV-1, 2 y 4 (Méndez-Galván, 2014).

Modelado de Nicho Ecológico como predictor de áreas idóneas de mosquitos

Con la finalidad de predecir áreas idóneas de distribución de mosquitos, se han realizado estudios en los que utilizan la herramienta de Modelado de Nicho Ecológico, la cual permite proyectar estas zonas potenciales de distribución con base a datos de presencia de la especie y una serie de variables ambientales. En Estados Unidos, se realizó un estudio para predecir la distribución de los vectores del virus del Nilo Occidental, donde se seleccionaron los registros de presencia de las especies *Culex tarsalis*, *Cx. pipiens* y *Aedes vexans*. Por su parte, se seleccionaron una serie de variables ambientales entre las que destacan la pendiente, temperatura, topo-

grafía, distancia hacia los ríos, cobertura vegetal y distancia hacia zonas urbanas. El modelo fue elaborado en Maxent y GARP y los autores obtuvieron que en el modelo de MaxEnt la idoneidad de hábitat de *Cx. tarsalis* se asociaba a la distancia de los ríos, por su parte, para *Cx. pipiens* se encontró una predicción de hábitat hacia las zonas urbanas. De la misma forma, para *Ae. vexans* la capa de distancia hacia ríos fue la más importante al predecir su distribución. Posteriormente los autores promediaron la distribución de las especies para definir áreas que contengan vectores zoonóticos y se destacaron los sistemas fluviales como puntos probables de distribución del virus de Nilo Occidental (Larson et al., 2009).

De igual forma, otros autores también realizaron predicciones de vectores del virus del Nilo Occidental, en las cuales estos encontraron que la abundancia de *Cx. nigripalpus* se correlacionaba con variables de temperatura como la isothermalidad, estacionalidad de las temperaturas y la temperatura del trimestre más frío, mientras que las variables de precipitación que se correlacionaron con la distribución de esta especie fueron la precipitación media anual y la precipitación de los trimestres más húmedos y secos, además, la urbanización se relacionó con la densidad de *Cx. nigripalpus*. Por su parte, para *Cx. quinquefasciatus* la densidad se relacionó

significativamente con el rango de temperatura diurna y la vegetación. Los autores concluyeron que la distribución de estos vectores está influenciada por el clima circundante y variables ecológicas, lo que proporciona información sobre de la circulación del virus entre el vector puente y el vector principal de mosquitos (Sallam et al., 2016).

Por su parte, Yáñez-Arenas et al., 2018 determinaron las zonas de idoneidad de hábitat para *Ae. albopictus* en México mediante el software Maxent. Los autores observaron que el aumento de los registros de *Ae. albopictus* a lo largo del tiempo permite una mejor caracterización de su nicho, además, determinaron que la superficie de idoneidad de hábitat aumentó del 15% del territorio mexicano en 2005, a más del 38% en 2010 y casi el 58% en 2016. Se observó que la distribución potencial abarcaba casi todo el territorio mexicano a excepción de algunas regiones de la península de Baja California y partes del noroeste. Los predictores con mayor contribución a la caracterización del nicho ocupado por esta especie fueron el NDVI y la temperatura media anual. El NDVI se asocia positivamente con la idoneidad ambiental del mosquito en México, mientras que la temperatura media anual tiene un valor óptimo máximo de 25°C y la idoneidad ambiental disminuye gradualmente con valores más cálidos o fríos. Los autores concluyen que el potencial invasivo de *Ae. albopictus* es muy alto, relacionándose principalmente con la amplia tolerancia ambiental, la plasticidad eco-

lógica y la competitividad.

Richman y colaboradores (2018) realizaron un estudio en el que proyectaron la distribución de mosquitos vectores de CHIKV utilizando como capas ambientales la cobertura vegetal, variables bioclimáticas, así como la topografía del sitio de estudio, obteniendo un total de 14 modelos producidos por Maxent, donde encontraron que las variables más fuertemente asociadas a la distribución de los mosquitos fueron la distancia a grandes parches de bosque, la precipitación y el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI). Site modelos mostraron una correlación positiva con la abundancia de mosquitos y uno estuvo consistentemente correlacionado de manera positiva con los grupos de mosquitos positivos a CHIKV. Los autores concluyeron que la fragmentación y configuración del paisaje tuvieron una influencia positiva en la distribución de los mosquitos, además, *Ae. taylori* mostró una correlación más fuerte con la abundancia de CHIKV.

En otros estudios realizados en México, se han dilucidado zonas de riesgo espacial de dengue basado en la distribución de *Ae. aegypti* en los estados del centro del país. En este estudio, se tomaron en cuenta variables ambientales como la precipitación y temperatura, además de un modelo digital de elevación. Los autores obtuvieron que las

variables determinantes para la distribución de *Ae. aegypti* en el modelo generado fueron la temperatura mínima del mes más frío, la precipitación del mes más húmedo y la estacionalidad de las precipitaciones. Por su parte, el estado con mayor idoneidad de hábitat fue el estado de Morelos, representando el 12.3% del área de estudio (Ordoñez-Sierra et al., 2020).

En el estado de Yucatán, se han realizado estudios para predecir las zonas de distribución de mosquitos vectores. Baak-Baak et al., 2017 recogieron registros de presencia de cinco especies de mosquitos: *Ae. aegypti*, *Cx. quinquefasciatus*, *Cx. thriambus*, *Ae. conzumelensis* y *Cx. coronator* y mediante una serie de capas ambientales (temperatura y precipitación) realizaron un modelado de nicho en Maxent. Los autores obtuvieron que las especies *Cx. coronator*, *Cx. quinquefasciatus* y *Cx. thriambus* se distribuyeron principalmente al noroeste del estado de Yucatán, mientras que *Ae. aegypti* mostró una distribución en la mayor parte del estado de Yucatán. Por su parte, la abundancia de *Ae. aegypti* se correlacionó con la temperatura media anual y la precipitación anual, encontrándose que la presencia de *Ae. aegypti* es directamente proporcional a una precipitación anual superior a 1,000 mm, así como una temperatura media anual superior a los 20°C.

Conclusiones

El impacto del cambio en el uso del suelo y el cambio climático ha alterado profundamente

los ecosistemas globales, influyendo en la distribución de mosquitos vectores de enfermedades como el dengue, la fiebre amarilla y el Zika. Comprender estos efectos es clave para la salud pública, ya que permite prever escenarios de transmisión y optimizar estrategias de control. Estas alteraciones ambientales favorecen la expansión de enfermedades transmitidas por mosquitos a regiones donde antes no eran endémicas. Además, la propagación de *Aedes aegypti*, impulsada por el aumento de temperatura, ha incrementado la incidencia de dengue en áreas urbanas, lo que dificulta los esfuerzos de prevención, acentuando una vigilancia epidemiológica más intensa. El análisis del papel del cambio climático y del uso del suelo en la distribución de mosquitos es esencial para el desarrollo de políticas preventivas eficaces, por lo que fortalecer el monitoreo de poblaciones vectoriales, eliminar criaderos en zonas urbanizadas y aplicar estrategias de control integradas contribuirá significativamente a reducir la transmisión de enfermedades arbovirales.

Referencias

1. Abe M, PJ McCall, A Lenhart, E Villegas, A Kroeger. 2005. The Buen Pastor cemetery in Trujillo, Venezuela: measuring dengue vector output from a public area. *Tropical Medicine y International Health*. 10: 597-603.
2. Alles TS, da Encarnação Sá-Guimarães T, de Alvarenga ESL, Guimarães-Ribeiro V, de Meneses MDF, de Castro-Salles PF, dos Santos CR, do Amaral Melo AC, Soares MR, Ferreira DF, Moreira MF. 2018. History, epidemiology and diagnostics of dengue in the American and Brazilian contexts: a review. *Parasites & Vectors*. 04 24;11(1). <https://doi.org/10.1186/s13071-018-2830-8>
3. Arredondo-García, J. L., Aguilar-López Escalera, C. G., Aguilar Lugo-Gerez, J. J., Osnaya-Romero, N., Pérez-Guillé, G., y Medina-Cortina, H. 2020. Panorama epidemiológico de dengue en México 2000-2019. *Revista Latinoamericana de Infectología Pediátrica*, 33(2), 78–83. <https://doi.org/10.35366/94418>
4. Baak-Baak, C. M., Moo-Llanes, D. A., Cigarroa-Toledo, N., Puerto, F. I., Machain-Williams, C., Reyes-Solis, G., Nakazawa, Y. J., Ulloa-Garcia, A., y Garcia-Rejon, J. E. 2017. Ecological niche model for predicting distribution of disease-vector mosquitoes in Yucatán State, México. *Journal of Medical Entomology*, 54(4), 854–861. <https://doi.org/10.1093/jme/tjw243>
5. Baldi Mata, G., Hernández Redondo, S., y Gómez López, R. 2019. Actualización de la fiebre del Dengue. *Revista Medica Sinergia*, 5(1), e341. <https://doi.org/10.31434/rms.v5i1.341>
6. Bhatt S, Gething PW, Brady OJ, Messina JP, Farlow AW, Moyes CL, et al. 2013. The global distribution and burden of dengue. *Nature* 496(7446):504–507; doi:10.1038/nature12060.
7. Byrne K, Nichols RA.1999. *Culex pipiens* in London Underground tunnels: differentiation between surface and subterranean population. *Heredity*, 82:7–15
8. Calisher, C. H., y Monath, T. P. 1988. Togaviridae and Flaviviridae: The Alphaviruses and Flaviviruses.
9. Carmago LMA, Ferreira MU, Krieger H, de Carmago EP, da Sila LP.1994. Unstable hypoendemic malaria in Rondonia (Western Amazon Region, Brazil): epidemic outbreaks and work associated incidence in an agro-industrial rural settlement. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 51:16–25
10. Christophers, R. 1960. *Aedes aegypti* (L.), the yellow fever mosquito. Its life history, bionomics, and structure.
11. da Silva Pessoa Vieira, C. J., Steiner São Bernardo, C., Ferreira da Silva, D. J., Rigotti Kubiszeski, J., Serpa Barreto, E., de Oliveira Monteiro, H. A., Canale, G. R., Peres, C. A., Massey, A. L., Levi, T., y Vieira de Moraes Bronzoni, R. 2022. Land-use effects on mosquito biodiversity and potential arbovirus emergence in the Southern Amazon, Brazil. *Transboundary and Emerging Diseases*, 69(4), 1770–1781. <https://doi.org/10.1111/tbed.14154>
12. Dehesa-López, E., y Gutiérrez-Alatorre, A. F. A. 2019. Dengue: actualidades y características epidemiológicas en México.
13. Dian Z, Changxing S. 2001. Sedimentary causes and management of two principal environmental problems in the lower Yellow River. *Environmental Management*, 28:749–760
14. Dos Reis IC, NA Honório, CT Codeco, A Magalhaes Mde, R Lourenco-de-Oliveira, C Barcellos. 2010. Relevance of differentiating between residential and non-residential premises for surveillance and control of *Aedes aegypti* in Rio de Janeiro, Brazil. *Acta Tropica*. 114: 37-43
15. Equihua, M., Ibáñez-Bernal, S., Benítez, G., Estrada-Contreras, I., Sandoval-Ruiz, C. A., y Mendoza-Palmero, F. S. 2017. Establishment of

- Aedes aegypti* (L.) in mountainous regions in Mexico: Increasing number of population at risk of mosquito-borne disease and future climate conditions. *Acta Tropica*, 166, 316–327.
<https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2016.11.014>
16. Ewers, R. M., & Didham, R. K. 2007. The effect of fragment shape and species' sensitivity to habitat edges on animal population size. *Conservation biology*, 21(4), 926-936.
17. Focks DA, DD Chadee. 1997. Pupal survey: an epidemiologically significant surveillance method for *Aedes aegypti*: an example using data from Trinidad. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 56: 159-167.
18. Foster, W. A., y Walker, E. D. 2019. Mosquitoes (Culicidae). In *Medical and Veterinary Entomology* (pp. 261–325). Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814043-7.00015-7>
19. García-Rejón JE, MA Loroño-Pino, JA Farfán-Ale, LF Flores-Flores, MP López-Urbe, R. Nájera-Vázquez, G Nuñez-Ayala, BJ Beaty, L Eisen. 2011. Mosquito infestation and dengue virus infection in *Aedes aegypti* females in schools in Merida, Mexico. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 84:489-496.
20. García-Yáñez, Y., Pérez-Mendoza, M., Pérez-Ramírez, M., Castillo-Sánchez, J., y García-González, R. 2018. Enfermedades emergentes y reemergentes de origen viral transmitidas por el género *Aedes*. www.medigraphic.com/patologiaclinica
21. González, C. R., Reyes, C., Jercic, M. I., Rada, V., Saldarriaga, M., Pavletic, C., y Parra, A. 2016. Manual de culicidos (Diptera: Culicidae) de la zona norte y centro de Chile, incluyendo isla de Pascua.
22. Gutiérrez Albenda, David Alberto. 2018. Situación actual del dengue como enfermedad reemergente en Costa Rica. *Revista Costarricense de Salud Pública*, 7(1), 35-41. Retrieved December 02, 2025, from http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-14292018000100035&lng=en&tlng=es.
23. Harbach, R. (2007). The Culicidae (Diptera): A Review Of Taxonomy, Classification And Phylogeny. <https://doi.org/10.5281/zenodo.180118>
- Hernández-Pérez, M. J. 2022. Detección y tipificación del virus del dengue en poblaciones de *Aedes aegypti* colectados durante el brote epidémico de 2019 en Sincelejo, Colombia.
24. Jansen, C. C., y Beebe, N. W. 2010. The dengue vector *Aedes aegypti*: what comes next. In *Microbes and Infection* .Vol. 12, Issue 4, pp. 272–279. <https://doi.org/10.1016/j.micinf.2009.12.011>
25. Jetten, T. H., & Focks, D. A. 1997. Potential changes in the distribution of dengue transmission under climate warming. *The American journal of tropical medicine and hygiene*, 57(3), 285-297.
26. Kay BH, Sutton KA, Russell BM.2000. A sticky entry-exit trap for sampling mosquitoes in subterranean habitats. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 16:262–265
27. Knox TB, YT Nguyen, NS Vu, BH Kay, PA Ryan. 2010. Quantitative relationships between immature and emergent adult *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) populations in water storage container habitats. *Journal of Medical Entomology*. 47: 748-758.
28. Larson, S. R., Degroote, J. P., Bartholomay, L. C., y Sugumaran, R. 2009. Ecological niche modeling of potential West Nile virus vector mosquito species in Iowa. In *Journal of Insect Science*. www.insectscience.org (Vol. 10). www.insectscience.org
29. Leisnham PT, SA Juliano. 2009. Spatial and temporal patterns of coexistence between competing *Aedes* mosquitoes in urban Florida. *Oecologia*. 160: 343-352.

30. Lindblade KA, Walker ED, Onapa AW, Katungu J, Wilson ML. 2000. Land use change alters malaria transmission parameters by modifying temperature in a highland area of Uganda. *Tropical Medicine y International Health*. 5:263–274
31. Lozano-Fuentes, S., Hayden, M. H., Welsh-Rodriguez, C., Ochoa-Martinez, C., Tapia-Santos, B., Kobylinski, K. C., Uejio, C. K., Zielinski-Gutierrez, E., Delle Monache, L., Monaghan, A. J., Steinhoff, D. F., y Eisen, L. 2012. The dengue virus mosquito vector *Aedes aegypti* at high elevation in México. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 87(5), 902–909. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.2012.12-0244>
32. Maciá, A., y Micieli, M. V. 2023. Entomología médica y veterinaria: biología y sistemática de artrópodos de interés médico y veterinario en Argentina.
33. Manjarres-Estremor, M. M., y Mercado-Martinez, J. G. 2015. Dinámica poblacional y búsqueda de infección natural con virus Dengue en poblaciones de *Aedes aegypti* en el municipio de Sincelejo: dos herramientas para la estimación del riesgo epidemiológico.
34. Manrique-Saide P, C Arisqueta-Chable, E Geded-Moreno, J Herrera-Bojorquez, UC Valentin, J Chable-Santos, A Che-Mendoza, EC Sánchez, JI Arredondo-Jiménez, A Medina-Barreiro. 2013. An assessment of the importance of subsurface catch basins for *Aedes aegypti* adult production during the dry season in a neighborhood of Merida, Mexico. *Journal of the American Mosquito Control Association*. 29: 164-167.
35. Marquetti M., Suárez S., Bisset J., Leyva M. 2005. Reporte de hábitats utilizados por *Aedes aegypti* en Ciudad de la Habana, Cuba. Instituto de medicina tropical "Pedro kouri". Departamento control de vectores, Rev. Cubana. Med. Trop. v.57 n.2.
36. Méndez-Galván, J. F. 2014. Detección de *Aedes aegypti* infectado con el virus Dengue como un método complementario para aumentar la sensibilidad de la vigilancia: identificación de los serotipos 1, 2 y 4 por RT-PCR en Quintana Roo, México.
37. Mendonca HF, AL Ferreira, CB Santos, HR Rezende, GE Ferreira, GR Leite, A Falqueto. 2011. Breeding sites of *Aedes aegypti* in metropolitan vacant lots in Greater Vitoria, State of Espirito Santo, Brazil. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*. 44: 243-246.
38. Mendoza, Maria Guadalupe & Contreras servin, Carlos & Hernández, Claudia. 2016. COLECCIÓN SALUD HUMANA Vigilancia sindrómica y alerta epidemiológica GEOMEDICINA Y LA TECNOLOGÍA ESPACIAL APLICADA AL CASO DE LOS VECTORES EN SALUD HUMANA.
39. Monath, T. P. 1994. Dengue: The risk to developed and developing countries. In *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* (Vol. 91).
40. Morin, C. W., Comrie, A. C., y Ernst, K. 2013. Climate and dengue transmission: Evidence and implications. In *Environmental Health Perspectives* (Vol. 121, Issues 11–12, pp. 1264–1272). <https://doi.org/10.1289/ehp.1306556>
41. Morrison AC, M Sihuincha, JD Stancil, E Zamora, H Astete, JG Olson, C Vidal-Ore, TW Scott. 2006. *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) production from non- residential sites in the Amazonian city of Iquitos, Peru. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology*. 100 Suppl 1: S73-S86.
42. Mouchet J, Carnevale P. 1997. Impact of changes in the environment on vector-transmitted diseases. *Sante* 7:263–269 in French.
43. Najmul Haider, Mohammad Nayeem Hasan, Joshua Onyango, Masum Billah, Sakirul Khan, Danai Papakonstantinou, Priyamvada Paudyal, Md Asaduzzaman. 2025. Global dengue epidemic worsens with record 14 million cases and 9000 deaths reported in 2024, *International Journal of Infectious Diseases*, Volume 158, 107940, ISSN 1201-9712, <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2025.107940>.

44. Norris, D. E. 2004. Mosquito-borne Diseases as a Consequence of Land Use Change. *EcoHealth*, 1(1), 19–24. <https://doi.org/10.1007/s10393-004-0008-7>
45. O.M.S.2019. Organización Mundial de la Salud. Disponible en: <https://www.who.int/denguecontrol/controlstrategies/es/>
46. OPS, OMS. Dengue. Guías para el diagnóstico, tratamiento, prevención y control. 2010. Nueva Edición, 2009. OMS y TDR. La Paz, Bolivia: OPS/OMS; ISBN: 978-999 54-792-1-3
47. Ordoñez-Sierra, R., Mastachi-Loza, C. A., Díaz-Delgado, C., Cuervo-Robayo, A. P., Ortiz, C. R. F., Gómez-Albores, M. A., y Torres, I. M. 2020. Spatial Risk Distribution of Dengue Based on the Ecological Niche Model of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in the Central Mexican Highlands. *Journal of Medical Entomology*, 57(3), 728–737. <https://doi.org/10.1093/jme/tjz244>
48. Padilla-Monroy, S., y Amezcua-Jiménez, A. 2024. Panorama epidemiológico de dengue 2024. gob.mx. <https://www.gob.mx/salud/documentos/panorama-epidemiologico-de-dengue-2024>
49. Peña-García, V. H., Triana-Chávez, O., Mejía-Jaramillo, A. M., Díaz, F. J., Gómez-Palacio, A., y Arboleda-Sánchez, S. 2016. Infection rates by dengue virus in mosquitoes and the influence of temperature may be related to different endemicity patterns in three Colombian cities. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(7). <https://doi.org/10.3390/ijerph13070734>
50. Pernalet, M. E., Flores, K., Pulido, N., Camacho, D., Pérez-Ybarra, L., y Herrera, F. 2020. Co-circulación viral de Dengue y Chikungunya en mosquitos *Aedes aegypti* infectados naturalmente en Venezuela: Vol. LX (Issue 1).
51. Ramasamy R, De Alwis R, Wijesundere A, Ramasamy MS. 1992. Malaria transmission at a new irrigation project in Sri Lanka: the emergence of *Anopheles annularis* as a major vector. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 47:547553
52. Ramírez-González, J. D. 2020. Identificación de especies del género *Aedes* (Diptera; Culicidae) y detección de infección por Arbovirus (CHIKV, DENV, MAYV, ZIKV) circulantes en tres municipios de Arauca, Colombia.
53. Richman, R., Diallo, D., Diallo, M., Sall, A. A., Faye, O., Diagne, C. T., Dia, I., Weaver, S. C., Hanley, K. A., y Buenemann, M. 2018. Ecological niche modeling of *Aedes* mosquito vectors of chikungunya virus in southeastern Senegal. *Parasites and Vectors*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/s13071-018-2832-6>
54. Rueda, L. M. 2008. Global diversity of mosquitoes (Insecta: Diptera: Culicidae) in freshwater. In *Hydrobiologia* (Vol. 595, Issue 1, pp. 477–487). <https://doi.org/10.1007/s10750-007-9037-x>
55. Russell BM, McBride WJH, Mullner H, Kay BH .2002. Epidemiological significance of subterranean *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) breeding sites to dengue virus infection in Charters Towers, 1993. *Journal of Medical Entomology*, 39:143–145
56. Sallam, M. F., Xue, R. De, Pereira, R. M., y Koehler, P. G. 2016. Ecological niche modeling of mosquito vectors of West Nile virus in St. John's County, Florida, USA. *Parasites and Vectors*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/s13071-016-1646-7>
57. Sánchez-Amézquita, A. C., y Posada-Buitrago, M. L. 2022. Impacto del cambio climático en los vectores *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* y su importancia en su distribución geográfica en Colombia.
58. Simmonds, P., Becher, P., Bukh, J., Gould, E. A., Meyers, G., Monath, T., Muerhoff, S., Pletnev, A., Rico-Hesse, R., Smith, D. B., y Stapleton, J. T.

2017. ICTV virus taxonomy profile: Flaviviridae. *Journal of General Virology*, 98(1), 2–3. <https://doi.org/10.1099/jgv.0.000672>
59. Torres GI, Cortés PD, Becker I, 2014. Dengue en México: análisis de dos décadas. *Gac Med Mex*, 150 (2):1-6
60. Troyo A, Fuller DO, Calderon-Arguedas O, Solano ME, Beier JC. 2009. Urban structure and dengue fever in Puntarenas, Costa Rica. *Singap J Trop Geogr*, 30:265–282.
61. Troyo A, O Calderon-Arguedas, DO Fuller, ME Solano, A. Avendano, KL. Arheart, DD Chadee, JC Beier. 2008. Seasonal profiles of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) larval habitats in an urban area of Costa Rica with a history of mosquito control. *Journal of Vector Ecology*. 33: 76-88.
62. Van Benthem BHB, Vanwambeke SO, Khantikul N, Burghoorn Maas C, Panart K, Oskam L, et al. 2005. Spatial patterns of and risk factors for seropositivity for dengue infection. *Am J Trop Med Hyg*, 72:201–208.
63. Vasconcelos PFC, Travassos da Rosa APA, Rodrigues SG, Travassos da Rosa ES, De'gallier N, Travassos da Rosa JFS. 2001. Inadequate management of natural ecosystem in the Brazilian Amazon region results in the emergence and reemergence of arboviruses. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro 17(Suppl):155–164
64. Vaughn DW, Barrat A, Solomon T. 2010. Flavivirus (yellow fever, dengue, dengue hemorrhagic fever, Japanese encephalitis, West Nile encephalitis, St Louis encephalitis, tick-borne encephalitis. In: *Mendell Infectious Diseases and their Etiologic Agents*. 7th ed. Elsevier; pp. 2133-2156.
65. Vezzani D, N Schweigmann. 2002. Suitability of containers from different sources as breeding sites of *Aedes aegypti* (L.) in a cemetery of Buenos Aires City, Argentina. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*. 97: 789-792.
66. Walsh JF, Molyneux DH, Birley MH (1993) Deforestation: effects on vector-borne disease. *Parasitology*, 106(Suppl):S55–S75
67. Wang, Y., Yim, S. H. L., Yang, Y., y Morin, C. W. 2020. The effect of urbanization and climate change on the mosquito population in the Pearl River Delta region of China. *International Journal of Biometeorology*, 64(3), 501–512. <https://doi.org/10.1007/s00484-019-01837-4>
68. Wilke, A. B. B., Vasquez, C., Carvajal, A., Moreno, M., Diaz, Y., Belledent, T., Gibson, L., Petrie, W. D., Fuller, D. O., & Beier, J. C. 2020. Cemeteries in Miami-Dade County, Florida are important areas to be targeted in mosquito management and control efforts. *PLoS ONE*, 15(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230748>
69. Wilke, A. B. B., Vasquez, C., Carvajal, A., Moreno, M., Fuller, D. O., Cardenas, G., Petrie, W. D., y Beier, J. C. 2021. Urbanization favors the proliferation of *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus* in urban areas of Miami-Dade County, Florida. *Scientific Reports*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-02061-0>
70. Wood, D.M & Borkent, A. 1989. Phylogeny and classification of the Nematocera, pp. 1333–1370. In: McAlpine, J.F. & Wood, D.M. (Eds), *Manual of Nearctic Diptera*. Vol. 3. Research Branch Agriculture Canada Monograph No. 32, Canadian Government Publishing Centre, Hull, Quebec.
71. Yañez-Arenas, C., Rioja-Nieto, R., Martín, G. A., Dzúl-Manzanilla, F., Chiappa-Carrara, X., Buenfil-Ávila, A., Manrique-Saide, P., Correa-Morales, F., Díaz-Quirón, J. A., Pérez-Rentería, C., Ordoñez-Álvarez, J., Vázquez-Prokopec, G., y Huerta, H. 2018. Characterizing environmental suitability of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in Mexico based on regional and global niche models. In *Journal of Medical Entomology* (Vol. 55, Issue 1, pp. 69–77). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/jme/tjx185>



FÁRMACOS RESIDUALES EN CUERPOS DE AGUA: UNA NOTA SOBRE RIESGOS ECOLÓGICOS Y REMOCIÓN CON QUITOSANO

PHARMACEUTICAL RESIDUES IN BODIES OF WATER: A NOTE ON ECOLOGICAL RISKS AND REMOVAL WITH CHITOSAN

Kenia G. Felix-Sagaste¹

Orcid: 0009-0002-7626-5147

Anette López-Guardado²

Orcid: 0009-0007-8926-1344

Gonzalo De-Paz-Arroyo^{*1,3}

Orcid: 0009-0003-2241-7472

Gonzalo.paz@uas.edu.mx

Lorenzo A. Picos-Corrales^{1,3}

Orcid: 0000-0001-9029-2614

José P. Ruelas-Leyva⁴

Orcid: 0000-0002-5667-2602

Ana M. Morales-Burgos⁴

Orcid: 0000-0001-9489-2975

Miguel A. Cruz-Carrillo³

Orcid: 0000-0002-2456-2951

Josué A. Rodríguez-Mercado^{3,5}

Orcid: 0009-0002-0856-4946

¹ Facultad de Biología, Universidad Autónoma de Sinaloa, Ciudad Universitaria, Culiacán 80013, Sinaloa México.

² División de Ciencias Naturales y Exactas (DCNE), Universidad de Guanajuato, Guanajuato 36050, Gto México.

³ Facultad de Ingeniería Culiacán, Universidad Autónoma de Sinaloa, Ciudad Universitaria, Culiacán 80013, Sinaloa México.

⁴ Facultad de Ciencias Químico Biológicas, Universidad Autónoma de Sinaloa, Ciudad Universitaria, Culiacán 80013, Sinaloa México.

⁵ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Sinaloa, Boulevard San Ángel S/N, Fraccionamiento San Benito, Culiacán 80246, Sinaloa México

Recibido: 10 de noviembre de 2025

Aceptado: 09 de diciembre de 2025

*Autor por correspondencia.

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original.

Acta Biológica Mexicana Revista de la Facultad de Biología Vol. 2, Núm.3, ISSN (en trámite)

FÁRMACOS RESIDUALES EN CUERPOS DE AGUA: UNA NOTA SOBRE RIESGOS ECOLÓGICOS Y REMOCIÓN CON QUITOSANO

PHARMACEUTICAL RESIDUES IN BODIES OF WATER: A NOTE ON ECOLOGICAL RISKS AND REMOVAL WITH CHITOSAN

Felix-Sagaste Kenia G., López-Guardado Anette, De-Paz-Arroyo Gonzalo, Picos-Corrales Lorenzo A., Ruelas-Leyva José P., Morales-Burgos Ana M., Cruz-Carrillo Miguel A., Rodriguez-Mercado Josué A.

Resumen

La presencia de fármacos residuales en cuerpos de agua representa un riesgo ecológico emergente debido a su persistencia y limitada remoción en plantas de tratamiento. Recientes investigaciones han demostrado la presencia de altas concentraciones de fármacos residuales, como diclofenaco, ibuprofeno, carbamazepina, ciprofloxacino, tetraciclina, triclosán y metformina en distintos cuerpos de agua alrededor del mundo, lo cual representa un riesgo ecológico que atenta contra la salud humana y animal. Por lo tanto, es indispensable investigar estrategias más eficientes y amigables con el medio ambiente para el tratamiento del agua empleando el uso de materiales biodegradables como es el caso del quitosano y sus derivados los cuales han demostrado altas eficiencias de remoción de fármacos mediante mecanismos tecnológicamente sencillos y económicos como lo es la floculación y adsorción.

Palabras clave: Fármacos residuales, contaminación del agua, tratamiento de aguas, quitosano.

Abstract

The presence of residual pharmaceuticals in aquatic environments constitutes an emerging ecological risk due to their persistence and the limited efficiency of conventional treatment plants in removing them. Recent research has demonstrated the presence of high concentrations of residual pharmaceuticals, such as diclofenac, ibuprofen, carbamazepine, ciprofloxacin, tetracycline, triclosan, and metformin, in various bodies of water around the world. This triggers an ecological risk that threatens human and animal health. Therefore, it is essential to investigate more efficient and environmentally friendly strategies regarding water treatment, employing biodegradable materials such as chitosan and its derivatives. These materials have demonstrated high drug removal efficiencies through technologically simple and economical mechanisms such as flocculation and adsorption.

Keywords: Chitosan, residual drugs, water pollution, water treatment.

Introducción

Los fármacos en el medio ambiente son contaminantes emergentes importantes en las aguas superficiales a nivel mundial. Este problema surge de un consumo elevado fomentado por una administración indiscriminada, así como una eliminación ineficiente en las plantas municipales de tratamiento de aguas residuales. Además, en algunas regiones todavía se produce un vertido inadecuado de aguas residuales domésticas sin tratar al medio ambiente (Herbig, 2019; Pérez-Coyotl et al., 2019). Naturalmente, la concentración de estos compuestos químicos en los cuerpos de agua ha aumentado durante los últimos años, lo que incrementa continuamente el riesgo potencial para la flora y fauna autóctonas, y podría en última instancia, afectar la salud de la población a través de la cadena alimenticia (Bilal et al., 2020). Se ha demostrado la contaminación por productos farmacéuticos en muestras de ríos, lagos, aguas subterráneas, pozos de agua potable, y agua del grifo en varios países. Algunos de estos fármacos son ciprofloxacino, tetraciclina, trimetoprima, ibuprofeno, naproxeno, ácido acetilsalicílico, diazepam, carbamazepina, y triclosán, entre otros, siendo los antibióticos y analgésicos los más frecuentemente identificados (Patel et al., 2019). En este contexto realizar más estudios de identificación y cuantificación de fármacos en cuerpos de agua, así como también evaluar la remoción de estos usando nuevos materiales amigables con el medio ambiente

que contribuyan a establecer concentraciones permisibles para el uso y consumo doméstico del agua.

Riesgo ecológico por fármacos residuales

En países como México, el uso de aguas residuales es un riesgo para comunidades, organismos vivos y el ecosistema, se ha documentado que su uso en el riego agrícola puede aumentar la presencia de malestares gastrointestinales en comunidades expuestas (Contreras et al., 2017), contaminando los cultivos de cereales que mantienen bajas concentraciones del residuo (de Santiago-Martín et al., 2020). Así como en peces, los cuales lo acumulan o presentan un daño celular y genético en individuos juveniles (*Cyprinus carpio*) (Pravdová et al., 2020; Pérez-Coyotl et al., 2019), afectando en la actividad metabólica microbiana del suelo (Pino-Otín et al., 2017). Además, la presencia de los residuos de manera estacional en ríos, con agua destinada para consumo humano, podría estar relacionada con brotes de enfermedades infecciosas (Hong et al., 2020).

Fármacos detectados en cuerpos de agua

El monitoreo adecuado y la remediación de efluentes clave son tareas importantes a nivel mundial, en estudios relacionados con productos farmacéuticos como contaminantes del agua se consi-

sidera su concentración, la vida media en el medio acuático o en sistemas agua-sedimento, el pKa y el coeficiente de partición octanol-agua logarítmico ($\log K_{OW}$). Además de antibióticos, analgésicos y otros fármacos, se ha cuantificado cafeína en concentraciones relativamente altas en las aguas residuales de entrada de plantas de tratamiento de aguas residuales (Paíga et al., 2019). En cuanto a su estabilidad, algunas moléculas presentan una larga vida media antes de su degradación en el medio ambiente, lo que se asocia a su estructura química estable. Además, las propiedades relacionadas con la estructura molecular son factores que influyen en la eficacia del proceso de eliminación. En general, las interacciones entre la molécula diana y un agente secuestrante (floculantes, membranas o micro/nanopartículas) dependen del pH del sistema acuoso. Cuanto menor sea el $\log K_{OW}$, mayor será la solubilidad de la sustancia en agua (Xu et al., 2021). Por lo tanto, el pKa y el $\log K_{OW}$ de un fármaco influyen en su lipofilicidad, solubilidad y unión molecular (Patel et al., 2019; Xu et al., 2021).

Estrategias para remoción de fármacos residuales

Los métodos que utilizan materiales obtenidos de fuentes renovables representan enfoques prometedores para la protección del medio ambiente y la seguridad de la salud humana (Barclay et al., 2019; Maćczak et al., 2020; Ruelas-Leyva y Picos-Corrales, 2020). Hasta la fecha, la comunidad científica que tra-

baja en esta necesidad específica del tratamiento de aguas ha propuesto diversas estrategias (como procesos de adsorción, coagulación/floculación, filtración y reacciones fotocatalíticas, entre otras) y materiales (como biopolímeros: quitosano, alginato, almidón y celulosa) para la eliminación de residuos de fármacos (Taoufik et al., 2020; Urbano et al., 2020; Wang y Wang, 2016).

Eliminación de residuos de fármacos del agua mediante materiales a base de quitosano

Los materiales basados en quitosano destacan como alternativas prometedoras para la remediación de agua debido a sus grupos funcionales ($-OH$ y $-NH_2$), que facilitan la retención de contaminantes, y a la posibilidad de modificar químicamente este polisacárido para obtener copolímeros copolímeros de injerto, complejos polielectrolíticos, nanopartículas (NPs) y materiales fibrosos (NFs). En este sentido, el quitosano se ha estudiado ampliamente para el diseño de floculantes, adsorbentes y membranas (Dutta y De, 2017; Kumari et al., 2019; Lichtfouse et al., 2019). Su desempeño depende del pH, ya que el quitosano es estable y cargado positivamente a $pH < 6$, mientras que cerca de su punto isoeléctrico ($pH 7-8$) las interacciones electrostáticas dismi-

nuyen (Picos-Corrales et al., 2020). En comparación con otros biopolímeros, el quitosano muestra mayor eficiencia en la eliminación de cefoperazona, diclofenaco, dipirona y tetraciclina debido a la reactividad de sus grupos amino y a la variedad de interacciones posibles según el pH (Desbrières y Guibal, 2018; Carvalho et al., 2011; Caroni et al., 2009). También ha demostrado eficiencias cercanas al 60 % en la remoción de ciprofloxacino en diferentes condiciones de pH (Hermosillo-Ochoa et al., 2021) y un desempeño comparable o superior al policloruro de aluminio en floculación, eliminación de iones de metales pesados y reducción de turbidez (Picos-Corrales et al., 2020; Ruelas-Leyva et al., 2017). Además, materiales derivados como compuestos magnéticos, polielectrolito de quitosano alquilado, nanopartículas de hierro y nanofibras de quitosano, han mostrado altas capacidades de adsorción para diclofenaco, tetraciclina, amoxicilina, ciprofloxacina y otros fármacos (Zhang et al., 2016; Palacio et al., 2020; ALOthman et al., 2020; Niragire et al., 2023).

Conclusiones

El uso excesivo de medicamentos contribuye significativamente a la contaminación del agua, pues las plantas tratadoras de aguas residuales no tienen capacidad para eliminar este tipo de contaminantes, es decir, los efluentes de estas plantas tratadoras son uno de los principales focos de contaminación de

cuerpos de agua (p. ej. ríos). Una de las alternativas de remoción de estos contaminantes emergentes utilizar materiales amigables con el medio ambiente como lo es el quitosano, junto con programas sociales enfocados en la concientización del manejo adecuado para evitar los daños en la flora, fauna y la salud humana.

Agradecimientos

Kenia G. Felix-Sagaste (CVU:985631), Gonzalo de-Paz-Arroyo (CVU: 1037532), Anette López-Guardado (CVU:2160115) y Josué A. Rodríguez-Mercado (CVU:2037461) agradecen a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) de México por la Beca otorgada.

Referencias

1. ALothman, Z. A., Badjah, A. Y., Alharbi, O. M. L., & Ali, I. 2020. Synthesis of chitosan composite iron nanoparticles for removal of diclofenac sodium drug residue in water. *International Journal of Biological Macromolecules*, 159, 870–876. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.05.154>
2. Barclay, T.G., Day, C.M., Petrovsky, N., Garg, S., 2019. Review of polysaccharide particle-based functional drug delivery. *Carbohydr. Polym.* 221, 94–112. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.05.067>
3. Bilal, M., Mehmood, S., Rasheed, T., Iqbal, H.M.N., 2020. Antibiotics traces in the aquatic environment: persistence and adverse environmental impact. *Curr. Opin. Environ. Sci. Heal.* 13, 68–74. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2019.11.005>
4. Caroni, A.L.P.F., de Lima, C.R.M., Pereira, M.R., Fonseca, J.L.C., 2009. The kinetics of adsorption of tetracycline on chitosan particles. *J. Colloid Interface Sci.* 340, 182–191. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2009.08.016>
5. Carvalho, T.O., Matias, A.E.B., Braga, L.R., Evangelista, S.M., Prado, A.G.S., 2011. Calorimetric studies of removal of nonsteroidal anti-inflammatory drugs diclofenac and dipyrone from water. *J. Therm. Anal. Calorim.* 106, 475–481. <https://doi.org/10.1007/s10973-010-1243-5>
6. Contreras, J.D., Meza, R., Siebe, C., Rodríguez-Dozal, S., López-Vidal, Y.A., Castillo-Rojas, G., Amieva, R.I., Solano-Gálvez, S.G., Mazari-Hiriart, M., Silva-Magaña, M.A., Vázquez-Salvador, N., Rosas Pérez, I., MartínezRomero, L., Salinas Cortez, E., Riojas-Rodríguez, H., Eisenberg, J.N.S., 2017. Health risks from exposure to untreated wastewater used for irrigation in the Mezquital Valley, Mexico: A 25-year update. *Water Res.* 123, 834–850. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.06.058>
7. de Santiago-Martín, A., Meffe, R., Teijón, G., Martínez Hernández, V., López-Heras, I., Alonso Alonso, C., Arenas Romasanta, M., de Bustamante, I., 2020. Pharmaceuticals and trace metals in the surface water used for crop irrigation: Risk to health or natural attenuation? *Sci. Total Environ.* 705, 135825. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135825>
8. Desbrières, J., Guibal, E., 2018. Chitosan for wastewater treatment. *Polym. Int.* 67, 7–14. <https://doi.org/10.1002/pi.5464>
9. Dutta, K., De, S., 2017. Smart responsive materials for water purification: An overview. *J. Mater. Chem. A* 5, 22095–22112. <https://doi.org/10.1039/c7ta07054c>
10. Hena, S., Gutierrez, L., Croué, J.P., 2021. Removal of pharmaceutical and personal care products (PPCPs) from wastewater using microalgae: A review. *J. Hazard. Mater.* 403, 124041. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124041>
11. Hena, S., Gutierrez, L., Croué, J.P., 2021. Removal of pharmaceutical and personal care products (PPCPs) from wastewater using microalgae: A review. *J. Hazard. Mater.* 403, 124041. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124041>
12. Herbig, F.J.W., 2019. Talking dirty - effluent and sewage irreverence in South Africa: A conservation crime perspective. *Cogent Soc. Sci.* 5, 1701359. <https://doi.org/10.1080/23311886.2019.1701359>
13. Hermosillo-Ochoa, E., Picos-Corrales, L.A., Licea-Claverie, A., 2021. Eco-friendly flocculants from chitosan grafted with PNVCL and PAAc: Hybrid materials with enhanced removal properties for water remediation. *Sep. Purif. Technol.* 258, 118052. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.118052>

14. Hermosillo-Ochoa, E., Picos-Corrales, L.A., Licea-Claverie, A., 2021. Eco-friendly flocculants from chitosan grafted with PNVCL and PAAc: Hybrid materials with enhanced removal properties for water remediation. *Sep. Purif. Technol.* 258, 118052. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.118052>
15. Hong, B., Yu, S., Niu, Y., Ding, J., Lin, Q., Lin, X., Hu, W., 2020. Spectrum and environmental risks of residual pharmaceuticals in stream water with emphasis on its relation to epidemic infectious disease and anthropogenic activity in watershed. *J. Hazard. Mater.* 385, 121594. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121594>
16. Khaligh, N.G., Johan, M.R., 2019. Recent Advances in Water Treatment Using Graphene-based Materials. *Mini. Rev. Org. Chem.* 17, 74–90. <https://doi.org/10.2174/1570193x16666190516114023>
17. Kumari, P., Alam, M., Siddiqi, W.A., 2019. Usage of nanoparticles as adsorbents for waste water treatment: An emerging trend. *Sustain. Mater. Technol.* 22, e00128. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2019.e00128>
18. Lichtfouse, E., Morin-Crini, N., Fourmentin, M., Zemmouri, H., do Carmo Nascimento, I.O., Queiroz, L.M., Tadza, M.Y.M., Picos-Corrales, L.A., Pei, H., Wilson, L.D., Crini, G., 2019. Chitosan for direct bioflocculation of wastewater. *Environ. Chem. Lett.* 17, 1603–1621. <https://doi.org/10.1007/s10311-019-00900-1>
19. Maćczak, P., Kaczmarek, H., Ziegler-Borowska, M., 2020. Recent achievements in polymer bio-based flocculants for water treatment. *Materials* (Basel). 13, 3951. <https://doi.org/10.3390/ma13183951>
20. Niragire, H., Kebede, T. G., Dube, S., Maaza, M., & Nindi, M. M. 2023. Chitosan-based electrospun nanofibers mat for the removal of acidic drugs from influent and effluent. *Chemical Engineering Communications*, 210(9), 1485–1507. <https://doi.org/10.1080/00986445.2022.2116321>
21. Niragire, H., Kebede, T. G., Dube, S., Maaza, M., & Nindi, M. M. 2023. Chitosan-based electrospun nanofibers mat for the removal of acidic drugs from influent and effluent. *Chemical Engineering Communications*, 210(9), 1485–1507. <https://doi.org/10.1080/00986445.2022.2116321>
22. Paíga, P., Correia, M., Fernandes, M.J., Silva, A., Carvalho, M., Vieira, J., Jorge, S., Silva, J.G., Freire, C., Delerue-Matos, C., 2019. Assessment of 83 pharmaceuticals in WWTP influent and effluent samples by UHPLC-MS/MS: Hourly variation. *Sci. Total Environ.* 648, 582–600. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.129>
23. Palacio, D. A., Becerra, Y., Urbano, B. F., & Rivas, B. L. 2020. Antibiotics removal using a chitosan-based polyelectrolyte in conjunction with ultrafiltration membranes. *Chemosphere*, 258, 127416. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127416>
24. Patel, M., Kumar, R., Kishor, K., Mlsna, T., Pittman, C.U., Mohan, D., 2019. Pharmaceuticals of emerging concern in aquatic systems: Chemistry, occurrence, effects, and removal methods. *Chem. Rev.* 119, 3510–3673. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.8b00299>
25. Pérez-Coyotl, I., Galar-Martínez, M., García-Medina, S., Gómez-Oliván, L.M., Gasca- Pérez, E., Martínez-Galero, E., Islas-Flores, H., Pérez-Pastén, B.R., Barceló, D., López de Alda, M., Pérez-Solsona, S., Serra-Roig, M.P., Montemurro, N., Peña-Herrera, J.M., Sánchez-Aceves, L.M., 2019. Polluted water from an urban reservoir (Madín dam, México) induces toxicity and oxidative stress in *Cyprinus carpio* embryos. *Environ. Pollut.* 251, 510–521. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.04.095>

21. Picos-Corrales, L.A., Sarmiento-Sánchez, J.I., Ruelas-Leyva, J.P., Crini, G., Hermosillo-Ochoa, E., Gutierrez-Montes, J.A., 2020. Environment-Friendly Approach toward the Treatment of Raw Agricultural Wastewater and River Water via Flocculation Using Chitosan and Bean Straw Flour as Bioflocculants. *ACS Omega* 5, 3943–3951.
<https://doi.org/10.1021/acsomega.9b03419>
22. Pino-Otín, M.R., Muñiz, S., Val, J., Navarro, E., 2017. Effects of 18 pharmaceuticals on the physiological diversity of edaphic microorganisms. *Sci. Total Environ.* 595, 441–450.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.04.002>
23. Pravdová, M., Kolářová, J., Grabicová, K., Mikl, L., Bláha, M., Randák, T., Kvach, Y., Jurajda, P., Ondračková, M., 2020. Associations between pharmaceutical contaminants, parasite load and health status in brown trout exposed to sewage effluent in a small stream. *Ecohydrol. Hydrobiol.*
<https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2020.09.001>
24. Ruelas-Leyva, J.P., Contreras-Andrade, I., Sarmiento-Sánchez, J.I., Licea-Claverie, A., Jiménez-Lam, S.A., Cisterna-Madrigal, Y.G., Picos-Corrales, L.A., 2017. The Effectiveness of *Moringa oleifera* Seed Flour and Chitosan as Coagulant-Flocculants for Water Treatment. *Clean - Soil, Air, Water* 45, 1600339.
<https://doi.org/10.1002/clen.201600339>
25. Ruelas-Leyva, J.P., Picos-Corrales, L.A., 2020. Lactides and Lactones Yielding Eco-Friendly and Biocompatible Polymers by Metal-Catalyzed Ring-Opening Polymerization. *Mini. Rev. Org. Chem.*
<https://doi.org/10.2174/1570193x17999201006200429>
26. Tahrani, L., Mehri, I., Reynolds, T., Anthonissen, R., Verschaeve, L., Khalifa, A.B.H., Van Looy, J., Abdenaceur, H., Mansour, H. Ben, 2018. UPLC-MS/MS analysis of antibiotics in pharmaceutical effluent in Tunisia: ecotoxicological impact and multi-resistant bacteria dissemination. *Arch. Microbiol.* 200, 553–565.
<https://doi.org/10.1007/s00203-017-1467-x>
27. Taoufik, N., Boumya, W., Janani, F.Z., Elhalil, A., Mahjoubi, F.Z., Barka, N., 2020. Removal of emerging pharmaceutical pollutants: A systematic mapping study review. *J. Environ. Chem. Eng.* 8, 104251.
<https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104251>
28. Urbano, B.F., Bustamante, S., Palacio, D.A., Vera, M., Rivas, B.L., 2020. Polymer supports for the removal and degradation of hazardous organic pollutants: an overview. *Polym. Int.* 69, 333–345.
<https://doi.org/10.1002/pi.5961>
29. Wang, J., Wang, S., 2016. Removal of pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) from wastewater: A review. *J. Environ. Manage.* 182, 620–640.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.07.049>
30. Xu, L., Zhang, H., Xiong, P., Zhu, Q., Liao, C., Jiang, G., 2021. Occurrence, fate, and risk assessment of typical tetracycline antibiotics in the aquatic environment: A review. *Sci. Total Environ.* 753, 141975.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141975>
31. Zhang, S., Dong, Y., Yang, Z., Yang, W., Wu, J., & Dong, C. 2016. Adsorption of pharmaceuticals on chitosan-based magnetic composite particles with core-brush topology. *Chemical Engineering Journal*, 304, 325–334.
<https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.06.087>



PRIMER REGISTRO DE MARGAY *Leopardus wiedii* (CARNIVORA: FELIDAE) EN SANTA MARÍA DEL ORO, NAYARIT, MÉXICO

FIRST RECORD OF MARGAY *Leopardus wiedii*
(CARNIVORA: FELIDAE) IN SANTA MARÍA DEL ORO,
NAYARIT, MEXICO

Jesús Alberto Loc-Barragán¹

Orcid: 0000-0001-6851-054X

Elías A. Arcadia-Moreno²

Orcid: 0009-0001-2508-1340

Samuel Figueroa-Acosta²

Orcid: 0009-0004-5407-183X

Héctor A. Castro-Bastidas*³

Orcid: 0000-0002-6448-5639

salamander@cejus.edu.mx

¹ Ciencia Conservación y Desarrollo de las Comunidades (CICODEC) A.C., Tepic 63066, Nayarit, Mexico.

² Centinelas del Río Mololoa, La Labor, Santa María del Oro, Nayarit, 63835, Mexico.

³ Posgrado en Ciencias Aplicadas al Aprovechamiento de los Recursos Naturales, Centro de Estudios “Justo Sierra” (CEJUS), Badiraguato 80600, Sinaloa, Mexico.

*Autor de correspondencia

Recibido: 22 de diciembre de 2025

Aceptado: 23 de diciembre de 2025

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original.

Acta Biológica Mexicana Revista de la Facultad de Biología Vol. 2, Núm.3, ISSN (en trámite)

PRIMER REGISTRO DE MARGAY *LEOPARDUS WIEDII* (CARNIVORA: FELIDAE) EN SANTA MARÍA DEL ORO, NAYARIT, MÉXICO

FIRST RECORD OF MARGAY *Leopardus wiedii* (CARNIVORA: FELIDAE) IN SANTA MARÍA DEL ORO, NAYARIT, MEXICO

Jesús Alberto Loc-Barragán, Elías A. Arcadia-Moreno, Samuel Figueroa-Acosta, Héctor A. Castro-Bastidas

Resumen

Se confirma la presencia de margay (*Leopardus wiedii*) en el municipio de Santa María del Oro, Nayarit, México. El registro fotográfico se obtuvo mediante cámara trampa a 1,187 m s.n.m., en bosque tropical caducifolio. Este representa el noveno registro confirmado de la especie en Nayarit y el primer registro para Santa María del Oro, extendiendo su distribución conocida hacia el sureste del estado, en la provincia de la Faja Volcánica Mexicana.

Palabras clave: Bosque tropical caducifolio, Ciencia Ciudadana, Distribución, Faja Volcánica Mexicana, Tigrillo

Abstract

The presence of margay (*Leopardus wiedii*) is confirmed for the municipality of Santa María del Oro, Nayarit, Mexico. The photographic record was obtained using a camera trap at 1,187 m a.s.l., in tropical deciduous forest. This represents the ninth confirmed record of the species in Nayarit and the first for Santa María del Oro, extending its known distribution to the southeast of the state within the Mexican Volcanic Belt province.

Keywords: Citizen science, Distribution, Mexican Volcanic Belt, Tigrillo, Tropical deciduous forest

Introduction

The margay, *Leopardus wiedii* Schinz, 1821 (Carnivora: Felidae), is one of six wild felid species present in Mexico (the jaguarundi, *Herpailurus yagouaroundi*, the ocelot *Leopardus pardalis*, the bobcat *Lynx rufus*, the puma *Puma concolor*, and the emblematic jaguar *Panthera onca*; Ceballos & Oliva, 2005). The International Union for Conservation of Nature (IUCN) categorizes it as "Near Threatened" (NT) (Oliveira et al., 2015), while NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF, 2019) classifies it as "Endangered" (P). The species primarily inhabits tropical and subtropical areas of the Pacific slope, from Sonora to Chiapas, and the Gulf, from Nuevo León and Tamaulipas to the Yucatan Peninsula (Ceballos & Oliva, 2005). Its known altitudinal range extends from sea level to 2,750 m a.s.l. (Aranda & Valenzuela-Galván, 2015). It is the second most vulnerable felid in Mexico, with declining populations due mainly to the conversion of forested habitats to agricultural areas and other anthropogenic activities (Aranda & Valenzuela-Galván, 2015; Oliveira et al., 2015).

Despite its wide distribution in Mexico, there is little information about the presence of the margay in Nayarit. Currently, eight confirmed records have been documented in the state: the first record was reported by Tapia-Ramírez et al. (2013) in the municipality of Ruíz; subsequently, the National Commission of Natural Protected Areas (SEMARNAT-CONANP, 2013) documented its presence in

the Marismas Nacionales Biosphere Reserve, municipality of Rosamorada; Luja and Zamudio (2019) contributed the five record for the municipality of Xalisco; and three additional records have been documented through the citizen science platform iNaturalistMX in the municipalities of San Blas (iNaturalistMX: 2610047), Bahía de Banderas (iNaturalistMX: 83167783), Compostela (iNaturalistMX: 3307483146, 2242747168 and 3314241666), San Pedro Lagunillas (iNaturalistMX: 3881360797) and La Yesca (iNaturalistMX: 106920329). These records have contributed to knowledge of the state's mammal fauna (Arroyo-Cabrales et al., 2015; Ramírez-Silva et al., 2016; Ramírez-Silva & Hernández-Cadena, 2025).

This work reports for the first time the presence of the margay (*L. wiedii*) in the municipality of Santa María del Oro, Nayarit, expanding its known distribution area toward the southeast of the state in the Trans-Mexican Volcanic Belt province. The photographic record of *L. wiedii* (Figure 1) was obtained on June 30, 2022 at night in Manantial de Acuña, ejido La Labor, municipality of Santa María del Oro, Nayarit, Mexico (Figure 2; 21.342926° N, -104.714019° W; datum WGS 84; 1,187 m a.s.l.). The photograph was captured using a Browning Strike Force HD camera trap, installed as part of a riparian wildlife monitoring campaign in

the upper part of the Mololoa River basin. The site's habitat corresponds to tropical deciduous forest adjacent to the mountainous region of the Mexican Neo-Volcanic Axis province (Cervantes-Zamora et al., 1990). The record was deposited on the iNaturalistMX platform with observation number 128498364.

A photographic record of an adult individual of *L. wiedii* was obtained (Figure 1). This represents the ninth confirmed record of the species in Nayarit (Figure 2) and the first for the municipality of Santa María del Oro.

The record site is located approximately 12 km southeast (straight line) from the nearest record reported by Luja and Zamudio (2019) at La Montaña Natural Park, ejido La Curva, municipality of Xalisco.

This new record is relevant because it expands the known distribution area of the margay toward southeastern Nayarit, specifically in the Trans-Mexican Volcanic Belt province, a region where the species had been poorly documented.

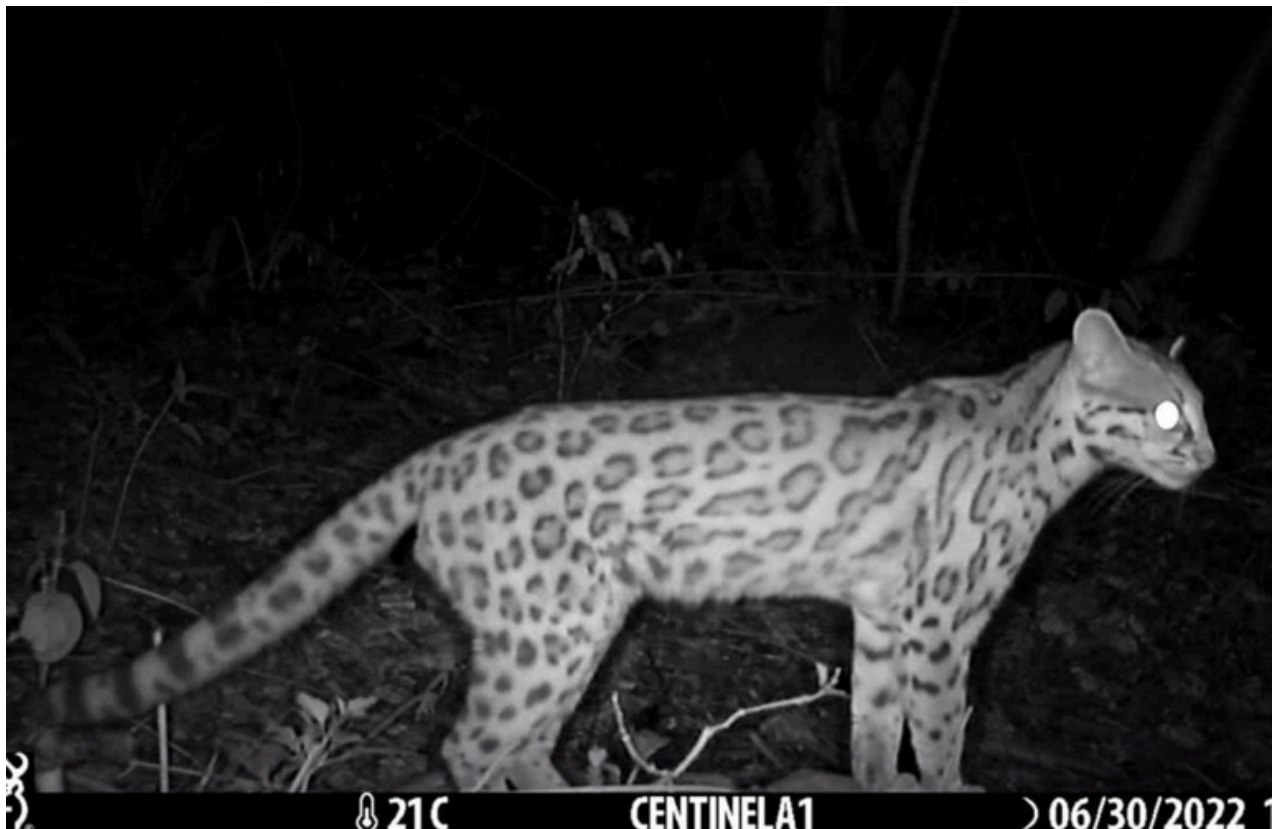


Figure 1. Photographic record of margay (*Leopardus wiedii*) by camera trap in the municipality of Santa María del Oro, Nayarit, Mexico. Photograph by EAAM.

Considering that the margay is the second most vulnerable felid in Mexico and that its populations show a decreasing trend (Aranda & Valenzuela-Galván, 2015), it is essential to identify areas with confirmed presence and evaluate the availability and connectivity of remaining habitat in the state.

The margay plays an important ecological role as a regulator of reptile, bird, and small mammal populations (Cinta-Magallón et al., 2012), so its presence is indicative of functional ecosystems.

This study contributes to updated knowledge of the distribution of *L. wiedii* in Nayarit and highlights the need for continuous monitoring and conservation efforts for this emblematic species in the region.

Acknowledgments

To Marcelo Aranda for confirming the species identification.

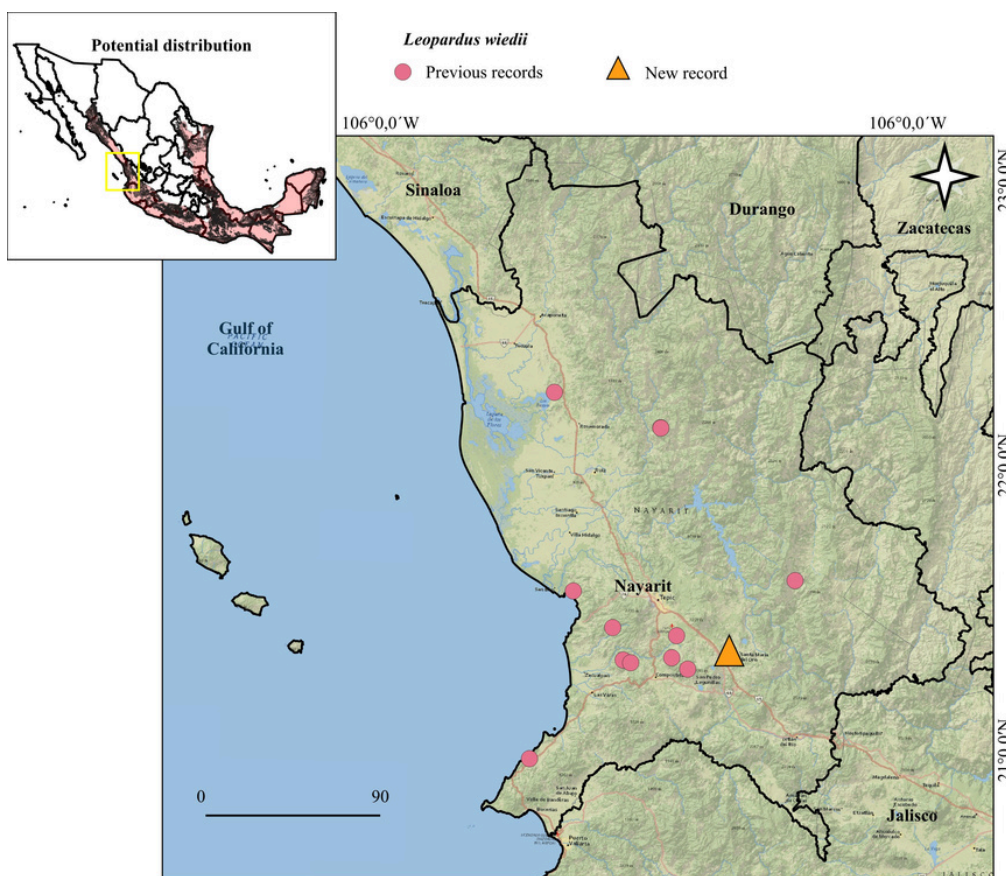


Figure 2. Records of Margay (*Leopardus wiedii*) in the State of Nayarit, Mexico.

References

1. Aranda, M., & Valenzuela-Galván, D. (2015). Registro notable de margay (*Leopardus wiedii*) en el bosque mesófilo de montaña de Morelos, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86, 1110–1112. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2015.09.015>
2. Arroyo-Cabral, J., León-Paniagua, L., Ríos-Muñoz, C. A., Espinosa-Martínez, D. V., & Medrano-González, L. (2015). Mamíferos de Nayarit. *Revista Mexicana de Mastozoología* (Nueva Época), 1, 34–62. <https://doi.org/10.22201/ie.20074484e.2015.5.1.208>
3. Ceballos, G., & Oliva, G. (Coords.). (2005). Los mamíferos silvestres de México. *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Fondo de Cultura Económica*.
4. Cervantes-Zamora, Y., Cornejo-Olgún, S. L., Lucero-Márquez, R., Espinoza-Rodríguez, J. M., Miranda-Viquez, E., & Pineda-Velázquez, A. (1990). Provincias fisiográficas de México. In *Clasificación de regiones naturales de México II. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México*.
5. Cinta-Magallón, C. C., Bonilla-Ruz, C. R., Alarcón, I., & Arroyo-Cabral, J. (2012). Dos nuevos registros de margay (*Leopardus wiedii*) en Oaxaca, México, con datos sobre hábitos alimentarios. *UNED Research Journal / Cuadernos de Investigación UNED*, 4(1), 33–40. <https://www.redalyc.org/pdf/5156/515651981005.pdf>
6. Diario Oficial de la Federación. (2019, November 14). Modificación del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la *Norma Oficial Mexicana* NOM-059-SEMARNAT-2010. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5578801&fecha=14/11/2019
7. Luja, V. H., & Zamudio, M. G. (2019). Nuevo registro de margay (*Leopardus wiedii*) en Nayarit, México. *Revista Mexicana de Mastozoología* (Nueva Época), 9(1), 62–65. <https://doi.org/10.22201/ie.20074484e.2019.1.1.275>
8. Oliveira, T. G., Paviolo, A., Schipper, J., Bianchi, R. D. C., Payan, E., & Carvajal, S. V. (2015). *Leopardus wiedii* (Margay). The IUCN *Red List of Threatened Species* 2015: e.T11511A50654216. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T11511A50654216.en>
9. Ramírez-Silva, J. P., & Hernández-Cadena, F. J. (2025). Mammals of Nayarit: Taxonomic update, distribution, and conservation priorities. *Revista Mexicana de Mastozoología* (Nueva Época), 15(1), 34–35. <https://doi.org/10.22201/ie.20074484e.2025.15.1.438>
10. Ramírez-Silva, J. P., De la Rosa, D., Hernández-Cadena, F. J., & Woolrich-Piña, G. A. (2016). Mamíferos de Nayarit, México. In M. Briones-Salas, Y. Hortelano-Moncada, G. Magaña-Cota, G. Sánchez-Rojas, & J. E. Sosa-Escalante (Eds.), *Riqueza y conservación de los mamíferos en México a nivel estatal* (pp. 269–288). Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Asociación Mexicana de Mastozoología A.C. y Universidad de Guanajuato.
11. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales–Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (2013). Programa de manejo de la Reserva de la Biosfera Marismas Nacionales Nayarit. https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/77_libro_pm.pdf
12. Tapia-Ramírez, G., López-González, C., García-Mendoza, D. F., Charre-Medellín, J. F., & Monterrubio-Rico, T. (2013). Noteworthy records of mammals (Mammalia) from Durango and Nayarit states, Mexico. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.), 29(2), 423–427. <https://doi.org/10.21829/azm.2013.2921121>

Instrucciones para autores



Estimado usuario, a continuación compartimos el link del documento extenso con las instrucciones para autores, donde se describe los lineamientos que deben contar los trabajos, dependiendo el tipo de texto.

<https://drive.google.com/file/d/1kSjMfVWYCatkDE3OADwZjmzoOqP9gYVn/view?usp=sharing>



Recuerda que para cargar los archivos es necesario darte de alta como usuario en la plataforma de la revista:

<https://revistas.uas.edu.mx/index.php/ACBIOMEX/login>



acbiomex@uas.edu.mx
maquetacionacbiomex@uas.edu.mx

Acta Biológica Mexicana
revistas.uas.edu.mx