

ECO-LÓGICO

Revista de divulgación científica

Hecho en INECOL

¡Aves y peces al rescate!
¿Has oído hablar de las
refinerías ecológicas?

Homenaje
al Dr. Jerzy Rzedowski



CIENCIA HOY

El sargazo ¿llegó
para quedarse?

TRIVIAS Y ARTE
¿Cuánto conoces sobre los
lobos mexicanos? ¿Sabías
que existen redes vivientes?

ANÉCDOTAS DE BOTAS Y BATAS

Nos fuimos a Costa Rica

JÓVENES CIENTÍFICOS

Desde los colores de las serpientes y
libélulas hasta helechos, manglares y
bosques de montaña

Año 4
Vol. 4 No. 2
abril-junio
Verano 2023

Eco-Lógico

Año 4 / volumen 4 / número 2 / abril-junio (verano)
2023, Instituto de Ecología, A.C.

Dr. Armando Contreras Hernández (Director General),
Dr. Gerardo Mata Montes de Oca (Secretario
Académico), Dr. Oscar Luis Briones Villareal (Secretario
de Posgrado), Fis. Rosario Landgrave Ramírez
(Secretaría Técnica) L.A. Dra. Indra Morandin Ahuerma
(Directora de Administración y Finanzas).

Responsables y Coordinadores Generales:

Ma. Luisa Martínez, Debora Lithgow, José G. García-
Franco; Coordinación de recepción de contribuciones:
eco-logico_MS@inecol.mx; Coordinación de diseño y
formación: M. Luisa Martínez, Debora Lithgow, José G.
García-Franco, Vinisa Romero;

Apoyo informático: Alberto Rísquez Valdepeña;

Distribución general: Oficina de Enlace con la

Sociedad; Consejo de Editores Asociados y

Colaboradores: Carlos Frago, Armando Aguirre
Jaimes, Carla Gutiérrez, Frédérique Reverchon, Ana
Martínez, Juan B. Gallego Fernández, Francisca Vidal.

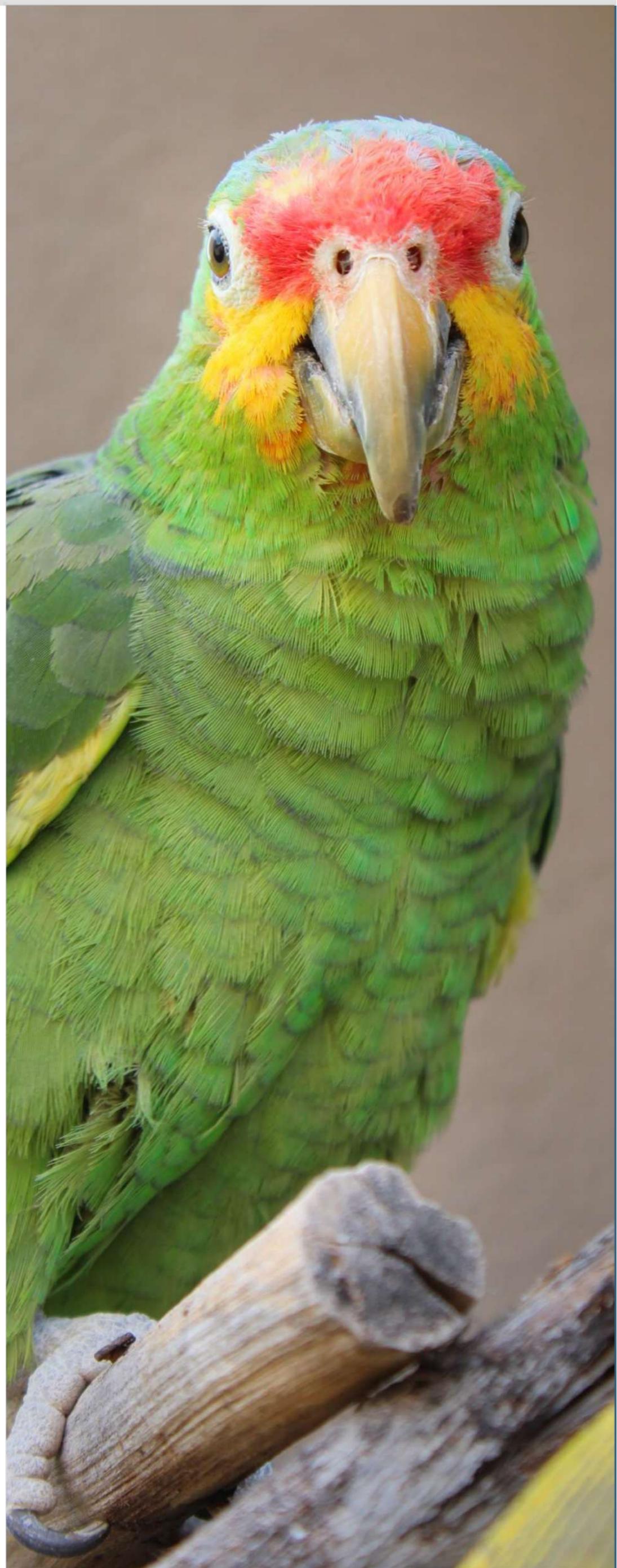
Eco-Lógico, año 4, volumen 4, No. 2, abril-junio (verano)
2023, es una publicación trimestral editada por
el Instituto de Ecología, A.C., carretera antigua a
Coatepec No. 351, Xalapa, Veracruz, C.P. 91073, Tel. (228)
842-800, [https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-
menu-item-25/eco-logico](https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/eco-logico). Editor responsable: Ma. Luisa
Martínez Vázquez. Reservas de Derechos al
Uso Exclusivo No. 04-2021-090106574400-203, ISSN
2954-3355, ambos otorgados por el Instituto Nacional
del Derecho de Autor. Responsable de la última
actualización de este Número: Debora Lithgow,
carretera antigua a Coatepec No. 351, Xalapa,
Veracruz, C.P. 91073, fecha de última modificación, 21 de
junio de 2023.

El contenido de los artículos es responsabilidad de las
autoras y los autores. La adecuación de materiales,
títulos y subtítulos le corresponde al equipo editorial y
al consejo editorial.

Se permite la reproducción parcial o total de los textos e
imágenes contenidos en esta publicación citando la
fuente como "Eco-Lógico, revista de Divulgación del
Instituto de Ecología, A.C." Cualquier comunicación
dirigirla a eco-logico_MS@inecol.mx.

En portada: Libélula. Fotografía: José G. García-Franco
En prólogo: Perico. Fotografía: Vinisa Romero

Navegador recomendado: Google Chrome



PRÓLOGO

Eco-Lógico es la revista divulgación del INECOL, y tiene el objetivo de promover la apropiación social del conocimiento producido en ésta y otras instituciones afines.

Con este número celebramos el 50 aniversario del "Día Internacional del Medio Ambiente". Esta conmemoración se estableció como consecuencia de la primera Gran Conferencia de las Naciones Unidas, que se llevó a cabo del 5 al 16 de junio de 1972. El objetivo de la conferencia era forjar una visión común para la protección y mejora del medio ambiente. Después, el 15 de diciembre de ese mismo año, se aprobó la resolución que designaba al **6 de junio como el "Día Mundial del Medio Ambiente"**.

La intención de esta celebración es que cada año se emprendan actividades que reafirmen el compromiso por la protección y el mejoramiento del medio ambiente. Así, **se busca que la sociedad sea cada vez más consciente de la relevancia de preservar y recuperar el entorno natural** del que formamos parte.

En el INECOL, **Eco-Lógico** y las personas que participan en cada número, el compromiso hacia la conservación, la restauración y la protección del medio ambiente es innegable. Las acciones que se pueden realizar son múltiples y diversas, y ejemplo de ello es **el contenido de este número, que marca la mitad de nuestro cuarto año de vida**. La pasión por comprender a la naturaleza y sus procesos nos ayuda a generar conocimientos que posteriormente sirven de apoyo para las acciones enfocadas en un mejor manejo de nuestro entorno.

En este número, **iniciamos la sección "Hecho en el INECOL"** con un sentido homenaje póstumo al Dr. Jerzy Rzedowski, justamente reconocido como el "Botánico del Siglo" debido a su inquebrantable compromiso por estudiar la enorme diversidad de plantas de México. Le siguen trabajos sobre aves, como indicadoras de recuperación de la salud de humedales urbanos, así como el reto de distinguir a los pericos machos de las hembras, aspecto esencial para planes de manejo y conservación de estas aves. También se presentan los resultados de un proyecto de investigación sobre una refinería ecológica que mejora la calidad del agua y genera otros productos de utilidad. Se cierra la sección con un trabajo que muestra cómo se puede utilizar un pez en el estudio de tratamientos de enfermedades humanas y la descripción de unas aves muy interesantes que viven en cuevas: los cueveros.

En la sección "Ciencia Hoy" se presenta un trabajo sobre acciones climáticamente inteligentes para el manejo sustentable de prácticas productivas en cuencas, y, por otro lado, un breve análisis sobre los sargazos que parece ser llegaron para quedarse en las costas del Caribe. **Los trabajos de los "Jóvenes Científicos"** hablan sobre la evolución de las serpientes y la relevancia de los colores de las libélulas. Otro se enfoca en el estudio de los herbívoros de los helechos y dos más hablan sobre la restauración de un manglar y la conservación del bosque de montaña. Por último, **en la sección de "Trivias y Arte"** te invitamos a dos retos: uno sobre lobos y otro sobre redes vivientes. **Las expresiones artísticas y una divertida anécdota de botas cierran el número.**

¡Gracias por formar parte de **Eco-Lógico!**

El Comité Editorial

NAVEGADOR SUGERIDO: CHROME

DA CLICK SOBRE EL ARTÍCULO QUE QUIERAS VISITAR

HECHO EN EL INECOL

- P. 8 **JERZY RZEDOWSKI: SUS APORTACIONES AL INSTITUTO DE ECOLOGÍA**
Brenda Yudith Bedolla García y Sergio Zamudio Ruíz
- P. 18 **AVES COMO INDICADORES DE LA RESTAURACIÓN DE HUMEDALES URBANOS**
María Elizabeth Hernández Alarcón y Diego Alejandro Junca Gómez
- P. 26 **COLORES Y TAMAÑOS VEMOS, ¡SEXO NO SABEMOS!**
Sergio Albino Miranda, Fernando González-García y colaboradores
- P. 34 **BIORREFINERÍA QUE INTEGRA MICROALGAS, PLANTAS Y AGUAS RESIDUALES
¿QUÉ PRODUCE?**
Eugenia J. Olgún
- P. 42 **DE LOS ACUARIOS A LOS LABORATORIOS: EL PEZ CEBRA REVOLUCIONANDO
LA INVESTIGACIÓN**
Ivette Bravo Espinoza, José Luis Olivares Romero y Yoshajandith Aguirre Vidal
- P. 48 **AVES VERACRUZANAS: LOS CUEVEROS ROCKEROS**
José Alberto Lobato García y Fernando González-García

CIENCIA HOY

- P. 58 **PRÁCTICAS SUSTENTABLES DE LA GANADERÍA Y LA AGROFORESTERÍA PARA
MEJORAR LA CONECTIVIDAD DEL PAISAJE Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS CLAVE**
Debora Lithgow, Juan José Von Thaden, Daniel Revollo y colaboradores
- P. 66 **DILEMAS DEL SARGAZO**
Rodolfo Silva, Miriam Estévez, Valeria Chávez y M. Luisa Martínez

JÓVENES CIENTÍFICOS

- P. 76 **LOS AMBIENTES DE LAS SERPIENTES SE HEREDAN ENTRE LOS PARIENTES**
Citlalli Edith Esparza-Estrada y Fabricio Villalobos Camacho
- P. 84 **LOS COLORES EN LA VIDA DE LAS LIBÉLULAS**
Kelly Johana Ríos-Olaya, Fredy Palacino-Rodríguez y Rosa Ana Sánchez-Guillén
- P. 90 **¿CÓMO SE DEFIENDEN LOS HELECHOS CONTRA LOS INSECTOS HERBÍVOROS?**
Alejandra Castrejón-Varela, Blanca Pérez-García y colaboradores
- P. 98 **CÓMO GANAR COBERTURA Y SUELO SIN MORIR EN EL INTENTO**
María Fernanda Alejandre Bustamante y Jorge López-Portillo Guzmán

DA CLICK SOBRE EL ARTÍCULO QUE QUIERAS VISITAR

UN BOSQUE EN ARCHIPIÉLAGO: EL BOSQUE MESÓFILO DE XALAPA P. 104
Martín Garcés Méndez, Federico Escobar y colaboradores

TRIVIAS Y ARTE

¿QUÉ TANTO SABES SOBRE EL LOBO MEXICANO? P. 112
Luis M. García Fera

BIOTRIVIA: REDES VIVIENTES P. 118
Gabriela Heredia Abarca

INVITACIÓN AL BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA P. 122
Astrid Wojtarowski Leal

ARTE CON HILOS, ESTAMBRES Y LISTONES P. 124
Alicia Maqueo, María Luisa Vázquez y Marisa Martínez

DE BATAS Y BOTAS

AVENTURAS EN COSTA RICA: CURSO DE ECOLOGÍA TROPICAL Y CONSERVACIÓN P. 128
Álvaro Hernández-Rivera y Martha Bonilla Moheno

ECONOTICIAS

AL LOBO MEXICANO DE EDIMBURGO, ESCOCIA...¡GRACIAS! P. 134
Conservación del lobo mexicano

EVENTOS INSTITUCIONALES P. 136
Día Nacional de los Jardines Botánicos 2023

RESTAURACIÓN DE BOSQUES Y SELVAS P. 140
Curso en línea

GRADUADOS EN EL INECOL P. 141
Periodo marzo-junio 2023

ORGULLO INECOL P. 142
Nombramientos, embajadores y reconocimientos

CIFRAS DE LA REVISTA P. 144
Estadísticas de **Eco-Lógico** en el mundo

CONTENIDO

Fotografía: Couleur, Pixabay

Hecho en INECOL

Fotografía: André Cook, Pexels



JERZY RZEDOWSKI: SUS APORTACIONES AL INSTITUTO DE ECOLOGÍA

Brenda Yudith Bedolla García*
Secretaría Técnica, Herbario IEB, INECOL

Sergio Zamudio Ruíz
Investigador independiente

*brenda.bedolla@inecol.mx



Los Drs. Rzedowski trabajando en su oficina. Fotografía: Alfonso Barbosa

Jerzy Rzedowski Rotter nació en Leópolis, Polonia (actualmente Ucrania) el 27 de diciembre de 1926, fue un sobreviviente judío de la Segunda Guerra Mundial. Emigró a México en 1946 a la edad de 20 años. Estudió biología en la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional. Tuvo la satisfacción de dedicar su vida académica a la botánica hasta el día de su muerte, 28 de marzo de 2023.

El Dr. Rzedowski fue un investigador apasionado del estudio de la flora y la vegetación de México, realizó trabajos sobre taxonomía, florística, ecología y fitogeografía de las plantas con flores (Figura 1). Entre sus obras de mayor alcance destacan La “Vegetación de México” y la “Flora fanerogámica del Valle de México”, la única Flora moderna terminada en el país. **Fue descubridor de aproximadamente 200 especies nuevas para la ciencia** y reconocido a nivel mundial como especialista en las familias de plantas a las que pertenecen el copal (Burseraceae), las margaritas (Asteraceae) y el frijol (Fabaceae). Así mismo, **se le consideró el principal exponente de la botánica de México desde la segunda mitad del siglo XX hasta nuestros días** y recibió cerca de 50 distinciones por la trascendencia de su trabajo académico y aportes a la botánica. Una de estas distinciones fue su designación como "Botánico del Milenio" en el XVI Congreso Internacional de Botánica en 1999.



Figura 1. Jerzy Rzedowski, explorador botánico. Fotografía: Tomada de su colección personal

Pero ¿quién fue el Dr. Rzedowski en el Instituto de Ecología, A.C. (INECOL) y cuáles fueron sus aportaciones?

En 1984, después de jubilarse de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional, el Dr. Jerzy Rzedowski y su esposa la Dra. Graciela Calderón se incorporaron al INECOL con la intención de iniciar un nuevo proyecto florístico, en esta ocasión centrado en la región del Bajío. A partir de ese momento, toda su energía y potencial fueron dedicados a cumplir con este objetivo. Por ello, en ese mismo año se **fundó en la ciudad de Pátzcuaro, Michoacán, el Centro Regional del Bajío dependiente del Instituto de Ecología A. C. (INECOL), que se especializa en el estudio de temas botánicos.** Las oficinas e instalaciones estuvieron inicialmente en la casa de los esposos Rzedowski; más tarde se ocupó una vieja casona en la Colonia Revolución y finalmente se rentó una casa que se encontraba en el mismo lugar en que hoy está ubicado el nuevo edificio del Centro Regional (Figura 2). Éste cuenta con infraestructura nueva (salas de herbario, laboratorios, cubículos), posgrado y se han incorporado líneas de investigación adicionales a la botánica como la restauración, microbiología, interacciones ecológicas, genética del paisaje y control de patógenos.



Figura 2. Fachada del Centro Regional del Bajío. Fotografía: Sergio Zamudio

Al mismo tiempo de la fundación del Centro Regional, **se inició la formación del herbario, que se identifica internacionalmente con las siglas IEB**, concebido por el Dr. Rzedowski como la herramienta principal para resguardar las colecciones obtenidas durante el estudio de la “Flora del Bajío y Regiones Adyacentes”, proyecto que tiene como finalidad dar a conocer el inventario de plantas silvestres que crecen en los estados de Guanajuato, Querétaro y la parte noreste de Michoacán (Figura 3a-c). **Actualmente es la colección más importante del centro occidente de México con 271,000 ejemplares** de plantas vasculares provenientes de todo el país e incluso muestras representativas de otros países.



Figura 3. Contribuciones del Dr. Rzedowski. (a) Develación de la placa inaugural de la primera sala del herbario IEB por el Dr. Gonzalo Halffter. (b) El Dr. Jerzy Rzedowski consultando el herbario. (c) Jerzy Rzedowski y Graciela Calderón en el herbario IEB. Fotografías: Sergio Zamudio

Hasta el momento, el Dr. Rzedowski ha sido quien más ejemplares ha incorporado al herbario, con un total de 17,523 ejemplares provenientes de todo México, aunque su esfuerzo de colecta entre 1985 a 1990 estuvo enfocado principalmente en Michoacán (5,685 ejemplares), Guanajuato (4,552) y Querétaro (4,212).

También fungió como encargado del herbario IEB de 1985 a 2008, período en el que se realizó un gran trabajo de colecta e identificación de plantas. Es gracias a esta intensa labor de identificación de plantas realizado por el Dr. Rzedowski que se considera que el herbario es uno en los que está mejor representada y clasificada la flora del centro del país. Él identificó 37,847 ejemplares, entre los que destacan ejemplares de las familias Asteraceae (9,578 ejemplares), Fabaceae (3,866) y Burseraceae (1,895), posicionándose como el principal identificador de plantas hasta el momento.

Dentro del herbario, se resguarda una colección peculiar denominada “ejemplares tipo”, que son aquellos ejemplares que respaldan la aplicación del nombre científico, sirviendo como base para la descripción de especies nuevas. En esta colección se resguardan 152 ejemplares tipos descritos por el Dr. Rzedowski que representan 92 especies y 3 variedades nuevas para la ciencia. Su aportación equivale al 15.8% de los ejemplares tipo que conforman la colección (Figuras 4 y 5).



Figura 4. Colección en Herbario IEB. Fotografía: Brenda Bedolla

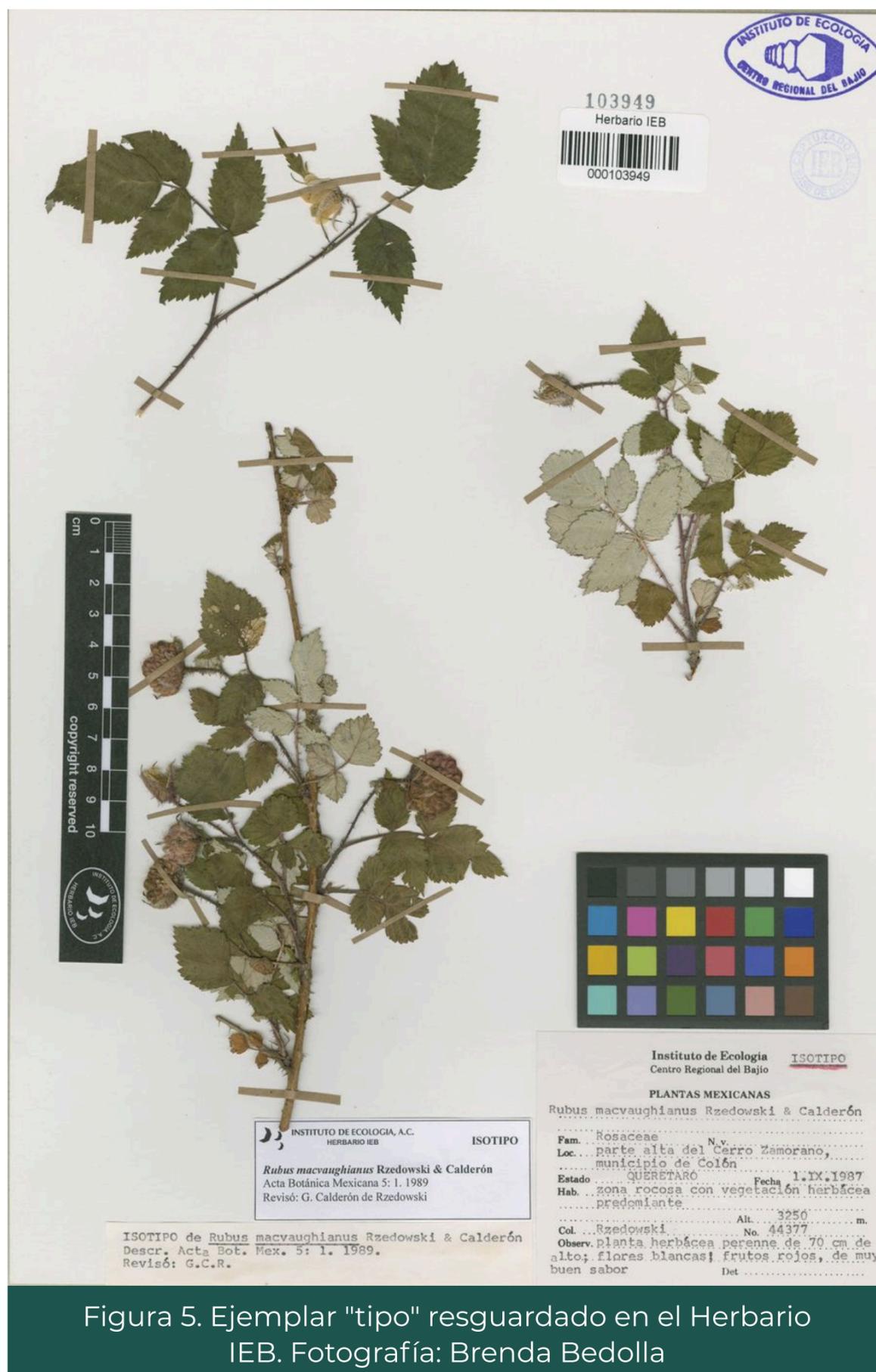


Figura 5. Ejemplar "tipo" resguardado en el Herbario IEB. Fotografía: Brenda Bedolla

Fue fundador y editor hasta el año 2023 de la Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes. La Flora incluye descripciones botánicas, mapas de distribución, nombres comunes y usos, es una herramienta útil para la identificación de las plantas de la región. **Actualmente es la Flora con mayor avance en México, y es factible que en el mediano plazo se logre terminar.**

En la Flora, el Dr. Rzedowski **también participó como autor y coautor de 29 fascículos ordinarios (pequeños libros que describen una familia botánica) y 16 fascículos de temas generales ligados a las plantas del área (Figura 6a-c).** Él estaba convencido de que estudiar la diversidad vegetal era apremiante, porque México carece de una obra que englobe todo este conocimiento.

Fue fundador y editor de la revista *Acta Botanica Mexicana*, entre 1988 y 2016, una de las principales revistas científicas mexicanas en el campo de la botánica (Figura 6d) dirigida principalmente a la publicación de resultados de investigaciones sobre plantas mexicanas y del continente americano; **el mismo Dr. Rzedowski publicó 61 trabajos en esta revista.**



Figura 6. Publicaciones del Centro Regional del Bajío. (a) Portada de un fascículo ordinario de la Flora del Bajío, (b-c) Portadas de fascículos complementarios de la Flora del Bajío. (d) Portada de un número de la revista *Acta Botanica Mexicana*. Fotografías: Brenda Bedolla

El Dr. Rzedowski también donó su biblioteca personal al Instituto. El acervo contiene al menos 20,000 documentos entre libros, revistas y sobretiros acumulados por adquisición e intercambio, producto de más de 60 años de su actividad académica muy productiva. **Es la segunda biblioteca de importancia en México en términos de información relativa a la botánica.**

Los logros académicos que cosechó el Dr. Rzedowski para el INECOL fueron producto de su constancia y perseverancia, de su capacidad de gestión y liderazgo que generó admiración colectiva entre la comunidad científica y sus instituciones.

Fue un investigador y colega de trato amable, gentil, de pocas palabras pero certeras, de una memoria excepcional y una calidez humana inigualable, lo que combinado con su capacidad de análisis y profundo conocimiento de la flora mexicana resultó en un **hombre clave para el desarrollo del área de diversidad y sistemática en el INECOL** (Figura 7).

Con el proyecto Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes muy avanzado, el herbario IEB consolidado, y la publicación de la revista *Acta Botanica Mexicana* en marcha, **el Centro Regional del Bajío se convirtió en una de las instituciones más importantes en la investigación botánica en México, y el INECOL en una Institución líder en el estudio de la extraordinaria diversidad vegetal de México.**



Figura 7. Los Drs. Rzedowski en el Herbario IEB.
Fotografía: Sergio Zamudio

Dedicamos esta pequeña nota a la memoria del Dr. Rzedowski,
Att. sus amigos de Pátzcuaro (como él nos decía) (Figura 8).



Figura 8. Personal del Centro Regional del Bajío, estudiantes y familiares en reuniones de convivencia. Fotografías: Sergio Zamudio y Brenda Bedolla

Agradecimientos:

A Luis Rey Flores por la edición de las figuras y a los editores de la revista por sus atinadas sugerencias al artículo.

Para saber más:

- CONABIO. 2021. Curiosos y comprometidos "Entre el desierto y las montañas: Jerzy Rzedowski y su impacto en la botánica mexicana". [Click aquí](#) y [click aquí](#)
- Guevara S. 2000. Nombramientos de investigador emérito del Instituto de Ecología, A.C. *Acta Zoologica Mexicana* 81, 139-171. [Click aquí](#)
- Serrano V, Pelz R, Zamudio S. 1994. Los Rzedowski, dos grandes personalidades de la Botánica. *Serie Científica Herbario Queretano*, 3:100
- Sociedad Botánica de México. 2021. Entrevista al Dr. Jerzy Rzedowski por el LXXIX Aniversario de la Sociedad Botánica de México. [Click aquí](#)

AVES COMO INDICADORES DE LA RESTAURACION DE HUMEDALES URBANOS

María Elizabeth Hernández Alarcón*

Red de Manejo Biotecnológico de Recursos, INECOL

Diego Alejandro Junca Gómez

Posgrado, El Colegio de Veracruz, COLVER

*elizabeth.hernandez@inecol.mx



Fotografía: Vinisa Romero

Los humedales son zonas de transición entre un ecosistema terrestre y uno acuático, que se encuentran temporal o permanentemente inundados por lo que presentan vegetación adaptada a vivir bajo estas condiciones. Estos ecosistemas son regulados por factores climáticos y están en constante interacción con los seres vivos que habitan en ellos, donde el agua es el elemento clave que define sus características físicas y biológicas.

Los humedales urbanos son aquellos que se encuentran total o parcialmente dentro de las zonas urbanas y periurbanas. Los humedales proveen múltiples servicios ambientales muy útiles en un entorno urbano, entre los que destacan la mitigación de las inundaciones porque absorben el agua durante las tormentas, mejoran la calidad del agua a través de la actividad de los microorganismos del suelo y la vegetación, recargan los depósitos de agua potable, depurando el agua que se filtra a los acuíferos. También estos ecosistemas **mejoran la calidad del aire, aportan a la regulación climática**, mitigando las islas de calor y capturando grandes cantidades de carbono en sus suelos, lo que mitiga las emisiones de bióxido de carbono. Además, los humedales **se caracterizan por albergar una alta biodiversidad, ya que son áreas de reproducción, crianza, refugio y alimentación periódica de una gran variedad de organismos, como insectos, anfibios, reptiles y aves** endémicas y migratorias. El paisaje de un humedal también promueve el bienestar humano al servir de sitios de esparcimiento, relajación y actividades culturales.



Fotografía: Vinisa Romero

Las aves, juegan un papel primordial en los humedales ya que funcionan como agentes de dispersión y controladores biológicos de enfermedades. Por lo anterior, su presencia sirve como indicador ecológico de la salud del ecosistema y también para visualizar el proceso de su recuperación.

En México, al igual que en el resto del mundo, uno de los problemas actuales que enfrentan los humedales urbanos, es el impacto negativo generado por las actividades antropogénicas, que incluyen el cambio del uso del suelo y la contaminación del agua. Lo anterior ocasiona alteraciones ambientales que impactan negativamente a la biodiversidad presente, deteriora la dinámica de las comunidades biológicas que habitan en ellos e induce la pérdida de la cobertura de estos importantes ecosistemas.

Ante la degradación de los humedales urbanos, en los últimos años se ha prestado especial atención a su recuperación mediante programas de restauración que permitan mitigar o revertir los impactos de la modificación de este ecosistema. **Un ejemplo de degradación de un humedal urbano se observa en el ubicado en el Área Natural Protegida ANP Molino de San Roque.** Este sitio se encuentra localizado en la ciudad de Xalapa, Veracruz ($19^{\circ} 32'$ de latitud N y $96^{\circ} 55'$ de longitud O) a una altitud de 1,460 m s.n.m. y cuenta con una superficie de aproximadamente 6 hectáreas (Figura 1).

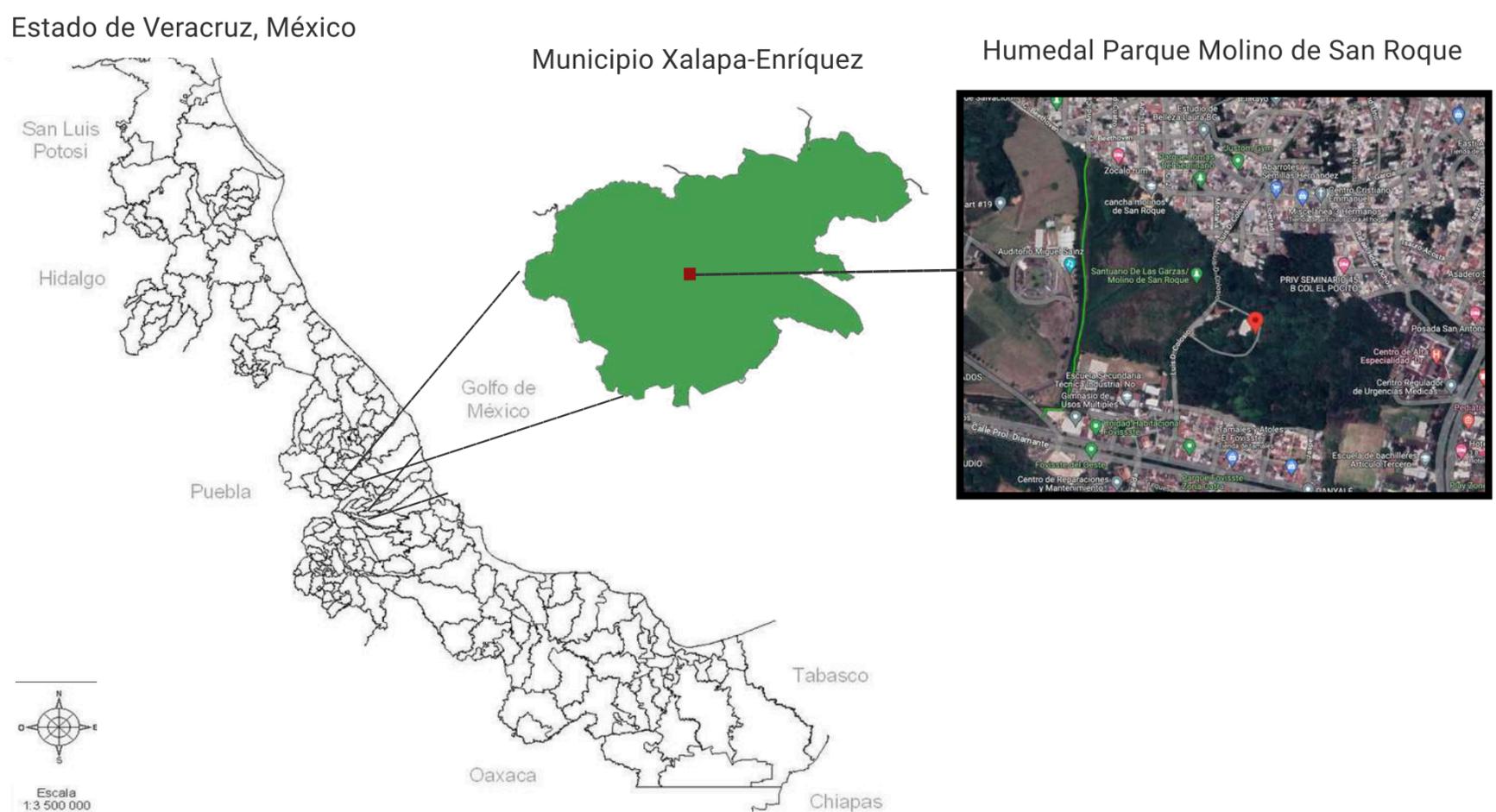


Figura 1. Ubicación del humedal urbano dentro del Área Natural Protegida Molino de San Roque en la zona urbana de Xalapa, Veracruz, México. Mapa: INEGI, Marco Geoestadístico municipal

Aun cuando este humedal se encuentra dentro de un área natural protegida estatal, a través de los años ha sufrido graves perturbaciones en su estructura. Estos daños han sido causados por la ampliación descontrolada de la frontera urbana. **El sitio ha sufrido el relleno con escombros de construcción, el depósito de basura, la contaminación del agua por fuentes puntuales y no puntuales como los drenajes y las escorrentías de las calles,** respectivamente, y los cambios hidrológicos por apertura de canales profundos para desfogar rápido las escorrentías de las calles y de la planta potabilizadora de la ciudad. Esto ocasionó disminución de los niveles de inundación durante las diferentes estaciones del año, lo que fomentó la presencia de plantas invasoras como el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*), disminuyó la biodiversidad y produjo malos olores e inundaciones en algunas colonias aledañas. Actualmente el humedal está cercado, lo cual ha contenido el crecimiento de la mancha urbana. En 2021 había muy pocas especies de plantas de humedal, la mayor parte del área estaba cubierta de pastos y no había espejos de agua (Figura 2a).

Desde 2022, como parte del proyecto del proyecto PRONAI 316500, se ha llevado a cabo la implementación de diferentes estrategias de restauración: 1) apertura y limpieza de canales internos que permitan el flujo continuo del agua dentro del ecosistema, 2) remoción de vegetación invasora, 3) apertura de espejos de agua, 4) campañas de limpieza y recolección de basura, 5) sensibilización y educación ambiental e 6) implementación de celdas de humedales construidos y creados para tratar las fuentes puntuales y no puntuales de contaminación, lo que ha cambiado el paisaje (Figura 2b).

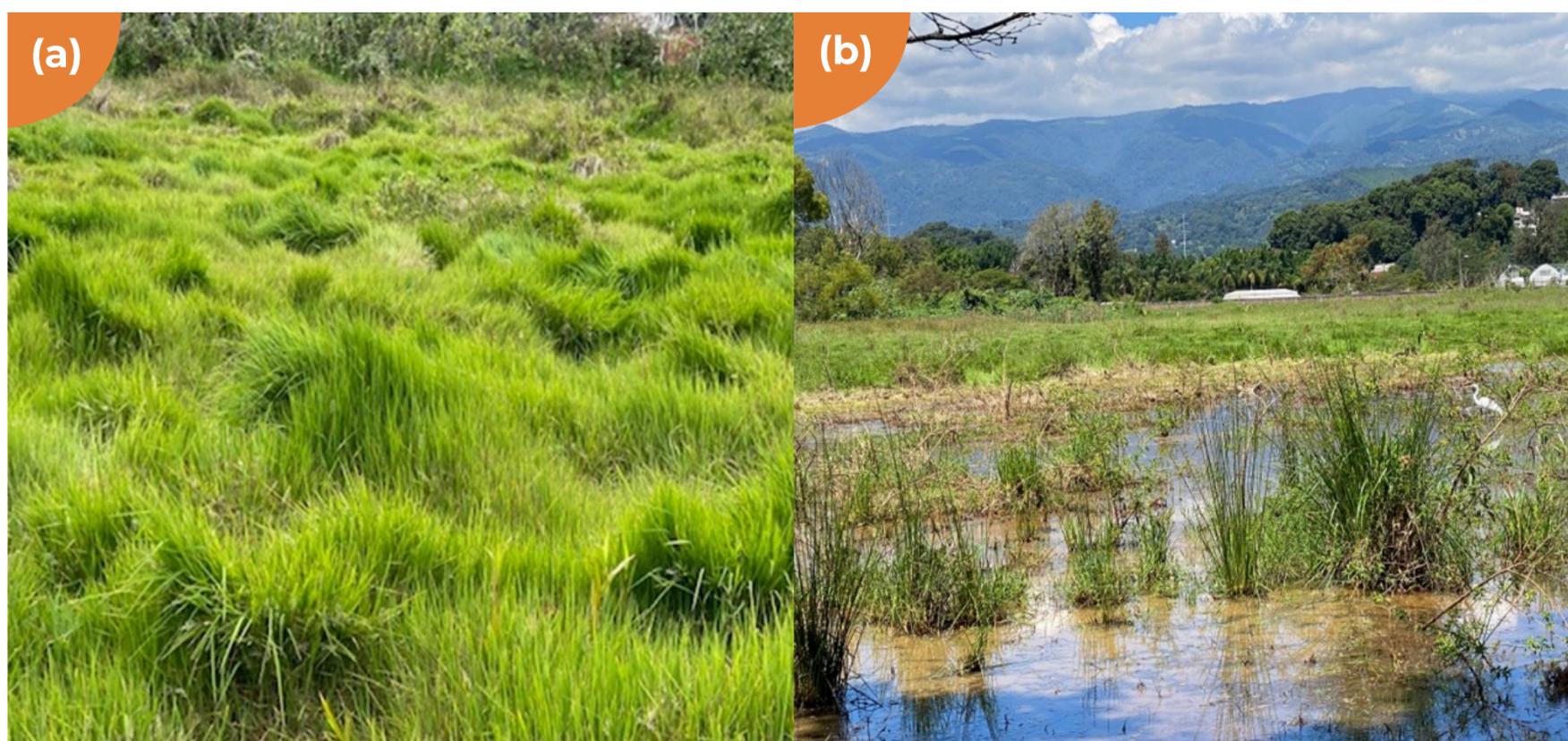
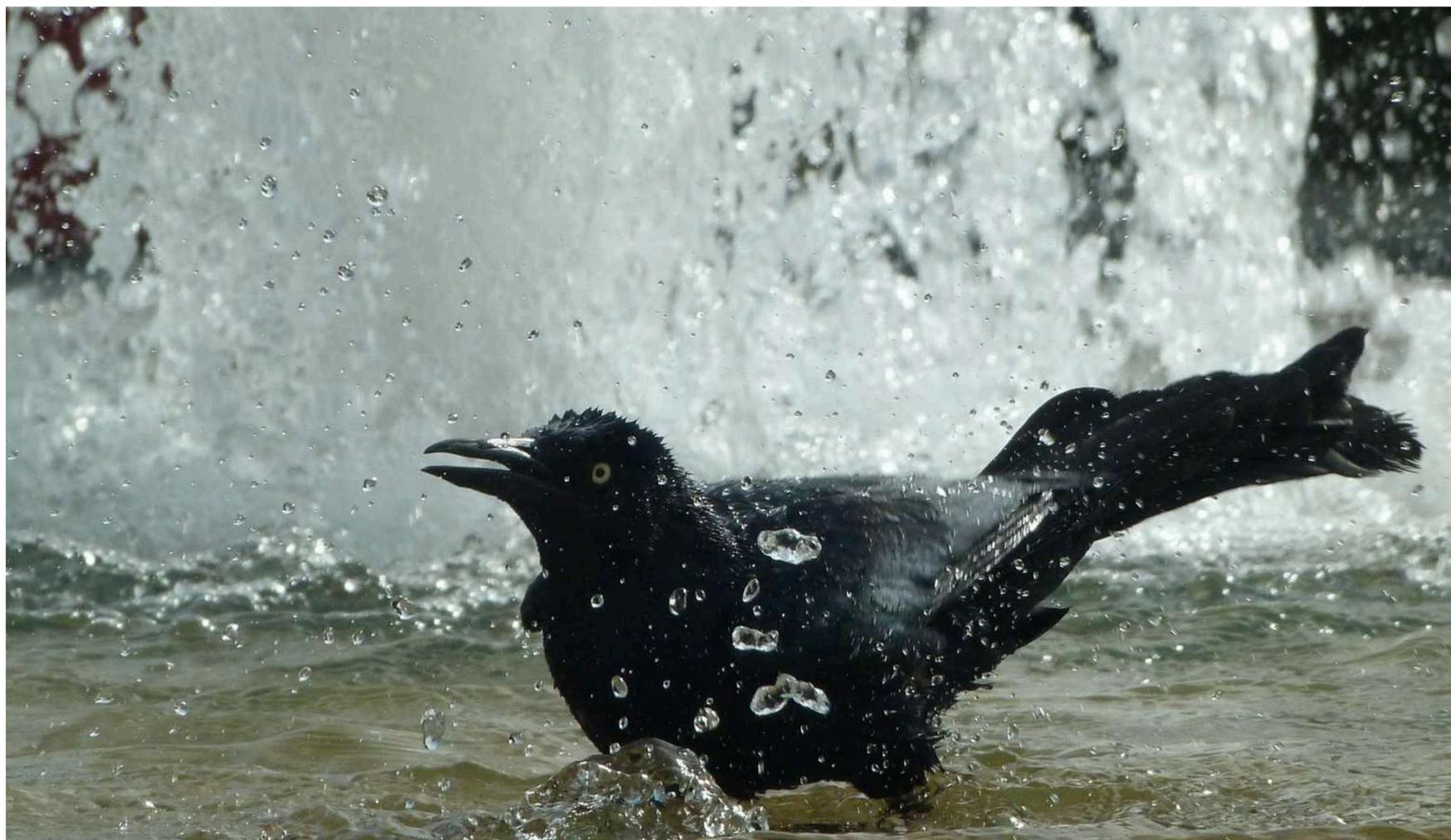


Figura 2. Paisaje del humedal urbano dentro del Área Natural Protegida Molino de San Roque, antes (a) y después (b) del inicio de las acciones de restauración.

Fotografías: María Elizabeth Hernández Alarcón

En este trabajo se investigaron las variaciones de la abundancia y riqueza de las comunidades de las aves presentes en el humedal del ANP Molino de San Roque antes (otoño de 2021) y después (otoño de 2022) del inicio del proceso de restauración. Se llevó a cabo un muestreo estratificado y sistemático, con el fin de cubrir las diferentes coberturas vegetales y productivas del humedal. Los recorridos de observación de aves se realizaron en transectos de amplitud fija, un transecto de ida y otro de vuelta, entre las 6.30 am y 7:30 am para captar el pico máximo de actividad.



Fotografía: Vinisa Romero

Las estrategias de restauración fueron efectivas si consideramos el efecto que tuvieron en las aves. Por ejemplo, antes de la recuperación se registraron 14 aves de ocho especies y poco después del inicio de los esfuerzos de restauración se encontraron 39 aves de 17 especies (Cuadro 1). Es importante mencionar que la apertura de espejos de agua y remoción de vegetación invasora, evidenciaron que especies de garzas (*Ardea alba*), cuervos (*Plegadis chini*) y patos (*Anas diazi*) utilizan el ecosistema como sitio de alimentación; mientras que, antes de que se abrieran los espejos de agua, las aves solo se posaban en la vegetación arbórea y arbustiva del humedal (Figuras 3, 4, 5). Algunas de las aves identificadas son indicadoras de humedales en zonas urbanas, como lo son el clarinero (*Quiscalus mexicanus*), gorrión (*Passer domesticus*), el mosquero (*Myiozetetes similis*) y el tordo cantor (*Dives dives*), especies que se han adaptado a vivir en un medio urbano pese a las perturbaciones que pueda presentar la zona.

Cuadro 1. Especies de aves y número de individuos registrados antes y después de las acciones de restauración.

Especies de aves		Número de individuos antes de la restauración (otoño 2021)	Número de individuos después de iniciadas las acciones de restauración (otoño 2022)
Nombre científico	Nombre Común		
<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate mexicano o clarinero	2	9
<i>Chlorospingus flavopectus</i>	Chincheró común o tangara de monte orejuda	3	2
<i>Columbina inca</i>	Tórtola de cola larga	2	4
<i>Phylloscopus borealoides</i>	Mosquitero japonés	2	1
<i>Turdus grayi</i>	Yigüirro o primavera	2	1
<i>Passer domesticus</i>	Gorrión	1	3
<i>Dives dives</i>	Zanate o tordo cantor	1	0
<i>Myiozetetes similis</i>	Mosquero, pecho amarillo o chepío	1	1
<i>Chlorospingus flavopectus</i>	Tangara de monte orejuda	0	1
<i>Patagioenas cayennensis</i>	Paloma morada o paloma de vientre claro	0	2
<i>Columbina minuta</i>	Tórtola de pecho liso o coquito	0	3
<i>Streptoprocne zonaris</i>	Vencejo acollarado	0	3
<i>Anthracothorax prevostii</i>	Manguito pechiverde	0	1
<i>Ardea alba</i>	Garza blanca	0	1
<i>Anas diazi</i>	Pato mexicano	0	2
<i>Melanerpes aurifrons</i>	Pájaro carpintero cheje	0	1
<i>Plegadis chini</i>	Cuervo de pantano	0	1
<i>Rhytipteria holerythra</i>	Plañidera rojiza	0	3
TOTAL		14	39



Figura 3. Algunas de las especies de aves presentes en el humedal urbano dentro del Área Natural Protegida Molino de San Roque. (a) Garza blanca (*Ardea alba*), garza encapuchada (*Nyctanassa violacea*) y (c) Mosquero (*Myiozetetes similis*). Fotografías: (a) y (b) María Elizabeth Hernández Alarcón, (c) Diego Junca Gómez



Figura 4. Poblaciones de garzas (*Ardea alba*) en el humedal urbano dentro del Área Natural Protegida Molino de San Roque, después de las acciones de rehabilitación. Fotografía: María Elizabeth Hernández Alarcón



Figura 5. Poblaciones de patos (*Anas diazi*) haciendo uso del humedal urbano dentro del Área Natural Protegida Molino de San Roque, después de las acciones de rehabilitación. Fotografía: Marco Vinicio Hernández Salazar

La información obtenida en este estudio es fundamental para conocer la eficiencia de cada una de las estrategias de restauración implementadas y para evaluar los cambios graduales durante los avances de cada una de las acciones de restauración. Se concluye que las aves son buenos indicadores ecológicos del estado de conservación de los humedales urbanos.

Ir al índice

Para saber más:

- Hernández M.E. 2021. Humedales de Xalapa: Tesoro desconocido. [Click aquí](#)
- Hernández ME, Bastián-Lima V. 2022. Diagnóstico sociohidrológico de tres humedales urbanos de Xalapa, Ver., México. Revista Ambiens Techné et Scientia México 10(2), 189-204. [Click aquí](#)

Fotografía: Skitterphoto, Pexels

COLORES Y TAMAÑOS VEMOS, ¡SEXO NO SABEMOS!

Sergio Albino Miranda*

Fernando González-García

Juan Carlos Serio-Silva

Red de Biología y Conservación de Vertebrados, INECOL

Nanci Vargas-Bahena

Akumal Monkey Sanctuary & Rescued Animals

*sergio.albino@inecol.mx



Fotografía: Vinisa Romero

Los psitácidos representan un grupo de aves vistosas y carismáticas, que se conocen comúnmente como loros, pericos, guacamayas y cacatúas. Las especies que conforman este grupo son muy similares en su apariencia externa, incluyendo su tamaño, coloración y forma. Además, se distinguen de otras familias de aves, principalmente por tener el pico corto, curvo y muy fuerte, pero sobre todo, por su plumaje de llamativos colores (Figura 1).



Figura 1. Loro Tamaulipeco (*Amazona viridigenalis*). Se observa el característico plumaje colorido y el pico corto y curvo de los psitácidos.
Fotografía: Lorenia Tamborrell

Precisamente, **debido a su belleza y carisma, los psitácidos han sido de los más victimizados dentro del tráfico ilegal de animales silvestres** y, en las últimas décadas, sus poblaciones en su hábitat natural se han visto reducidas considerablemente. Muchas veces el destino final de estas bellas y coloridas aves objeto de comercio ilegal, en el mejor de los casos, son los zoológicos y santuarios de vida silvestre. Con base en lo anterior, dichos centros donde se resguarda la biodiversidad son de vital importancia para su manejo y protección.

Para llevar a cabo estrategias de manejo adecuadas y posibles acciones de reproducción y posterior reintroducción de una forma exitosa, se requiere que previamente se determine el sexo de los individuos. Pero, desafortunadamente **determinar el sexo visualmente en la gran mayoría de los psitácidos suele ser una tarea complicada, debido a la similitud en los caracteres morfológicos externos y conductuales distintivos de este grupo**, que hace muy complicado distinguir entre machos y hembras (Figura 2).



Figura 2. Muestra del plumaje colorido de una pareja de guacamaya azul y amarillo (*Ara ararauna*) carente de diferenciación sexual. Fotografía: Sergio Albino

¿Cómo saber el sexo de estas aves?

En general, para determinar el sexo de las aves se han desarrollado distintos métodos. **Algunos médicos veterinarios realizan una pequeña cirugía para observar directamente los órganos sexuales.** Esta es una técnica altamente confiable, pero a la vez demasiado invasiva, que pone en riesgo la vida del ave. **Otras técnicas se enfocan en cuantificar las hormonas sexuales durante un largo periodo de tiempo, o realizar observaciones de comportamiento.** Sin embargo, en el caso específico de los psitácidos, al ser especies monógamas (que forman parejas de por vida) y monomórficas (de apariencia similar), y que tanto hembras como machos comparten el cuidado parental, e incluso muchos machos ayudan a su hembra a incubar su huevo, la diferenciación sexual es prácticamente imposible (Figura 3).



Figura 3. Tres parejas monógamas de psitácidos. (a) Perico pecho sucio (*Eupsittula nana*), (b) guacamaya roja (*Ara macao*), (c) Cotorra verde (*Psittacara holochlorus*).
Fotografías: (a) Lorenia Tamborrell, (b) y (c) Alberto Lobato

¿El ADN revela el sexo de las aves?

A finales del siglo pasado fueron desarrolladas otras técnicas basadas en el estudio del ácido desoxirribonucleico, conocido por las siglas ADN. Esta molécula contiene toda la información genética de un organismo, y el cual también es el responsable de la transmisión hereditaria. **En las aves, a partir de una pequeña muestra de sangre o de una porción de una pluma, se pueden obtener muestras de ADN** que contiene la información genética de un determinado individuo y el cual puede revelar su identidad sexual. Estas muestras de ADN, posteriormente se amplifican mediante un proceso de laboratorio conocido como *Reacción en Cadena de la Polimerasa*, también conocido por las siglas PCR, mediante el cual se pueden obtener millones de copias de un fragmento de ADN particular. En este caso, se trata de un gen conocido como CHD1 (Cromo helicasa/ATPasa de unión al DNA) encontrado en aves y el cual se ubica en los cromosomas sexuales. Este gen está asociado al sexo de las aves y aporta la información suficiente para distinguir la condición sexual, sin importar la edad del individuo. Al contrario de lo que ocurre en humanos, donde las personas de sexo femenino tienen dos cromosomas sexuales idénticos (XX) y los de sexo masculino presentan cromosomas diferentes (XY), **en las aves, las hembras son las que presentan cromosomas sexuales distintos (ZW), mientras que los machos tienen cromosomas iguales (ZZ), y esto es lo que se utiliza para determinar el sexo** (Figura 4).

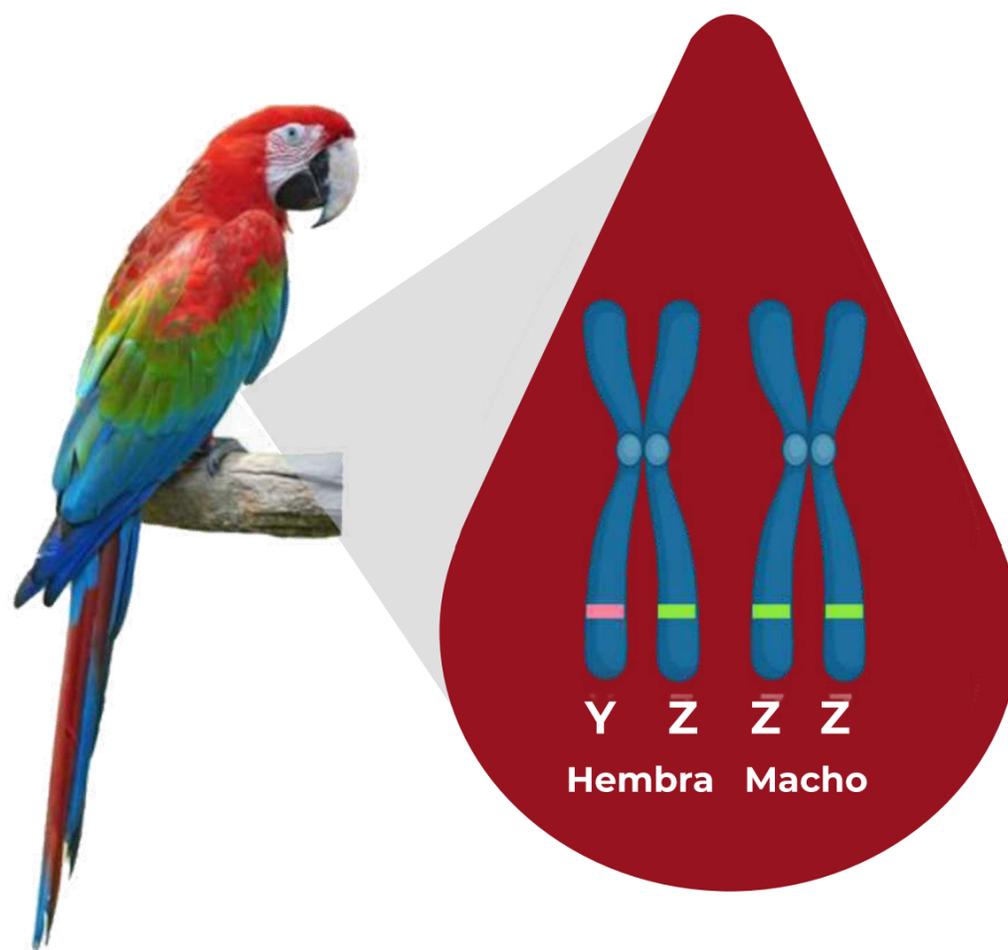


Figura 4. Representación del paquete genético contenido en una pequeña gota de sangre de un ave, que permite identificar el sexo, macho (ZZ) o hembra (YZ), sin importar su edad. Ilustración: Sergio Albino

Para ello, **los productos que resultan de la PCR se observan en el laboratorio utilizando otra técnica conocida como electroforesis.** Esta técnica consiste en separar dichos productos mediante la aplicación de una carga eléctrica constante durante un tiempo determinado, lo que provoca que el ADN se separe de acuerdo con su tamaño. **Para el caso particular de la diferenciación sexual de las aves, se visualiza una sola banda si se trata de un macho (puesto que ambos cromosomas tienen el mismo tamaño) o dos bandas de diferente tamaño si se trata de una hembra** (Figura 5).

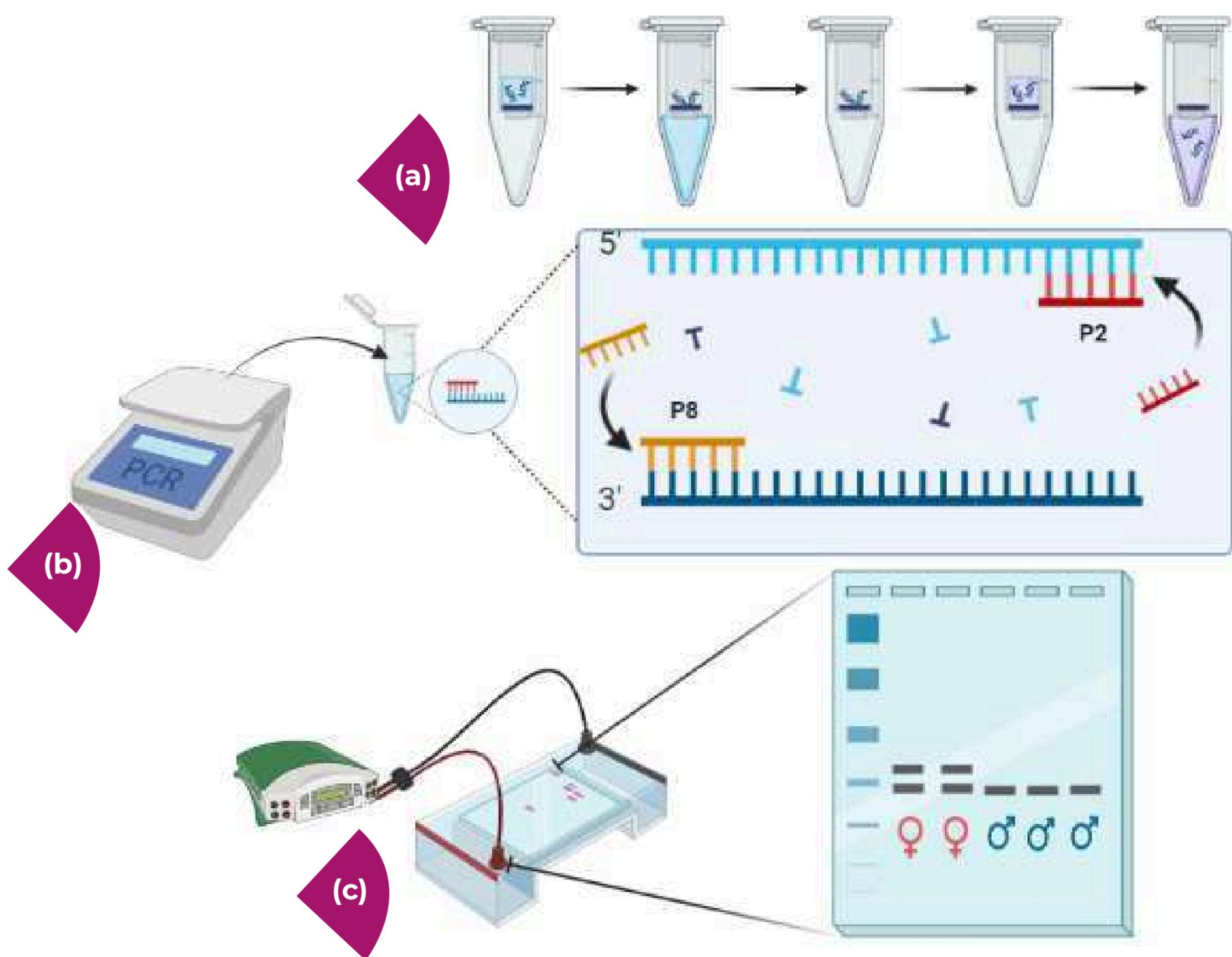


Figura 5. Procedimiento de laboratorio para la determinación del sexo en las aves. (a) Representa la extracción del material genético, la cual consiste en eliminar impurezas (proteínas, otras células) presentes en la sangre, para que al final del procedimiento se obtenga el ADN genómico de cada ave; (b) Procedimiento de amplificación genética a través de cambios de temperaturas controladas; con el cual se reproducen millones de copias de un gen de interés; (c) La visualización del ADN, se realiza aplicando pequeñas cargas eléctricas que permiten separar los fragmentos por su tamaño y así revelar el sexo, con ayuda de luz ultravioleta. Ilustración: Sergio Albino

¿Para qué es importante conocer el sexo de los psitácidos?

El conocimiento preciso del sexo de un individuo se vuelve un parámetro de gran importancia en los programas de manejo, conservación y reintroducción de especies en riesgo de extinción, tanto de aquellas cautivas como las que se encuentran en vida silvestre.

Al conocer el sexo de forma correcta, se pueden colocar anillos con la identificación a cada ave. Esto evita el emparejamiento de individuos del mismo sexo en programas de cría en cautiverio, lo cual generaría, además del fracaso de la reproducción, peleas territoriales. También **es esencial para seleccionar a los individuos del sexo adecuado a ser liberados y mantener las poblaciones viables, para prevenir y combatir enfermedades ligadas específicamente a cada sexo,** y para asignar a cada individuo una dieta correcta, ya que durante la época de cría la hembra necesitará una dosis extra de calcio en su dieta. O, simplemente, ¡para ponerles un nombre adecuado a su sexo cuando las aves estén en exhibición!



Fotografía: Vinisa Romero



Agradecimientos

Al Departamento de Bienestar Animal del Akumal Monkey Sanctuary & Rescued Animals (AMS), particularmente a los MVZ. Marco Antonio Galindo Negrete y Daniela Montserrat Sánchez por el manejo y obtención de muestras de los ejemplares durante la realización del estudio. Nuestra gratitud al Director General de AMS Emin Yilmaz por las facilidades y a la Fundación Santuario Akumal por el apoyo financiero en parte de los análisis.

Para saber más:

- Forshaw JM, Knight F. 2010. Parrots of the world. Princeton University Press, EE. UU. [Click aquí](#)
- Purwaningrum M, Nugroho HA, Asvan M, Karyanti K, Alviyanto B, Kusuma R, Haryanto A. 2019. Molecular techniques for sex identification of captive birds. *Veterinary World* 9, 1506-1513. [Click aquí](#)
- Matta Camacho NE, Ramírez Martín N, Zúñiga Díaz B C, Vera V. 2009. Determinación de sexo en aves mediante herramientas moleculares. *Acta Biológica Colombiana* 14, 25-38. [Click aquí](#)

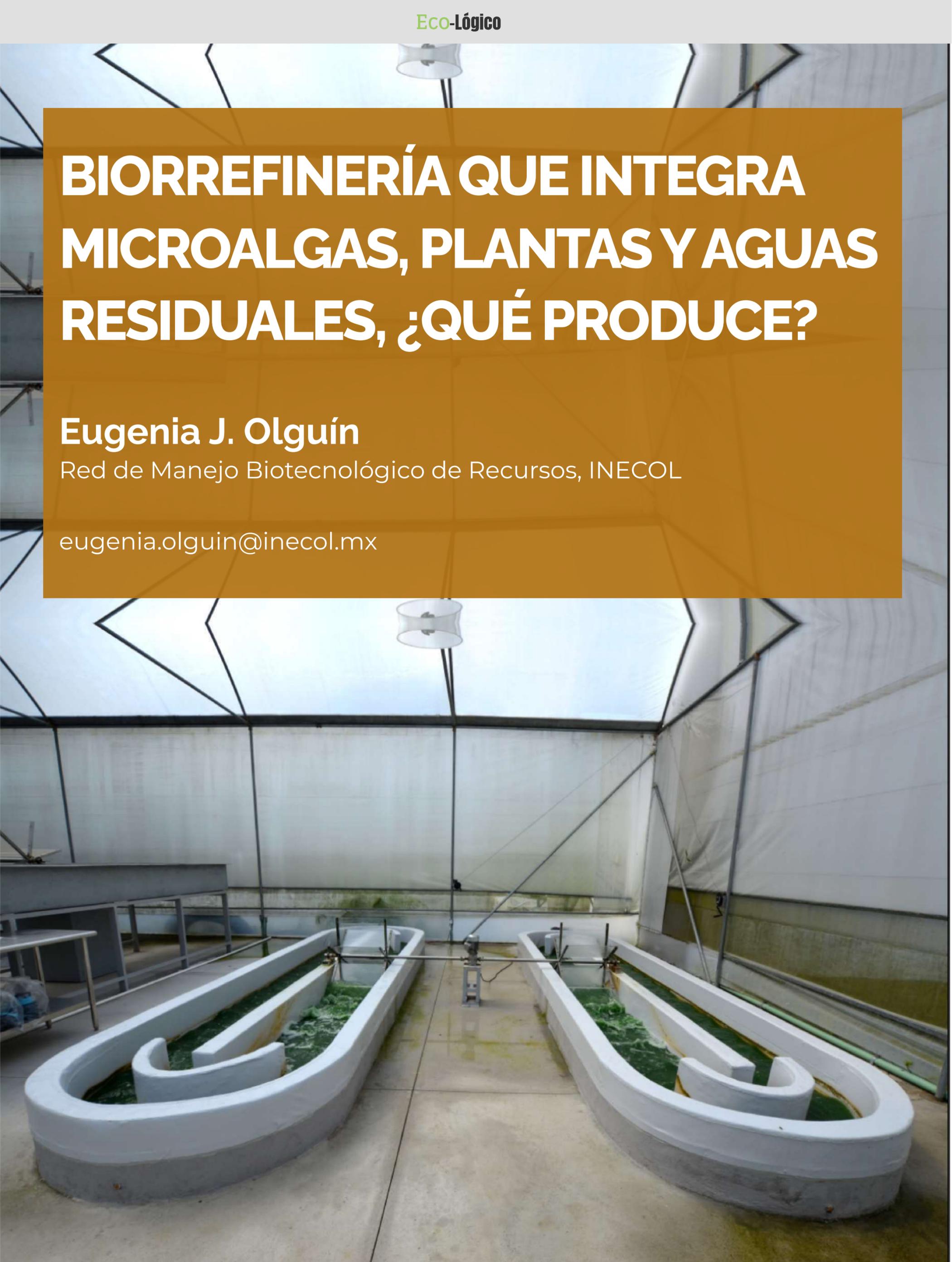
Fotografía: Vinisa Romero

BIORREFINERÍA QUE INTEGRA MICROALGAS, PLANTAS Y AGUAS RESIDUALES, ¿QUÉ PRODUCE?

Eugenia J. Olguín

Red de Manejo Biotecnológico de Recursos, INECOL

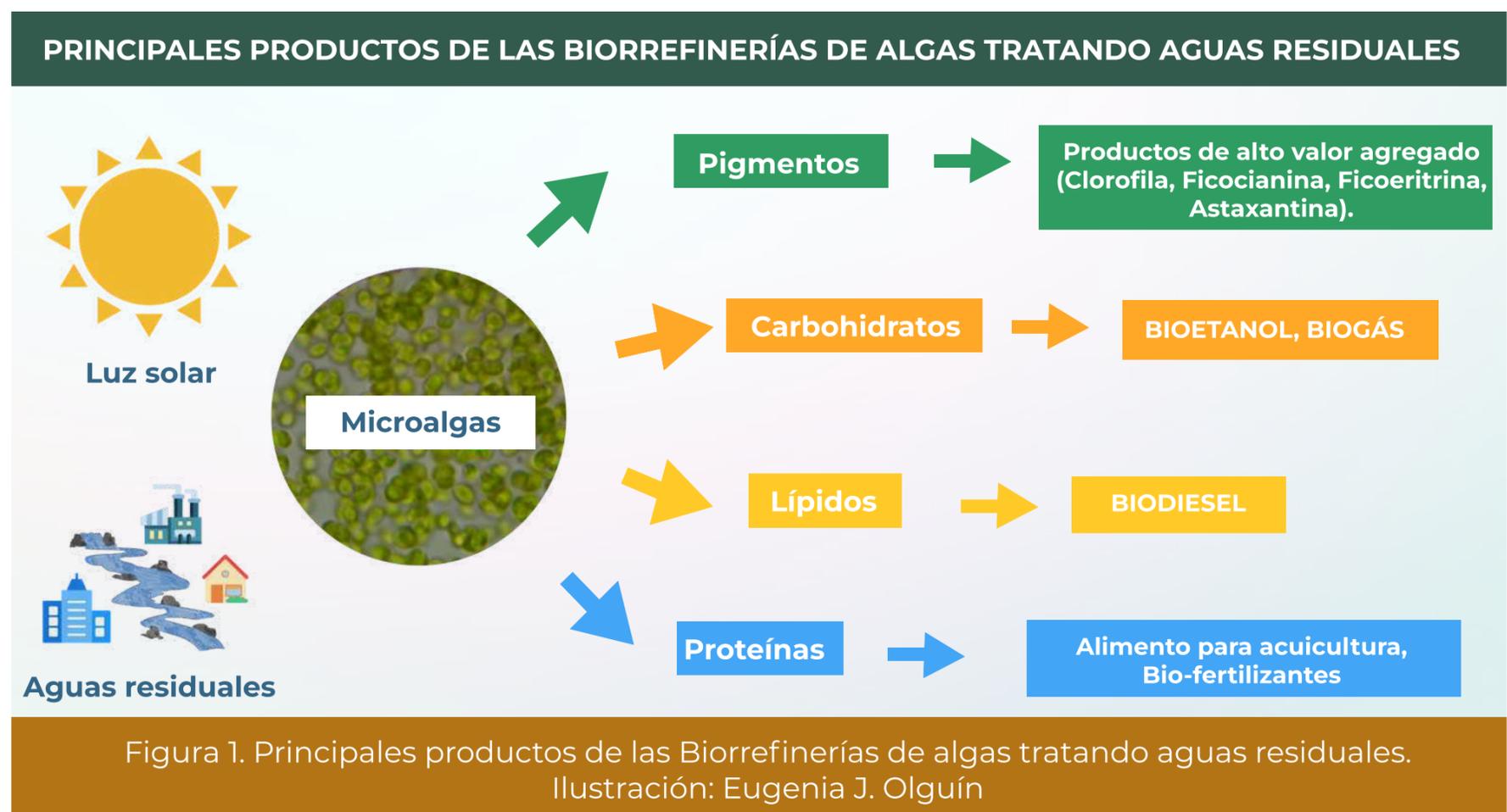
eugenia.olguin@inecol.mx



"Raceways" con cultivos de *Arthrospira maxima* (Spirulina). Fotografía: Daniel García

Cada año escuchamos más en las noticias que el cambio climático es una verdadera amenaza que afecta a todos los millones de habitantes del mundo entero. El resultado del aumento en la concentración de gases efecto invernadero (GEI), como se ha llamado al dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y otros gases, es que en algunas zonas del planeta han aumentado las sequías extremas y en otras, las inundaciones. Además, el calentamiento global ha generado el aumento de la temperatura del agua de los océanos, lo cual ha ocasionado el derretimiento de los glaciares en el polo norte y en el polo sur.

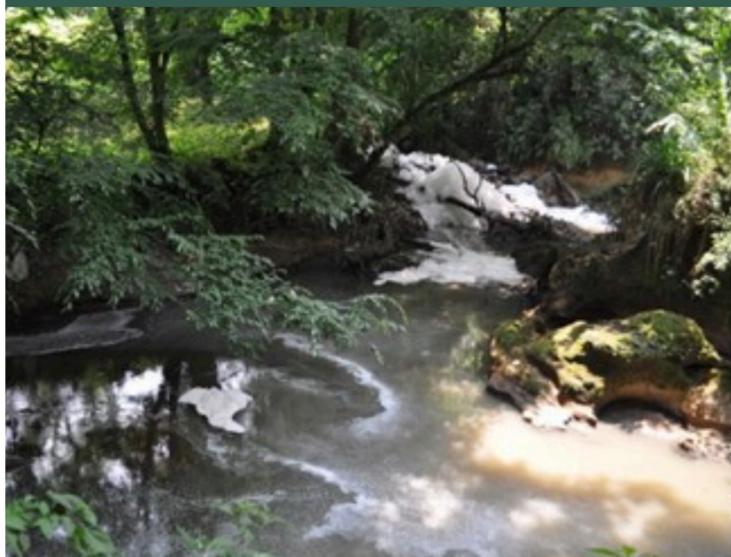
Las acciones de mitigación del cambio climático son diversas y entre ellas, destaca la producción de biocombustibles dentro de biorrefinerías. Estas son los nuevos complejos industriales que reemplazan a las refinerías en donde se procesa el petróleo. Se distinguen de las refinerías porque utilizan la biomasa (vegetal o residual) para producir biocombustibles, tales como el bioetanol, biodiesel, biogás o biohidrógeno. **Las ventajas de los biocombustibles respecto a los combustibles fósiles, es que durante su combustión no se liberan gases de efecto invernadero (GEI).** Las biorrefinerías de primera generación han sido muy controvertidas porque producen bioetanol a partir de extensos monocultivos de caña de azúcar. Las de segunda generación producen biocombustibles a partir de residuos vegetales de diversos tipos. Las de tercera generación utilizan a las microalgas como la biomasa a convertir no sólo en biocombustibles, sino también en otro tipo de productos, algunos de alto valor comercial (pigmentos) y otros muy útiles en la agricultura como los biofertilizantes o bio-estimulantes de cultivos agrícolas (Figura 1).



El Grupo de Biotecnología Ambiental del INECOL ha implementado desde 2011 una Biorrefinería de tercera generación en donde operan varios módulos con tecnologías desarrolladas y probadas durante años por el mismo grupo (Figura 2). En el primer módulo, opera una **“Laguna de Fitofiltración” de 13,000 litros con plantas acuáticas** conocidas como lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) y hemos demostrado, mediante un monitoreo a lo largo de cuatro estaciones del año, que **elimina contaminantes del agua del Río Sordo (en el municipio de Xalapa, Veracruz), de manera muy eficiente** (Figura 3). De esta forma, se genera agua limpia para el cultivo de microalgas sin tener que utilizar agua para la agricultura o para abastecer a las ciudades. De hecho, este tipo de lagunas se podrían instalar en sitios estratégicos en las orillas del río Sordo con el objeto de lograr su saneamiento, complementado con el control de descargas a este río y a sus afluentes, el río Carneros y el río Papas, los cuales se encuentran altamente contaminados. **Las lagunas de fitofiltración también pueden ser instaladas y operadas a muy bajo costo en pequeñas poblaciones con menos de 10,000 habitantes**, con el objeto de tratar sus aguas residuales domésticas.



OLGUÍN *et al.* 2017. YEAR-ROUND PHYTOFILTRATION LAGOON ASSESSMENT USING *Pistia stratiotes* WITHIN A PILOT-PLANT SCALE BIOREFINERY



Agua de un río contaminado



Science of The Total Environment

Volume 592, 15 August 2017, Pages 326-333



Biomasa de plantas acuáticas para producción de biogás

Pistia stratiotes

Productividad máxima:
7.27 g_{ps} m⁻² d⁻¹



REMOCIÓN (%):

COD: 48-88%
N-NH₄⁺: 77-99%
N-NO₃⁻: 17-97%
P-PO₄⁻²: 73-93%



Laguna de Fitofiltración de 13,000 litros. TRH= 14 días

Agua tratada para el cultivo de microalgas

Figura 3. Laguna de fitofiltración con *Pistia stratiotes*.
Fotografía: Erik González



Arthrospira maxima (Spirulina) vista en microscopio. Fotografía: Eugenia J. Olguín

En el segundo módulo de la biorrefinería del INECOL, **la lechuga de agua cosechada puede procesarse para generar biogás o biohidrógeno.** Ya hemos realizado estudios que demuestran la factibilidad de la producción de ácidos grasos volátiles y de biogás a partir de dichas plantas acuáticas.

En el tercer módulo, **se cultivan diferentes tipos de microalgas** utilizando agua tratada en la laguna adicionada de efluentes de la digestión anaerobia (digestatos) de excretas porcinas o de vinazas (aguas residuales de las alcohólicas) como fuente de nutrientes. **Hemos cultivado microalgas que acumulan lípidos** (grasas) (*Neochloris oleoabundans*), en porcentajes muy altos (27.4-38.5% en base seca), bajo las condiciones de estrés a las que las sometimos. **Dichos lípidos son extraídos y procesados para producir biodiesel.** Por otro lado, aislamos una cepa del alga *Chlorococcum* sp. a partir de aguas residuales de una planta de tratamiento y al someterla a ciertas condiciones de limitación de nutrientes (estrés), tiende a acumular carbohidratos (20-45 % en base seca), los cuales pueden ser extraídos y fermentados para producir bioetanol. **La biomasa residual después de las extracciones, puede ser utilizada como biofertilizante.** Además, se cuenta con infraestructura que permite el cultivo de las microalgas a nivel planta piloto con reactores de bolsa (verticales) de 200 litros para la generación de inóculo y cuatro lagunas de poca profundidad con agitación de 2,000 litros cada una.

En otro enfoque, en donde no se utilizaron aguas residuales, demostramos la factibilidad del **cultivo de la microalga *Arthrospira maxima*, antes llamada *Spirulina* o espirulina** (Figura 4), con el objeto de producir tanto biomasa como la tecnología para producir un pigmento, ambos con un alto valor de mercado. **La biomasa de esta microalga se vende en el mercado internacional entre 5 y 25 dólares el kilogramo** (incluso hasta 100 dólares por kilogramo para volúmenes etiquetados como “biomasa orgánica”). Por su parte, **la tecnología de punta desarrollada permite producir el pigmento ficocianina, el cual puede ser vendido a la industria farmacéutica o de cosméticos a un valor hasta de 130 dólares por gramo.**

PRODUCCIÓN DE FICOCIANINA UTILIZANDO *Arthrospira maxima* (SPIRULINA)



Escalamiento a lagunas de 2,000L con medio Zarrouk modificado de bajo costo



Inóculo generador en un
fotobiorreactor de 200 L con
medio Zarrouk



Cosecha de células con el equipo
Membranology®, microfiltración
0.2µm, concentrado 10x

Figura 4. Producción de ficocianina utilizando *Arthrospira maxima* (Spirulina).

Fotografías: Daniel García



Río Sordo contaminado con aguas residuales. Fotografía: Francisco J. Melo

Es importante mencionar que esta Biorrefinería inició en 2011 con un fuerte apoyo de CONAHCYT y posteriormente hemos logrado ganar otros apoyos en diversas convocatorias. El último para la producción de ficocianina, fue un financiamiento conjunto entre el CONAHCYT y el Newton Fund del Reino Unido y los resultados nos permitieron quedar como finalistas en el Premio “Newton Fund” del 2018. También, se han generado numerosas publicaciones y con el trabajo en esta biorrefinería se han recibido 6 estudiantes de maestría y 2 de doctorado. Actualmente, un estudiante de la maestría del INECOL trabaja con los residuos de cocina (vegetales y frutas) en digestores anaerobios (reactores sin aire) para su conversión en biogás y efluentes, con el objeto de aprovechar estos últimos para el cultivo de *A. maxima*, con financiamiento de COVEICYDET.

Se invita a empresarios o fundaciones a contactarnos con el fin de transferir tecnologías o de negociar nuevos fondos para continuar con este proyecto, el cual es de diseño único en México y puede contribuir a varios de los Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS), de las Naciones Unidas.

Agradecimientos:

Se agradece a la Dra. Gloria Sánchez Galván quien ha participado activamente en esta línea de investigación desde su inicio. También al Ing. Francisco Melo, técnico de la Red de Manejo Biotecnológico de Recursos y a todos los técnicos y estudiantes que están citados en los trabajos publicados (ver referencias). Una mención especial al Dr. Oscar Monroy de la UAM-I, al Dr. Roberto DePhilippis de la Universidad de Florencia, Italia y al Dr. Gabriel Acién de la Universidad de Almería, España, quienes han participado como colaboradores externos desde 2011. Se agradece al CONAHCYT-SENER por el apoyo de noviembre de 2011 a junio de 2015 para el proyecto “*Biorrefinería para la producción de biogás, biodiesel e hidrógeno a partir de microalgas y aguas residuales domésticas*”. Se agradece al Fondo Innovate-UK y CONAHCYT (FONCICYT) por el financiamiento de septiembre de 2016 a septiembre de 2019 para el Proyecto “*PhycoPigments: Novel manufacturing methods for high value pigments products from microalgae*”.

Para saber más:

•Olguín EJ, González Portela RE, Sánchez Galván G, Zamora Castro JE, Owen T. 2010. Contaminación de ríos urbanos: El caso de la subcuenca del río Sordo en Xalapa, Veracruz, México. *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal* 1(2), 178-190. [Click aquí](#)

•García-López DA, Olguín EJ. 2020. Potential strategies and opportunities for the development of *Arthrospira maxima* (Spirulina) processes: A review. *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal* 11(1), 1-14. [Click aquí](#)

•Olguín EJ, Sánchez Galván G, Arias-Olguín II, Melo FJ, González Portela RE, Cruz L, De Philippis R, Adessi A. 2022. Microalgae-Based Biorefineries: Challenges and future trends to produce carbohydrate enriched biomass, high-added value products and bioactive compounds. *Biology* 11, 1146. [Click aquí](#)

Pistia stratiotes en una laguna de fitofiltración de 13 mil litros. Fotografía: Francisco J. Melo

DE LOS ACUARIOS A LOS LABORATORIOS: EL PEZ CEBRA REVOLUCIONANDO LA INVESTIGACIÓN

Ivette Bravo Espinoza

Posdoctorado. Red de Estudios Moleculares Avanzados, INECOL

José Luis Olivares Romero

Red de Estudios Moleculares Avanzados, INECOL

Yoshajandith Aguirre Vidal*

Red de Estudios Moleculares Avanzados, INECOL

* yoshajandith.aguirre@inecol.mx

Si alguna vez has visitado un acuario, habrás notado que existen peces de muchos tamaños y colores. **Tal vez pensarás que los peces en cautiverio solo pueden ser usados para decorar un espacio o como mascotas. Sin embargo, te sorprenderá saber que hay uno de ellos, el pez cebra (*Danio rerio*), que es utilizado como modelo de investigación.**

Generalmente, cuando escuchamos sobre animales utilizados en laboratorios para hacer experimentos, lo primero que se nos viene a la mente son las ratas o ratones. Esto se debe a que los roedores se han colocado como modelos de experimentación primordial debido a su alta semejanza anatómica, fisiológica y su gran similitud genética con el ser humano. Sin embargo, este pequeño pez tiene estas ventajas y otras más, por lo que se ha incrementado su uso como modelo de experimentación.

El pez cebra es llamado así debido a las cinco franjas laterales de coloración oscura a lo largo de su cuerpo, que recuerdan las rayas de una cebra. Pertenecen a la familia de los ciprínidos y en su etapa adulta su tamaño oscila entre 3 y 5 cm de largo. Además, el pez cebra presenta dimorfismo sexual, lo que significa que podemos diferenciar hembras de machos a simple vista: **los machos tienen cuerpo alargado y bandas doradas entre las franjas azules; mientras que las hembras son más grandes, más robustas y alternan franjas azules y plateadas. Además, las hembras adultas tienen el vientre más abultado** (Figura 1).



Este pez se distribuye de manera natural en los ríos de Asia, particularmente en India, Nepal y Bangladesh, donde se reproduce en la temporada de lluvias. En condiciones óptimas, en un laboratorio o en criaderos la producción de huevos se puede presentar durante todo el año. **En cada puesta una hembra deposita más de 100 huevos.** Los huevos del pez cebra son fertilizados en el agua, comenzando ahí **el desarrollo embrionario, que ocurre de forma muy rápida, aproximadamente durante 4 días.** Veinticuatro horas después de la fertilización, los embriones presentan movimientos espontáneos, y a partir de las 48 h ya tienen latidos cardiacos, emergiendo del huevo a las 72 h, para completar su desarrollo en 72 a 96 h, cuando la mayoría de sus órganos están completamente desarrollados. **Después de 3 meses, estos peces se consideran adultos.**

El pez cebra ha revolucionado el mundo de la investigación por sus múltiples ventajas sobre otros animales de experimentación: rápido crecimiento, facilidad de producción a bajo costo y similitud con los humanos. **La similitud genética (es decir la información que guarda el cuerpo para definir cómo organizarse y funcionar) del pez cebra con el ser humano se estima en un 70% y posee un 82% de similitud en genes asociados a enfermedades,** convirtiéndolo en un modelo ideal para distintas líneas de investigación.

George Streisinger fue el primer investigador en realizar ensayos con pez cebra. Estos ensayos buscaban entender procesos relacionados con el desarrollo embrionario. **En la actualidad, el pez cebra es usado como modelo para estudiar enfermedades neurodegenerativas como Alzheimer o Parkinson** y se sabe que tienen la capacidad de regenerar sus células cerebrales. Con la experimentación en estos peces **también se ha logrado avanzar en el entendimiento de padecimientos como el cáncer y enfermedades cardiacas.** En el último caso, los estudios realizados en el pez cebra han permitido entender procesos muy interesantes como la capacidad que tienen de regenerar su corazón. Estos animales tardan dos semanas en regenerar toda la estructura y funcionalidad cardiaca cuando sufren daños de hasta un 20 % en este órgano.

Además, gracias a la capacidad del pez cebra de incorporar moléculas de bajo peso molecular disueltas en el agua a través de sus agallas, estos peces se han usado para determinar qué tan tóxicas pueden ser diferentes sustancias, como fármacos o plaguicidas.

Una característica importante es que los embriones del pez cebra se desarrollan fuera del cuerpo y son transparentes lo que permite visualizar si algunos compuestos químicos tienen efectos durante el desarrollo. Esto último puede evaluarse usando microscopios convencionales (Figura 2) sin necesidad de crear un ambiente artificial ni de sacrificar a los animales.

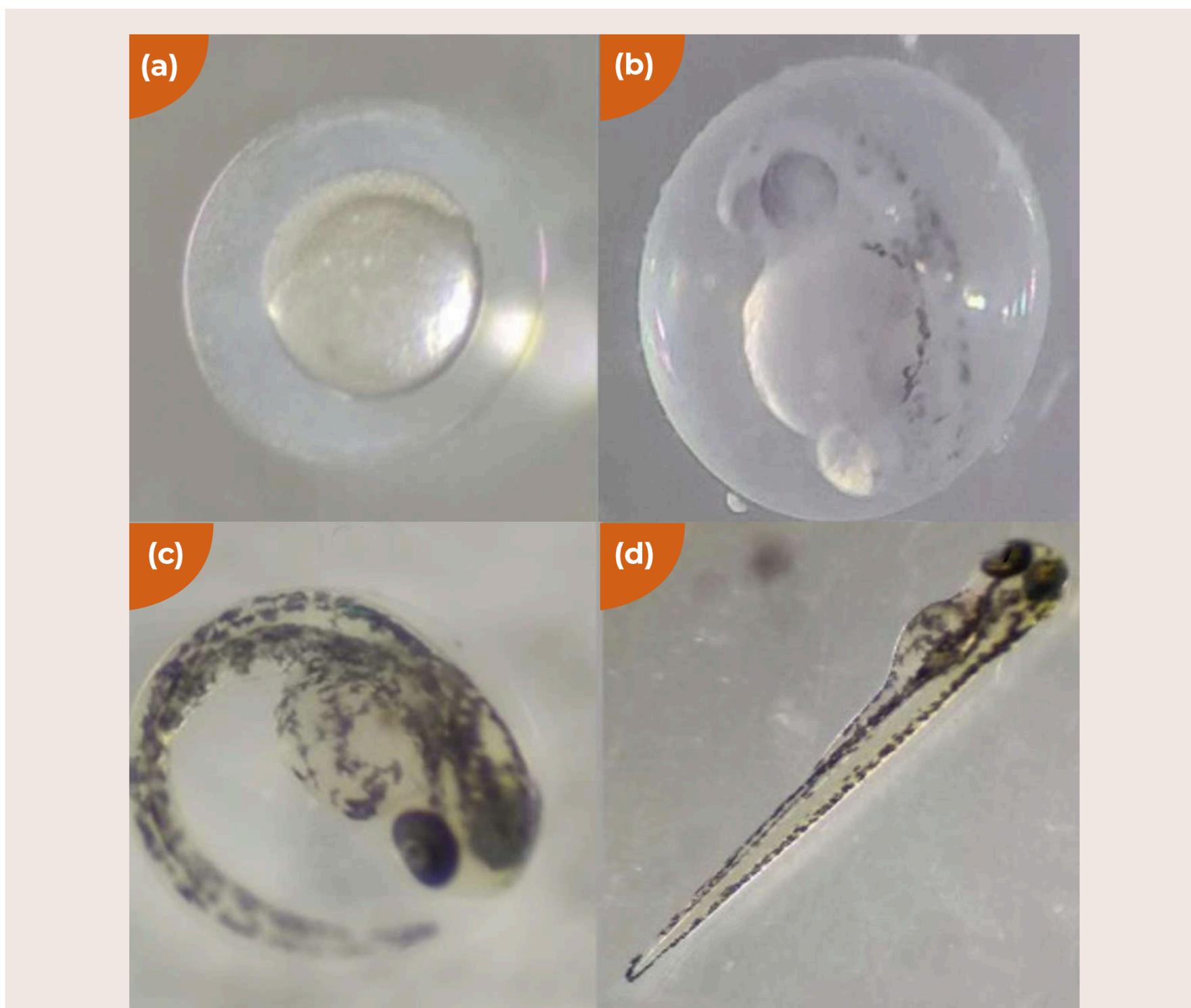


Figura 2. Principales etapas del desarrollo del pez cebra. (a) Huevo 6 horas después de su fertilización (en la última etapa de clivaje). (b) Embrión 24 horas después de la fertilización, el embrión se va alargando, la piel y ojos comienzan a tomar color. (c) Embrión 48 horas después de la fertilización, aumenta la coloración de la piel y la cola se alarga. (d) Larva recién eclosionada. Fotografía: Ivette Bravo Espinoza

Por las razones antes mencionadas, **el pez cebra se ha convertido en un organismo experimental óptimo para entender los riesgos, como efectos tóxicos, que la exposición a contaminantes ambientales podría tener en los humanos y en otros animales.**

Actualmente, en el Laboratorio de Farmacología Experimental de la Red de Estudios Moleculares Avanzados (REMAv) del INECOL estamos trabajando una línea de investigación enfocada en las evaluaciones toxicológicas de diferentes moléculas, donde utilizamos como modelo de ensayo embriones de pez cebra para determinar el efecto tóxico de insecticidas y fármacos. La finalidad de esta investigación es contribuir con la generación de información que permita establecer medidas de seguridad para la protección de la salud humana y del medio ambiente (Figura 3). Por ejemplo, **en este momento estamos evaluando la toxicidad de un grupo de nuevos neonicotinoides que son un tipo de plaguicidas, para saber cuál es menos tóxico y así contribuir en la generación de conocimiento útil para la sociedad.**

Es importante mencionar que todos los animales de experimentación son tratados con humanidad en condiciones óptimas de alojamiento y cuidados. Todos los experimentos se realizan con ética y respeto, procurando siempre el bienestar animal con estrategias como el enriquecimiento ambiental, siguiendo las normas vigentes en nuestro país para el cuidado y uso de animales de laboratorio (NOM-062-ZOO-1999).

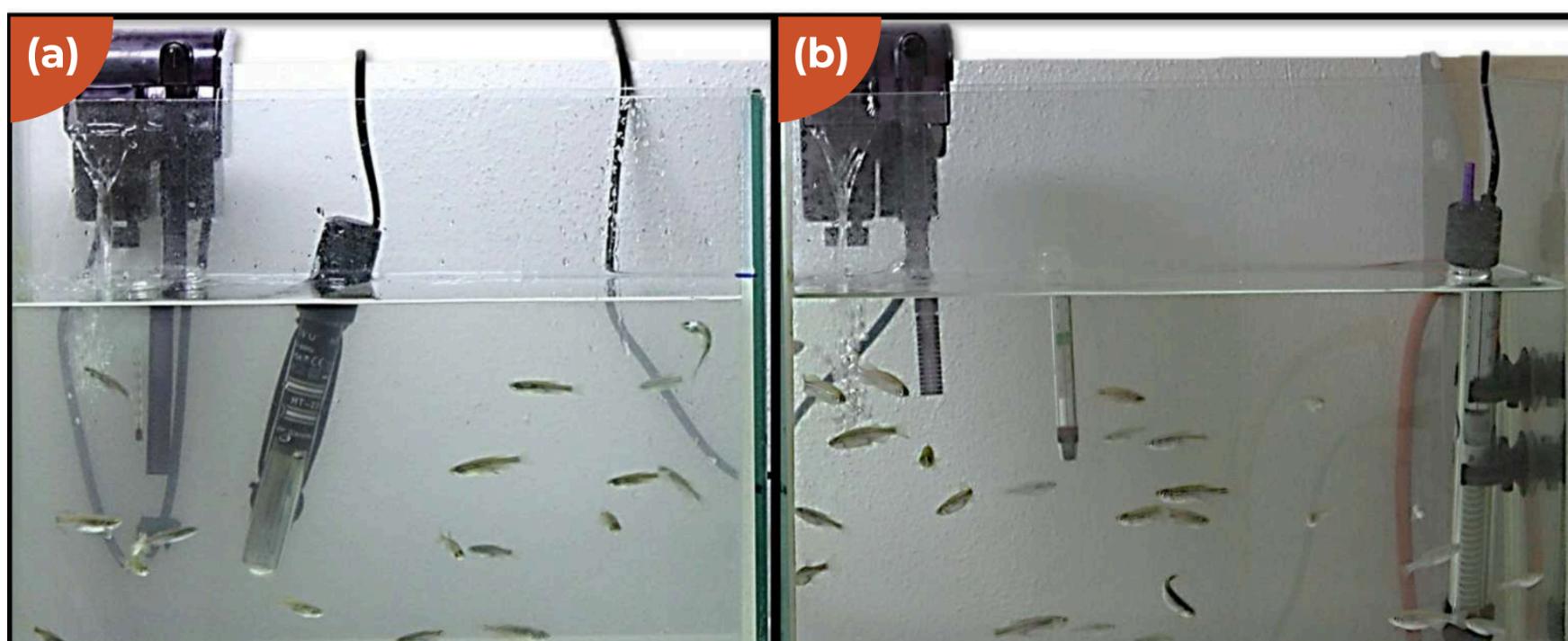


Figura 3. Reservorio del pez cebra en el laboratorio de farmacología. (a) Pecera con pez cebra macho. (b) Pecera con pez cebra hembra.

Fotografía: Ivette Bravo Espinoza



Agradecimientos

La investigación se está realizando gracias a la beca CONAHCYT (número 2753685) “Estancias Posdoctorales por México 2022” del proyecto “Evaluación toxicológica de derivados neonicotinoides”.

Para saber más:

•Kalueff AV, Stewart AM, Gerlai R. 2014. Zebrafish as an emerging model for studying complex brain disorders. *Trends in Pharmacological Sciences* 35 (2), 63-75.

[Click aquí](#)

•Paola DD, Capparucci F, Natale S, Crupi R, Cuzzocrea S, Spanò N, Gugliandolo E, Peritore AF. 2022. Combined effects of potassium perchlorate and a neonicotinoid on Zebrafish larvae (*Danio rerio*). *Toxics* 10(5), 203. [Click aquí](#)

•Westerfield M. 2000. The zebrafish book: a guide for the laboratory use of zebrafish. [Click aquí](#)

Fotografía: Tohru Murakami. Licencia: CCBYSA20

AVES VERACRUZANAS: LOS CUEVEROS ROCKEROS

José Alberto Lobato García

Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Xalapa, Ver.

Fernando González-García*

Red de Biología y Conservación de Vertebrados, INECOL

*fernando.gonzalez@inecol.mx



Cueveros. Fotografías: Alberto Lobato

A finales de 1969, una pequeña ave marrón se movía entre los laberintos de roca caliza y selva densa en las cercanías del pueblo de Ocozocoautla, Chiapas. Esta avecita se movía como lo habían hecho sus antepasados por miles de generaciones entre rocas y árboles, con la única diferencia de que en esta ocasión era observada por unos ojos muy atentos.

Esta observación, realizada por el mexicano Santos Farfán y el estadounidense Allan R. Phillips fue el punto de partida del descubrimiento de una especie de ave nueva para la ciencia, y que arrojó luz a la historia de unas aves que evolucionaron para vivir entre las cuevas de la selva: los increíbles *Hylorchilus* o cueveros (Figura 1).



El género *Hylorchilus* (del Griego *hule* = bosque; *orkhilos* = término usado para aves de la familia Troglodytidae en la Antigua Grecia) consta de dos especies: *Hylorchilus sumichrasti* e *Hylorchilus navai*, con los nombres comunes de Cuevero de Sumichrast y Cuevero de Nava, respectivamente. **Estas especies forman parte de la familia Troglodytidae, un grupo de aves poco coloridas con cantos complejos que son más escuchadas que vistas. Son conocidos como matracas, chivirines o saltaparedes.** Pero de entre todos los troglodítidos, el género *Hylorchilus* es el único que está adaptado a vivir entre cuevas y grietas, además de que es endémico de México. Esto significa que estas aves sólo viven en México.

Antes de hablar de los dos cueveros por separado es bueno conocer sus particularidades: ambos **tienen tonalidades marrones con finos patrones bandeados que pueden verse únicamente cuando el ave está muy cerca. Tienen un pico largo y delgado, una cola corta y unas patas enormes.** Estas características nos cuentan una historia común de adaptación a la vida entre las grandes rocas de un tipo de ecosistema muy especial: las selvas kársticas. El “karst” es un tipo de formación geológica muy particular, conformada principalmente por minerales que pueden ser disueltos por el agua, como la calcita. A través del paso de miles de años, la lluvia y los escurrimientos van diluyendo las rocas hasta generar grandes sistemas de cavernas, simas e intrincados pasajes de rocas. Pero en nuestra historia, las rocas no están solas en el paisaje, la superficie rocosa está llena de vida, y en los sitios con las condiciones adecuadas, incluso una gran selva puede crecer. Muchos seres vivos, incluidos los cueveros encuentran su hogar en estas selvas peculiares (Figura 2).



Figura 2. Hábitat típico de los *Hylorchilus* en las selvas creciendo sobre suelo rocoso o kárstico. (a) y (b) Hábitat del Cuevero de Sumichrast en Zongolica, Veracruz. (c) Hábitat del Cuevero de Nava en Jesús Carranza, Veracruz Fotografías: Alberto Lobato

El primero de los cueveros descubierto por la ciencia fue el Cuevero de Sumichrast (*Hylorchilus sumichrasti*) (Video 1a). Su descripción fue publicada en 1871 a partir de un ejemplar colectado por un naturalista mexicano de apellido Labarraque en algún lugar selvático del estado de Veracruz. Después de la colecta, el ave pasó a manos del naturalista Francis E. Sumichrast, quien a su vez lo envió a su colega G. Lawrence en Estados Unidos. Lawrence fue quien finalmente hizo la descripción. **Esta pequeña ave vive en selvas y cafetales cercanos a Córdoba en Veracruz, en la sierra negra de Puebla y en los alrededores de Valle Nacional en Oaxaca.**

Nuestro segundo cuevero es *Hylorchilus navai*, y fue observado por primera vez en 1969. Se colectó en 1971 y fue descrito para la ciencia en 1973. Primero fue considerado como una subespecie del ya conocido Cuevero de Sumichrast, pero en 1996 se reconoció como una especie diferente con el epíteto de *navai*, en honor al mexicano Juan Nava Solorio, quién colectó en Chiapas los primeros ejemplares en 1971. Aunque su historia natural es prácticamente desconocida, sabemos que este cuevero **habita en las áreas rocosas de la llamada Selva Zoque, entre los estados de Chiapas, Veracruz y Oaxaca** (Video 1b).



Videos 1. Da click sobre las imágenes para reproducir los videos de: (a) Cuevero de Sumichrast, (b) Cuevero de Nava. Videos: Alberto Lobato

A primera vista, las diferencias físicas entre los dos cueveros son sutiles, pero se tornan evidentes al observar con cuidado su pecho y garganta. El Cuevero de Sumichrast es de tonalidades marrones en el pecho y la garganta y es de color más claro; mientras que, el Cuevero de Nava posee tonos grises y blancos extendidos por todo el pecho y la garganta. Más allá de eso, hay pocas diferencias en sus apariencias externas. **Ambos cueveros se alimentan de insectos y caracoles que se esconden en las grietas de las rocas, y anidan en los huecos de las formaciones rocosas. Pero su canto es otra cosa.**

Las vocalizaciones en los machos de ambos cueveros son diferentes: El cuevero de Sumichrast tiene un canto de variados silbidos descendentes (Figura 3) mientras que el cuevero de Nava posee un canto compuesto de variados silbidos altos y bajos (Figura 4). Además, las hembras de ambas especies tienen una vocalización particular (Figura 5), que es menos común de escuchar que el canto de los machos. Los cantos suelen rebotar y desdoblarse entre las paredes de piedra de las selvas que habitan: el karst.

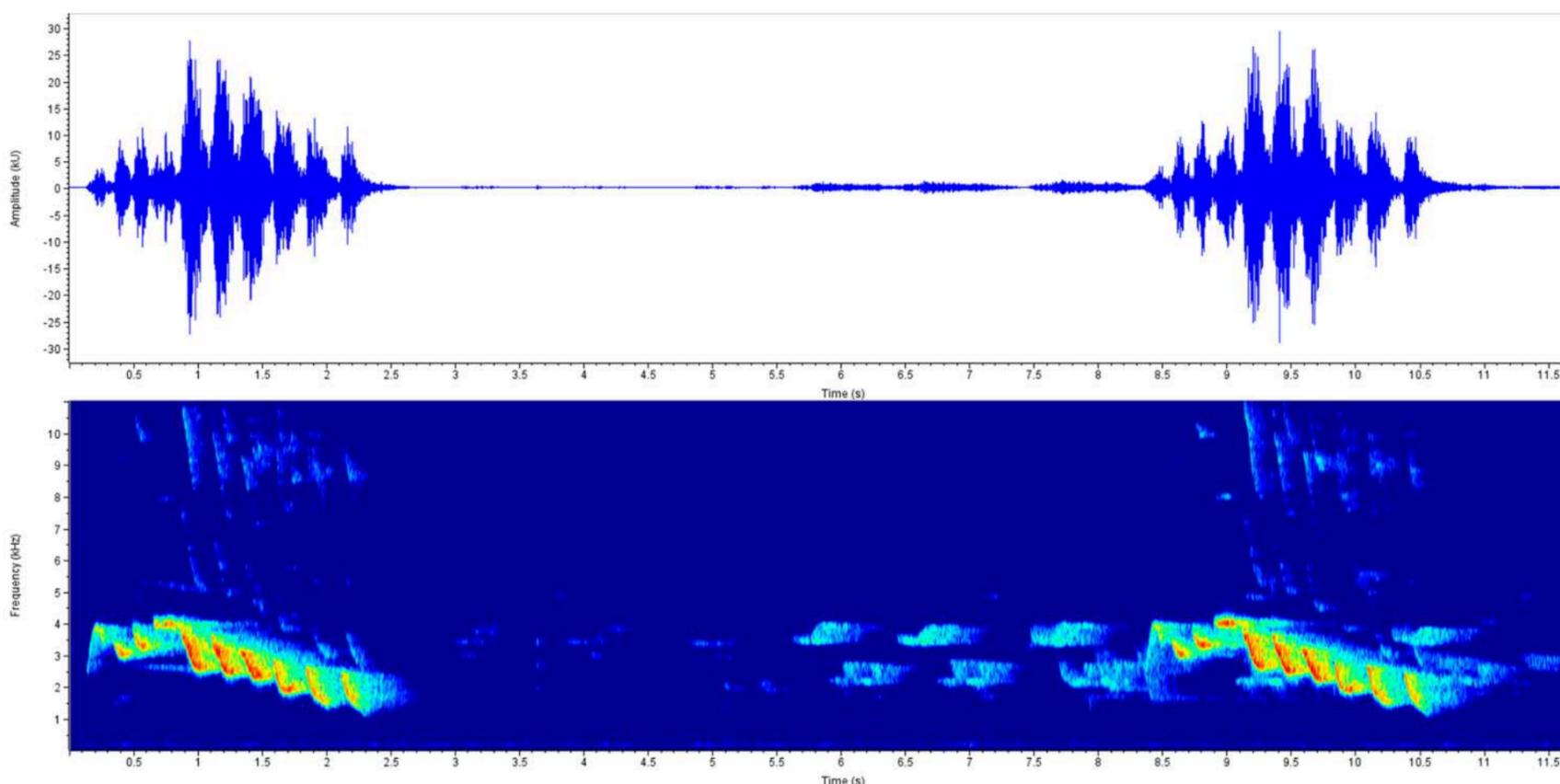


Figura 3. Visualización del canto de un macho del Cuevero de Sumichrast (*Hylorchilus sumichrastii*). En panel superior, el oscilograma, que representa la intensidad de cada una de las notas en decibeles. En panel inferior, el espectrograma o sonograma, que es la representación gráfica de las características estructurales del canto y se lee de izquierda a derecha. En el eje "x" se representa el tiempo (segundos) y en el eje "y" la frecuencia (kHz); el color más intenso representa la amplitud o intensidad de cada nota. Haz clic en el ícono de la izquierda para escuchar los cantos que se ilustran. Fotografía: Fernando González-García

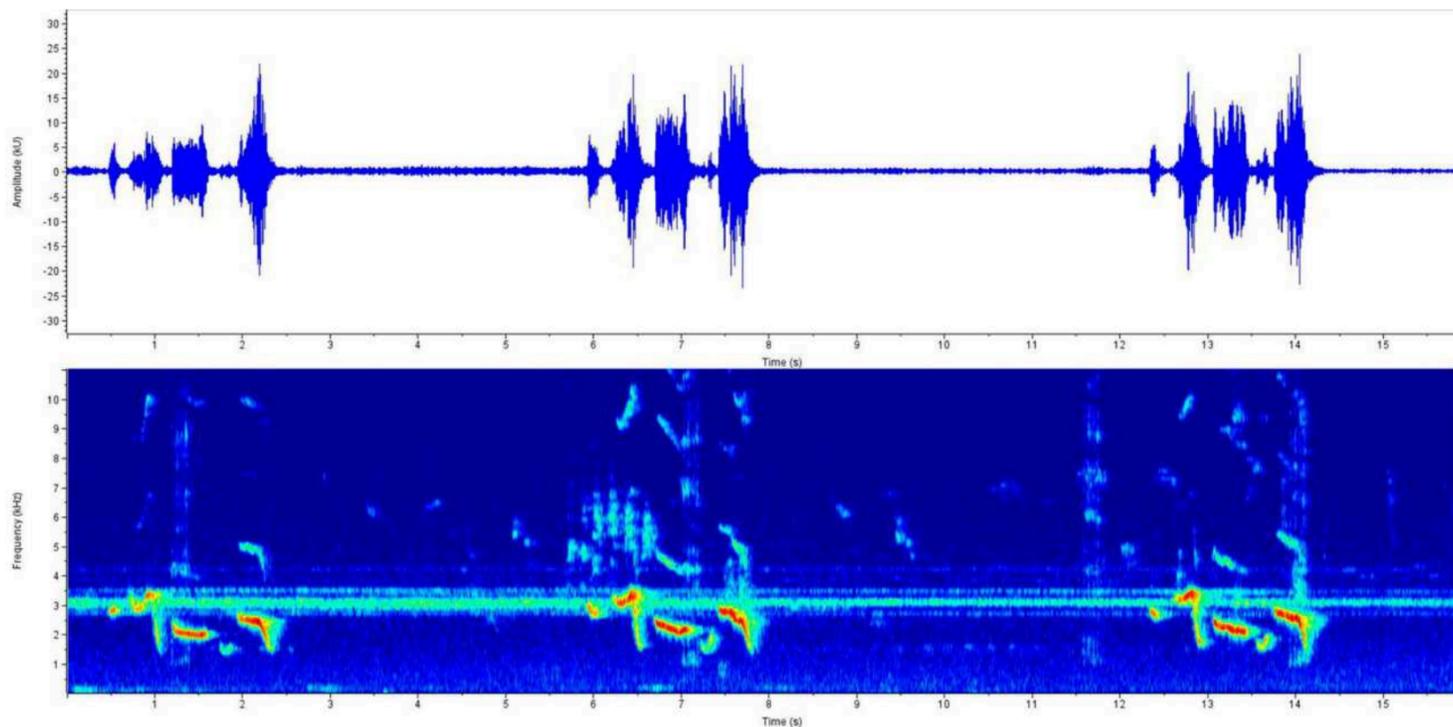


Figura 4. Visualización del canto de un macho del Cuevero de Nava (*Hylorchilus navai*). En panel superior, el oscilograma, que representa la intensidad de cada una de las notas en decibeles. En panel inferior, el espectrograma o sonograma, que es la representación gráfica de las características estructurales del canto y se lee de izquierda a derecha. En el eje “x” se representa el tiempo (segundos) y en el eje “y” la frecuencia (kHz); el color más intenso representa la amplitud o intensidad de cada nota. Haz clic en el ícono de la izquierda para escuchar los cantos que se ilustran. Fotografía: Fernando González-García

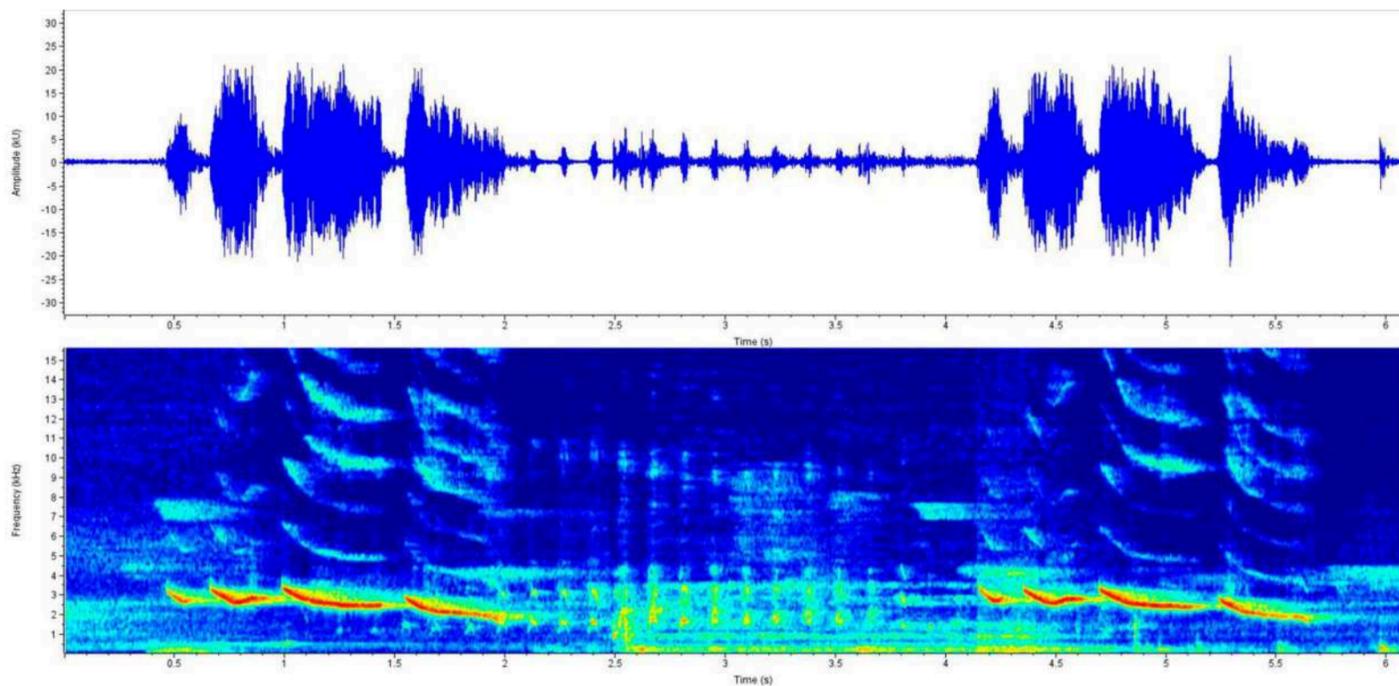


Figura 5. Visualización del canto de una hembra del Cuevero de Nava (*Hylorchilus navai*). En panel superior, el oscilograma, que representa la intensidad de cada una de las notas en decibeles. En panel inferior, el espectrograma o sonograma, que es la representación gráfica de las características estructurales del canto y se lee de izquierda a derecha. En el eje “x” se representa el tiempo (segundos) y en el eje “y” la frecuencia (kHz); el color más intenso representa la amplitud o intensidad de cada nota. Haz clic en el ícono de la izquierda para escuchar los cantos que se ilustran. Fotografía y audio: Fernando González-García

Esta dependencia de las selvas kársticas con sus laberintos rocosos de difícil acceso ha mantenido en el misterio a los cueveros, pero también los ha protegido. Debido a que estas selvas son en general poco adecuadas para la agricultura o la ganadería, gran parte de su hábitat resistió los embates de la deforestación rampante en el sureste de México. Sin embargo, la dependencia de su fortaleza rocosa los hace vulnerables en la actualidad y con un futuro incierto. La fragmentación del hábitat, la construcción de grandes represas durante el siglo pasado en las áreas donde se distribuyen, y la extracción de piedra caliza afectan a estos ambientes tan peculiares. **Actualmente, ambas especies de *Hylorchilus* están en alguna categoría de riesgo de acuerdo con las leyes mexicanas.**

Algunas poblaciones del Cuevero de Nava están protegidas dentro de la reserva de la biósfera de El Ocote en Chiapas (Figura 6), pero para el Cuevero de Sumichrast, no existe en la actualidad un área natural protegida de carácter estatal o federal que abarque alguna parte de su distribución. Sin embargo, hay otras alternativas de conservación, como las zonas de carácter comunitario, que protegen áreas de selva kárstica en buen estado de conservación y en donde aún existen los cueveros de Sumichrast y de Nava, para revelarnos los secretos que esconde su vida entre las rocas. Ejemplo de estas zonas de protección comunitaria son San Isidro Naranjal en Oaxaca, o el ejido 24 de febrero en Veracruz. **¡Únete a la causa y ayúdanos a proteger a los cueveros rockeros!**



Figura 6. El Cuevero de Nava (*Hylorchilus navai*) vocalizando desde los estratos bajos y oscuros de la selva. Fotografía: Alberto Lobato



Para saber más:

- Howell SNG, Webb S. 1995. A guide to the birds of Mexico and Central America. Oxford University Press. New York.
- Kirwan GM, Kroodsma DE, Brewer D, Spencer AJ. 2021. Nava's Wren (*Hylorchilus navai*), version 2.0. In Birds of the World (B. K. Keeney, Editor). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. [Click aquí](#)
- Jobling JA. 1991. Dictionary of scientific bird names. Oxford University Press. New York.
- Soberanes-González CA, Rodríguez-Flores CI, Arizmendi MdC, Schulenberg TS. 2020. Sumichrast's Wren (*Hylorchilus sumichrasti*), version 1.0. In Schulenberg TS. (Ed) Birds of the World. Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. [Click aquí](#)
- Cantos adicionales del Cuevero de Sumichrast. [Click aquí](#)
- Canto adicionales del Cuevero de Nava. [Click aquí](#)

Ciencia hoy

Fotografía: Jarmoluk, Pixabay



PRÁCTICAS SUSTENTABLES DE LA GANADERÍA Y LA AGROFORESTERÍA PARA MEJORAR LA CONECTIVIDAD DEL PAISAJE Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS CLAVE

Debora Lithgow*

Red Ambiente y Sustentabilidad, INECOL

Juan José Von Thaden

Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco

Daniel Revollo

CONAHCYT - Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco

Pilar Salazar

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

Aram Rodríguez

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

Tuuli Bernardini

Banco Mundial

Juan José Miranda

Banco Mundial

*debora.lithgow@inecol.mx

Paisaje ganadero con vegetación. Fotografía: JJ. Von Thaden

La necesidad de producir cada vez más alimentos para nuestra creciente población y las dinámicas productivas insostenibles han provocado una alarmante pérdida y degradación de los ecosistemas. Paradójicamente, los múltiples servicios que nos proveen los ecosistemas (Figura 1) se han visto afectados fuertemente por esta degradación ambiental, incluyendo servicios de los que dependemos para producir la mayoría de los alimentos que consumimos. Por ejemplo, la deforestación ocasiona la pérdida de animales como insectos, aves y murciélagos, entre otros, que, a su vez, funcionan como polinizadores de cultivos. Su extinción puede traer fuertes problemas en la producción de alimentos.

En respuesta, y a fin de desacelerar la degradación y mitigar sus consecuencias, actualmente se exploran alternativas como el Manejo Integral del Paisaje. Este enfoque ha cobrado relevancia, tanto a nivel internacional como nacional, porque reconoce la necesidad de mejorar los medios de subsistencia e ingresos de las comunidades, así como de conservar los ecosistemas y los servicios que éstos proveen. Además, **promueve prácticas productivas sustentables que, al fomentar la conservación de servicios ecosistémicos clave como la polinización, captura de carbono y la regulación de inundaciones, favorecen nuestra adaptación al cambio climático.**

Relaciones entre la ganadería y agroforestería con servicios ecosistémicos clave evaluados en el proyecto

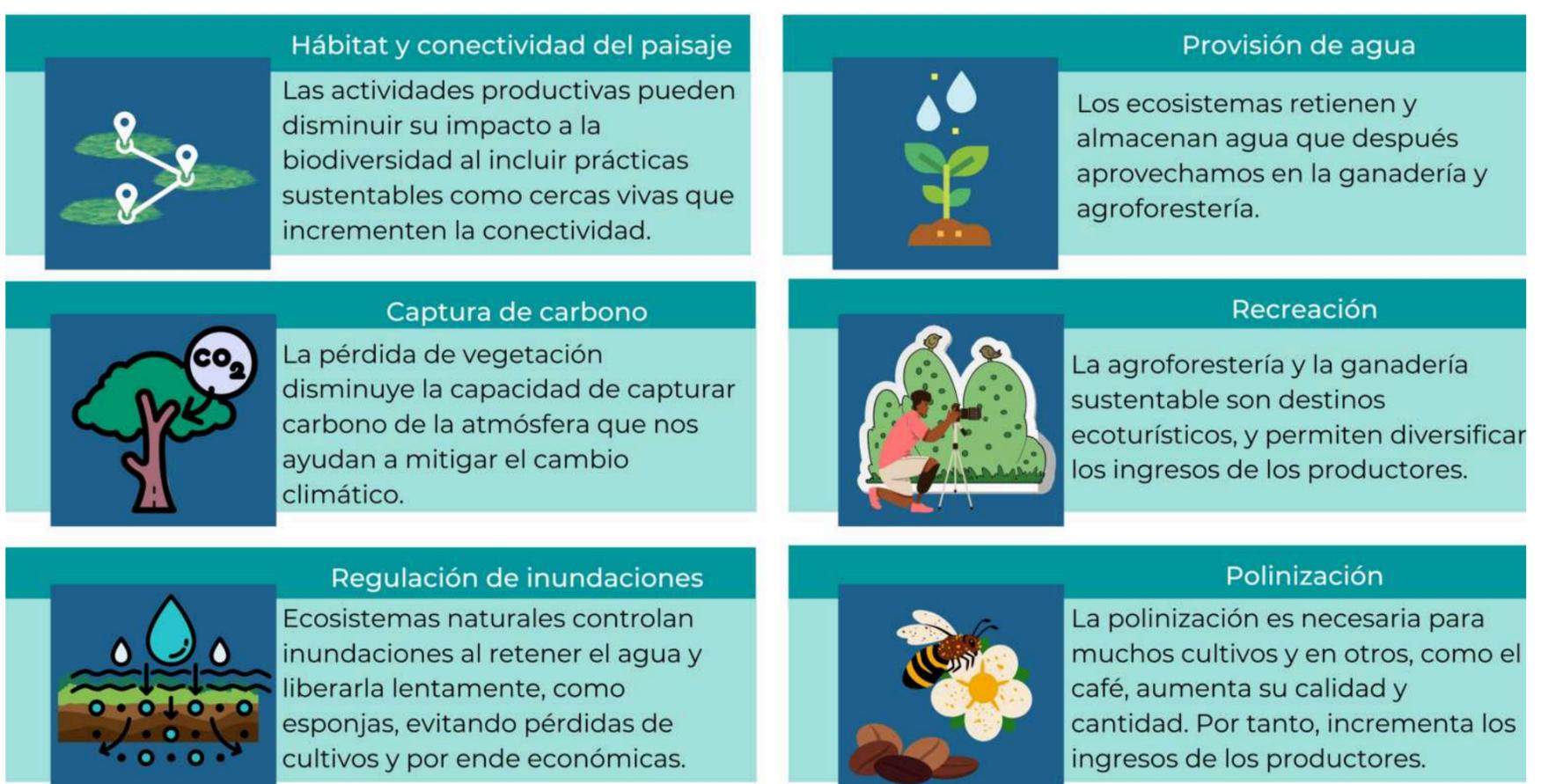
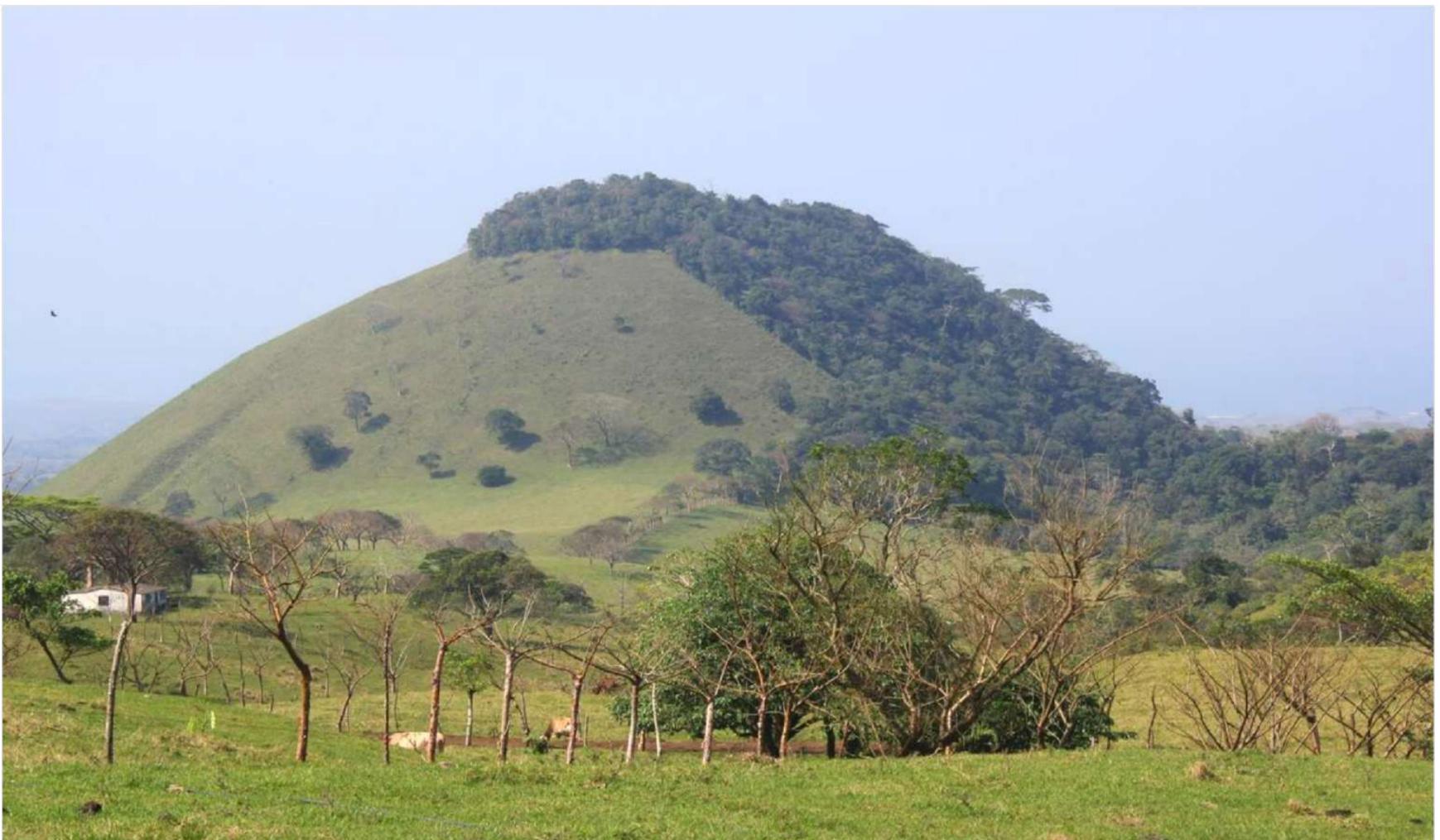


Figura 1. Ejemplos de relaciones entre la ganadería y la agroforestería con algunos servicios ecosistémicos clave. Elaboración propia

Entre los retos a resolver para poder aplicar el Manejo Integral del Paisaje está la generación de la información técnica necesaria y comprensible en diferentes escalas. Esta información permite saber, por ejemplo, **qué servicios proveen los ecosistemas de un lugar, cuáles están disminuyendo y cómo esto afecta al bienestar de las comunidades.** De esta manera **se apoya en el proceso de la toma de mejores decisiones en política pública sobre qué prácticas podrían tener los mayores beneficios, tanto ecológicos como socioeconómicos.**



Corredor de vegetación. Fotografía: JJ. Von Thaden

Un ejemplo de esta generación de información fue el estudio “Valoración económica de servicios ecosistémicos para el fortalecimiento del manejo Integrado del paisaje en cuencas seleccionadas de México”, financiado por el Programa Global de la Sustentabilidad (GPS) y donde colaboraron el Banco Mundial, el Instituto de Ecología y Cambio Climático (INECC), y el INECOL. Este estudio buscó, entre otras cosas, generar información para favorecer la implementación del Manejo Integral del Paisaje y promover prácticas productivas sustentables en cuencas que son muy importantes tanto para la producción ganadera y agroforestal nacional como para la conservación de la biodiversidad.

Los análisis de este estudio incluyeron la evaluación de un grupo de servicios ecosistémicos (almacenamiento y captura de carbono, control de inundaciones, conectividad funcional como una manera de medir la calidad de hábitat, polinización y provisión de agua superficial). Estos servicios están muy relacionados con las actividades productivas de la ganadería y agricultura ya sea porque los necesitan, como un insumo, o porque los afectan. Después de la evaluación de los servicios ecosistémicos, se eligieron prácticas que tendrían beneficios tanto para los productores como para la provisión de esos servicios. Finalmente, se estudió qué pasaría con la conectividad del paisaje y con la captura de carbono si se lograran implementar tres prácticas sustentables (mencionadas más abajo).



Ganado pastando frente a cerca viva. Fotografía: JJ. Von Thaden

En este caso, la conectividad del paisaje mide qué tan fácil sería para un organismo, como un jaguar, moverse desde donde vive (como un fragmento de selva) hacia otros lugares (otros fragmentos de vegetación) donde podría encontrar lo necesario para sobrevivir (comida, refugio, etc.). Se consideraron los posibles obstáculos que tendría que sortear como carreteras y ciudades, así como los “caminos” de vegetación que puede utilizar para llegar. Por su parte, la captura de carbono se refiere a la capacidad de las plantas de absorber y almacenar dióxido de carbono que es emitido, en su mayoría, por las actividades económicas y que es uno de los principales gases causantes del cambio climático.

Las tres prácticas evaluadas fueron: recuperación de la vegetación en las orillas de los ríos, establecimiento de cercas de árboles alrededor de los terrenos y la plantación de árboles aislados en potreros. Se realizaron ejercicios en computadora para predecir lo que pasaría si esas prácticas se implementaran en tres sitios: Ameca-Mascota (Jalisco), Del Carmen (Chihuahua) y Jamapa (Veracruz) (Figura 2). Estas son tres de las cuencas que el gobierno mexicano reconoce como prioritarias para el mejoramiento de las prácticas productivas en sus planes de acción de manejo integrado de cuencas (PAMIC). De ahí la relevancia de su estudio.

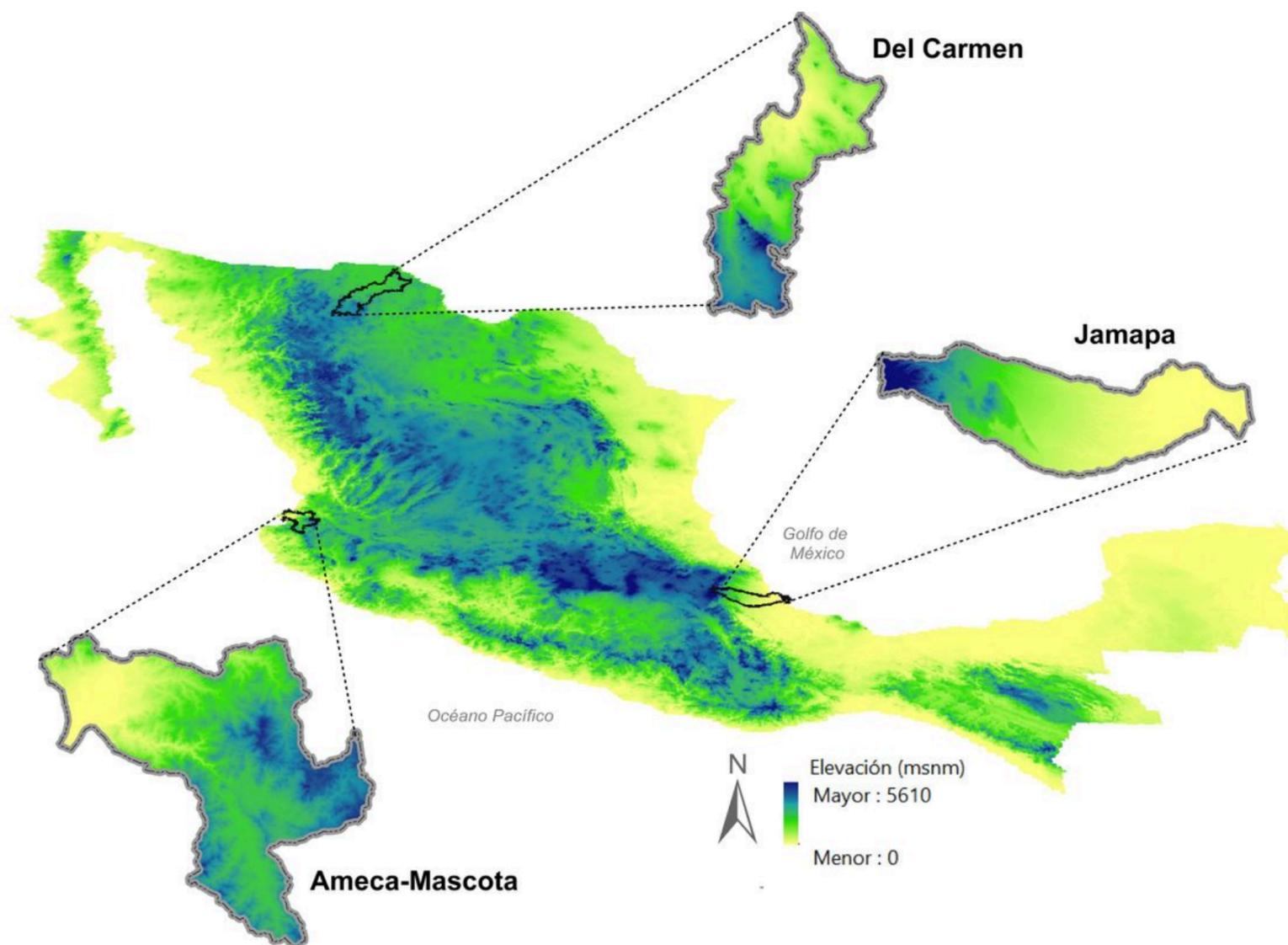


Figura 2. Ubicación de las tres cuencas: Ameca-Mascota (Jalisco), Del Carmen (Chihuahua) y Jamapa (Veracruz). Fotografía: JJ. Von Thaden

Los principales resultados indican que estas prácticas tendrían efectos positivos en la conectividad del paisaje y en el almacenamiento de carbono. Si hacemos un acercamiento en Jamapa (número 1 de la Figura 3), una de las cuencas donde se modelaron los efectos de las tres prácticas, podemos ver que actualmente hay pocas líneas rojas (número 2 de la Figura 3) y que las líneas rojas incrementarían si se implementaran las prácticas propuestas (número 3 de la Figura 3).

Esas líneas rojas representan la conectividad del paisaje y nos muestran a qué fragmentos de vegetación podría llegar un jaguar para, por ejemplo, alimentarse. Es decir, las prácticas incrementan la conectividad del paisaje. También, se puede observar cómo hay menos vegetación (parches verdes en el número 2 de la Figura 3, por ejemplo) que la que habría si se implementaran las prácticas (parches verdes en el número 3 de la Figura 3) y con esto aumentaría la captura del carbono.

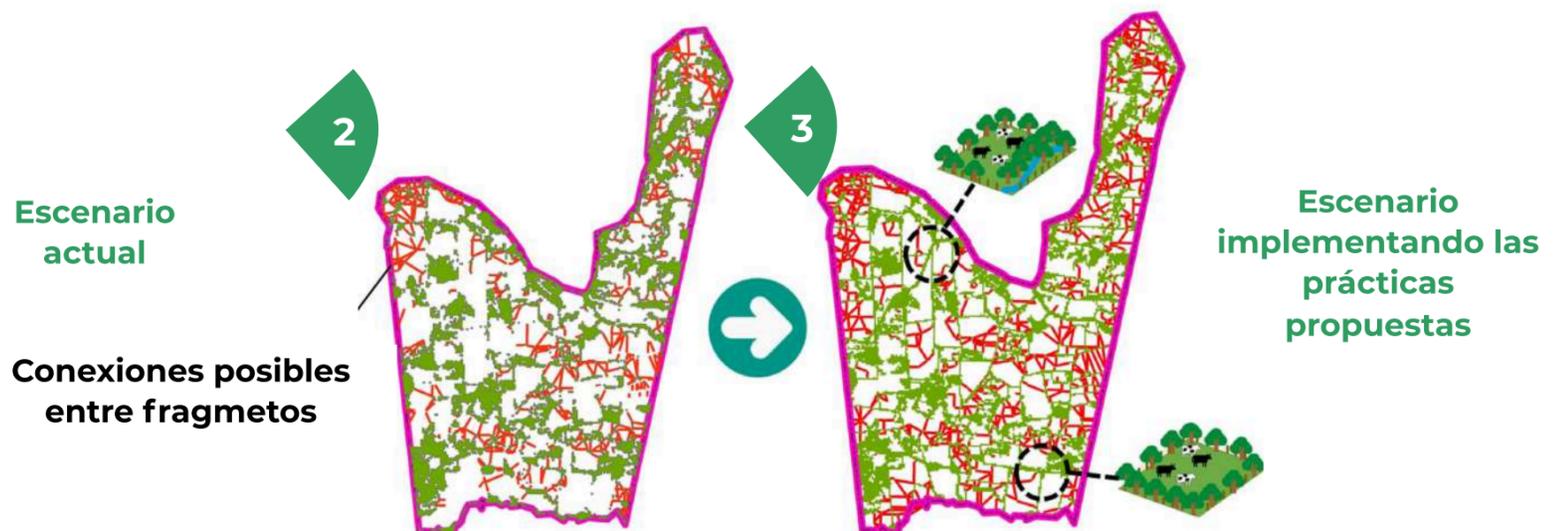
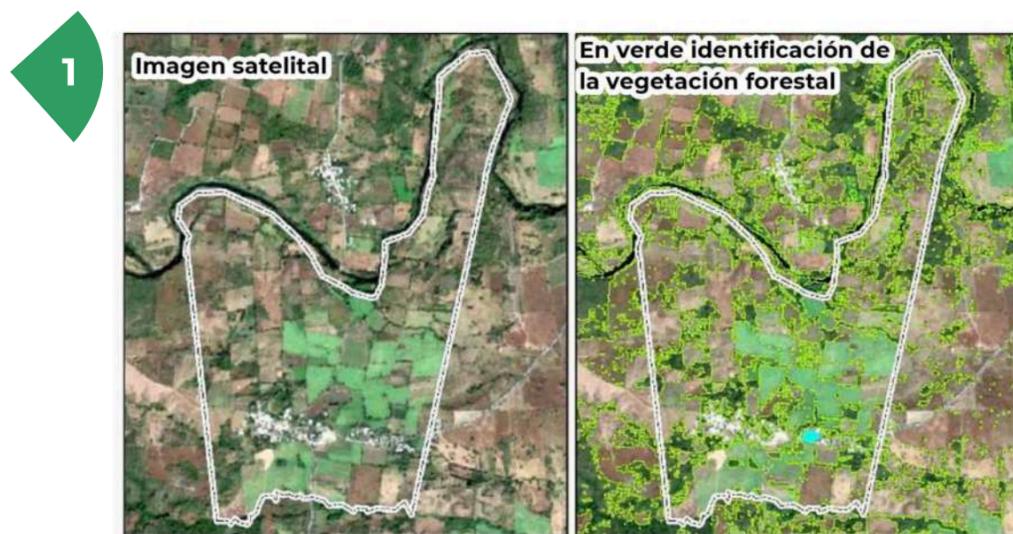
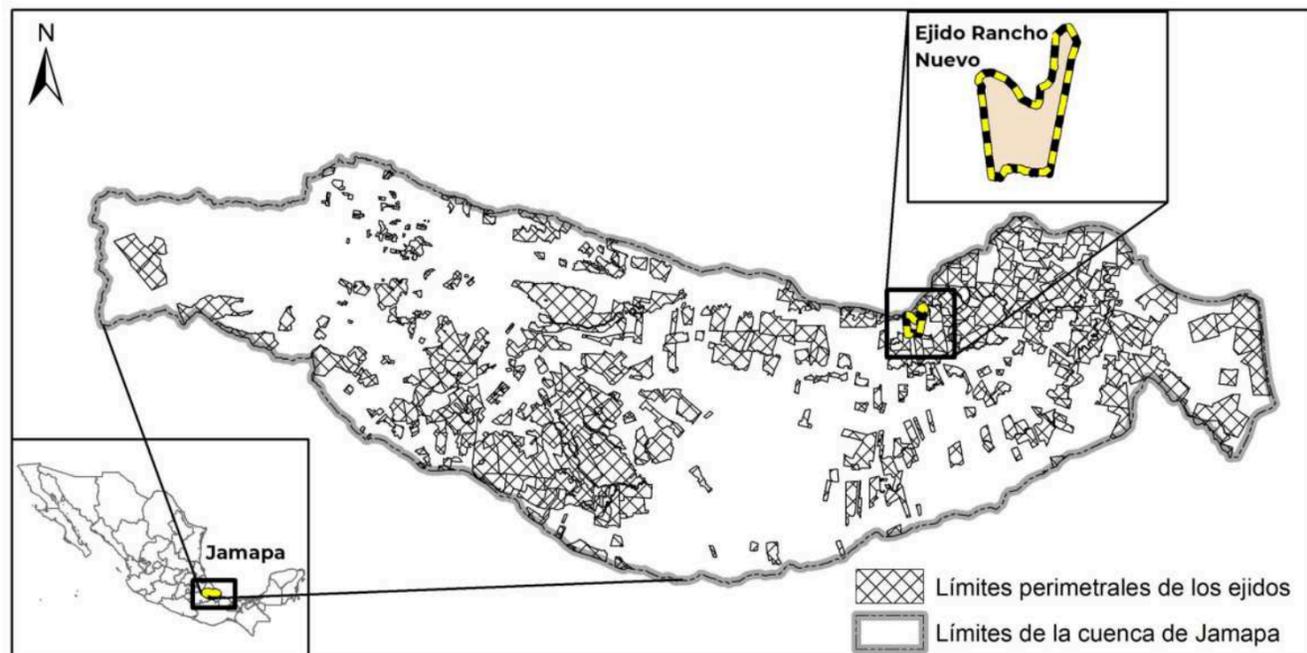


Figura 3. Ejemplo de cómo se realizaron los escenarios del efecto de las prácticas en la conectividad del paisaje y la cantidad de vegetación. Elaboración propia

Sin embargo, a pesar de los beneficios que se obtendrían por la implementación de las tres prácticas, si la velocidad actual de deforestación continua, se perderá más vegetación que la que se podría recuperar con esas acciones. Por lo tanto, las prácticas tendrían efectos positivos en la captura de carbono, pero no lograrían compensar totalmente la pérdida ocasionada por la deforestación.

Una vez que se supo que las prácticas tendrían efectos positivos para la conectividad del paisaje y la captura de carbono, se analizó si eran económicamente viables (Figura 4). Es decir, si sus beneficios privados (que obtienen las personas que invierten, como los productores) y sociales (que obtienen personas no directamente involucradas en la producción, como la sociedad) eran mayores que el costo de implementarlas. **Este análisis mostró que las prácticas son económicamente viables, a mediano y largo plazo.** Esto se debe a que, por ejemplo, el costo de implementar un huerto es mayor a lo que ahorraríamos en comida durante el primer año, pero los beneficios serían mayores a mediano y largo plazo.

Prácticas evaluadas desde un punto de vista económico y financiero



Figura 4. Prácticas adicionales evaluadas desde el punto de vista económico y financiero. Cabe mencionar que todas las prácticas son viables a mediano y largo plazo. Elaboración propia

En conclusión, bajo el enfoque del Manejo Integral del Paisaje es posible implementar una serie de prácticas sustentables asociadas con la ganadería y la agroforestería que proporcionarían beneficios tanto socioeconómicos (incrementando los ingresos de los productores), como ecológicos (incrementando la conectividad del paisaje). **Al mismo tiempo, la implementación de estas acciones con este enfoque promovería la producción de alimentos de formas más sustentables y resilientes frente al cambio climático.**

Ir al índice 

Agradecimientos

- El estudio técnico “Valoración de Servicios Ecosistémicos Clave en Cuencas de México” fue financiado a través de una donación del Programa Global de Sustentabilidad (GPS, por sus siglas en inglés), gestionado por el Banco Mundial y monitoreado por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) en el marco del proyecto “Conectando la salud de las cuencas con la producción ganadera y agroforestal sostenible” (CONNECTA).
- Se agradece el apoyo del Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, de la Dirección de Servicios Ambientales Hidrológicos y Adaptación al Cambio Climático (INECC), de las personas participantes en los talleres de expertos y a Citlalli Alhelí González Hernández.

Para saber más:

- INECC, Banco Mundial. 2022. Infografía: Valoración económica de servicios ecosistémicos para el fortalecimiento. [Click aquí](#)
- Grupo Banco Mundial, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. 2022. Valoración de servicios ecosistémicos clave en cuencas de México: Reporte Final. Banco Mundial, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), México. [Click aquí](#)

Árboles aislados en un potrero. Fotografía: JJ. Von Thaden

DILEMAS DEL SARGAZO

Rodolfo Silva*

Instituto de Ingeniería, UNAM

Miriam Estévez

Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada, UNAM

Valeria Chávez

Instituto de Ingeniería, UNAM

M. Luisa Martínez

Instituto de Ingeniería, UNAM

Dirección permanente, Red de Ecología Funcional, INECOL

* rsilvac@iingen.unam.mx

Fotografía: Mike Ramírez Mx, Pixabay

Los primeros reportes sobre la presencia de extensas poblaciones de macroalgas flotando en el agua, que posteriormente fueron identificadas como sargazo, fueron descritas en bitácoras de navegación a principios del siglo XV cuando los portugueses descubrieron las islas de las Azores. Sin embargo, no fue hasta finales de ese siglo cuando Cristóbal Colón en su viaje que lo llevó hasta América reportó la existencia de El Mar de los Sargazos.

El Mar de los Sargazos se localiza en medio del océano Atlántico, entre los meridianos 40° y 70° Oeste y los paralelos 25° y 35° Norte, bordeado por la Corriente del Golfo y la Corriente Ecuatorial. Este Mar **se considera único en el planeta ya que no tiene como frontera costas de islas o continentes; está delimitado por las corrientes marinas** (Figura 1).

El Mar de los Sargazos **se caracteriza por tener aguas superficiales cálidas, muy transparentes, de alta salinidad y bajos niveles de nutrientes**. En el mar abierto, se ha reconocido que el sargazo **es un hábitat de gran valor ecológico**, ya que juega un papel muy importante para el desove de peces como anguilas, tiburones, marlines y peces dorados. Así mismo, los sargazos ofrecen refugio a tortugas y crustáceos; también son zonas de alimentación y rutas de migración de otras tantas especies como aves y atunes.

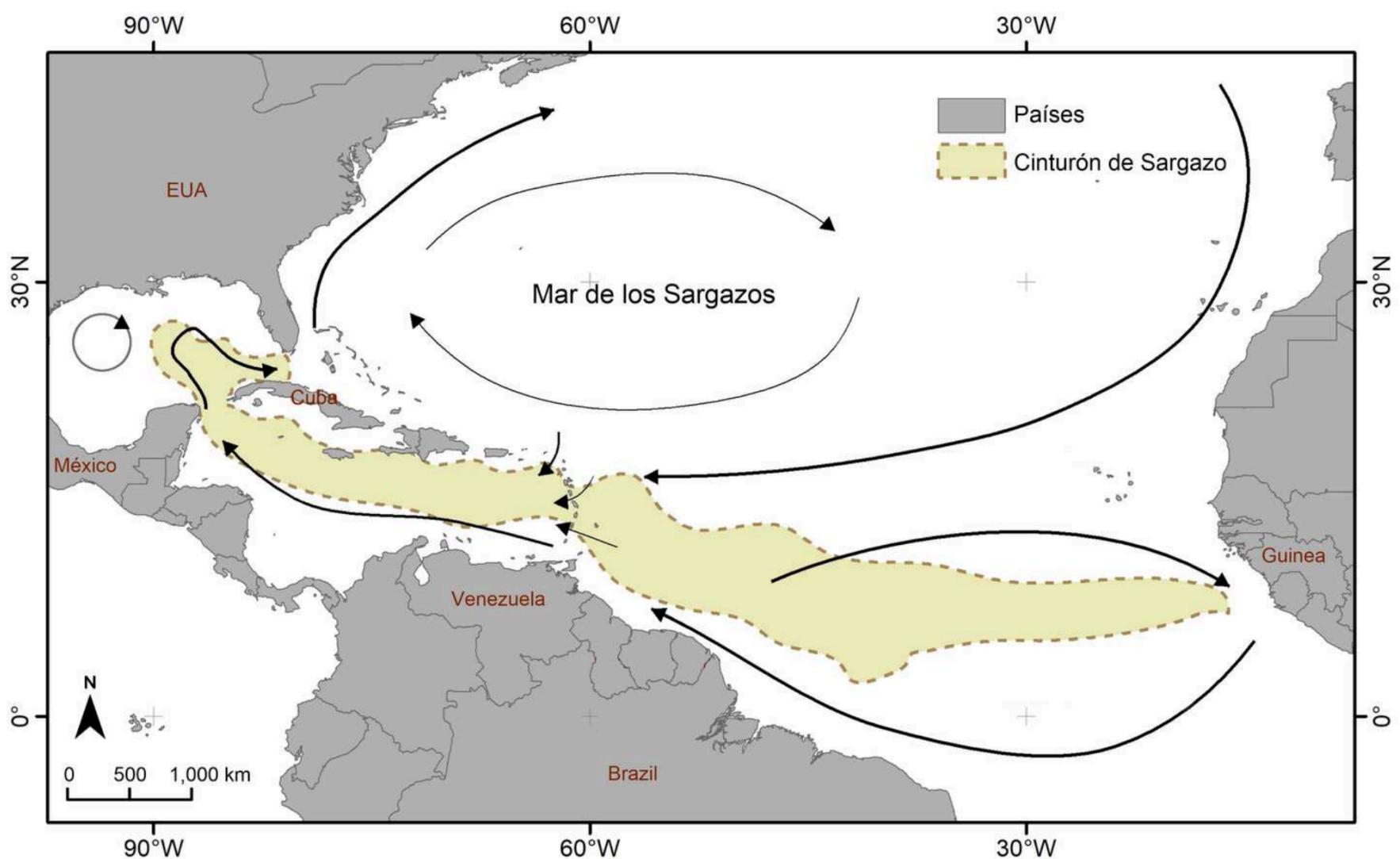


Figura 1. Localización del Mar de los Sargazos y del Gran Cinturón de Sargazo del Atlántico. Mapa: modificado de la Figura 1 Uribe-Martínez y colaboradores 2022, [Frontiers](#)

Hoy día, el Mar de los Sargazos se ha ampliado. Las razones son varias, destacando la acumulación de contaminantes como fertilizantes y otras sustancias químicas con exceso de nutrientes. Estos contaminantes llegan al mar a través de los ríos, principalmente el Congo y el Amazonas. Además, las perturbaciones en las corrientes marinas debido **al aumento de las temperaturas del mar** y de la atmósfera, así como cambios en el viento y el oleaje han contribuido a la formación del Gran Cinturón de Sargazo del Atlántico. Este cinturón **se extiende desde las costas occidentales de África Central y atraviesa todo el Atlántico hasta las costas del norte de América del Sur, el Caribe y el Golfo de México.** Tanto en el Mar de los Sargazos como en el Cinturón de Sargazo, se presentan dos especies *Sargassum natans* y *S. fluitans*. **Estas macroalgas se mantienen a flote por medio de vejigas llenas de gas.** Las vejigas que ayudan con la flotación de estas algas son modificaciones de las hojas. Los sargazos también se reproducen vegetativamente por lo que forman grandes conjuntos enredados que flotan en el mar abierto (Figura 2).



Figura 2. Parche de sargazo cerca de las costas del Caribe Mexicano.
Fotografía: [material suplementario](#) de Chávez y colaboradores 2020

En mayor o menor medida, **en los últimos siglos el sargazo ha estado presente en el Caribe, por lo cual se considera una especie nativa.** No obstante, la ampliación de su distribución, y **su rápida reproducción han llevado a que se considere que el comportamiento de estas algas sea semejante al de las especies invasoras.**

Estudios recientes han revelado que la biomasa del sargazo se puede duplicar en tan solo 20 días. Recientemente, un grupo de investigadores liderado por la UNAM reportó que, **durante los meses de arribo máximo de 2019, en el Caribe Mexicano se recogió un promedio de 2,800 toneladas de sargazo por kilómetro de playa.** Al parecer, la marea café del sargazo se mantendrá ya que las observaciones de los primeros meses del 2023 sugieren que este año será un año récord de llegada y acumulación de estas algas en las costas del Caribe. **El problema del incremento de estas arribaciones masivas de sargazo es múltiple,** según resumimos a continuación:

1) Al cubrir grandes extensiones del océano, estas macroalgas reducen la entrada de la luz del sol y **modifican la calidad y transparencia del agua.** De esta manera, **ocasionan la muerte de la flora y fauna bentónica de ecosistemas como pastos marinos y arrecifes de coral.**

2) Las actividades de recolección del sargazo también **generan muerte de flora y fauna, así como la pérdida de arena y erosión de las playas.**

3) Además, **puede impactar a la economía de las localidades costeras.** Por un lado, tienen un impacto visual negativo. Por otro, **cuando se acumulan en la playa, las algas mueren e inicia un proceso de descomposición que genera malos olores.** De esta manera, se afecta fuertemente al sector turístico.



Fotografía: Fuka jaz, Pexels

Dada la magnitud del problema, **es de gran relevancia contar con estrategias de manejo y control del sargazo**. El tema se ha convertido en un gran dilema para México y para todos los países del Caribe afectados, porque **las soluciones no son sencillas**. **Si se desvía el sargazo en el mar (Figura 3a), se puede recuperar la transparencia de las aguas cercanas a la costa**, permitiendo que se restablezcan los procesos de fotosíntesis de muchas especies y recuperando las tonalidades del mar. Sin embargo, en el mar esta alga se seguirá reproduciendo a una alta velocidad lo que incrementará el problema. **Alternativamente, si el sargazo se lleva a tierra y no se le da un tratamiento adecuado**, empezará su descomposición y los líquidos que se desprenden durante este proceso pueden afectar **la calidad del agua subterránea** (Figura 3b). Además, durante la descomposición se genera un olor desagradable y gases corrosivos que **pueden ser un peligro para la salud pública**.



Figura 3. a) Barrera de sargazo en el Caribe Mexicano. Fotografía: Grupo Dakatso S.A. de C.V., Frontiers. b) Recolección manual de sargazo en descomposición en una playa del Caribe Mexicano. Fotografía: Rodolfo Silva

La disyuntiva de las posibles soluciones ha llevado a la implementación de esfuerzos muy diversos de manejo de las arribaciones masivas de la macroalga. Además de los problemas socioeconómicos ya mencionados, **esta crisis también ha incentivado el surgimiento de nuevos negocios que ofrecen servicios como los de detección temprana, colocación de barreras que frenan y eventualmente desvían el sargazo hacia otros segmentos de la costa, y el retiro y disposición del sargazo que es recolectado en las playas.**

Al dilema de qué hacer con el sargazo se suma un complejo marco legal regulatorio. En el caso de México, **de acuerdo con la normativa** sobre recursos naturales y residuos, tres perspectivas legales son posibles. Primero, el sargazo se puede considerar como un recurso natural que aporta importantes servicios ambientales, como la provisión de hábitat para diversas especies. Segundo, según la legislación mexicana, el sargazo también **puede ser tratado como materia prima** que se puede utilizar. Tercero, **es un residuo**, como si fuera basura, que se acumula en la playa y que, por lo tanto, debe removerse (Figura 4).



Figura 4. Recolección de sargazo con maquinaria. Fotografía: tomada de López Miranda y colaboradores 2021, [Frontiers](#)

Si bien la reciente afluencia periódica de cantidades masivas de sargazo en el Caribe ha planteado retos ecológicos, sociales y económicos en la región, también ha sido una gran fuente de oportunidades para la investigación científica a muy diversos niveles. **De estas investigaciones se pueden derivar varias conclusiones:**

- 1) La mayoría de los esfuerzos se ha concentrado en reducir los daños económicos en la industria turística mientras que las zonas de poca importancia turística han recibido muy poca atención. **El arribo masivo de sargazos necesita atenderse de manera integral.**
- 2) Los sistemas de predicción solo son válidos en un plazo muy corto (pocos días). **Esto es un reto para su control, manejo y aprovechamiento.**
- 3) No existe regulación adecuada y no parece estar en la agenda pública de muchos países. **Se debe reconocer como un evento relevante para la sociedad para tener medidas de regulación adecuadas.**
- 4) **Es necesario encontrar usos reales y rentables del sargazo** para evitar el efecto negativo que tiene sobre el turismo y los ecosistemas.
- 5) **Es posible utilizar el sargazo para diferentes productos** como cosméticos, para la construcción o como membranas filtradoras (Figura 5).
- 6) Sin duda, la solución del problema del sargazo requiere una buena gestión, coordinación, comunicación e interés para desarrollar estas posibilidades. Esto es, **si no podemos controlar las arribaciones de sargazo, ¡tratemos de implementar acciones a nuestro favor!**



Figura 5. Algunos usos del sargazo: filtros hechos a base de sargazo para la industria automotriz. Fotografías: Miriam Estévez

Para saber más:

·Chávez V, Uribe-Martínez A, Cuevas E, Rodríguez-Martínez RE, Van Tussenbroek BI, Francisco V, Estévez M, Celis LB, Monroy-Velázquez LV, Leal-Bautista R, Álvarez-Filip L, García-Sánchez M, Masia L, Silva R. 2020. Massive influx of pelagic *Sargassum* spp. on the coasts of the Mexican Caribbean 2014–2020: challenges and opportunities. *Water* 12(10), 2908. [Click aquí](#)

·López Miranda JL, Celis LB, Estévez M., Chávez V, van Tussenbroek BI, Uribe-Martínez A, Cuevas E, Rosillo Pantoja I, Masia L, Cauich-Kantun C, Silva R. 2021. Commercial Potential of Pelagic *Sargassum* spp. in Mexico. *Frontiers in Marine Science* 8. [Click aquí](#)

·Uribe-Martínez A, Berriel-Bueno D, Chávez V, Cuevas E, Almeida K, Fontes J, van Tussenbroek BI, Mariño-Tapia I, Liceaga-Correa M, Ojeda E, Castañeda D, Silva R. 2022. Multiscale distribution patterns of pelagic rafts of sargasso (*Sargassum* spp.) in the Mexican Caribbean (2014–2020). *Frontiers in Marine Science* 9. [Click aquí](#)

Jóvenes Científicos



LOS AMBIENTES DE LAS SERPIENTES SE HEREDAN ENTRE LOS PARIENTES

Citlalli Edith Esparza-Estrada*

Red Biología Evolutiva, INECOL

Fabricio Villalobos Camacho

Red Biología Evolutiva, INECOL

*calli.edithsita@gmail.com



Víbora de labios blancos (*Trimeresurus albolabris*). Fotografía: Eric Centenero Alcalá

Cuando se habla de serpientes, la primera idea que tenemos es que son peligrosas y que representan una amenaza para nuestra vida. Sin embargo, la realidad es que **de las aproximadamente 4,000 especies de serpientes que existen en el mundo, solamente cerca de 700 son venenosas**. Aunque han tenido mala fama, las serpientes han sido incomprendidas pues otorgan múltiples beneficios a los humanos. Por ejemplo, las serpientes comen ratones o insectos como los que se encuentran en los cultivos y así controlan sus poblaciones, evitando que se conviertan en plagas. Si nadie se comiera a los ratones e insectos, estos aumentarían en número y probablemente acabarían incluso con nuestra comida. Además, **con los componentes del veneno de las serpientes, los científicos han desarrollado medicamentos para regular la presión arterial, los anticoagulantes que se utilizan durante las cirugías e incluso los antivenenos que salvan miles de vidas al año**.



Hay aproximadamente 4,000 especies de serpientes en el mundo. Fotografía: ALes, Pixabay

En la antigüedad, las serpientes formaban parte importante de la cultura de distintas civilizaciones. Por ejemplo para los griegos, egipcios y romanos simbolizaban la protección, la realeza y la divinidad. En México, las serpientes eran asociadas con dioses. En la cultura mexicana, la diosa de la fertilidad Coatlicue, madre del dios de la guerra Huitzilopochtli, usaba una falda con serpientes entrelazadas. La palabra "coatl" es utilizada en distintos nombres de lugares como Coatepec en el estado de Veracruz, que significa "el cerro de las serpientes". Según la mitología mexicana, este era un lugar importante porque fue el lugar de nacimiento de Huitzilopochtli. Igualmente, Quetzalcóatl, la serpiente emplumada era uno de los principales dioses de la época prehispánica al cual le rendían culto los mexicas, toltecas, olmecas, teotihuacanos y era llamado Kukulcán por los mayas. Por lo tanto, el respeto a las serpientes es un legado importante de los dioses de nuestros antepasados. Esta percepción de las serpientes es muy diferente de su representación como demonios o maldad en algunas religiones de origen extranjero. A todos, en mayor o menor medida, nos da miedo lo desconocido. Sin embargo, hay miedos basados concretamente en la falta de información. Por eso en este artículo te contaremos sobre las serpientes y nuestro trabajo para que puedas conocer un poco más a este fascinante grupo.

Las serpientes, al igual que los humanos, tienen una familia con la que **comparten características** como el color de los ojos o el cabello rizado que tenía la abuela. Estos rasgos pueden ser heredados de un familiar a otro a lo largo del tiempo y se conservan como señas que identifican a esa familia en particular. **Un rasgo que pertenece a cada serpiente es el nicho climático, que hace referencia a las condiciones ambientales**, como la temperatura o la cantidad de lluvia, que necesita en el lugar donde vive. Por ejemplo, existen serpientes que viven donde hace mucho calor, como lugares cercanos a la playa y otras viven donde hace mucho frío donde pueden estar en contacto con la nieve. Entonces, si llevamos una serpiente de la playa a la nieve probablemente no podría sobrevivir. Por lo tanto, **el nicho climático nos ayuda a conocer la temperatura ideal donde puede sobrevivir cada una de las serpientes.**



Cascabel de cola negra (*Crotalus molossus*). Tamaño relativamente grande, tiene un patrón de escamas a lo largo de su cuerpo en forma de diamante finalizando hacia su cola con una coloración marcadamente más oscura. Fotografía: Citlalli Edith Esparza Estrada

Para tener un panorama de si las características, como el nicho climático, que heredamos de nuestros antepasados cambian o se conservan utilizamos una herramienta que nos permite hacer una especie de viaje en el tiempo, llamada **árbol filogenético** (Figura 1). En este árbol, de manera similar a los árboles genealógicos, podemos ver quién es hermano, primo y abuelo de quién. Es importante notar una diferencia importante entre los árboles genealógicos y los filogenéticos. El árbol filogenético puede contarnos una historia de millones de años de antigüedad, como si en nuestro árbol genealógico pudiéramos ver quien fue el primer miembro de nuestra familia, ¡incluso de toda la familia humana! y en qué tiempo vivió. Entonces, con un árbol filogenético y el nicho climático **podemos descubrir qué tanto se parecen las serpientes unas a otras en sus preferencias climáticas y si tienden a conservar las preferencias que tenían sus antepasados.** Este fenómeno de mantener las características y preferencias de nuestros antepasados es conocido como **conservadurismo filogenético de nicho.**

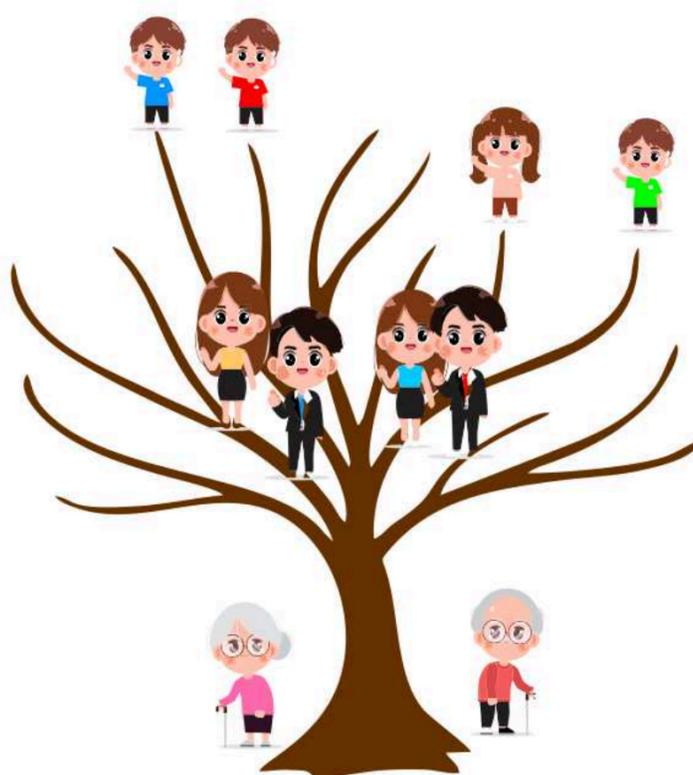
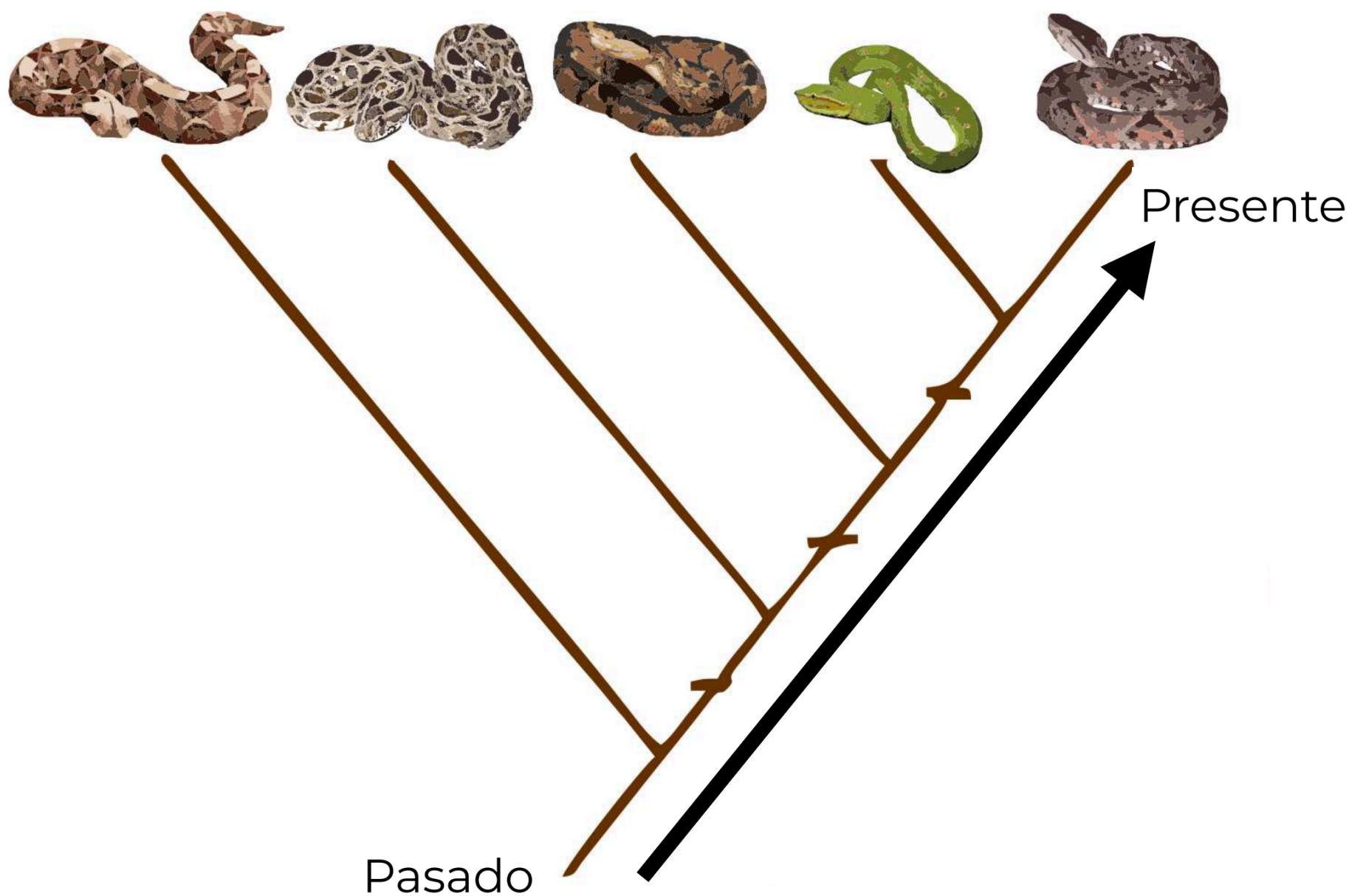


Figura 1. Arriba, árbol filogenético que muestra el parentesco entre las serpientes. Abajo, árbol genealógico de los humanos. La parte inferior de cada árbol muestra el pasado y la parte superior muestra el presente. Elaboración propia: Citlalli Edith Esparza Estrada

En el laboratorio de Macroecología Evolutiva del INECOL, estudiamos si el nicho climático de las serpientes cambió o si se conservaron las preferencias climáticas de sus antepasados a lo largo del tiempo. Esto lo investigamos en un grupo de serpientes venenosas que pertenecen a la familia Viperidae, conocidos como vipéridos. Esta familia comprende aproximadamente 370 especies de serpientes de distintos tamaños, que se encuentran en casi todo el mundo, excepto en Australia y en la Antártida. Las podemos ver en montañas, islas, bosques, desiertos e inclusive en la nieve. Algunas están activas durante el día y otras lo son en la noche. Por ejemplo, en México tenemos a las serpientes de cascabel, los adultos de algunas especies pueden llegar a medir desde 70 cm como la cascabel enana (*Crotalus intermedius*; Figura 2) hasta 2 m como la serpiente Saye (*Crotalus basiliscus*; Figura 3). Su cascabel está formado por un material parecido al del cabello o las uñas en los humanos (queratina) y lo utilizan como señal de advertencia o para anunciar su presencia.



Figura 2. Cascabel enana (*Crotalus intermedius*), es una serpiente de talla pequeña que presenta un color gris con manchas de color azul, café o gris oscuro. Se encuentra particularmente en las altas montañas del centro y sur de México en algunos estados como Guerrero, Oaxaca, Puebla, Veracruz, Tlaxcala e Hidalgo. Fotografía: Eric Centenero Alcalá



Figura 3. Cascabel Saye (*Crotalus basiliscus*), es la serpiente de cascabel más grande que se encuentra en México en la costa del océano Pacífico; puede variar de color entre el verde, gris o café amarillento. Fotografía: Eric Centenero Alcalá

Descubrimos que el nicho climático de estas serpientes venenosas se ha conservado, con respecto al de sus antepasados, desde que surgieron hace aproximadamente 50 millones de años durante el Eoceno y hasta la actualidad.

Es decir, que las serpientes de esta familia que antes preferían vivir en lugares con temperaturas cálidas o frías continúan prefiriendo esos tipos de clima en la actualidad. Esto implica que si el clima cambia rápidamente, como por el calentamiento global causado principalmente por las actividades humanas, estas serpientes no podrán adaptarse fácilmente a las nuevas condiciones climáticas y quizás no sobrevivirán. Por esta razón, la información generada en este estudio puede ser usada para la elaboración de planes de conservación. **No es necesario amar a las serpientes, solo reconocer los beneficios que proveen a la sociedad, como el control de plagas, y el papel importante que juegan en el mantenimiento de la biodiversidad para saber que es importante conocerlas y conservarlas.**



Cascabel de las rocas (*Crotalus lepidus*). Serpiente de talla mediana que se caracteriza por presentar manchas en su cuerpo de manera transversal. Dependiendo de su distribución, el color puede variar entre verde, gris claro, rosa o rojiza. Fotografía: Citlalli Edith Esparza Estrada

Agradecimientos:

Proyecto de doctorado “Distribución, diversidad y evolución del nicho climático de las serpientes venenosas (Reptilia: Viperidae)” recibió una beca de posgrado del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONAHCYT) número 635993.

Para saber más:

- Alma de Chiapas, 2023. ¿Quién era Quetzalcóatl, el dios serpiente emplumada de los aztecas? [Click aquí](#)
- Eliosa León HR, Nieto Montes de Oca A, Navarro Carbajal MC. 2011. Conservadurismo filogenético del nicho ecológico un enfoque integral de la evolución. Ciencias, 98(98). [Click aquí](#)
- Neri-Castro E, Bérnard-Valle M, Gil G, Borja M, López de León J, Alagón A. 2020. Serpientes venenosas de México: una revisión al estudio de los venenos, los antivenenos y la epidemiología. Revista Latinoamericana de Herpetología 3(2), 5-22. [Click aquí](#)

Serpiente terciopelo o nauyaca (*Bothrops asper*) Fotografía: Eric Centenero Alcalá

LOS COLORES EN LA VIDA DE LAS LIBÉLULAS

Kelly Johana Ríos-Olaya*

Red de Biología Evolutiva, INECOL

Fredy Palacino-Rodríguez

Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay; Grupo de Investigación en Odonatos y otros Artrópodos de Colombia y el Neotrópico (GINOCO)

Rosa Ana Sánchez-Guillén

Red de Ecología Evolutiva, INECOL

*kelly.rios@posgrado.ecologia.edu.mx



Acercamiento al cuerpo de una libélula. Fotografía: Kelly Rios

Las libélulas son insectos carismáticos con un comportamiento reproductivo único, en el que el color del cuerpo y las alas juega un papel fundamental para el reconocimiento y la selección de pareja. En varios grupos de animales (p. ej. peces, reptiles, mamíferos o insectos), incluyendo las libélulas, la coloración del cuerpo cambia entre individuos de una misma especie indistintamente que sean machos o hembras, lo que se conoce como polimorfismo de color. Estos cambios también pueden ocurrir a lo largo de la vida en un proceso conocido como ontogenia del color. Ambos, el polimorfismo (varias formas de color en la misma especie) y la ontogenia (cambios de color a nivel individual) muestran su máximo esplendor en la familia Coenagrionidae, una familia que incluye al menos el 65 % de las libélulas polimórficas del mundo.

¿Por qué es importante el color en las libélulas?

Las libélulas tienen grandes ojos compuestos que les proveen enorme poder visual, el cual es muy útil durante la elección de pareja y la reproducción. En algunas especies, **las hembras prefieren a los machos que exhiben colores más intensos porque estos colores indican mejor condición de salud y buena calidad genética del individuo.** En los machos, el polimorfismo en las alas, ya sean cromadas (que presentan alguna coloración) o hialinas (transparentes), ayuda en la competencia entre machos, el aislamiento sexual y para atraer a las hembras durante la reproducción. Los machos con alas cromadas normalmente son territoriales; mientras que los machos con alas hialinas, las cuales son parecidas a las de las hembras, no son territoriales. Estos últimos deben emplear menos energía en la obtención de pareja ya que no compiten contra otros machos. **En otras especies son las hembras las polimórficas, presentando dos o más colores.** Una de estas coloraciones y/o patrones es similar a los del macho. Esta coloración aparentemente incrementa la supervivencia de las hembras porque reduce el asedio por parte de los machos durante la reproducción. En estas especies, la hembra similar al macho es llamada androcroma y las hembras con colores diferentes a los del macho son conocidas como ginocromas.



Libélula adulta de *I. chingaza* en reposo. Fotografía: Kelly Rios

Ontogenia y polimorfismo en la misma especie

Estudiamos cómo la coloración y su cambio a lo largo de la vida de las hembras de las libélulas, específicamente de una especie conocida como *Ischnura chingaza*, podrían relacionarse con la preferencia por parte de los machos y el sistema de apareamiento de la especie. En esta investigación llamada “Polimorfismo de color, ontogenia y sistema de apareamiento en *Ischnura chingaza*”, **encontramos que esta especie de libélula que pertenece a la familia Coenagrionidae cambia de coloración a lo largo de su vida adulta.** Estos cambios ocurren en las manchas post-oculares (detrás de los ojos), en el tórax y en la región dorsal de los últimos segmentos abdominales. Así mismo, las hembras de esta especie son polimórficas, con un morfo de color androcromo (parecido al macho) y otro morfo ginocromo o diferente del macho (Figura 1).

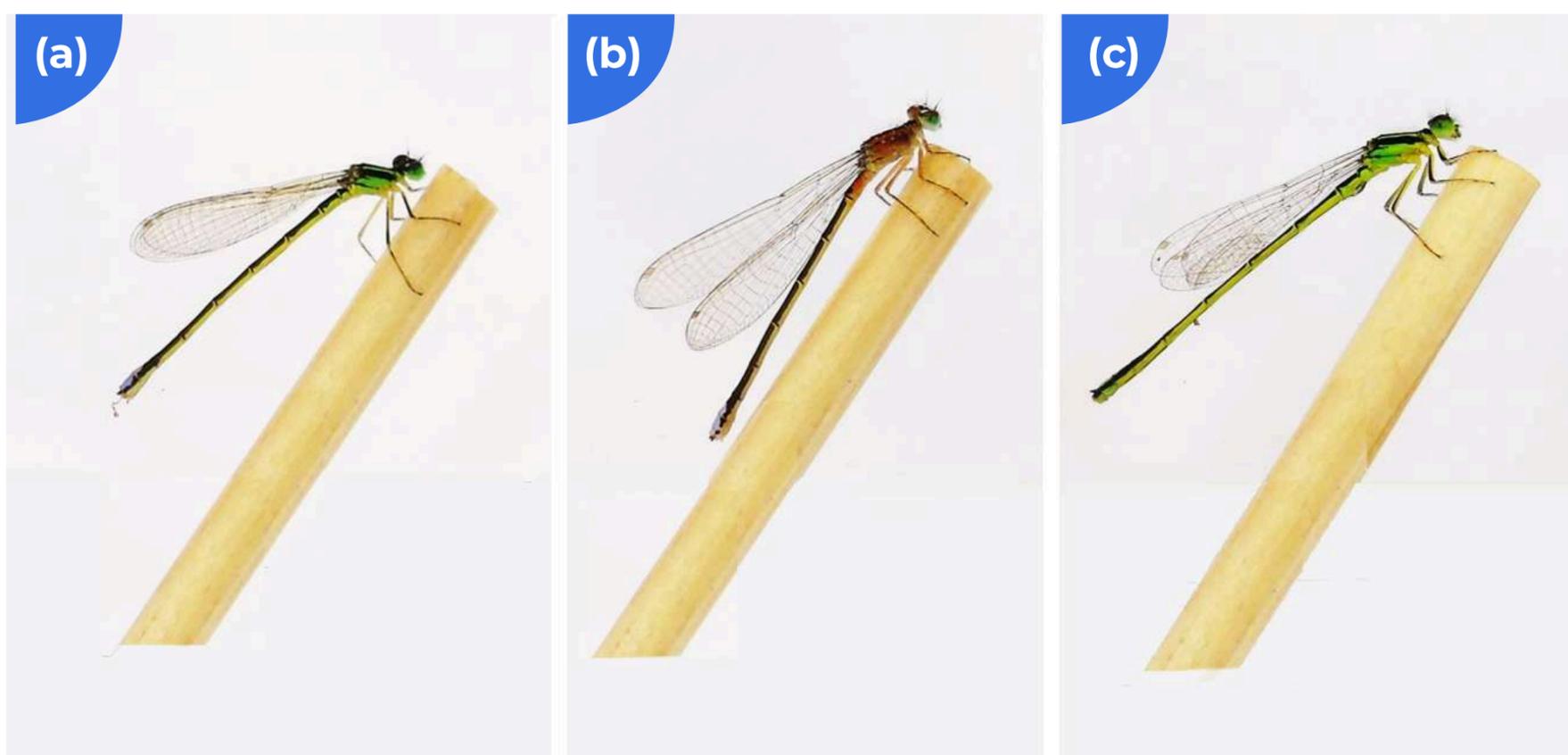


Figura 1. Individuos adultos de *I. chingaza*. (a) Hembra androcroma, (b) Hembra ginocroma, (c) Macho. Fotografías: Kelly Rios

La colorida vida de esta especie comienza con un color marrón opaco en el cuerpo de los adultos recién emergidos tanto hembras como machos (conocidos como tenerales, Figura 2). Posteriormente, el color del tórax pasa por un proceso de intensificación, cambiando de color marrón verdoso a verde claro en hembras androcromas y machos, y a naranja en hembras ginocromas. Cuando las hembras, tanto androcromas como ginocromas, llegan a la madurez sexual, presentan además un polvillo sobre el cuerpo, lo que genera una coloración grisácea con visos tornasol, que **les ayuda, entre otras cosas, en la defensa contra depredadores** (Figura 3).



Figura 2. Individuo teneral (hembra ginocroma) con 2 horas después de la emergencia.
Fotografía: Kelly Rios

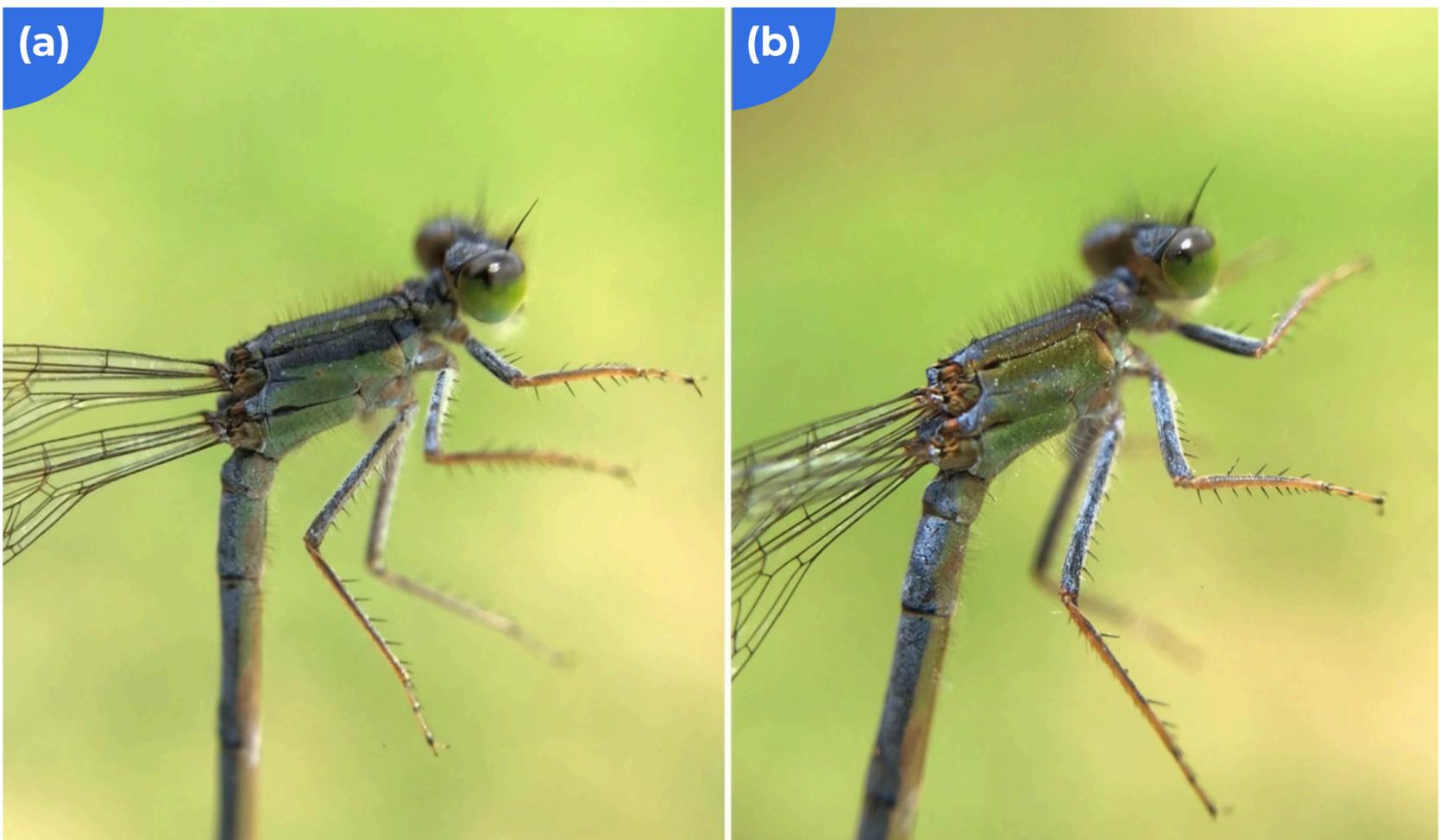


Figura 3. Coloración grisácea con visos tornasol de hembras maduras de *I. chingaza*: (a) Hembra androcroma, (b) Hembra ginocroma. Fotografías: Kelly Rios

Los cambios ontogénicos ocurren rápidamente

Es probable que una especie como *I. chingaza* tenga entre uno y dos meses de vida adulta, pero los resultados de nuestra investigación indican que los cambios ontogénicos de color ocurren principalmente en la primera semana. **Los cambios iniciales en la coloración aparecen un día después de que los adultos emergen**, mostrando colores brillantes como producto de que el integumento o piel de las libélulas no ha secado completamente. **Después de 5-7 días, los colores se han fijado en el exoesqueleto y son más intensos. A partir del día 8 y hasta el día 10, los colores inician su proceso de oscurecimiento hasta convertirse en grises en el caso de las hembras.**

¡Más colores, mejor vida!

Aunque la teoría indica que el polimorfismo de color le da una serie de ventajas a los individuos y especies que lo presentan, cuando encontramos esta condición en *I. chingaza* no pudimos evitar preguntarnos **¿qué ventaja les confiere a las hembras de esta especie tener dos formas con colores diferentes?** Haciendo el seguimiento al desarrollo y cambios de color de estas libélulas, así como a los eventos reproductivos en campo, inferimos que el polimorfismo de color en las hembras de esta especie podría estar relacionado con el conflicto sexual. El conflicto sexual se presenta cuando los machos de una especie se benefician de aparearse más veces de lo que se benefician las hembras, las cuales en muchas ocasiones son obligadas a tener apareamientos no deseados, en los que incluso podrían resultar lastimadas. Así, el polimorfismo en hembras de *I. chingaza*, **serviría como estrategia para reducir el asedio sexual de los machos, y con esto la cantidad de apareamientos no deseados, evitando daños en su salud e incrementando su supervivencia.** Otro argumento para ahondar en la explicación de este proceso es que la presencia de varias formas de color hace que los machos tengan más dificultades para reconocer a las hembras androcromas como pareja potencial, porque estas hembras no solo se parecen a los machos en coloración, sino que además imitan su comportamiento, lo que no sucede con las hembras ginocromas.

Más estudios en el futuro, nos ayudarán a dilucidar aspectos evolutivos del color y su relación con procesos de la biología y ecología de esta especie.

**Para saber más:**

•Fincke, O. 2004. Polymorphic signals of harassed female odonates and the males that learn them support a novel frequency-dependent model. *Animal Behaviour* 67, 833–845. [Click aquí](#)

•Palacino-Rodríguez F, Rache L, Caicedo J, Suárez Tovar C. 2020. Danzantes del aire: Guía para la identificación de libélulas y caballitos del diablo asociados a humedales de Bogotá. *Air Dancers: Identification guide of the dragonflies and damselflies of the Bogotá wetlands. Serie guías de campo del Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia N.o 26.* [Click aquí](#)

•Sánchez Guillén R, Ceccarelli S, Villalobos F, Neupane S, Rivas Torres A, Sanmartín-Villar I, Wellenreuther M, Bybee S, Velasquez-Vélez M, Realpe E, Chávez-Ríos J, Dumont H, Cordero-Rivera A. 2020. The evolutionary history of colour polymorphism in *Ischnura* damselflies (Odonata: Coenagrionidae). *Odonatologica* 49, 333–370. [Click aquí](#)

¿CÓMO SE DEFIENDEN LOS HELECHOS CONTRA LOS INSECTOS HERBÍVOROS?

Alejandra Castrejón-Varela*

Doctorado en Ciencias Biológicas y de la Salud, UAM

Blanca Pérez-García

Área de Botánica Estructural y Sistemática Vegetal, UAM

José Antonio Guerrero-Analco

Red de Estudios Moleculares Avanzados, INECOL

Juan L. Monribot-Villanueva

Red de Estudios Moleculares Avanzados, INECOL

Klaus Mehltreter

Red de Ecología Funcional, INECOL

*alecastrejon13690@gmail.com

Los helechos son el segundo grupo de plantas más diverso en el mundo (después de las plantas con flores) y representan el 4 % de todas las plantas vasculares (plantas que tienen tejidos especializados para la conducción de agua y nutrimentos). En México se encuentran aproximadamente 932 especies de helechos, de las cuales, 565 están en el estado de Veracruz. Estas plantas presentan una gran diversidad de formas y hábitos, como los helechos arborescentes (con crecimiento parecido a los árboles), epífitos (los que crecen sobre otras plantas sin ser parásitos), acuáticos y terrestres (Figura 1). **La mayoría de estas especies prosperan en regiones cálido-húmedas montañosas, ya que su crecimiento y reproducción están restringidos a ambientes de alta humedad.**

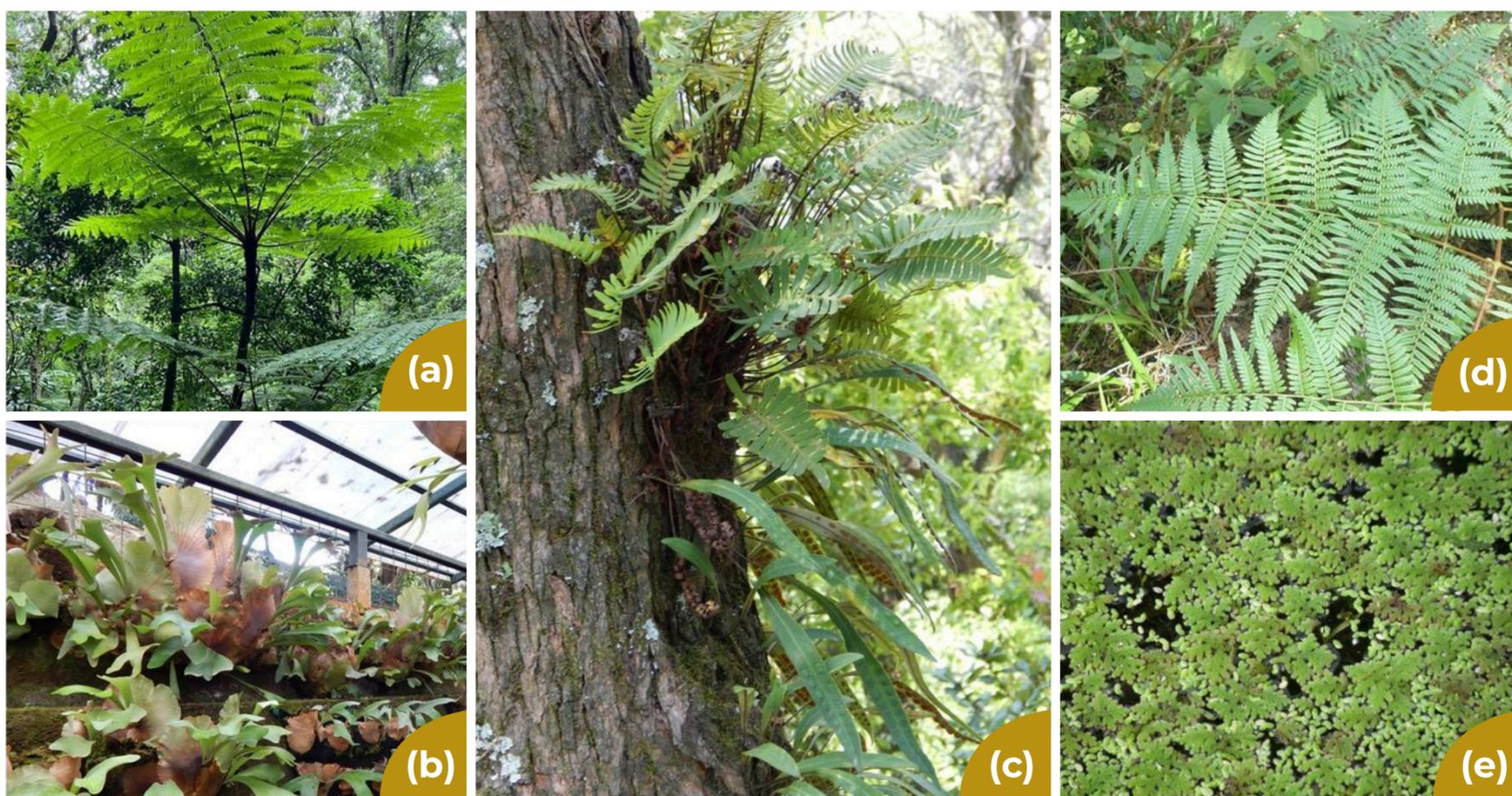


Figura 1. Diversidad morfológica de los helechos: (a) Helecho arborescente (Cyatheaceae), (b) Helechos cuerno de alce en viveros (*Platynerium*), (c) Helechos epífitos (Polypodiaceae), (d) Helechos terrestres conocido como pesma (*Pteridium*), (e) Helechos acuáticos (*Azolla*).
Fotografías: (a) J. A. Guerrero-Analco; (b y c) A. Castrejón-Varela; (d y e) K. Mehlreter

Como muchas otras plantas tropicales, **los helechos sufren daños por herbivoría (consumo de plantas por animales)** ya que en estos ambientes se encuentra una enorme diversidad de insectos y mamíferos que se alimentan de plantas (Figura 2). Se sabe que los insectos consumen entre el 5 y 15 % de las hojas de todas las plantas tropicales, siendo las hojas jóvenes las que sufren mayor daño. Sin embargo, esto puede variar ya que algunas especies experimentan solo un consumo mínimo de sus hojas mientras en otras sufren el daño completo de sus hojas (Figura 3). Estas relaciones entre insectos y plantas se han establecido a través de miles o millones de años.

La mayoría de los insectos herbívoros son generalistas, como los saltamontes, los grillos, los insectos palos, etc. Todos ellos comen un poco de diferentes hojas, reduciendo así las porciones tóxicas que las plantas pueden producir, lo cual les permite tener una dieta muy amplia. Dentro de estos generalistas, tenemos a las larvas de los Lepidópteros (mariposas) que comen a gran velocidad y son quienes causan el mayor daño en las hojas de los helechos, seguido de los insectos (conocidos como homópteros) que succionan la savia de las plantas que consiste en agua y unos minerales. **Existen otros insectos que se alimentan exclusivamente de helechos**, ya sean de las hojas o de las esporas (estructuras reproductivas de los helechos), estos insectos especialistas dependen de los helechos para su supervivencia y evidentemente se han adaptado a las defensas químicas de los helechos.

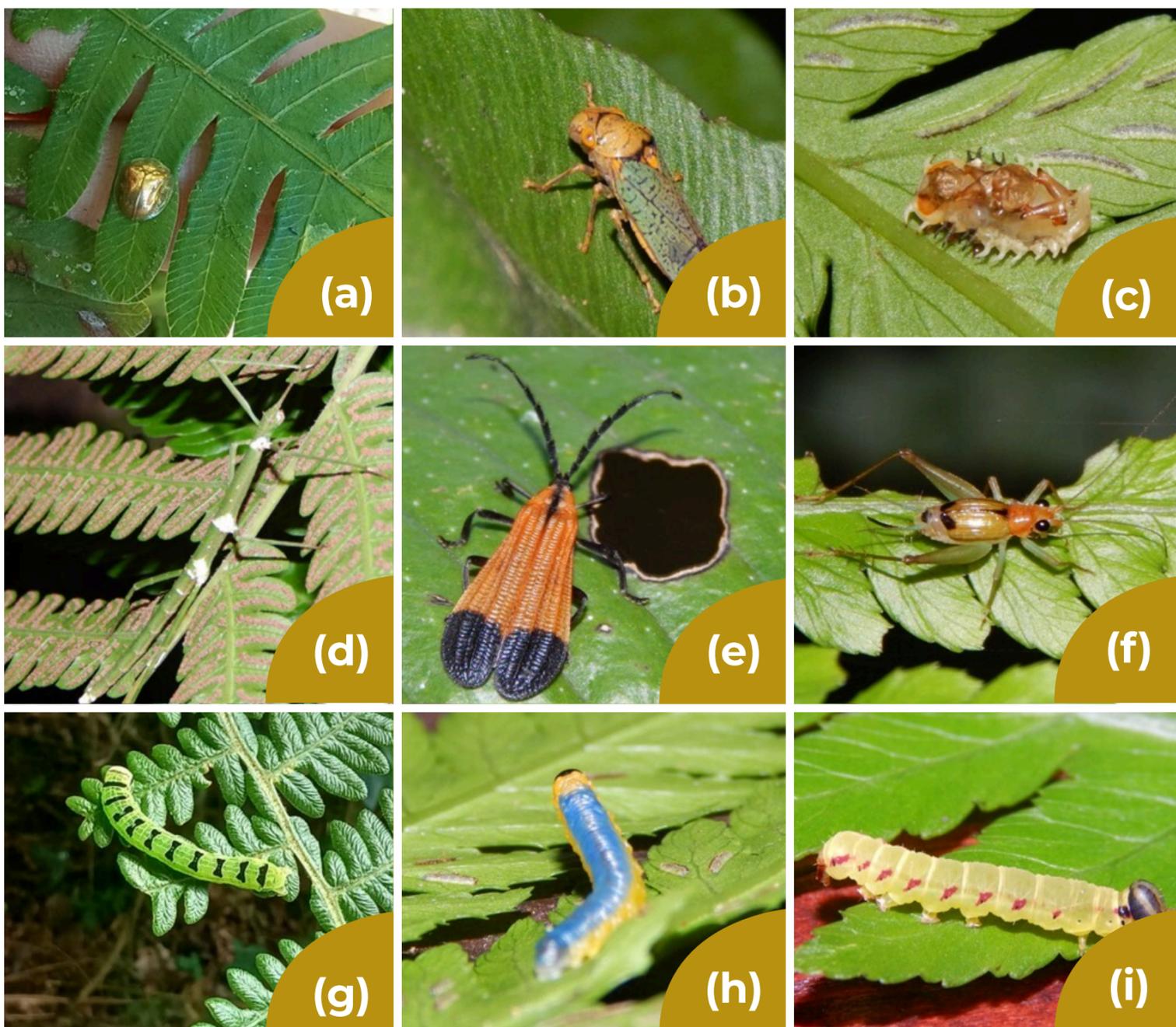


Figura 2. Diversidad de insectos herbívoros en helechos: (a) Escarabajo de oro (*Charidotella* sp.), (b) Chicharra (*Oncometopia* sp.), (c) Insecto succionador de savia (Chrysomelidae), (d) Insecto palo (*Phasmatidae*), (e) Padrecito de alas de red (*Calopteron*), (f) Grillo (*Grillidae*), (g) Larva de mariposa (Lepidoptera), (h) Larva mosca de sierra (Diptera), (i) Larva de mariposa (Lepidoptera).

Fotografías: A. Castrejón-Varela

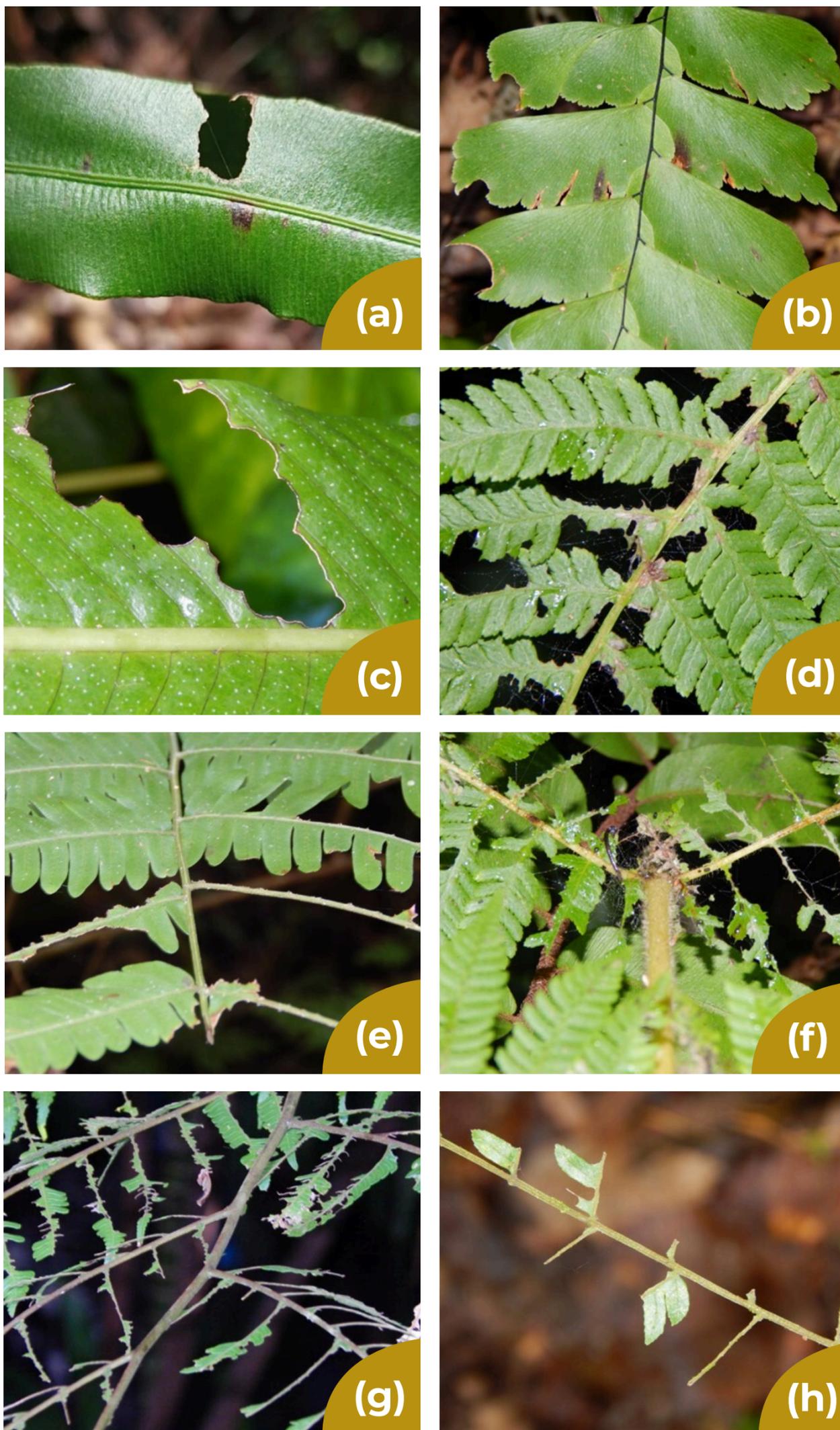
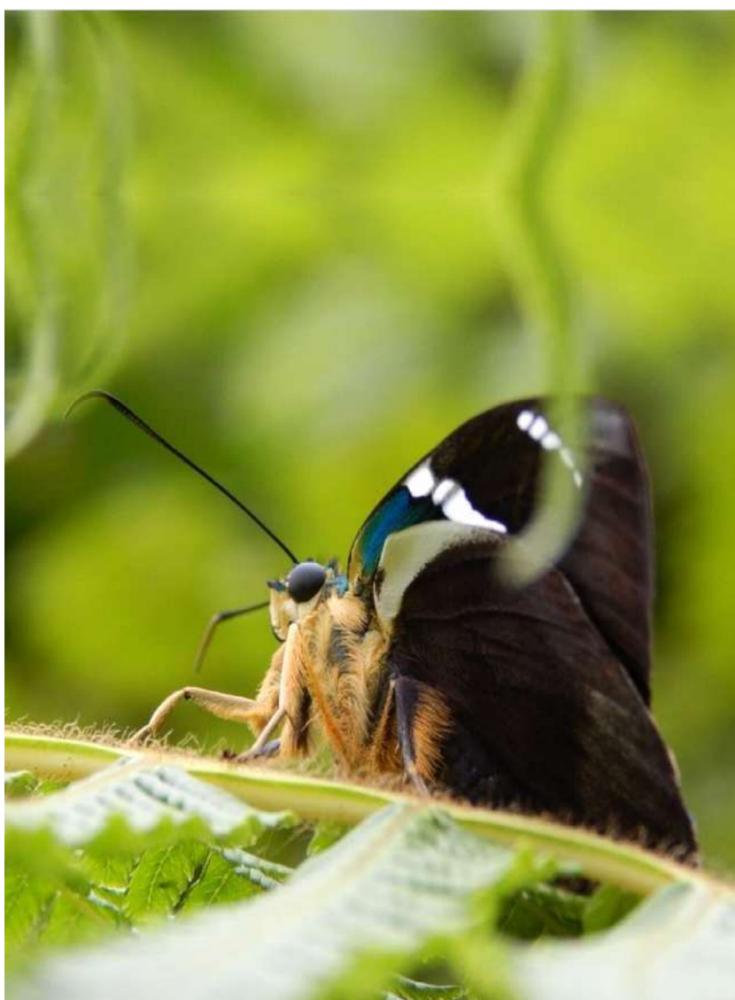


Figura 3. Daños en las hojas de helechos causados por la herbivoría de insectos: (a-d) Daños mínimos, (e-h) Daños severos.
Fotografías: A. Castrejón-Varela



Araña (*Salticidae*) lista para cazar sobre las hojas de los helechos. Fotografía: A. Castrejón-Varela



Mariposa sobre helecho. Fotografías: A. Castrejón-Varela

Actualmente se conocen más de 800 especies de insectos que consumen alguna estructura de los helechos, incluso, algunos pueden sintetizar, asimilar y/o utilizar ciertas sustancias tóxicas que tienen los helechos para su propia protección contra depredadores.

Como consecuencia de la gran diversidad de insectos herbívoros que interactúan con los helechos, **éstos han desarrollado defensas químicas,** aunque sólo algunos como la pesma (*Pteridium*, Figura 1) se han estudiado científicamente. El interés en este último helecho se debe a su amplia distribución en pastizales y a sus efectos tóxicos para el ganado, al cual incluso le puede provocar cáncer. Sin embargo, curiosamente en Japón y las Filipinas se consumen las hojas jóvenes hervidas o salteadas de una especie del mismo género (*Pteridium esculentum*). Esto sugiere que **las hojas de ciertos helechos van cambiando químicamente durante su vida y que especies del mismo género pueden ser tóxicas o ser consumibles.**

Las sustancias de defensa de los helechos han sido ampliamente estudiadas. Por ejemplo, en un trabajo de revisión recientemente publicado, se seleccionaron tres tipos de biomoléculas, las cuales se sabe que tienen un efecto antiherbivoría en el reino vegetal: fitoecdisteroides, glicósidos cianogénicos y tiaminasa. El trabajo bibliográfico incluyó a todas las especies de helechos que se sabe tienen estos compuestos, tomando a las 38 familias de helechos que existen en el mundo.

Los autores encontraron que los fitoecdisteroides están presentes en 29 familias de helechos (Figura 4). Estos compuestos actúan como defensa porque afectan el crecimiento de los insectos, inhibiendo la muda y su desarrollo. En el primer caso, algunos llegan a colapsar/explotar; mientras que, en el segundo, los insectos crecen poco disminuyendo sus oportunidades para competir por alimento y/o reproducción.

También, en el estudio se encontró que los glicósidos cianogénicos ocurren en 15 familias de helechos (Figura 4). Esos se descomponen durante el ataque del herbívoro a la planta liberando cianuro, que es una de las toxinas más potentes en la naturaleza, por lo que la mayoría de los insectos inmediatamente dejan de consumir esas plantas.

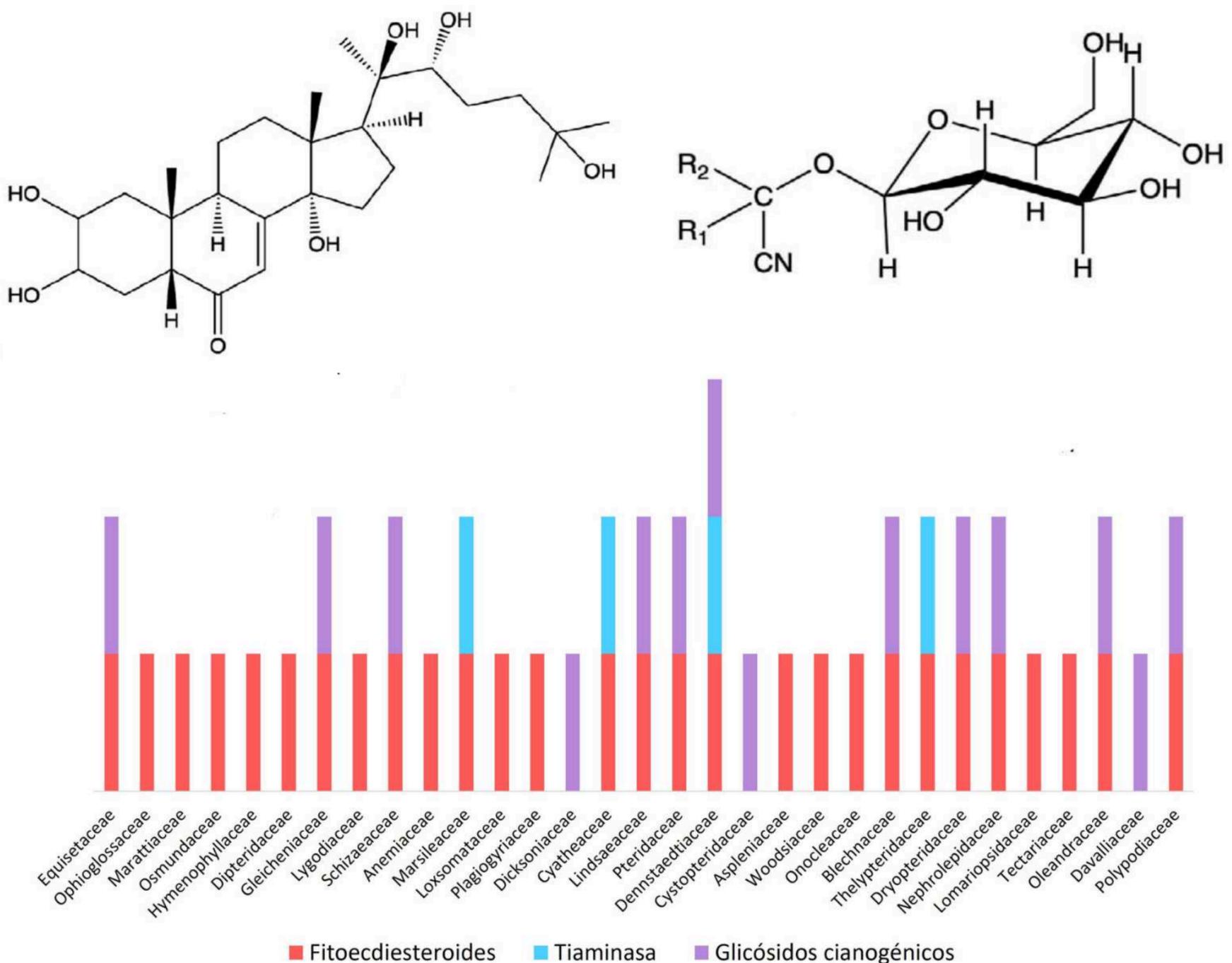


Figura 4. Presencia de los compuestos químicos en las familias de los helechos.

Ilustración: A. Castrejón-Varela

Por su parte, en sólo seis familias de helechos se encontró tiaminasa (Figura 4), una enzima que destruye la vitamina B1 lo que puede dañar el sistema reproductivo de distintos tipos de herbívoros incluyendo insectos, peces, aves y mamíferos. A pesar de ser considerada una enzima muy rara en el reino vegetal algunas especies de helechos cuentan con ella, lo cual les confiere una mayor protección contra la herbivoría.

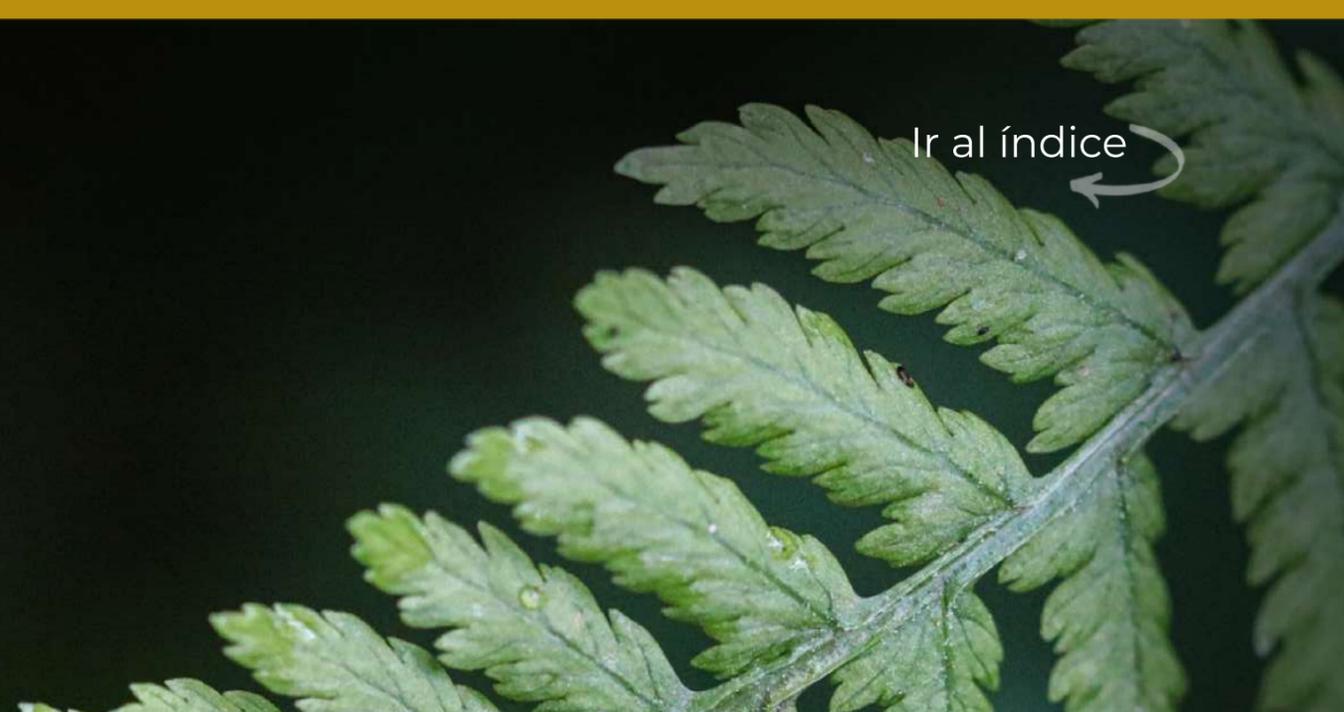
Como se mencionó anteriormente, **los insectos pueden aprovechar las defensas químicas de las plantas que consumen, este tipo de adaptación mutua es un buen ejemplo de la coevolución entre plantas y sus consumidores** (especies que al interactuar influyen mutuamente en su evolución). Sin embargo, en respuesta a esas adaptaciones de los insectos, la gran mayoría de los helechos contienen más de una sustancia de defensa con lo que mejoran su protección ante la herbivoría, y por ende dificulta que los insectos puedan lidiar con defensas más complejas.



Hoja joven de helecho (*Parablechnum schiedeianum*) con daño por herbívoro.
Fotografía: A. Castrejón-Varela



Finalmente, cabe mencionar que **los helechos se han utilizado para fines medicinales debido a sus compuestos químicos**. Existen otros usos, por ejemplo, **en las culturas indígenas se han utilizado en la construcción de viviendas y como alimento, también son una opción para la agricultura, ya que funcionan como fertilizantes**, mientras que el uso más común es el ornamental y a muchos de ellos los podemos encontrar en viveros y en mercados de plantas. En el INECOL y la UAM estamos interesados en el estudio de la diversidad química de los helechos presentes en México, no sólo para entender el papel de estos compuestos ante insectos herbívoros, sino también para un futuro uso como potenciales fuentes de compuestos bioactivos, como los flavonoides que aportan beneficios a la salud, ya que actúan como antioxidantes ayudando a combatir la inflamación y vejez.



Ir al índice

Agradecimientos:

ACV agradece al CONAHCYT por la beca de doctorado con el número 794761.

Para saber más:

- Castrejón-Varela A, Pérez-García B, Guerrero-Analco J A, Mehltreter K. 2022. A brief review of phytochemical defenses of ferns against herbivores. *American Fern Journal* 112(4), 233–250. [Click aquí](#)
- Muñiz Díaz de León M E, Mendoza-Ruiz A, Pérez-García B. 2007. Usos de los helechos y plantas afines. *Etnobiología* 5, 117–125. [Click aquí](#)
- Fürsttenberg-Hägg J, Zagrobelny M, Bak S. 2013. Plant defense against insect herbivores. *International Journal of Molecular Sciences* 14, 10242–10297. [Click aquí](#)

Fotografía: Puckel, Pixabay

COMO GANAR COBERTURA Y SUELO SIN MORIR EN EL INTENTO

María Fernanda Alejandre Bustamante*

Red de Ecología Funcional, INECOL

Jorge López-Portillo Guzmán

Red de Ecología Funcional, INECOL

*mafer28_ab@outlook.com

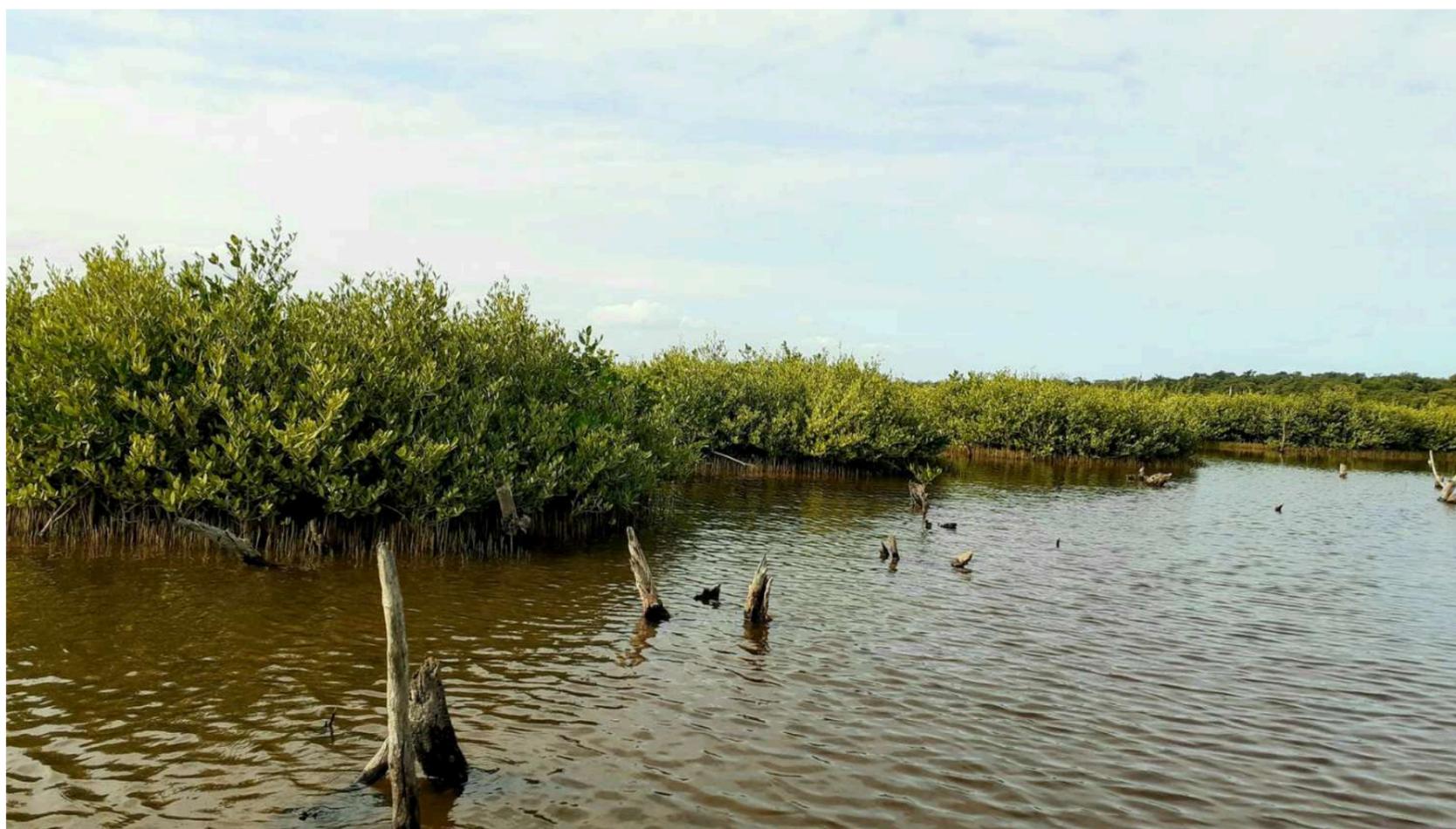


Monitoreo de la estructura de las juveniles establecidas. Fotografía: Arlene Ibarra Villanueva

La restauración ecológica se refiere a las acciones que se llevan a cabo para facilitar, idealmente, la transición de un ecosistema deteriorado hacia otro similar pero que se encuentre conservado y que se asemeje a un ecosistema de referencia, considerando su estructura y función. **Durante la restauración primero necesitamos detectar las causas de la perturbación, para posteriormente resolver el problema**, favoreciendo las condiciones en las que ocurren los procesos ecológicos que observamos en las áreas conservadas.

Desde 2011 hemos estado probando diferentes técnicas de restauración en los manglares de la Laguna de Tampamachoco, en el municipio de Tuxpan, Veracruz. Después de 12 años de trabajo, se han producido cambios considerables en las características del suelo y en el establecimiento y desarrollo de plántulas y juveniles de manglar.

En 2019 abrimos canales para conectar el agua de marea desde la laguna y los sitios conservados hacia el área de restauración, ya que el flujo de agua es fundamental para mantener un manglar saludable. El sedimento extraído se depositó en bordos al lado de los canales que se emparejaron a 30 cm de altura. Después, con la ayuda de la comunidad de Barra Galindo, construimos islotes de 5 m de diámetro y 30 cm de altura. Con estas acciones recuperamos la altura del suelo original (que se erosionó y colapsó después de la muerte masiva del manglar), e incentivamos el establecimiento natural de los propágulos o plántulas provenientes de las áreas conservadas del manglar.



Paisaje actual cuatro años después de la construcción de los islotes y la apertura de los canales conectados con la Laguna de Tampamachoco. Fotografía: María Fernanda Alejandro Bustamante

Gracias a estudios previos sabíamos que los manglares de esta laguna producen alrededor de un millón de propágulos por hectárea, los cuales germinan en la planta madre. Al caer, los propágulos son dispersados por las corrientes de agua hasta establecerse en lugares con poca inundación. Las plántulas que no se anclan, pierden su viabilidad y mueren.

En enero del 2020 las plántulas ya se habían establecido en los bordos e islotes que construimos. Desde ese momento **iniciamos el seguimiento mensual de las condiciones ambientales de esos sitios, midiendo la salinidad, la temperatura y el pH del agua que estaba en contacto con las raíces de las plántulas.** Asimismo, medimos la densidad y desarrollo de estas plántulas y juveniles establecidos.

La densidad de plántulas fue aumentando entre enero y julio 2020 hasta alcanzar 38 individuos por m². La gran mayoría de las plántulas pertenecían al mangle negro (*Avicennia germinans*), con una altura entre 20 y 25 cm de altura y desarrollaron entre 10 y 12 hojas. Para septiembre de 2022, las plantas alcanzaron entre 1 y 2 metros y desarrollaron copas muy densas (Figura 1).



Durante estos años de trabajos de restauración y monitoreo hemos notado que **las plantas establecidas están facilitando la elevación del suelo entre los islotes y bordos. De esta manera favorecen la extensión espacial y la regeneración de un manglar con interacciones complejas y que puede fusionarse con el área conservada del manglar.**

Pero, ¿cómo ha sucedido esto? ¿Por qué una pequeña variación de centímetros define si vive o muere la comunidad de mangles? **Cuando los mangles están en condiciones permanentes de inundación, disminuye la disponibilidad de oxígeno en las raíces, causando la muerte de las plantas.** Sin embargo, con una mínima variación de la elevación del suelo estamos reduciendo el tiempo de la inundación, aumentando la disponibilidad de oxígeno y facilitando la supervivencia de las plantas. En otras palabras, **abrimos la ventana a la disponibilidad de nutrientes como fósforos y nitratos, que son imprescindibles para las plantas y que sólo pueden asimilarse si hay oxígeno disponible en el suelo.**

Además, cuando las plantas y los juveniles de mangle se establecieron en los islotes, desarrollaron raíces subterráneas y aéreas. Éstas últimas son conocidas como pneumatóforos, que transportan aire de la atmósfera hacia el suelo. Físicamente, el crecimiento horizontal de las raíces con pneumatóforos contribuye a colonizar el suelo desnudo (Figura 2), lo que obstaculiza el flujo de agua y permite que los sedimentos se acumulen, junto con restos de organismos en descomposición. Lo anterior facilita la ganancia de suelo y de nutrientes que pueden ser asimilados por las plantas.



Figura 2. Se observan los pneumatóforos de las plántulas juveniles establecidas en los islotes que poco a poco van ganando terreno hacia fuera del islote de regeneración. Fotografía: María Fernanda Alejandre Bustamante

Estos son algunos de los procesos que contribuyen a la regeneración de los manglares. Pensamos que **año con año, el manglar llenará los espacios vacíos hasta convertirse en un ecosistema similar al de referencia.** Eso es lo que pensamos, pero **necesitamos el monitoreo de este ejercicio de restauración de manglares para relatar la crónica bien documentada de un manglar que, con nuestra ayuda, se negó a morir.**



Plántula de mangle negro (*Avicennia germinans*) con apenas 3 meses de establecimiento. Fotografía: María Fernanda Alejandre Bustamante

Agradecimientos

A todo el equipo técnico de la Red de Ecología de manglares de INECOL por el esfuerzo y la dedicación en los monitoreos mensuales realizados: M. en C. Carmen Martínez, la M. en C. Arlene Ibarra, M. en C. Mauricio Sánchez, Biol. Moisés Rivera, Biol. Yuridia González, M. en C. Ángel Zaragoza y al Ing. Josué Itehua. Este estudio forma parte del proyecto “Restauración hidráulica en la laguna de Tampamachoco en el estado de Veracruz para la rehabilitación del manglar y de sus servicios ambientales” que encabeza el Dr. Jorge López-Portillo y apoyado por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR).

Para saber más:

- Flores F, Agraz C, Benítez D. 2006. Creación y restauración de ecosistemas de manglar: principios básicos. Manejo integral de la zona costera: un enfoque municipal. 2, 1093-1110. [Click aquí](#)
- Rodríguez J, Sánchez D, Blanco J, Montoya P. 2022. La restauración de los manglares en Colombia: Técnicas, saberes y experiencias. Serie Publicaciones Generales No. 123 de Invemar, Santa Marta, Colombia. 176 p. [Click aquí](#)
- Teutli C, Herrera J, Cisneros D, Román R. 2020. Guía para la restauración ecológica de manglares: lecciones aprendidas. CIFOR. [Click aquí](#)



Canales construidos repletos de mangle negro.
Fotografía: María Fernanda Alejandre Bustamante

UN BOSQUE EN ARCHIPIÉLAGO: EL BOSQUE MESÓFILO DE XALAPA

Martín Garcés Méndez

Facultad de Biología, Universidad Veracruzana

Federico Escobar

Red de Ecoetología, INECOL

Dulce Rodríguez Morales

Instituto de Neuroetología, Universidad Veracruzana

Julliana Barretto*

Facultad de Biología, Universidad Veracruzana

* jbarreto@uv.mx

Bosque degradado. Fotografía: Martín Garcés Méndez

Ocho mil millones de personas y contando. El pasado 15 de noviembre de 2022 la población humana marcó un nuevo hito demográfico, añadiendo 1,000 millones de personas a los previos 7,000 millones de 2010 e incluso se predice que, para el 2030, se sumarán otros 500 millones. De toda esta población, el 45 % de las personas viven en espacios urbanos. **La expansión de las ciudades es especialmente acelerada en los países en vías de desarrollo, como México, y tiene por efecto la degradación del entorno natural inmediato. La urbanización de la capital Veracruzana, Xalapa y sus alrededores, es un claro ejemplo de lo anterior, ya que en los últimos 34 años se incrementó ocho veces su superficie urbana** (Figura 1).

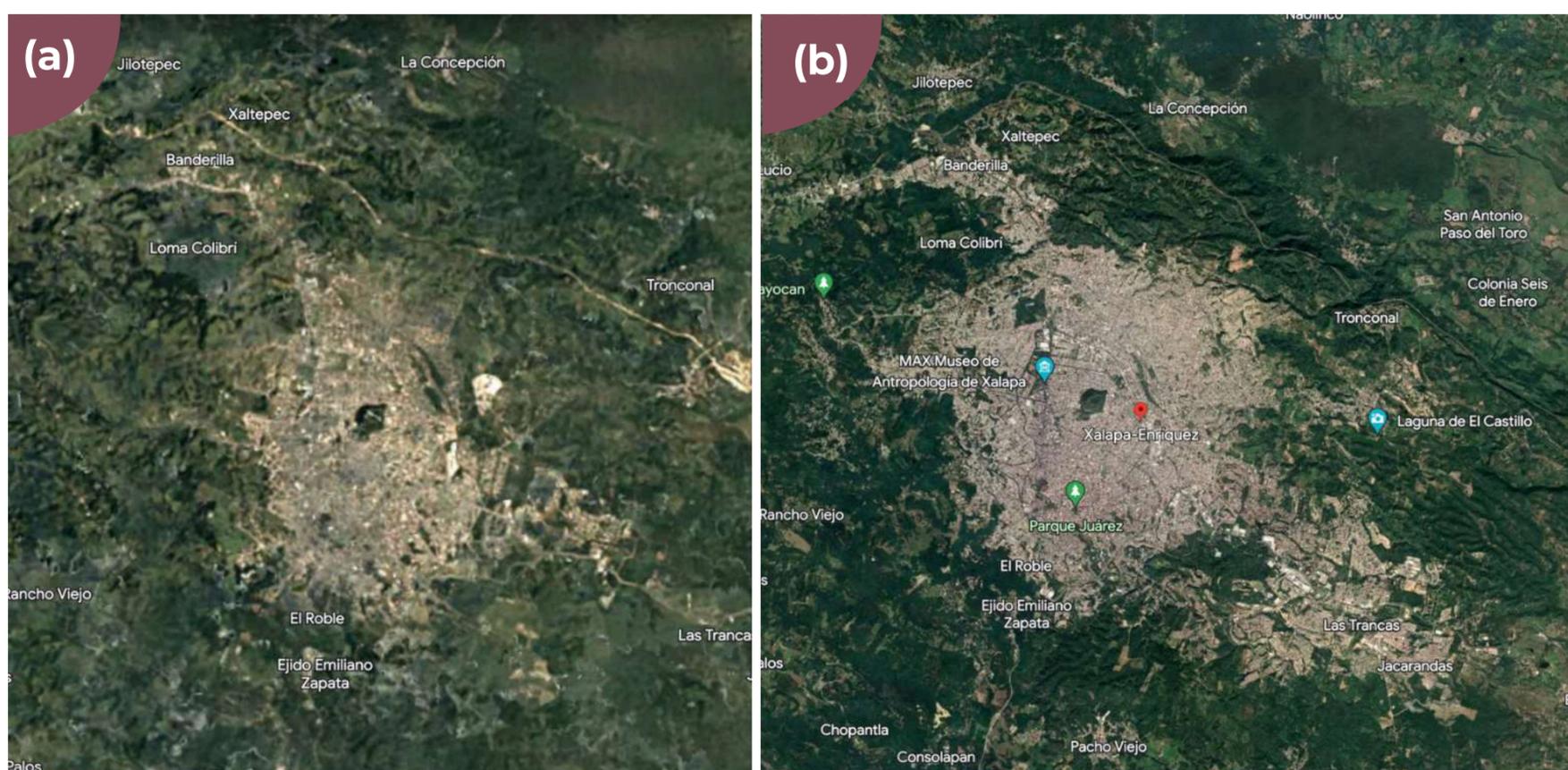


Figura 1. Comparativa del cambio en la mancha urbana de Xalapa y alrededores entre 1986 (a) y 2022 (b). Fotografías: Google Earth®

El crecimiento de la ciudad trajo consigo la drástica reducción de un tipo de ecosistema distintivo de la región: el Bosque Mesófilo de Montaña (BMM), que se caracteriza por su diversidad florística y faunística, además de ser uno de los ecosistemas más amenazados en nuestro país. Este ecosistema alberga el 10 % del total de especies vegetales estimadas en el país y aproximadamente el 30 % de sus especies animales son endémicas, es decir, especies que solo existen en esta área. Actualmente este ecosistema ocupa aproximadamente 1 % de la superficie nacional. **Los fragmentos de BMM en la capital Veracruzana se encuentran vulnerables a distintas presiones antrópicas, como la extracción inmoderada de recursos naturales (p. ej. madera), o el cambio de uso de suelo para plantaciones agrícolas y de uso residencial** (Figura 2).



Figura 2. (a) Bosque Mesófilo de Montaña y sus elementos característicos: alta humedad, vegetación densa en los estratos superiores, abundancia de epífitas (plantas que crecen sobre otras plantas), musgos y lianas, numerosos helechos en el suelo forestal. (b) Bosque degradado por desmonte. Fotografías: (a) Julliana Barretto; (b) Martín Garcés Méndez

Con el fin de salvaguardar este bosque, en 2015 se declaró el Área Natural Protegida (ANP) "Archipiélago de Bosques y Selvas de la Región Capital del Estado de Veracruz" (ABSRC). Las Áreas Naturales Protegidas son porciones de territorio destinadas a proteger y/o restaurar ecosistemas clave para el equilibrio ambiental. Esta es la primera de tipo archipiélago en el mundo, y fue nombrada así porque su superficie de 5,580 hectáreas está distribuida en una serie de parches de vegetación o "islas" alrededor de la mancha urbana. Esto es diferente de otras ANP terrestres que condensan toda su extensión en una sola área. **Dichas "islas" abarcan parcialmente a 5 municipios: Xalapa, Banderilla, Coatepec, Emiliano Zapata y Tlalnahuayocan (Figura 3).** Esta distribución coincide con la del BMM de la región que, actualmente, está confinado a cañadas húmedas y laderas protegidas, incluyendo numerosos cuerpos de agua.

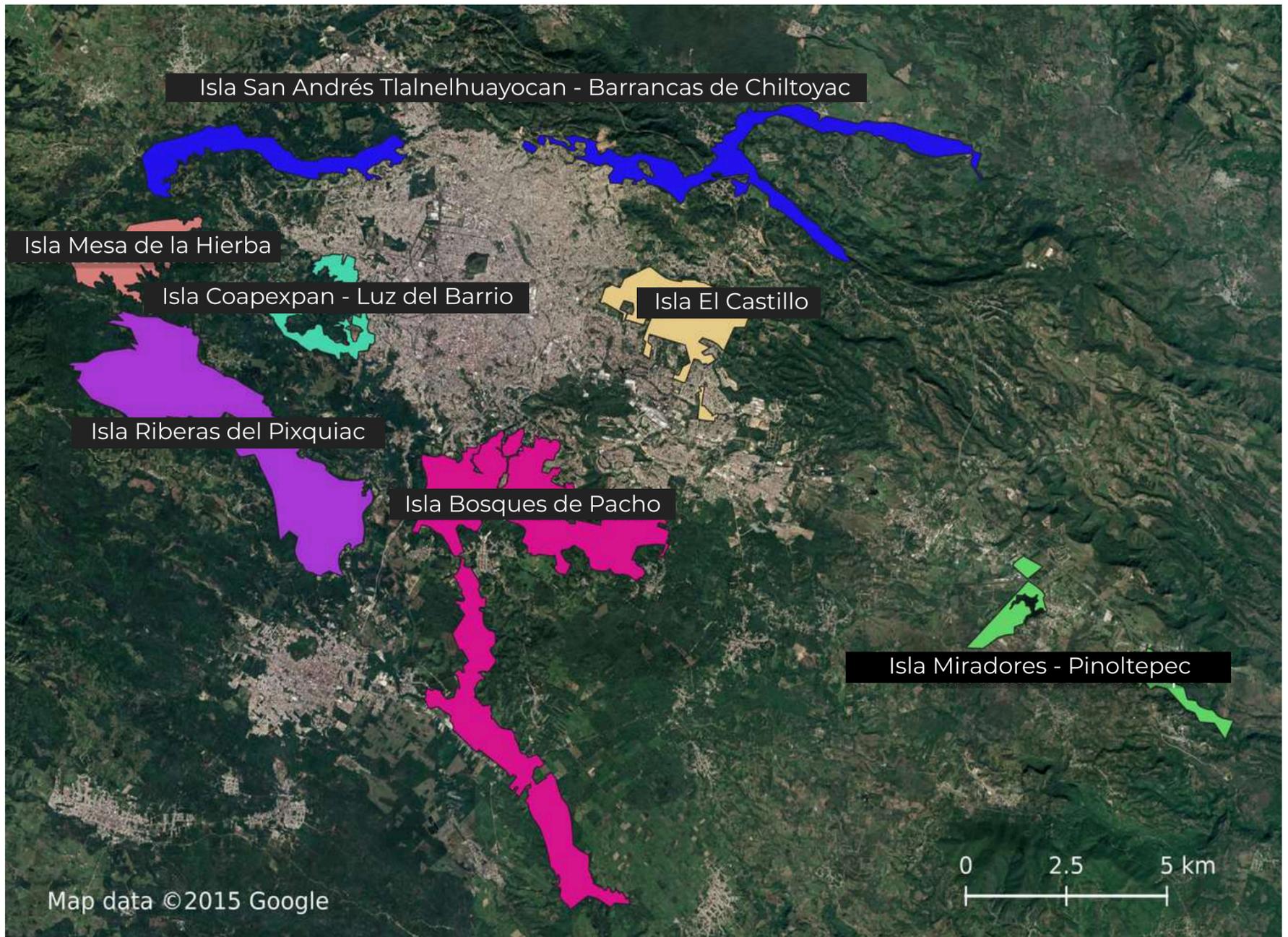


Figura 3. Mapa de las islas que conforman el ANP archipiélago. Modificado del mapa interactivo presente en Red de Custodios del Archipiélago (2016).

Fotografía: Martín Garcés Méndez

Las ANP en forma de archipiélago, como la ABSCRC, son aptas para mantener la biodiversidad en y alrededor de las ciudades, porque promueven una cierta continuidad de la vegetación gracias a la formación de corredores biológicos, áreas de conexión entre dos o más regiones. Estos corredores forman rutas que favorecen el movimiento, la supervivencia y propagación de organismos, permitiendo que individuos de diferentes especies vegetales y animales estén presentes en gran parte de las islas que conforman este tipo único de reserva. Este aspecto es importante, muchos de estos organismos desempeñan funciones ecológicas esenciales para mantener y mejorar las condiciones ambientales y la provisión de beneficios a los habitantes de las ciudades. Ejemplo de ello son la provisión de agua, obtención de materias primas, regulación microclimática y presencia de espacios para la recreación.

La conexión entre los fragmentos de bosque permite a algunos organismos desplazarse para encontrar comida y otros recursos necesarios para vivir. Si estos fragmentos de bosque quedasen completamente separados (formando "islas"), el número de organismos que los habitan se reduciría porque solo tienen acceso a los recursos disponibles en el área donde se encuentran, aumentando la competencia y limitando su desarrollo. Además, en el peor escenario, podrían aparecer enfermedades congénitas, reducción de la fertilidad y finalmente la extinción de especies. Pero ¿todas las especies son igualmente afectadas? Para contestar esta pregunta crearemos un escenario hipotético, en el cual una planta depende de insectos para llevar a cabo su reproducción, proceso que conocemos como polinización (Figura 4). Bajo ese escenario, podemos imaginar que una planta que cuenta con el servicio de polinización de diez especies de insectos se ve menos afectada cuando pierde una de esas especies que otra planta que solo dispone de tres especies de polinizadores. Pero ¿qué pasaría si esa misma planta perdiese a todos sus polinizadores? En este caso, el efecto inmediato sería la desaparición de tal planta y sus funciones ecológicas, desencadenando un "efecto dominó" que alterará fuertemente todo el ecosistema.



Figura 4. Polinizadores urbanos (colibrí, abeja y mariposa). (a) plantas con menos número de polinizadores como los colibríes. (b) y (c) plantas que al tener flores abiertas y/o expuestas permiten una mayor cantidad de polinizadores. Fotografías: (a) Jeremy Hynes en Unsplash; (b) y (c) Dulce Rodríguez Morales

Es importante recordar que los seres humanos también somos parte del ecosistema, por lo que, **si los fragmentos de bosque desaparecieran de la ciudad, no solo los animales se verían afectados, sino que también buena porción de los ciudadanos se encontrarían vulnerables ante fenómenos climatológicos extremos como olas de calor, tormentas severas, sequías e inundaciones**, especialmente quienes habitan zonas de alto riesgo, como sucede a las orillas de la ciudad. Aunque la estructura dispersa del ANP protege a los fragmentos mejor conservados del BMM y les permite, en cierto modo, coexistir

con las áreas urbanas, la constante pérdida de vegetación a sus alrededores hace que la tarea de mantener la conectividad del BMM sea cada vez más difícil. El ANP en archipiélago es una medida política encuadrada en las leyes de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Veracruz que ha tenido éxito en conservar y restaurar fragmentos de BMM en zonas urbanas, garantizando la preservación de la naturaleza local y la calidad de vida para la sociedad.

Protegiendo nuestros bosques no solo cuidamos y resguardamos su biodiversidad, sino que también cuidamos de nosotros mismos y de las generaciones futuras, por lo cual, nuestra tarea es prever su deterioro y actuar como agentes en la conservación de las áreas verdes urbanas.

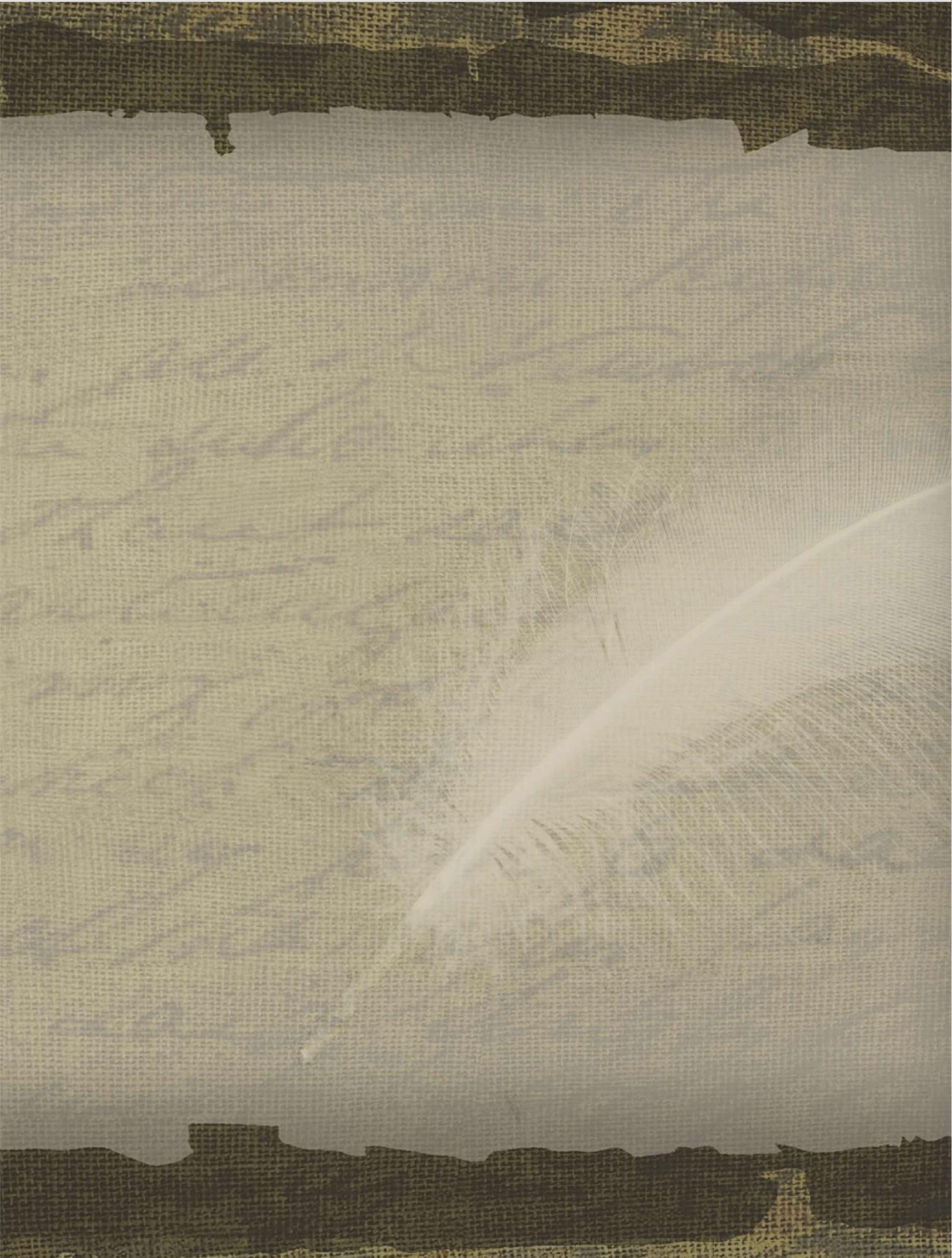
[Ir al índice](#)

Para saber más:

- Halffter G. 2007. Reservas archipiélago: Un nuevo tipo de área protegida. En: Halffter G, Guevara S, Melic A. Eds. Hacia una cultura de conservación de la diversidad biológica. Zaragoza: m3m: Monografías Tercer Milenio; 281-286. [Click aquí](#)
- Custodios del Archipiélago. 2016. Archipiélago de Bosques y Selvas de Xalapa. [Click aquí](#)
- Secretaría de Medio Ambiente; Fondo Ambiental Veracruzano; Instituto de Ecología, A. C.; Unidad de Servicios Profesionales Altamente Especializados. 2017. Programa de Manejo del Área Natural Protegida Archipiélago de Bosques y Selvas de la Región Capital del Estado de Veracruz. [Click aquí](#)

Trivias y Arte

Fotografía: Steinchen, Pixabay



Qué tanto sabes ...

sobre el lobo mexicano

Luis M. García Feria

Conservación y Manejo de Fauna-Enlace Durango. Secretaría Técnica.
UMA Estación Biológica Piedra Herrada - INECOL
luis.garcia@inecol.mx

El lobo mexicano es la subespecie más pequeña de lobo gris. Históricamente se distribuía en Arizona, Nuevo México y Texas, y por el Altiplano Mexicano entre las Sierras Madre Occidental y Oriental hasta el centro de México. Estuvo extinto en vida libre hasta la reintroducción de lobos bajo cuidado humano en 1998 en EUA y 2011 en México. **En el 2021 se celebraron los 10 años de la primera reintroducción de lobo mexicano en México y su cambio de estado de protección, de la categoría “extinto en vida libre” a “peligro de extinción”.** En el programa de recuperación del lobo mexicano participan los gobiernos de México y EUA, y coordinan a 58 instituciones para el cuidado de ejemplares bajo cuidado humano. **¿Qué tanto sabes del lobo gris?**



Lobo mexicano. Fotografía: Luis M. García Feria



Veamos cuánto sabes de nosotros...



1. ¿Cuántas especies de lobos hay en México y el mundo?

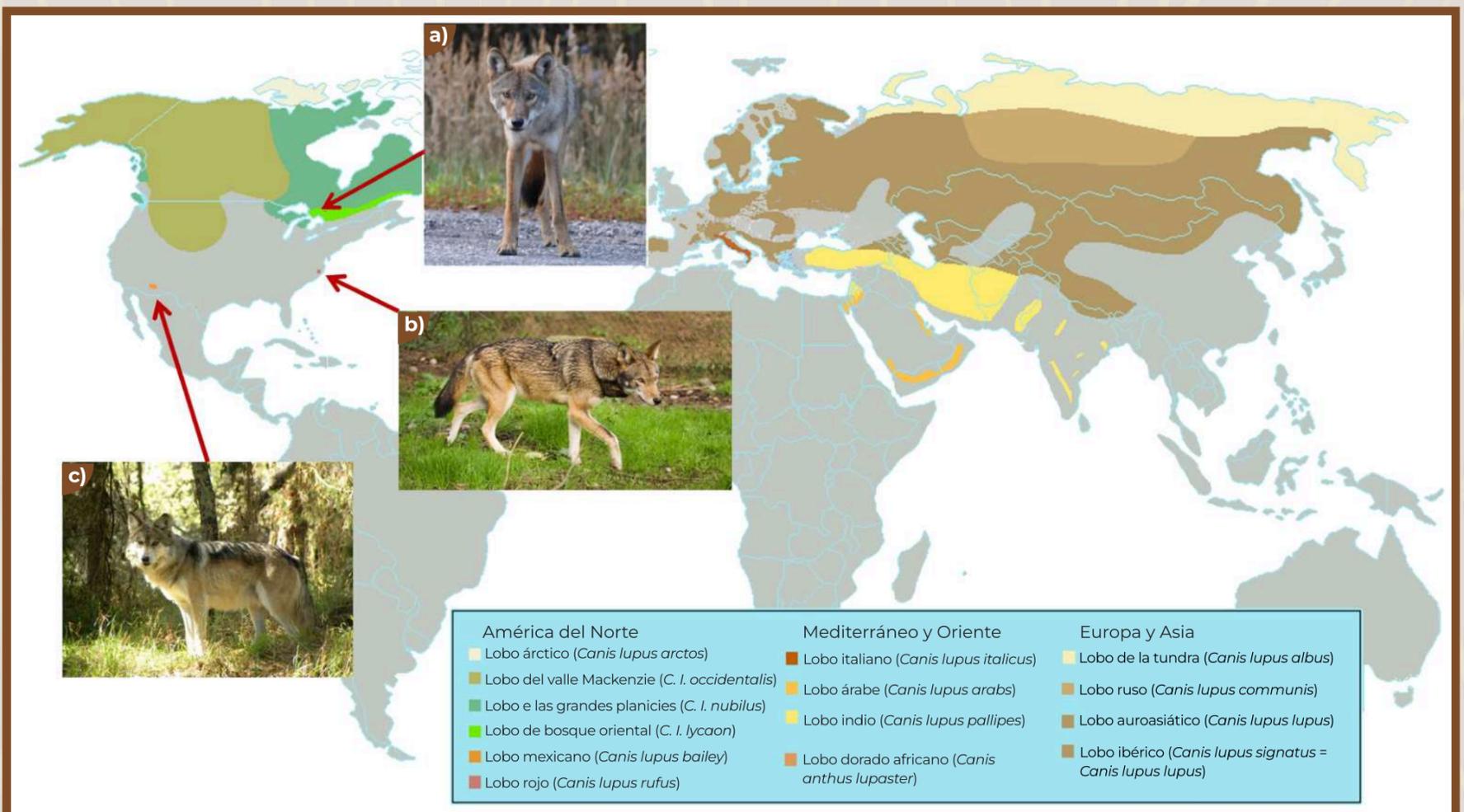
a) 1

b) 32

c) 3

Respuesta

(c) En el mundo se reconocen tres especies de lobos verdaderos: el lobo oriental o lobo rojo canadiense (*Canis lycaon*), el lobo rojo (*Canis rufus*) y el lobo gris (*Canis lupus*); aunque aún existe la controversia en que si son la misma especie las dos primeras. El lobo gris es el que presenta una distribución más amplia, reconociéndose 32 subespecies. En México se distribuye la subespecie más pequeña del lobo gris, el lobo mexicano, *Canis lupus baileyi*. Históricamente, en México también se distribuía el lobo terrible, *Aenocyon dirus*, pero se extinguió aproximadamente hace 10,000 o 4,000 años.



Mapa de distribución de: a) Lobo rojo canadiense, b) Lobo rojo y c) Lobo mexicano.
Fotografías: a) Rebecca Rogge, iNaturalist Canadá; b) B. McPhee/USFWS; c) Luis M. García-Feria. Mapa: HandWiki, licencia CC BY-SA 3.0

2. ¿Por qué es importante la recuperación del lobo mexicano?

- a) Porque es bonito
- b) Porque es una especie clave de los ecosistemas
- c) Porque es el protagonista de los cuentos

Respuesta

b. El lobo mexicano, como todos los lobos y la gran mayoría de los carnívoros mayores, son especies clave de los ecosistemas, ya que son promotores indirectos de altos valores de diversidad. Por ejemplo, influyen en el comportamiento de muchos herbívoros presionándolos para buscar nuevas zonas de alimento al tiempo que evitan el riesgo de ser depredados. De esta manera la vegetación puede recuperarse y otras especies pueden aprovecharla. También, depredan animales enfermos eliminando la transmisión de enfermedades a los animales sanos de la misma especie. Los lobos regulan las poblaciones de otros carnívoros (pumas, coyotes, zorras, etc.) que llegan a producir conflictos con las actividades humanas. La presencia de poblaciones estables de carnívoros indica un ecosistema saludable.



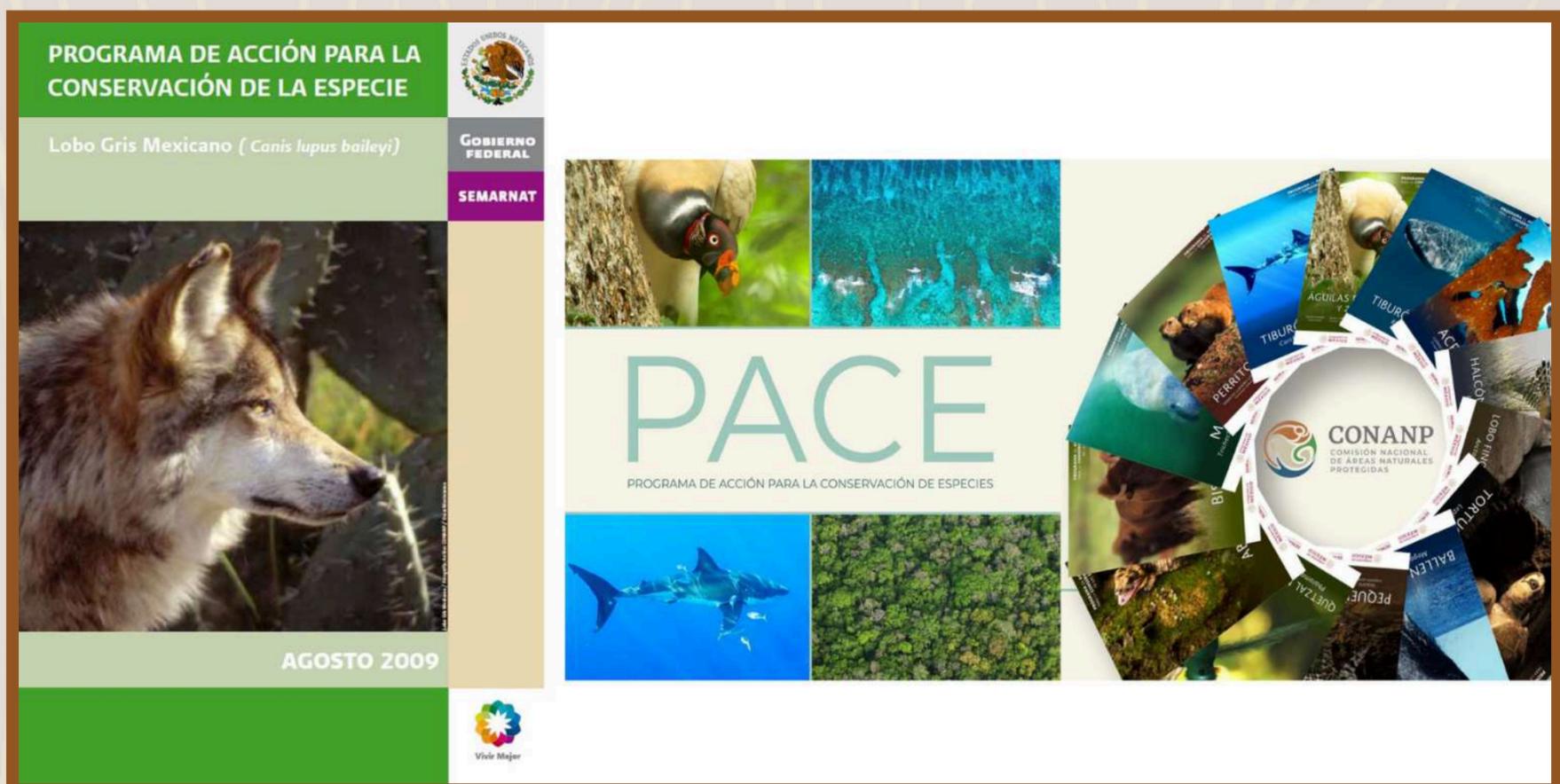
El lobo mexicano ayuda a regular las poblaciones de otros carnívoros. Ilustración modificada de: García-Feria, L.M. 2020. Lobo Mexicano, espíritu de la montaña. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz, México. 45 pp. ISBN: 978-607-7579-98-4

3. ¿Quién supervisa el programa de recuperación del lobo mexicano en México?

- a) Secretaría de Ganadería y Comisión de Áreas Naturales Protegidas
- b) Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Comisión de Áreas Naturales Protegidas
- c) Zoológico de Chapultepec y Comisión de Áreas Naturales Protegidas

Respuesta

(b) En México, la representación del gobierno en el Plan de Supervivencia del lobo mexicano y que supervisa el programa es la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Específicamente, la Comisión de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), que pertenece a SEMARNAT, con el 'Programa de Acción para la Conservación de las Especies (PACE): Lobo gris mexicano'. En Estados Unidos de Norte América, la supervisión es un esfuerzo cooperativo entre los Departamentos de Caza y Pesca de Arizona y de Nuevo México, la Tribu Apache de 'White Mountain', el Servicio de Inspección de Sanidad Animal y Vegetal, el Servicio Forestal y el Servicio de Pesca y Vida Silvestre.



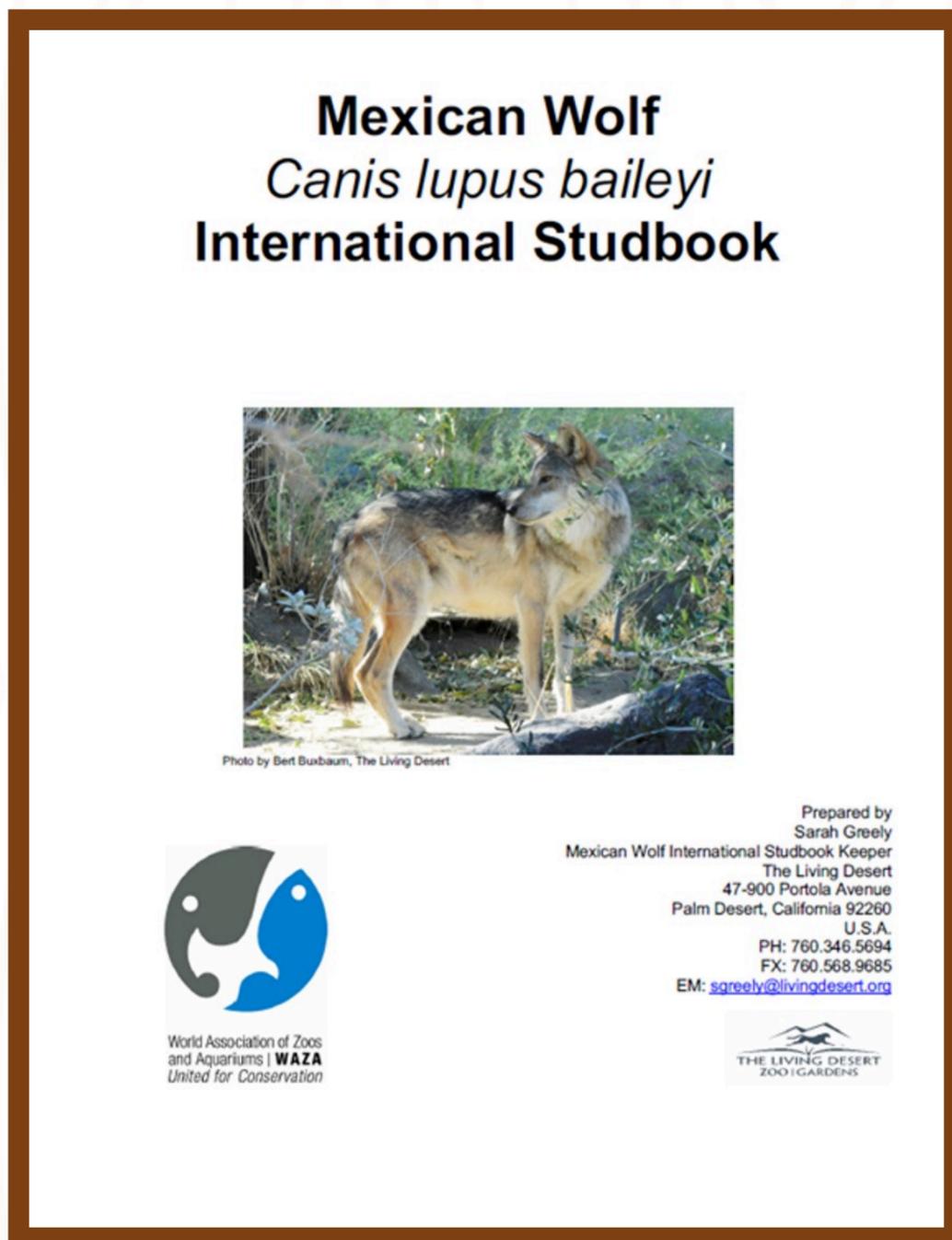
Fotografía: programas de acción para la conservación de especies, PACE

4. ¿Cuántos lobos existen bajo cuidado humano?

- a) 366 ejemplares
- b) 45 ejemplares
- c) 300 ejemplares

Respuesta

(a) Hasta el último censo, en julio del 2022, se contabilizan 366 lobos mexicanos bajo cuidado humano, de estos 160 son hembras y 206 son machos. Estos lobos se encuentran distribuidos en 34 instituciones en Estados Unidos y en 24 en México. Cabe mencionar que ninguna persona tiene ejemplares de lobo mexicano y que todo lobo mexicano está registrado en el libro conocido como *Studbook*. Este es un documento donde se recopilan los datos sobre nacimientos, muertes, transferencias y otros datos de los individuos de todas las instituciones que mantengan a la especie.



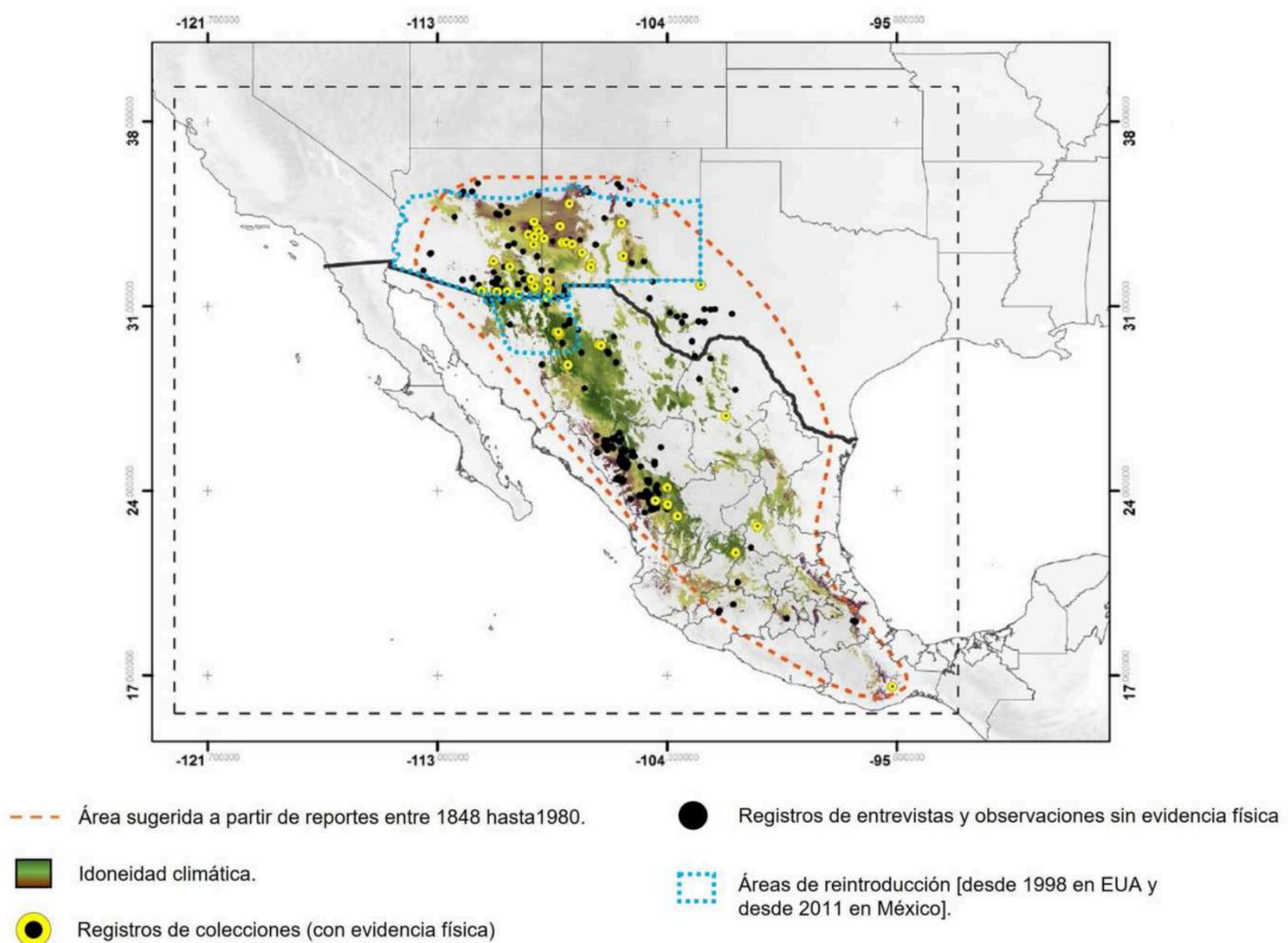
Fotografía: portada *Canis lupus baileyi*, International Studbook, 2020.

5. ¿Dónde se encuentran los lobos mexicanos en vida libre en México?

a) Zoológico de Chapultepec b) Durango y Chihuahua c) Chihuahua y Sonora

Respuesta

(c) En México, aproximadamente se contabilizan 45 lobos adultos en las Áreas de Protección de Flora y Fauna Tutuaca, Papigochi, Campo Verde entre Chihuahua y Sonora y en la Reserva de la Biosfera Janos en Chihuahua. En EUA, se calcula una población silvestre de 196 lobos mexicanos en el Área de Recuperación de Lobos *Blue Range* compartida por Nuevo México y Arizona.



Mapa que identifica las áreas naturales en donde habita el lobo mexicano.
Mapa: modificado de Martínez-Meyer *et al.* 2021

Para saber más:

Te invitamos a leer los artículos *¿Por qué el INECOL tiene lobos mexicanos?* [Eco-Lógico, 2021, 2(4):13-20] y *Plan de supervivencia del lobo mexicano ¡INECOL presente!* [Eco-Lógico, 2022, 3(3): 22-29]



Ir al índice

BIOTRIVIA

Redes vivientes

Gabriela Heredia Abarca

Red de Biodiversidad y Sistemática.
gabriela.heredia@inecol.mx

La naturaleza tiene muchas formas y colores, aunque es frecuente que distintas especies compartan una misma forma. Por ejemplo, si observas con cuidado a tu alrededor, podrás encontrar diferentes estructuras semejantes a una red. En las siguientes imágenes se aprecian filamentos delgados formando redes...

¿Puedes adivinar de qué se trata?

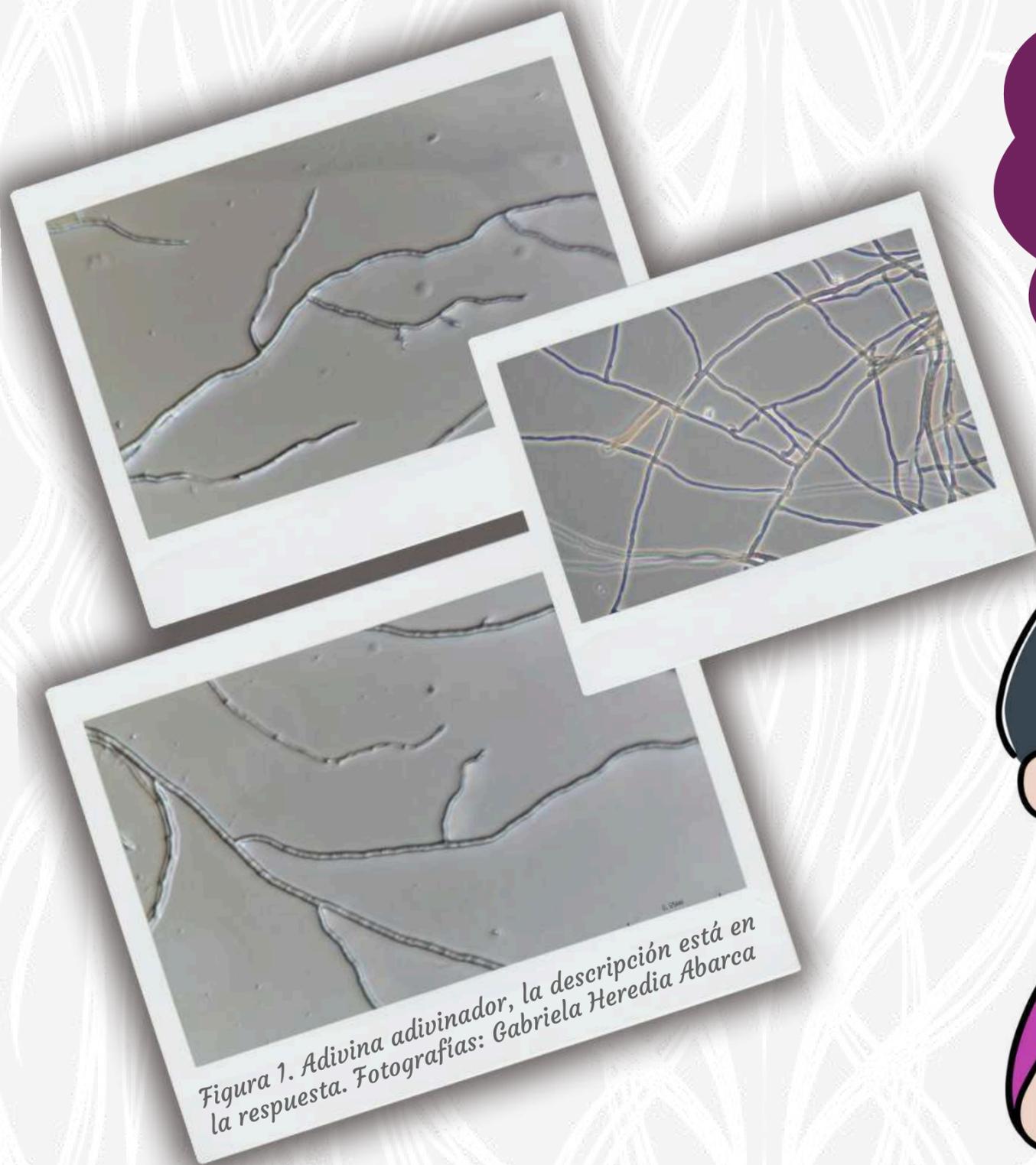
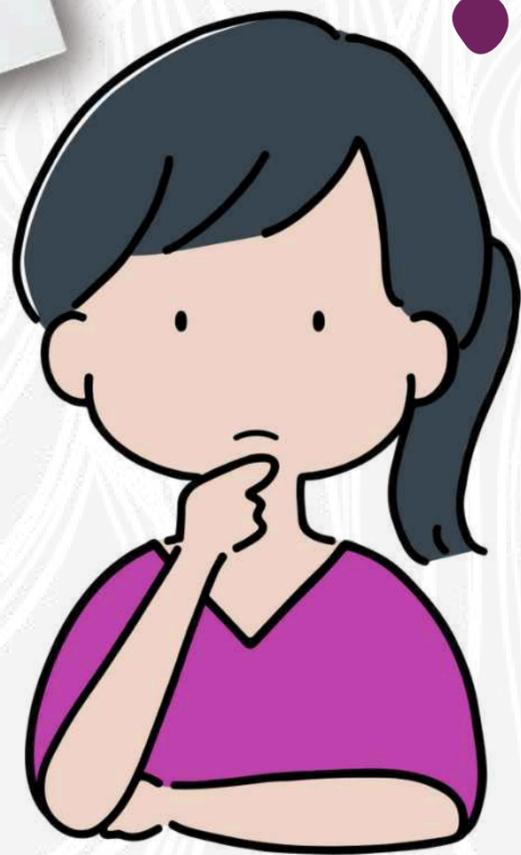


Figura 1. Adivina adivinador, la descripción está en la respuesta. Fotografías: Gabriela Heredia Abarca

- a) Una raíz
- b) Un hongo
- c) Una telaraña



Respuesta

b) Es un hongo. El cuerpo de la mayoría de los hongos está compuesto por largos filamentos (parecidos a hilos) denominados **hifas**, las cuales se dividen repetidamente y crecen paulatinamente alargando sus puntas en busca de sustancias nutritivas. A medida que las hifas se extienden forman una red a la cual se le llama micelio. **Las imágenes que se ilustran (Figura 1) son hifas vistas con la ayuda de un microscopio ya que generalmente son muy delgadas y miden menos de un milímetro de ancho.**

Profundicemos en la respuesta:

La Figura 2a muestra cómo se ven las hifas al microscopio, estas redes se extrajeron de un hongo del suelo del bosque mesófilo (Figura 2b) que cultivamos en placas con sustancias nutritivas (Figura 2c) en el laboratorio de Micromicetos del INECOL. Como su nombre lo dice, los hongos microscópicos son tan pequeños que para poder observarlos en detalle requerimos usar microscopios con una buena resolución (Figura 2d).



Figura 2. (a) Microfotografía de hifas (aumento 100x). (b) Toma de muestras de suelo. (c) Colonias del hongo microscópico *Penicillium* sp. en una caja de Petri con medio de cultivo. (d) Microscopio óptico. Fotografías: Gabriela Heredia Abarca

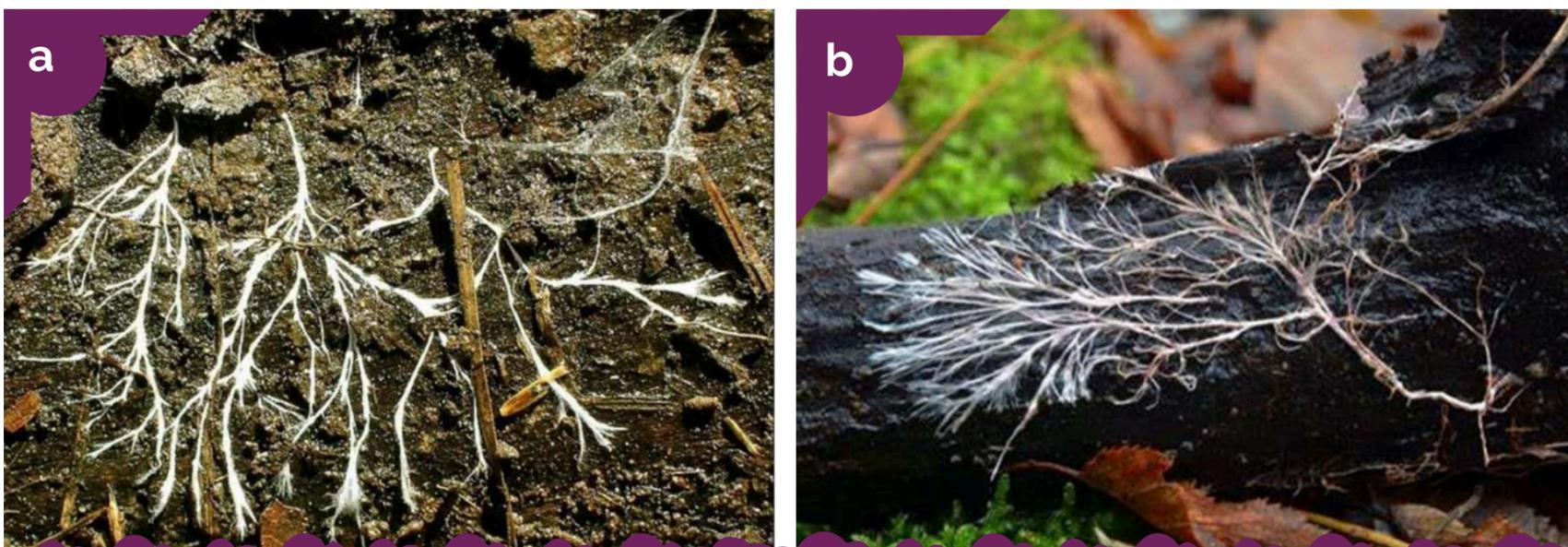


Figura 3. (a) Rizomorfos en suelo y (b) en un tronco. Fotografías: guiadejardineria.com

En algunas especies las hifas se unen unas con otras y forman estructuras que alcanzan varios milímetros de ancho, a estas estructuras se les llama rizomorfos o cordones miceliales (Figuras 3). Cuando vayas al bosque observa con detenimiento adentro o debajo de los troncos caídos o entre la hojarasca del suelo y muy seguramente los encontrarás.



Figura 4. (a) Pan con micelio algodonoso color gris. Imagen de internet. (b) Frutos o cuerpos fructíferos de hongos en hojarasca. Fotografía: Marianela Echevarría Heredia

Igual que los animales, los hongos necesitan buscar su comida para sobrevivir, esto lo hacen precisamente a través del micelio. Aunque es difícil de imaginar, las hifas se mueven lentamente sobre o dentro de los sustratos* en donde viven (Figura 4), que puede ser cualquier material orgánico, como pan, tortillas, hojas, ramas del bosque. Cuando las hifas encuentran un alimento que les gusta, expulsan potentes sustancias capaces de degradar los compuestos del sustrato y así los transforman en moléculas simples las cuales absorben y distribuyen a lo largo de la red.

*Un sustrato es cualquier material orgánico en el que crecen y se alimentan los hongos, por ejemplo, tortillas, pan, hojas y ramas del bosque.

Muchas personas no se imaginan que los hongos se alimentan, respiran, eliminan sus sustancias de desecho y crecen a través de las redes que forman las hifas. En realidad, lo que vemos de ellos son sus frutos o cuerpos fructíferos (así les llaman los biólogos) que pueden tener muy diferente apariencia, como por ejemplo repisas, copitas, bolitas, estrellas o bien sombrillitas como los champiñones que comemos. La mayoría de los cuerpos fructíferos de los hongos por lo general se desintegran y desaparecen en unos cuantos días. En cambio, sus cuerpos, como redes vivientes que son, permanecen ocultos dentro o sobre los sustratos por tiempo indeterminado, explorando y desplazándose lentamente en la búsqueda de alimento para sobrevivir (Figura 5).



Figura 5. (a) Dibujo de un hongo microscópico con redes de hifas y cuerpo fructífero con esporas en la punta. (b) Dibujo de hongos macroscópicos, con redes de hifas y un cuerpo fructífero maduro en forma de sombrilla con un retoño. Ilustraciones: Gabriela Heredia Abarca. Da click para ampliar

Agradecimientos

Se agradece al Biol. Martín de los Santos Bailón el apoyo en la búsqueda de ilustraciones.

Para saber más:

- Herrera T, Ulloa M. 1990. El reino de los hongos: micología básica y aplicada. UNAM-Fondo de Cultura Económica, México. 552 pp
- Zulueta RR, Trejo AD, Trigos LA. (Eds). 2007. El maravilloso mundo de los hongos. Universidad Veracruzana. Dirección General Editorial. 179 pp

[Ir al índice](#)

Invitación al Bosque Mesófilo de Montaña

Astrid Wojtarowski Leal

El Colegio de Veracruz • awojtarowskil@colver.info

-Dedicado en particular y con gran cariño a la niña que fue Berta Leal Valdés, una niña nacida en 1950 en la costa cubana. La habría invitado con este poema a conocer y apreciar con alegría otros mundos, tan hermosos como el suyo, pero al mismo tiempo, muy distintos. Se lo dedico de manera póstuma, como símbolo de mi esperanza en que todas las personas tengan la oportunidad de ser acompañadas con amor en su relación con el mundo.-

Te voy a contar un poco
De mi pequeña ciudad,
Ven conmigo e imagina
Que esto nos sucede allá.

En un día con neblina
Nos salimos a pasear y vimos
Que un sol muy suave
Se asomaba por detrás
De las colinas lejanas
Que se ven en mi ciudad.



En el trayecto observamos
Tejados rojos mohosos
portones muy bien forjados
fachadas de azulejitos
Y plantas por todos lados.

En el mercado: marchantas,
Productos en sus regazos,
Cosechados con amor
Fruto de sus propias manos:
Quelites, elotes, salsas,
Quesos, tortillas de mano.

Es una fiesta la calle
Con tanto para mirar
Tantos colores distintos
Aromas, aquí y allá.

Aromas he dicho, ¡atento,
Con el que va a destacar!
Es el del café de sombra
Aromático sin par,
Mira su tueste brillante,
Percibe su suavidad
Puedes verlo en esta esquina,
O en la otra, o más allá,
Lo encuentras por todos lados
¡Adonde mires está!



Y seguimos caminando
Para encontrar el hogar
Primigenio y bondadoso
Donde esta planta se da
Llegamos hasta una finca
donde descansa el café
resguardado por las hayas
que lo protegen con fe.

Pronto nos embelesamos
 Con cientos de mariposas
 Tantos colores volando,
 Delicadas alas rosas,
 Blancas, azules y verdes,
 alegres revoloteando
 También vimos amarillas...
 Negras con rojo... ¡un encanto!



Abajo pasaba el río
 Majestuoso iba avanzando
 Regando con agua fresca
 Los árboles a su lado
 Que cubren a los cafetos,
 Que protegen a sus granos,
 Que hacen que nuestro café
 Sea delicioso y cuidado.



Ellos mismos nos permiten
 Tener agua todo el año
 Nos regalan, además,
 Escenas de enamorados:
 Entre floripondio y níspero
 Se arrullan las arañitas
 Que cuelgan de los collares
 formados por las perlitas
 De agua del amanecer
 Entre cuerdas tejiditas.

Esta es mi ciudad pequeña
 En medio de Veracruz,
 Un estado muy asombroso,
 Por el norte y por el sur.
 Tiene bosques, selvas, playas,
 Enormes ríos, pantanos,
 También lagunas costeras
 Con manglares y crustáceos.

Del país entero guarda
 La mayor de sus montañas
 Aquí en el bosque de niebla
 Hay días en que observamos
 Al hermoso Citlaltépetl
 Con su pico bien nevado
 Pero hoy, con esta bruma
 No hemos podido mirarlo.



A veces las nubes bajas
 Lo borran de nuestro cielo,
 Aquí en Coatepec, sabemos
 Que el paisaje siempre es nuevo,
 Aparecen y se ocultan
 Las cosas que conocemos...

Y termino este paseo
 En que me has acompañado
 Invitándote a venir
 a este lugar encantado
 Espero que nunca olvides
 La magia que te he contado.



con hilos, estambres y listones

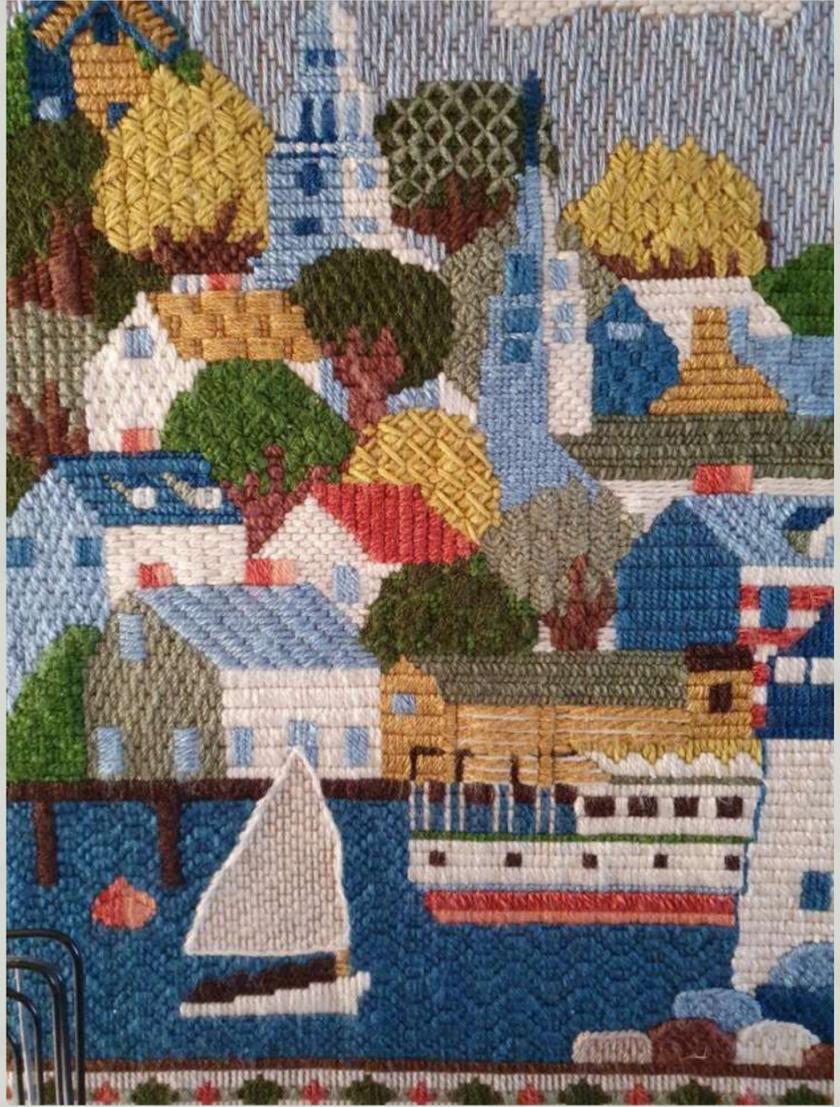
Alicia Maqueo, María Luisa Vázquez y Marisa Martínez

Creatoras independientes

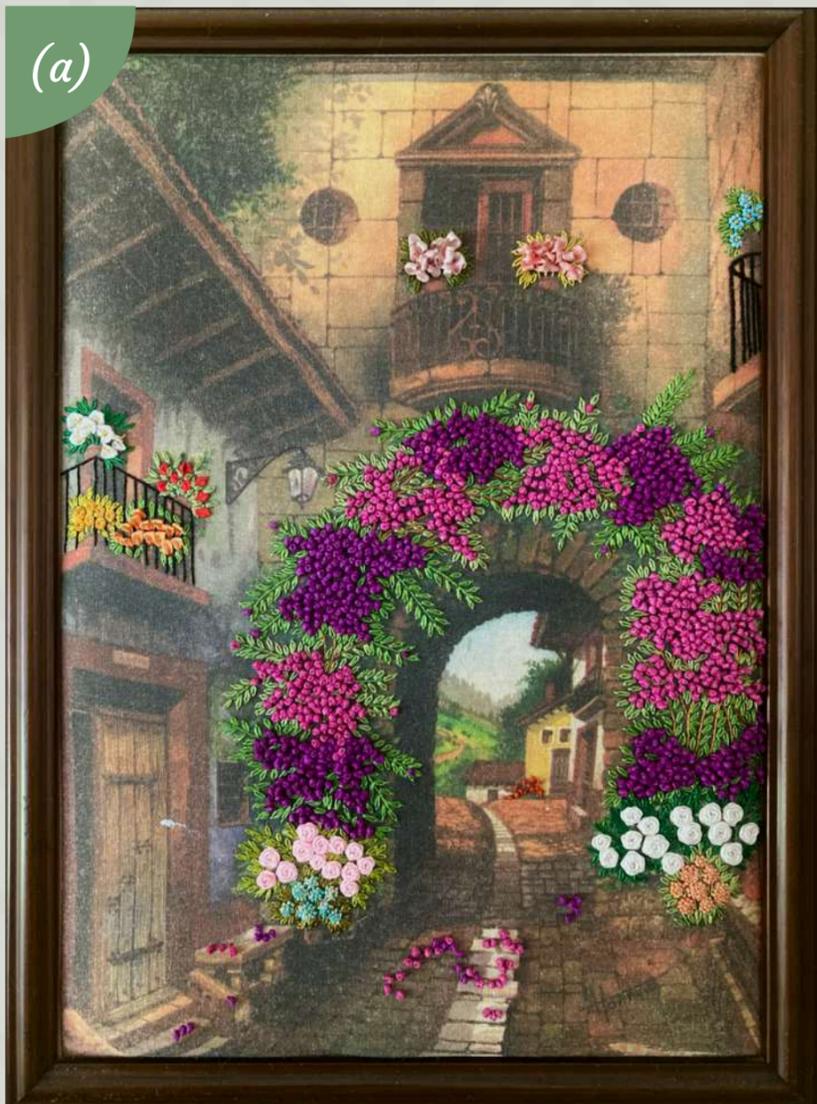
Bien dicen que para la creatividad no hay límites. Sin duda, se puede expresar de miles de maneras y utilizando un sinfín de materiales. En esta ocasión presentamos un conjunto de expresiones artísticas creadas con hilos, estambres y listones. Todos coloridos y entretenidos, elaborados por diversas autoras.



Elaborados por Marisa Martínez. (a) obra completa. (b) y (c) acercamientos de la obra. Da click sobre el collage para ampliar



Bordados por María Luisa Vázquez. Da click sobre las imágenes para ampliar



Bordado por Alicia Maqueo. (a) obra completa. (b) y (c) acercamientos.
Da click sobre el collage para ampliar

ANÉCDOTAS DE BATAS Y BOTAS



Aventuras en Costa Rica:

Curso de Ecología Tropical y Conservación



! COSTA RICA

Álvaro Hernández-Rivera

Estudiante de Doctorado,
Red de Ecoetología, INECOL

Martha Bonilla Moheno*

Red de Ambiente y
Sustentabilidad, INECOL

*martha.bonilla@inecol.mx



Álvaro (A): El año pasado fui al curso de Ecología Tropical y Conservación en Costa Rica organizado por la Organización para Estudios Tropicales. Las actividades duran desde el amanecer hasta el anochecer todos los días, pero la buena experiencia supera con creces el cansancio. Eso sí, hay que ir preparados para trabajar mucho y tener poco tiempo libre.

Martha (M): Como otras personas del INECOL, he tenido el privilegio de participar como estudiante y como profesora en varias ediciones de este curso. Muchas cosas han cambiado desde que lo tomé; la principal, el acceso a internet y la presencia de teléfonos con los que los estudiantes publican sus aventuras en las redes sociales. Pero su esencia continúa siendo la misma: fomentar la curiosidad por la naturaleza y dar bases para desarrollar proyectos de investigación; plantear preguntas sustentadas en literatura o en observaciones; desarrollar metodologías (muy ingeniosas) para recolectar los datos que ayuden a contestar esas preguntas; elegir el análisis de los datos; interpretar los resultados; y, finalmente, presentar la investigación. Y esto se repite en cada sitio.



A: El curso se llevó a cabo en estaciones biológicas localizadas en distintos ecosistemas: bosque lluvioso (La Selva); páramo y robledos (Cuericí); bosque montano (Las Cruces); costero (Cabo Blanco); bosque seco y humedales (Palo Verde). Una oportunidad única de conocer lugares icónicos de la ecología tropical. En cada sitio realizamos caminatas de reconocimiento y proyectos de investigación dirigidos por profesores invitados. La experiencia de poder convivir con ellos por varios días fue para mí algo invaluable. Durante el curso también realizamos proyectos independientes y aunque los estudiantes planteamos y ejecutamos los proyectos, contamos con asesoría de coordinadores y profesores. Un excelente equilibrio de libertad académica con opiniones de expertos.



Atardecer en la playa de la reserva absoluta Cabo Blanco. Fotografía: Álvaro Hernández



Trabajo de campo para proyecto grupal en potreros de Las Cruces. Fotografía: Martha Bonilla

M: Conocer estudiantes de tantos países y con variadas aptitudes hace palpable la realidad de la educación científica en países latinoamericanos. Ciertamente, hay una fuerte cultura biológica y naturalista. Sin embargo, existen vastas desigualdades, por ejemplo, en cuanto al nivel de comprensión de estadística o de textos en inglés, que para muchos representan grandes retos y resalta la importancia de publicar en español.



Conteo de visitantes florales para proyecto independiente en Palo Verde.
Fotografía: Álvaro Hernández



A: Otro aspecto increíble fue conocer a tantas personas, particularmente después de la pandemia. Conocí biólogos apasionados de muchos países de Latinoamérica, cada uno con conocimientos e intereses específicos (p. ej. ornitología, botánica, entomología).



Observación de aves costeras en el ferry durante un traslado largo. Fotografía: Álvaro Hernández

M: Recientemente se ha generado una fuerte reflexión acerca de la importancia de enseñar biología tropical para abordar temas complejos relacionados con la crisis ambiental global y no únicamente a través del conocimiento de las zonas templadas, lo que destaca el valor de este tipo de cursos de campo y que también se ofrecen en el INECOL. Desde el comienzo de la edición latina del curso, los estudiantes mexicanos y del INECOL han sido constantes participantes; en los últimos 5 años, 7 de los 14 alumnos provenientes de instituciones mexicanas eran #HechoEnElInecol.

A: Creo que es un curso excelente para tomarse en la maestría o al comienzo del doctorado. Si lo que te preocupa es la intensidad del curso, contempla que es excelente el ambiente y que hay tiempo para la fiesta cada vez que se termina un proyecto importante.

Para saber más:

•Russell AE, Aide TM, Braker E, Ganong CN, Hardin RD, Holl KD, Hotchkiss SC, Klemens JA, Kuprewicz EK, McClearn D, Middendorf G, Ostertag R, Powers JS, Russo SE, Stynoski JL, Valdez U, Willis CG. 2022. Integrating tropical research into biology education is urgently needed. PLoS Biol 20, e3001674. [Click aquí](#)



ECONOTICIAS

Fotografía: Stokpic, Pixabay



Al lobo mexicano de Edimburgo, Escocia... ¡Gracias!

El exterminio de los lobos mexicanos en México y los Estados Unidos condujo a la especie casi a su extinción. En la década de los 1980's ambos países desarrollaron el Programa de Reproducción en Cautiverio. **Orgullosamente el Instituto de Ecología A.C. colabora en el programa de recuperación del lobo mexicano desde hace poco más de cuatro décadas.** En las instalaciones de la Estación Biológica Piedra Herrada en la Reserva de la Biosfera La Michilía en Durango, se rehabilita la conducta y se enriquece su alimentación y se propicia la adaptación a las condiciones ambientales naturales. Actualmente resguardamos, cuidamos y rehabilitamos a ocho lobos mexicanos.

Para que las estrategias de conservación sean exitosas, es importante que el público en general tenga conocimiento de ellas y se involucre. **Nuestro llamado ha sido respondido por el entrenador en jefe, de origen mexicano, del equipo de futbol americano «Lobos de Edimburgo» (Edinburgh Wolves, American Football Team), el Coach Peredo.**



Thanks for joining our pack!

Appreciation for Support Coach Peredo

Head Coach
Edinburgh Wolves
American Football Team

For your generous donation for the benefit of
the Mexican wolves in the

Management Unit the Conservation of
Wildlife "Estación Biológica Piedra Herrada"

La Michilía Biosphere Reserve

Fotografía de fondo: Luis M. García Fera.
Fotografía del Coach Peredo: Katie Stepek

La participación y la suma de esfuerzos sirven para afrontar fuertes desafíos. **Como un llamado entre manadas, agradecemos al Coach Peredo todo su apoyo para cumplir con nuestros objetivos y sumar esfuerzos en el Programa de Lobo Mexicano del INECOL.**



Lobos mexicanos, hermanos Gêkam y Koream, de la UMA Estación Biológica Piedra Herrada-INECOL. Fotografía: Luis M. García Fera

Datos para tu donativo*:

Titular: INSTITUTO DE ECOLOGIA, A. C.

Banco: BBVA

No. CUENTA: 0444103661

CLABE: 012840004441036612

Referencia "Proyecto 10748-Lobo Mexicano".

*Donaciones deducibles de impuestos:

Si se requiere facturación se deberá solicitar a carola.santiago@inecol.mx (con copia a luis.garcia@inecol.mx) anexando Constancia de Situación Fiscal actualizada no mayor a 3 meses y comprobante del depósito.

¡Te invitamos a unirte y ser parte de la manada!

Ir al índice



Eventos institucionales

Junio 3

Día Nacional de los Jardines Botánicos 2023

Lugar: Jardín Botánico Clavijero INECOL

Objetivo: El Día Nacional de los Jardines Botánicos es promovido por las organizaciones Botanic Gardens Conservation International y la Asociación Mexicana de Jardines Botánicos, A.C. Busca fortalecer los vínculos de los jardines botánicos con su entorno social mostrando las diferentes facetas en las cuales estos centros científicos y educadores desarrollan su actividad cotidiana. La intención de celebrar el Día Nacional de los Jardines Botánicos es que todos los mexicanos descubran cuáles son los jardines botánicos de su región, qué trabajo realizan y por qué son importantes para el país. Los jardines botánicos contribuyen al desarrollo de una conciencia pública sobre la importancia de la diversidad de plantas y promueven el gusto por ellas a través de la horticultura, la arboricultura y la educación ambiental. De esta manera, nuestro jardín apoya las acciones de la Estrategia Global para la Conservación de las Plantas, con las de la Estrategia Mexicana de Conservación Vegetal y finalmente de la Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México.

DÍA NACIONAL DE LOS JARDINES BOTÁNICOS 2023
 Promotores del diálogo para la paz y la sostenibilidad
 SÁBADO 3 DE JUNIO DE 2023, DE 6:00 A 21:00 h
 SEDE: JARDÍN BOTÁNICO CLAVIJERO INECOL

HORARIO	ACTIVIDAD	CUPO	HORARIO	ACTIVIDAD	CUPO
6:30 a 8:30	Plano pájaro madrigalero! Bionchito para observar aves en el Santuario del Bosque de Niebla, Cerro de las Estrellas, Ciudad de México y alrededores cercanos.	Los planes madrigalero	9:30, 11:30 y 12:30	Un suelo fértil para mi jardín	15-20 personas por charla
9:00 a 10:30	Apertura del Día Nacional de los Jardines Botánicos 2023		11:00 y 13:00	Conociendo las palmas por dentro y por fuera. Recorrido guiado por el Inmexurb.	20 personas por recorrido
10:30, 12:15 y 14:00	Origen botánico Taller familiar. Javier Cruz	20 personas por taller	A partir de las 10:30	Los Pokémon que estudiamos	15-20 personas por taller
11:00 - hasta concluir	El Rally de la Biodiversidad Para toda la familia, que genere, a nivel infantil y juvenil, saberes.	50 personas		Memorama de especies que se estudian en el INECOL	20 personas por taller
11:00, 12:00 y 13:00	El Colibri Tijereta Mexicana (Duración: 20 min)	10 personas	10:20, 12:30 y 14:20	Lepidos	20 personas por taller
A partir de las 11:00 (hasta 14:00)	Conociendo el Jardín Botánico	20 personas por recorrido	A partir de las 11:00	La Rana de Veracruz	10-15 personas por taller
10:30 a 14:00	¿Para qué se usa? Uno de la madama de las especies del Jardín Botánico y Santuario del Bosque de Niebla. Exposición, Sembrar, Soltar y Te Soltarás.	15 a 20 personas por taller		El Konequi, un queleto veracruzano	10-20 personas
10:30	Sistema multimedia utilizando anguilas y visión 3D para conocer el Jardín Botánico y su queleto hidrología. Taller. Sara Paz Arellano y Sergio Sánchez	10 a 15 personas	12:00	Conociendo, cultivando y conservando anguilas	20 personas
11:00 y 13:00	¿Quién vive aquí? Recorrido y charla sobre la importancia de los seres que viven en el Jardín Botánico. Gabriela Pardo, Susana Parody y Roberto Cortés	15 personas por taller	12:00 y 13:00	La evolución de las ciudades: una historia de 250 millones de años	20 personas
11:00 y 13:00	Historias para polinizadores Taller. Nancy F. Cruz, Diego Sotomayor y Luis Rodríguez	20 personas por taller	13:45 - 14:45	Concierto	Abierto
11:00 y 13:30	Háblenos de diversidad sexual... en las plantas Taller. Rosalva Ruiz y Ana María Aguilar	10 personas por taller	16:45 - 20:00	Conociendo a nuestros anfibios	10 personas

GOBIERNO DE MÉXICO | CONAHCYT | INECOL

Da click en la imagen para ampliar

Invitación: Día Nacional de los Jardines Botánicos 2023



Junio 27

Coloquio "Hacia un manejo sustentable de la Costa Veracruzana"

Lugar: INECOL

Objetivo: Sentar las bases para el plan de manejo de dos lagunas interdunarias del área natural protegida, lagunas interdunarias de Veracruz y diseñar y aplicar un programa de apropiación del conocimiento para escuelas secundarias urbanas, rurales y semirurales sobre el funcionamiento de la zona costera y la importancia de los servicios ecosistémicos costeros.

Julio 11

Coloquio "Formación de Recursos humanos: Posgrado 2023-2024 y Programa de Educación y Comunicación del saber científico"

Lugar: INECOL

Julio 31 - Agosto 4

Lugar: INECOL

Invitación: Verano científico



Agosto 11

48 Aniversario del Instituto de Ecología A.C.

Lugar: INECOL

Objetivo: ¡48 años de éxitos! El Instituto de Ecología, A.C. (INECOL) está ligado al desarrollo de la ecología en México, disciplina que en nuestro país comenzó muy tarde. Desde su inicio ha sido una institución de investigación científica, básica y aplicada, dedicada a generar conocimiento científico y tecnológico acerca de la biología de especies, poblaciones y ecosistemas para contribuir al manejo y a la conservación de la biodiversidad de México, así como realizar investigación acerca del uso sustentable de recursos naturales renovables. Sus actividades han estado siempre vinculadas a la problemática ambiental ocasionada por las actividades productivas y del desarrollo del país.

Aparta las fechas ¡te esperamos!



[Ir al índice](#)

10 ANIVERSARIO

2014-2023



Programa de formación en línea
**Restauración de ecosistemas
y servicios ambientales**



Curso en línea

Restauración de bosques y selvas

10 al 30 de julio de 2023
37 horas

Temas:

Paisajes forestales
de Latinoamérica

Técnicas de restauración
de la vegetación

Monitoreo y éxito
de la restauración forestal

Imparten: Dra. Fabiola López-
Barrera, Dra. Paula Meli y doce
creadores de estudios de caso

Costo:

160 USD

Fecha límite de inscripción:

26 de junio de 2023



Regístrese en nuestro formulario en línea

o escribanos a
restauracion.ecologica@ecologia.edu.mx



GRADUADOS EN EL INECOL



Periodo marzo-junio 2023

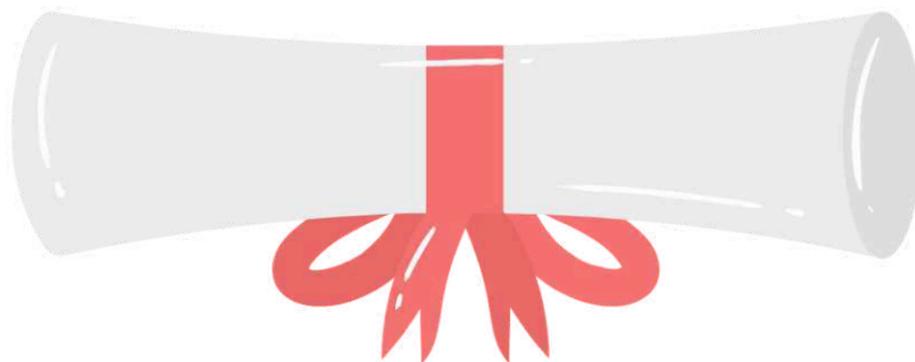
Figueroa Álvarez, Juan Andrés **Maestría en Ciencias**

Tesis: Rasgos del hábitat como determinantes de la ocupación de grupos funcionales de aves insectívoras en un paisaje cafetalero de la Sierra Mixe de Oaxaca
Directores: Dr. Vinicio de Jesús Sosa Fernández y Dr. Marcos Rubén Ortega Álvares

Calixto Rojas, Miguel **Doctorado en Ciencias**

Tesis: Patrones cofilogenéticos entre parásitos del género *Gyrodactylus* (Monodenea Platyhelminthes) y peces de la familia Profundulidae (Cyprinodontiformes: Actinopterygii) en México
Directores: Dr. Carlos Daniel Pinacho Pinacho y Dr. Miguel Rubio Godoy

¡FELICIDADES COLEGAS!



[Ir al índice](#)

#OrgulloINECOL

Dr. Miguel Rubio Godoy

El pasado 12 de abril el Dr. Miguel Rubio Godoy fue **nombrado por la Academia Mexicana de Ciencias como representante de México ante el Comité Científico de Investigación Antártica** (Scientific Committee on Antarctic Research, SCAR), en el grupo de ciencias de la vida. SCAR es el comité asesor independiente que apoya al Tratado Antártico y al Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC). El nombramiento es por tiempo indefinido. ¡Felicidades!



Dr. Sergio Guevara Sada

Embajador de buena voluntad

El consejo de Dirección de la Reserva de Biosfera "Mariñas Coruñesas e Terras do Mandeo" concede la distinción de Embajador de Buena Voluntad al Dr. Sergio Guevara Sada. Los Embajadores de Buena Voluntad comparten el compromiso de defensa y difusión de los valores que acreditan la declaración.



Click para ampliar
Fotografía: INECOL.mx

Gran Impacto en la Ciencia

Cada año, la institución conocida como Research.com (que en español significa Investigación.com) hace un análisis de las universidades, instituciones de investigación e investigadores, para determinar los que tienen más impacto en la ciencia. **Analizan el total de publicaciones y los trabajos que citan a dichas publicaciones. En 2023, tres notables investigadores del INECOL aparecieron entre los mejores del mundo:**



Fotografías: INECOL.mx

- **Dr. Martín Aluja** exdirector del INECOL e investigador de la Red de Manejo Biorracional de Plagas y Vectores, ocupando el 8° lugar nacional en el área de Biología Química.
- **Dr. Gonzalo Halffter Salas** (Q.E.P.D.), exdirector y fundador del INECOL, e investigador de la Red de Ecoetología, ocupando el 9° lugar nacional en el área de Ciencias Ambientales.
- **Dra. Guadalupe Williams-Linera**, investigadora de la Red de Ecología Funcional, ocupando el 20° lugar a nivel nacional, en el área de Ecología y Evolución.

#Orgullo  INECOL
INSTITUTO DE ECOLOGÍA, A.C.



Ir al índice 

¡FELICIDADES A TODOS!

Eco-Lógico

LAS CIFRAS DE LA REVISTA SON:



228

Artículos
publicados



329

Autores
(INECOL y externos)



36,241

Personas
alcanzadas



12

Números
publicados



66

Redes académicas e
instituciones externas*

*18 INECOL, 12 UNAM,
18 UV y 30 externas



48

Países donde se
consulta la revista

Te invitamos a participar en las diferentes secciones de la revista.
Puedes encontrar la guía de autores **AQUÍ.**

Autores externos al INECOL, favor de contactar al Comité Editorial en:
eco-logico_MS@inecol.mx.

Países en donde nos leen:

De mayor a menor consulta

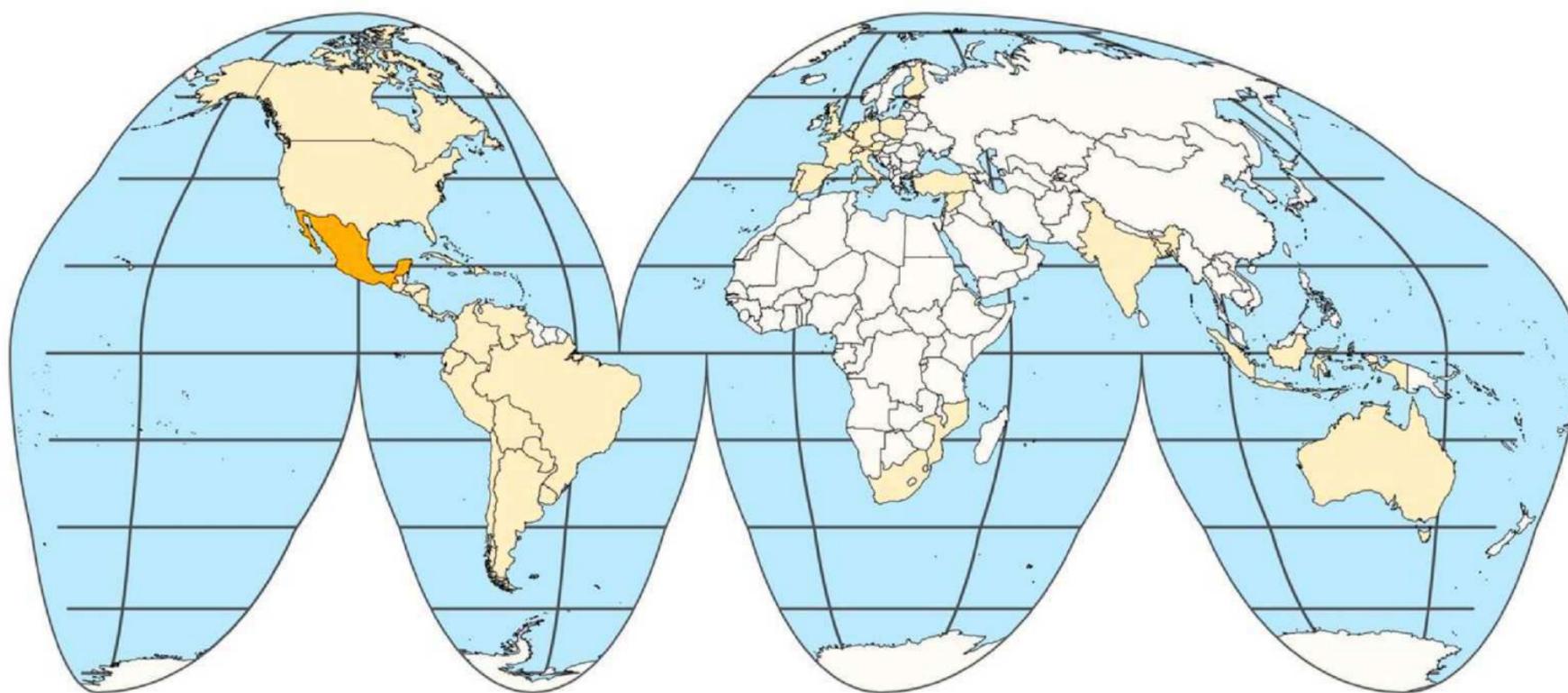


Ilustración: Sergio A. Cabrera Cruz, de la USPAAE, INECOL

México, Colombia, Perú, Ecuador, Argentina, España, EUA, Chile, Costa Rica, Guatemala, Venezuela, Cuba, Panamá, Uruguay, Bolivia, Honduras, Brasil, El Salvador, Francia, Nicaragua, Rep. Dominicana, Canadá, Puerto Rico, Alemania, Paraguay, Australia, Finlandia, Sudáfrica, Reino Unido, Italia, Suiza, Países Bajos, Emiratos Árabes Unidos, India, Bangladesh, Bélgica, Polonia, Austria, Estonia, Israel, Luxemburgo, Mozambique, Portugal, Singapur, República Árabe de Siria, Türkiye, Indonesia, Siria

¡Gracias por compartirla!

FORMA PARTE DE
Eco-Lógico

Fotografía: Vinisa Romero

Eco-Lógico, año 4, volumen 4, No. 2, abril - junio (verano) 2023, es una publicación trimestral editada por el Instituto de Ecología, A.C., carretera antigua a Coatepec No. 351, Xalapa, Veracruz, C.P. 91073, Tel. (228) 842-1800, <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/eco-logico>. Editor responsable: Ma. Luisa Martínez Vázquez. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2021-090106574400-203, ISSN 2954-3355, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este Número: Debora Lithgow Serrano, carretera antigua a Coatepec No. 351, Xalapa, Veracruz, C.P.91073, fecha de última modificación, 21 de junio de 2023.

AÑO 4 · VOLUMEN 4 · NÚMERO 2 · ABRIL - JUNIO (VERANO) · 2023