Ciencia y Tecnología
Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación

INECOL

Eco-Lógico

Revista de divulgación científica

CIENCIA HOY
¿Cuál es la relación en el tamaño de plantas y animales?

JÓVENES CIENTÍFICOS
Desde animales marinos a mosquitos y zorros

HECHO EN INECOL
Homenaje al Dr. Andrew Vovides

TRIVIAS Y ARTE
¿Fertilizante en el aire? ¿y esas frutas?

ANÉCDOTAS DE BOTAS Y BATAS
Sumémosle unos BYTES

Publicación trimestral
ISSN 2954-3355

Año 7 Vol. 7 No. 1, enero-marzo (primavera) 2026

Eco-Lógico

Año 7 / volumen 7 / número 1 / enero-marzo (primavera) 2026, 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), Dra. Betsabé Ruiz Guerra (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, Armando Aguirre Jaimes; Coordinación de recepción de contribuciones: eco-logico_MS@inecol.mx; Coordinación de diseño y formación: M. Luisa Martínez, Debora Lithgow, José G. García-Franco, Armando Aguirre Jaimes, Vinisa Romero; Apoyo informático: Alberto Rísquez Valdepeña; Distribución general: Oficina de Enlace con la Sociedad. Consejo de Editores Asociados y Colaboradores: Carlos Fragoso, Frédérique Reverchon.

Eco-Lógico, año 7, volumen 7, No. 1, enero-marzo (primavera) 2026, es una publicación trimestral editada por el Instituto de Ecología, A.C., carretera antigua a Coatepec No. 351, Xalapa, Veracruz, C.P. 91073, 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, 23 de marzo de 2026.

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.

Fotografía de portada: José G. García-Franco
Fotografía de prólogo: Vinisa Romero
Navegador recomendado: Google Chrome



PRÓLOGO

Navegador recomendado:
Chrome

El Instituto de Ecología, A.C. (INECOL) ha logrado ser un referente a nivel mundial por la calidad en su investigación y gestiones relacionadas con la biodiversidad, la conservación y el manejo de los recursos naturales. De esta forma, se contribuye con uno de los objetivos más relevantes de la ciencia actual, generar conocimiento sobre el cambio climático y los múltiples efectos de su impacto sobre los ecosistemas. También sobresalen los esfuerzos por contribuir a un manejo sustentable de los recursos, incluso mediante el desarrollo e implementación de Soluciones Basadas en la Naturaleza.

Adicionalmente, desde hace 6 años, cumpliendo con uno de sus objetivos estratégicos relacionados con la promoción de la vinculación y a la transferencia de conocimiento, surgió **Eco-Lógico,** la revista de divulgación del INECOL. Es así como actualmente, no sólo los científicos a nivel mundial, sino también los ciudadanos de más de 50 países se han beneficiado al consultar muy diversos artículos escritos en lenguaje sencillo e ilustrados de manera muy atractiva.

En este Número de Primavera, en la sección de Hecho en el INECOL, se inicia con un **reconocimiento al Dr. Andrew Vovides** por su gran labor como fundador del Jardín Botánico. Adicionalmente, se publican estudios sobre dos sistemas costeros muy relevantes de Veracruz: **La Mancha y la Laguna de Alvarado**. En contraste, se presenta un artículo sobre el **Valle de Perote y sus condiciones áridas**, que albergan una fauna única. Se complementa el estudio de fauna, con la descripción del menú del **chichilote, ardilla en estado de extinción**. Otro artículo sobre fauna peculiar describe al **gorrión arcoiris**. Para los amantes de los insectos, tenemos un trabajo titulado "**Polinizadores en acción**". Finalmente, en esta sección se presenta un estudio sobre "**Restauración ecológica en acción**".

En la Sección de "Ciencia Hoy", se presentan cuatro artículos muy diversos entre sí. El primero de ellos nos invita a entender las relaciones de **tamaño de plantas y animales**; el segundo está dedicado a la descripción de la **sexualidad y resiliencia en los corales duros**. Otro nos ayuda a entender diversos conceptos asociados con los **árboles filogenéticos de las ballenas**, y el cuarto nos entusiasma con las **hormigas sociales**.

Los Jóvenes Científicos aportan estudios sobre animales marinos describiendo el **canto de las ballenas** y la problemática del **atún azul en Ensenada**. Respecto a otros animales interesantes, se describen **mosquitos en el Bosque de Niebla**, y la invasión del **zorro en Australia**. Para los interesados en plantas, se publican un artículo sobre la **reproducción del peyote**, otro sobre la **morera** como opción para la restauración de bosques y un tercero sobre un proyecto de **restauración del bosque de niebla de Veracruz**. Para los microbiólogos, nos presentan un reto en la Sección "**¿Qué tanto sabes?**" sobre la misteriosa **bacteria con el poder de transformar el aire en fertilizante**. No dejen de leer un **cuento relacionado con la manera en que ciertos estereotipos afectan a niñas y mujeres**. Finalmente, en la sección de **Batas & Botas**, nos hablan de batas, botas y bytes. ¡Será interesante conocer las experiencias de estos investigadores!

Eugenia Judith Olguín Palacios
Investigadora Emérita del INECOL
Investigadora Emérita del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores de México



CONTENIDO

DA CLICK SOBRE EL ARTÍCULO QUE QUIERAS VISITAR

HECHO EN EL INECOL

P. 8 **PLANTAS Y HORIZONTES 49 AÑOS CUSTODIANDO LA NIEBLA: UN HOMENAJE AL DR. ANDREW VOVIDES**
Milton H. Díaz-Toribio, Carlos Aldair Zárate Pérez y Orlik Gómez García

P. 16 **AVIFAUNA MIGRATORIA EN VERACRUZ: LA MANCHA COMO CORREDOR BIOLÓGICO ESTRATÉGICO**
Fernando González-García, Ernesto Ruelas Inzunza y colaboradores

P. 28 **VALLE DE PEROTE: ZONA ÁRIDA Y HOGAR DE FAUNA ÚNICA**
Sandra H. Montero-Bagatella y Alberto González-Romero

P. 34 **EL MENÚ DEL CHICHILOTE**
Oriana Domínguez-Juárez, Emilio Alfonso Suárez-Domínguez y colaboradores

P. 40 **AVES VERACRUZANAS: EL GORRIÓN QUE VISTIÓ EL ARCOÍRIS, EL SIETECOLORES**
Fernando González-García, Rosa Inés Aguilar Amar y Gilberto Cortés Rodríguez

P. 48 **SEMBRANDO FUNCIONES, COSECHANDO VIDA: RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ACCIÓN**
Yitzendi López Serrano, María Guadalupe Jiménez Martínez y colaboradores

P. 58 **TARJETA DE REPORTE: VENTANA SOCIO-ECOLÓGICA DEL SISTEMA LAGUNAR DE ALVARADO**
César Vázquez-González, Patricia Moreno-Casasola y colaboradores

P. 66 **"POLINIZADORES EN ACCIÓN": JUEGOS COMO HERRAMIENTAS PARA DIVULGAR SOBRE CIENCIA**
Alejandro R. Villa, Kevin González-Gutiérrez y colaboradores

CIENCIA HOY

P. 76 **DE FRAGMENTOS A COLONIAS: SEXUALIDAD Y RESILIENCIA EN CORALES DUROS**
Beatriz León-Betancourt, Paula Fernanda Chávez-Arriaga y colaboradores

P. 84 **LAS HORMIGAS SOCIALISTAS**
Ornela De Gasperin Quintero

P. 92 **MOBY DICK, ¡ESA NO ES TU FAMILIA!**
Denisse Maldonado Sánchez, Ismael Guzmán Valdivieso y colaboradores

P. 104 **ANIMALES Y PLANTAS VEMOS, RELACIONES DE TAMAÑO NO SABEMOS**
José Luis González-Gálvez, Jordan Golubov y colaboradores

DA CLICK SOBRE EL ARTÍCULO QUE QUIERAS VISITAR

JÓVENES CIENTÍFICOS

JAZZ SUBMARINO: CANTOS DE BALLENAS, UNA TRADICIÓN CULTURAL P. 114
Uziel Abdel Arizmendi Narváez y colaboradores

ATÚN AZUL DEL PACÍFICO: UN DESAFÍO PARA ENSENADA P. 120
Jesús Antonio Pitones Verdugo y Angélica Colín Martínez

LA INVASIÓN DEL ZORRO P. 128
Carolina Isabel Cerdán Martínez y Claudio Mota Vargas

¿LOS MOSQUITOS DEL BOSQUE DE NIEBLA ELIGEN SU DISTRIBUCIÓN? P. 134
Yeraldi Guadalupe Guillén-Rodríguez, Sergio Ibáñez-Berna y Leonardo Chapa-Vargas

MI AVENTURA : ¡SALVANDO AL PEYOTE! P. 142
Layla Fernanda Chacón Delgado y Jorge Gabriel Sánchez-Ken

LA MORERA: ESPECIE POTENCIAL PARA RESTAURACIÓN FORESTAL P. 148
Lucero Ruiz, Arnulfo Blanco-García y Mariela Gómez-Romero

RESTAURACIÓN MULTI-ACTORAL DEL BOSQUE DE NIEBLA EN VERACRUZ P. 156
Flor G. Vázquez-Corzas, María Toledo-Garibaldi y colaboradores

TRIVIAS Y ARTE

¿QUÉ TANTO SABES...DE LA BACTERIA QUE CONVIERTE EL AIRE EN FERTILIZANTE? P. 166
Mauricio Rodríguez Villarreal, Rosa I. Ruvalcaba Ontiveros e Hilda Amelia Piñón Castillo

BIOTRIVIA: FRUTAS RARAS DE MÉXICO P. 174
Juan Fernando Pío León

CUENTO: SUEÑOS SIN COLOR IMPUESTO P. 178
Rosa Ana Sánchez Guillén

DE BATAS Y BOTAS

DE BOTAS, BATAS Y BYTES P. 184
Daniel García Arce y Abraham Vidal Limón

ECONOTICIAS

CONSEJO CIENTÍFICO P. 190
NOTICIAS DE LA MANADA
ERASMUS + Y MOVILIDAD PARA ESTUDIANTES P. 192
POSGRADOS EN EL INECOL P. 193
REUNIONES Y EVENTOS CIENTÍFICOS P. 194
ORGULLO INECOL P. 196
GADUADOS P. 197



Hecho en INECOL



Fotografía: José G. García-Franco



PLANTAS Y HORIZONTES 49 AÑOS CUSTODIANDO LA NIEBLA: UN HOMENAJE AL DR. ANDREW VOVIDES

Milton H. Díaz-Toribio*
Carlos Aldair Zárate Pérez
Orlik Gómez García
Jardín Botánico Francisco Javier Clavijero, INECOL

*milton.diaz@inecol.mx



El Dr. Andrew Vovides en la entrada del Jardín Botánico Francisco Javier Clavijero.
Fotografía: Revista México Desconocido

La historia del Jardín Botánico Francisco Javier Clavijero comenzó a trazarse en 1975. En aquel entonces, **el terreno era conocido como el Rancho Guadalupe, una antigua finca de café y cítricos** que fue adquirida por el gobierno de Veracruz bajo el mandato del gobernador Rafael Hernández Ochoa. Con una visión adelantada a su época, **el Lic. Hernández Ochoa impulsó un decreto legislativo pionero para que el destino de esta propiedad fuera la conservación y fomento del bosque de niebla.**

Bajo este impulso, **el Dr. Arturo Gómez-Pompa** —entonces director del Instituto de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (INIREB)— **y un joven botánico británico, Andrew P. Vovides Papalouka, trabajaron arduamente junto a sus equipos para adecuar el terreno y conformar las primeras colecciones de lo que sería el Jardín Botánico Francisco J. Clavijero.** Fue así como se trazaron caminos y se construyeron escalones con piedra de río en 1.5 hectáreas de bosque de niebla, respetando los árboles centenarios que antes daban sombra a algunos cafetos. Poco tiempo después, **la neblinosa tarde del 17 de febrero de 1977, el jardín fue formalmente inaugurado por el gobernador Hernández Ochoa, el Dr. Arturo Gómez-Pompa y el Dr. Vovides**, quienes llevaron a cabo un recorrido por el novel Jardín Botánico F. J. Clavijero (Figura 1).



Figura 1. Recorrido de inauguración del Jardín Botánico Francisco Javier Clavijero el 17 de febrero 1977. Fotografía: Diario de Xalapa

Tras casi medio siglo de trayectoria (49 años), el Jardín Botánico F. J. Clavijero celebra este logro rindiendo homenaje a una figura fundamental: el Dr. Andrew P. Vovides. Como fundador de este Jardín Botánico, no solo plantó la semilla en la tierra, sino que también sembró una filosofía de conservación. Su trayectoria es un testimonio de rigor científico y pasión inquebrantable. Entendió, mucho antes de que se convirtiera en una urgencia global, que **los jardines botánicos no deben ser solo museos de plantas, sino también centros de investigación, educación y conservación.**

Su aporte ha sido fundamental para posicionar a México en el mapa de la botánica mundial. Gracias a su guía, este jardín se convirtió en un refugio donde la ciencia se encuentra con la belleza, y donde la protección de especies en peligro de extinción es una misión diaria (Figura 2).



Figura 2. Pruebas de germinación y establecimiento de plántulas realizadas en el Jardín Botánico Francisco Javier Clavijero, como parte de las acciones para la propagación y conservación de cícadas. Fotografía: Aldaír Zárate Pérez

Para honrar su carrera, **el Jardín Botánico F.J. Clavijero reinauguró la Colección Nacional de Cícadas, nombrándola en honor al Dr. Vovides.** Las cícadas son el grupo de plantas con semillas más primitivo que se conoce. El registro fósil nos sugiere que aparecieron hace aproximadamente 300 millones de años, popularmente se les llama fósiles vivientes (Figuras 3). Cuando los dinosaurios caminaban sobre la tierra, ¡había cícadas!; así de antiguas son estas plantas.

Esta colección fue iniciada a finales de la década de los 70's y alberga las 61 especies de cícadas conocidas para México, colocando al país en el segundo lugar a nivel mundial en diversidad de este grupo de plantas. La colección ha aportado material para la educación, la conservación y la investigación científica, pues **ha contribuido a la descripción de 20 nuevas especies para México**. Por medio del intercambio con otros jardines botánicos **tenemos en exposición algunas especies de África, Asia y Australia. Es una colección única en su tipo en Latinoamérica.**



Figura 3. (A) Vista de la Colección Nacional de Cícadas establecida en el Jardín Botánico Francisco Javier Clavijero; (B) *Dioon purpusii*; (C) *Dioon tomasellii*; (D) *Zamia inermis*; (E) *Dioon edule*. Fotografías: Aldaír Zárate Pérez

El Dr. Vovides ha dedicado gran parte de su vida académica al estudio y protección de estas plantas. Por ello, esta colección es, en esencia, un reflejo de su propia resiliencia y su visión a largo plazo. Al reinaugurar esta colección en su honor, no solo mostramos una diversidad botánica excepcional; honramos la mano que la cultivó y la mente que la defendió (Figura 4 y 5).



Figura 4. Portada del manual para el cultivo y propagación de cícadas, desarrollado por Miguel Ángel Pérez-Farrera y Andrew P. Vovides. Esta obra pionera en México sentó bases técnicas para la conservación *ex situ* de estas plantas, al impulsar su propagación y manejo en cultivo. El manual fue clave en la transición de las cícadas, anteriormente sometidas a intensa extracción ilegal en su hábitat natural, hacia esquemas de producción sostenible fundamentados en criterios científicos. Fotografía: Aldaír Zárate Pérez



Figura 5. Dr. Andrew Vovides en la Colección Nacional de Cicadas nombrada en su honor. Fotografía: Orlik Gómez García

Al mirar al futuro, **el Jardín Botánico Francisco Javier Clavijero reafirma su compromiso con el legado que el Dr. Vovides ayudó a cimentar**. Hoy, entre la niebla y el verdor de las cícadas y del bosque de niebla, celebramos 49 años de historia no como una meta alcanzada, sino como un horizonte que continúa expandiéndose. **Honrar su nombre es, sobre todo, asegurar que las semillas de conocimiento y conservación que él plantó sigan floreciendo para las generaciones venideras. ¡Salud Dr. Vovides!**

A continuación disfruta la galería fotográfica del Homenaje al Dr. Andrew P. Vovides en el Jardín Botánico Francisco Javier Clavijero del INECOL:

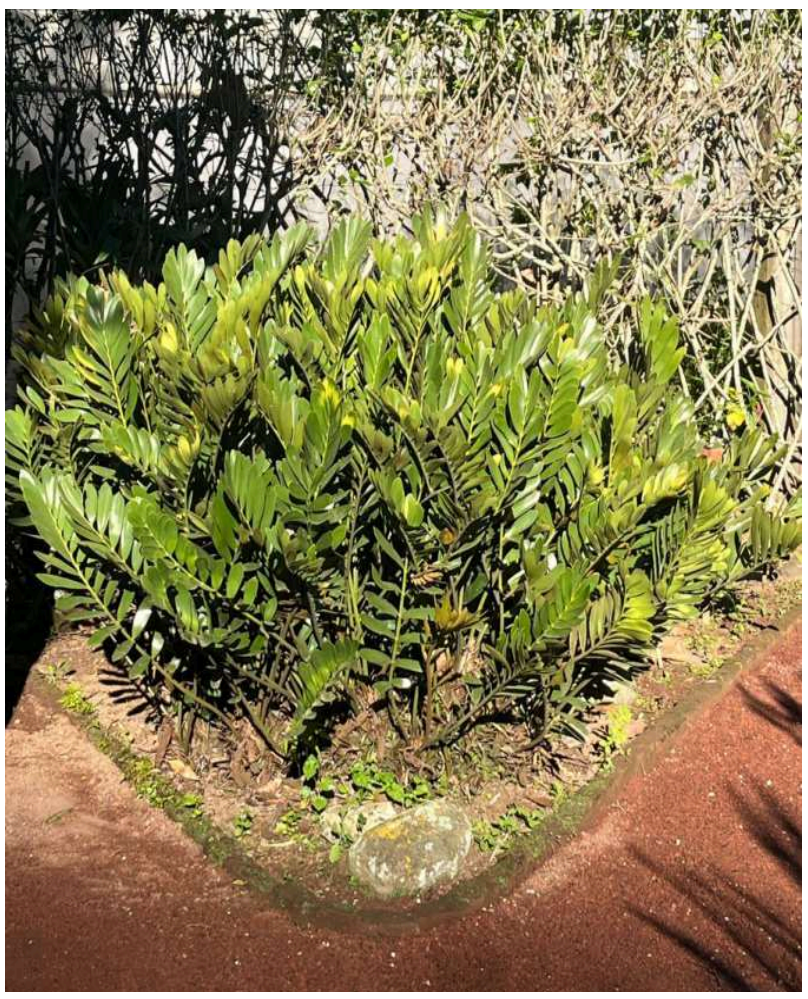


Primera cícada colectada por el Dr. Vovides.



Placa de la primera cícada colectada por el Dr. Vovides.







Colección de cícadas en el Jardín Botánico Francisco Javier Clavijero



Vista panorámica del Jardín Botánico F. Javier Clavijero

Fotografías: José G. García-Franco



Grupo de trabajo del Jardín Botánico Francisco Javier Clavijero



Develación de la placa conmemorativa a la colección nacional de cicadas Dr. Andrés P. Vovides

Fotografías: José G. García-Franco

Para saber más:

Ir al índice

• Entrevista al Dr. Vovides. Click aquí

AVIFAUNA MIGRATORIA EN VERACRUZ: LA MANCHA COMO CORREDOR BIOLÓGICO ESTRATÉGICO

Fernando González-García*
Red Biología y Conservación de Vertebrados, INECOL

Ernesto Ruelas Inzunza
Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada, Universidad Veracruzana

Alberto González-Romero
Red Biología y Conservación de Vertebrados, INECOL

Sonia Gallina-Tessaro
Red Biología y Conservación de Vertebrados, INECOL

*fernando.gonzalez@inecol.mx



Selva Mediana, La Mancha. Fotografía: Jorge Ramos

Cada año, millones de aves emprenden viajes épicos a lo largo del Continente Americano, cruzando montañas, selvas, desiertos y mares. En este vasto entramado de rutas migratorias, **la región de La Mancha, en la costa central de Veracruz, México, se convierte en un punto neurálgico: un corredor biológico de importancia global** (Figura 1).



Figura 1. Vista panorámica de la laguna costera de La Mancha y sus manglares, un hábitat esencial para el descanso y alimentación de miles de aves migratorias. Fotografía: Jorge Ramos

La Mancha se encuentra en una franja costera que forma parte de una de las principales rutas migratorias del hemisferio occidental. **En esta área se encuentra el Centro de Investigaciones Costeras La Mancha (CICOLMA), que depende del Instituto de Ecología, A.C. (INECOL),** inmerso en una reserva privada de conservación con una extensión aproximada de 82 hectáreas. **Esta zona ofrece condiciones ideales para que las aves migratorias descansen, se alimenten y recuperen energía antes de continuar su travesía desde Canadá, Estados Unidos y el norte de México hasta el sur de nuestro país, Centro y Sudamérica.** El mosaico de ecosistemas —manglares, dunas costeras, humedales, playas, lagunas costeras, selvas, áreas agrícolas y potreros arbolados— proporciona refugio a una diversidad impresionante de especies de aves, tanto residentes como migratorias (Figura 2).



Figura 2. Los manglares y la selva baja de La Mancha (Actopan, Veracruz) sirven de telón de fondo para el increíble fenómeno de la migración otoñal de aves. La región forma parte del "Río de Rapaces", donde millones de aves como el aguililla cuaresmera (*Buteo swainsoni*) y el aguililla alas anchas (*Buteo platypterus*) sobrevuelan la zona de camino hacia el sur. Fotografía: Jorge Ramos

La riqueza de aves en la región central de Veracruz se debe a su ubicación tropical, heterogeneidad ambiental, y a que es la principal vía de migración de aves del Continente Americano, albergando la concentración de aves diurnas más importante conocida globalmente. **Se sabe que unas 260 especies de aves —poco más de dos terceras partes del sistema migratorio Neártico-Neotrópico— migran dos veces al año a lo largo de la Planicie Costera del Golfo.** Las concentraciones más espectaculares están constituidas por las rapaces diurnas. **La zona también es un hábitat clave para 20 especies de rapaces residentes y 15 invernantes. Además de las rapaces, la migración incluye grandes parvadas de golondrinas, palomas, pelícanos, mosqueros, chipes, y otras aves acuáticas y terrestres.** La región también es hogar de especies endémicas como la matraca veracruzana (*Campylorhynchus rufinucha*, Figura 3); especies sujetas a protección especial como el halcón selvático de collar (*Micrastur semitorquatus*, Figura 4); el aguililla negra menor (*Buteogallus anthracinus*, Figura 5) y la cigüeña americana (*Mycteria americana*, Figura 6); especies amenazadas como el gavilán zancón (*Geranospiza caerulescens*, Figura 7) y el halcón fajado (*Falco femoralis*, Figura 8), o en peligro de extinción como el pato real (*Cairina moschata*, Figura 9) y el colibrí tijereta mexicano (*Doricha eliza*, Figura 10).



Figura 3. Matraca veracruzana (*Campylorhynchus rufinucha*). Esta ruidosa y sociable ave es endémica de México y se encuentra principalmente en la región del Golfo, incluyendo su estado natal, Veracruz. Es fácilmente reconocible por su pecho blanco y su característica "máscara" oscura. Fotografía: Rosa Inés Aguilar



Figura 4. El halcón selvático de collar (*Micrastur semitorquatus*) se especializa en cazar aves, mamíferos y reptiles en el denso sotobosque de las selvas tropicales y subtropicales. Fotografía: Alberto Lobato

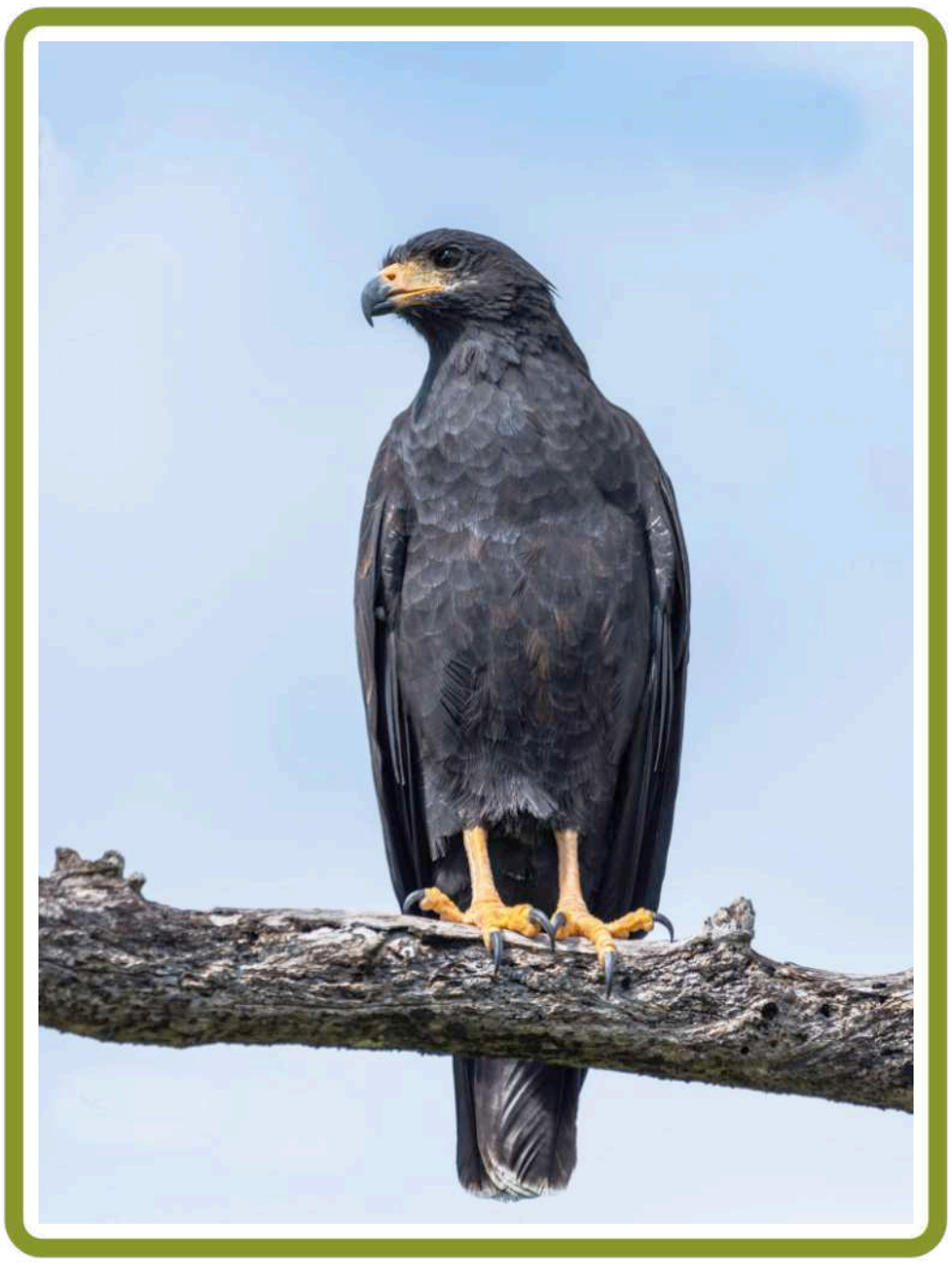


Figura 5. La aguililla negra mayor (*Buteogallus anthracinus*) es una rapaz residente común en zonas costeras y humedales. Se le encuentra a menudo acechando presas (principalmente cangrejos, peces y reptiles) desde una percha alta, cerca de manglares y estuarios. Fotografía: Gilberto Cortés



Figura 6. La cigüeña americana (*Mycteria americana*) es un ave impresionante, conocida por su método de caza táctil en aguas poco profundas de cuerpos de agua como humedales y manglares. Fotografía: Claudia de Bou



Figura 7. El gavilán zancón (*Geranospiza caerulescens*), recibe su nombre por sus patas inusualmente largas y flexibles, que utiliza para sondear y atrapar ranas y lagartijas en las oquedades y huecos de los árboles y el sotobosque. Es un habitante de los manglares y áreas boscosas de la región de La Mancha, Veracruz. Fotografía: Roberto Medina Lázaro



Figura 8. El halcón fajado (*Falco femoralis*) es un cazador acrobático, que se alimenta principalmente de aves y grandes insectos, a menudo a la altura del suelo. Es un residente de áreas abiertas y costeras, como las dunas y pastizales de La Mancha, Veracruz.
Fotografía: Oscar Ortega

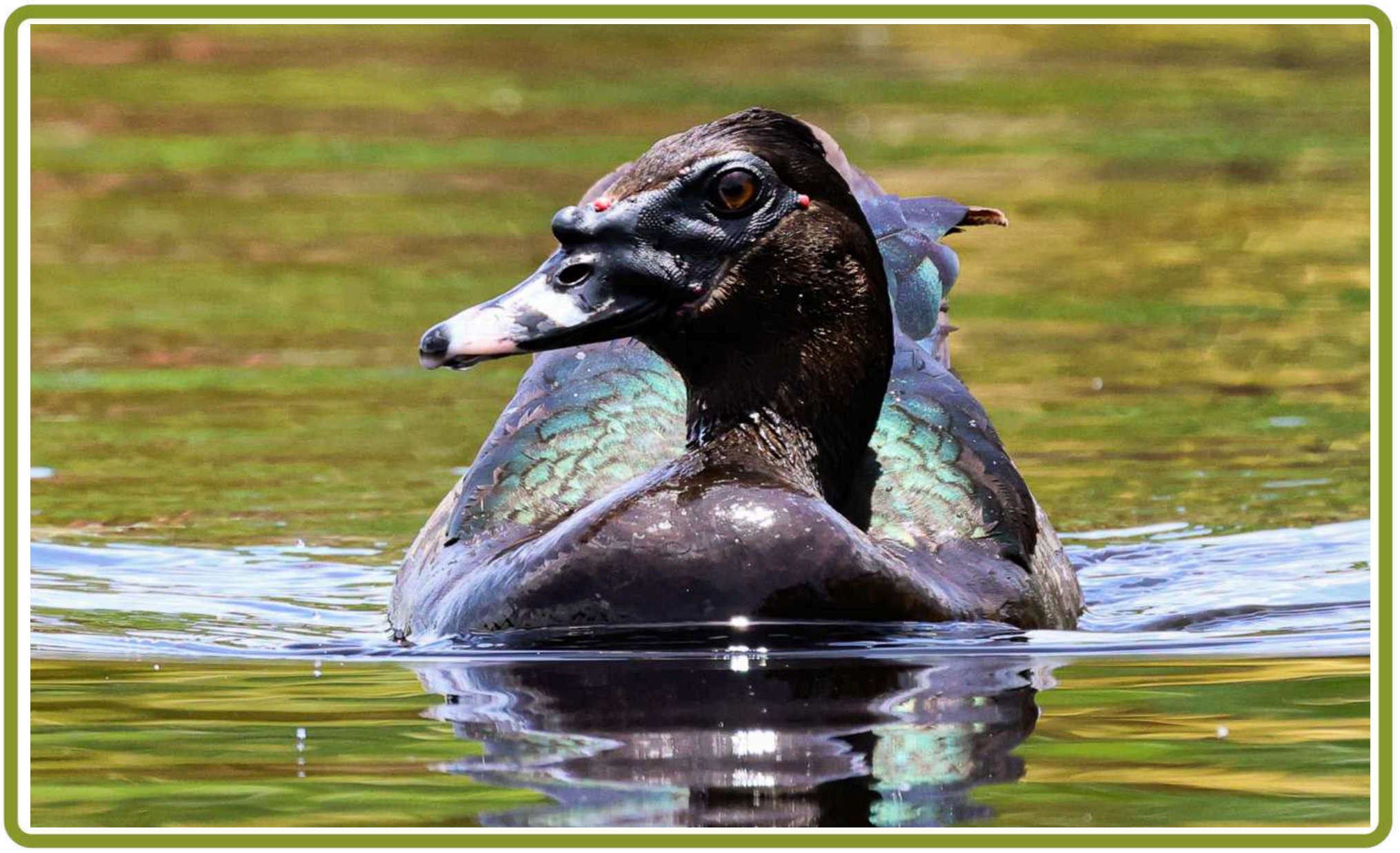


Figura 9. El pato real (*Cairina moschata*), se caracteriza por su cuerpo oscuro iridiscente y las carúnculas rojas en el rostro (más prominentes en el macho), es un habitante no habitual de los cuerpos de agua dulce y manglares de La Mancha, Veracruz. Fotografía: Rodrigo Peña Flores

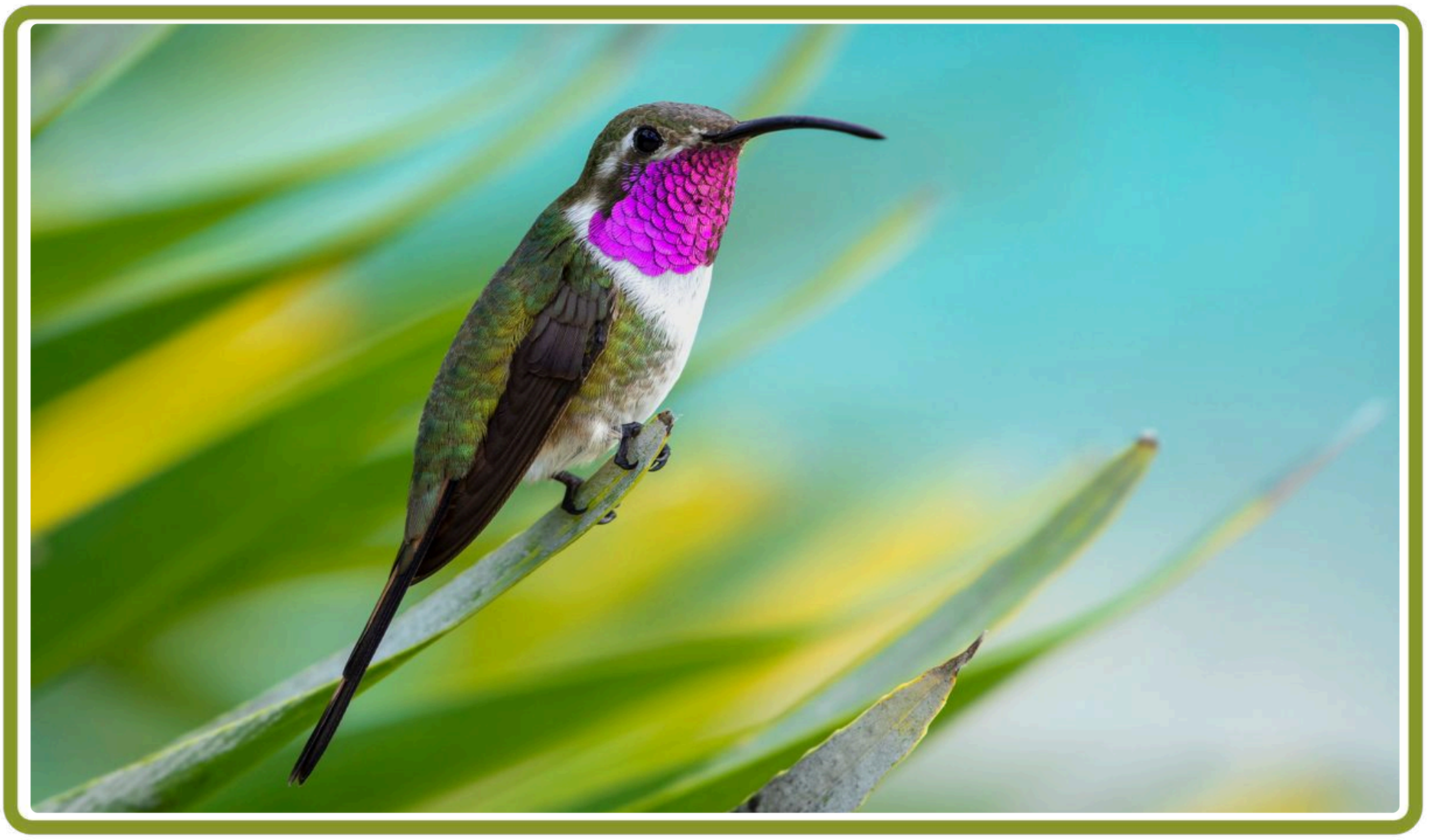


Figura 10. El Colibrí tijereta mexicano (*Doricha eliza*) es una especie endémica de México y se encuentra principalmente en zonas costeras y de llanura, incluyendo el ecosistema de dunas y matorrales de La Mancha, Veracruz. Fotografía: Rosa Inés Aguilar

Un cruce estratégico en el camino migratorio

La Mancha forma parte del corredor migratorio conocido como "Veracruz Río de Rapaces", considerado el más importante del mundo por la magnitud del número de individuos que lo atraviesan. Los primeros censos realizados en La Mancha en los años 2000 y 2004, y que incluyeron tanto rapaces como otras especies migratorias terrestres, estimaron cifras de entre 1.3 y 4 millones de individuos. Los censos otoñales anuales en Cardel y Chichicaxtle, Veracruz, estiman alrededor de 5 millones de rapaces. Tan solo en Chichicaxtle, durante la migración de otoño de 2025, Pronatura Veracruz, estimó que más de 2.5 millones de aves rapaces cruzaron esta región, siendo la mayor concentración de individuos de zopilote aura (*Cathartes aura*, Figura 11), milano migratorio (*Ictinia mississippiensis*, Figura 12), aguililla alas anchas (*Buteo platypterus*) y aguililla cuaresmera (*Buteo swainsoni*). **En días pico, se han registrado más de 600,000 individuos en vuelo. En total, al menos 27 especies de rapaces migratorias son monitoreadas cada año, representando en algunos casos hasta el 95% de sus poblaciones globales. Además de las rapaces, se calcula la migración de más de 13 millones de paserinas (aves coloridas y muy abundantes en el mundo), junto con cientos de miles de aves acuáticas.**



Figura 11. El zopilote aura (*Cathartes aura*) es el componente más numeroso de la gran migración de rapaces en otoño sobre la costa de Veracruz. Miles de individuos pasan volando sobre regiones como La Mancha cada año, formando parte del espectacular "Río de Rapaces". Fotografía: Claudia de Bou

Un espectáculo natural y científico

Este fenómeno no solo es impresionante por su escala, sino también por su valor científico. Desde 1991, el programa "Veracruz Río de Rapaces" ha mantenido un monitoreo sistemático de las aves migratorias, generando una de las bases de datos a largo plazo que lleva más tiempo colectándose sistemáticamente en México. Los datos recopilados por Pronatura Veracruz están disponibles en plataformas como Hawkcount.org (https://hawkcount.org) y eBird (https://ebird.org/home), y **permiten estudiar patrones migratorios, evaluar los impactos del cambio climático y diseñar estrategias de conservación. Además, La Mancha destaca como un sitio clave para fomentar la educación ambiental.** Cada temporada migratoria ofrece la posibilidad de conectar a las comunidades locales con la naturaleza, fomentando el aprecio por la biodiversidad y la necesidad de conservarla.



Figura 12. El milano migratorio (*Ictinia mississippiensis*) es otra de las especies numerosas que atraviesa el corredor migratorio de Veracruz, como en La Mancha, durante el otoño. Se distingue por su plumaje gris pálido y sus alas largas y puntiagudas, que utiliza para planear sin esfuerzo mientras se dirige a sus cuarteles de invierno. Fotografía: Roberto Medina López

Amenazas y conservación

A pesar de su importancia, **este corredor enfrenta presiones crecientes, como la expansión de asentamientos humanos, el avance de la frontera agropecuaria, el uso intensivo de agroquímicos, la deforestación y el cambio climático que amenazan los hábitats que las aves necesitan para sobrevivir.** Por ello, iniciativas de conservación como la restauración de manglares, la promoción de prácticas agrícolas sostenibles y la creación de áreas protegidas son fundamentales. La Mancha no es solo un lugar de paso, es un santuario temporal, un punto de encuentro entre especies, ecosistemas y culturas. Proteger este corredor migratorio es asegurar que las aves continúen surcando los cielos anualmente, en uno de los viajes más extraordinarios de la naturaleza. Organizaciones como el Instituto de Ecología, A. C., Universidad Veracruzana y Pronatura Veracruz trabajan en la investigación, la protección de hábitats, **la educación ambiental y el fortalecimiento de capacidades locales para asegurar que la región de La Mancha siga siendo un refugio seguro para las aves migratorias, y de esta forma contribuir a la conservación e investigación en la zona central costera de Veracruz.**



Aguilila gris (*Buteo plagiatus)*. Fotografía: Fernando González-García

Educación y turismo de naturaleza

La migración de las aves en La Mancha ha servido para impulsar el ecoturismo y la educación ambiental. **Desde 1999, el Instituto de Ecología, A. C. junto con el ayuntamiento de Actopan, y otras instituciones, celebran en La Mancha, el "Festival de las Aves Playeras y Humedales" en el mes de marzo. Así también, desde 2009, Pronatura Veracruz organiza el "Festival de Aves Migratorias" en el observatorio de aves Mario Ramos en Chichicaxtle, en el mes de octubre**. Ambos festivales buscan promover el conocimiento y la apreciación de este fenómeno natural: la migración de las aves.



Vista aérea de la parte sur de la laguna de La Mancha
Fotografía: Jorge Ramos

Ir al índice

Para saber más:

·Moreno-Casasola P. Editor. 2006. Entornos veracruzanos: la costa de La Mancha. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Ver., México. 576 p. Click aquí

·Ortiz-Pulido R, Silva, HG de Silva, González-García F, Álvarez A. 1995. Avifauna del Centro de Investigaciones Costeras La Mancha, Veracruz, México. Acta Zoológica Mexicana (n.s) 66, 87-118. Click aquí

· Ruelas Inzunza E. 2010. Aves rapaces migratorias. Biodiversitas 92, 11–15. Click aquí

La Mancha. Fotografía: Vinisa Romero

VALLE DE PEROTE: ZONA ÁRIDA Y HOGAR DE FAUNA ÚNICA

Sandra H. Montero-Bagatella*

Colección Nacional de Mamíferos, Pabellón Nacional de la Biodiversidad, Departamento de Zoología, Instituto de Biología, UNAM

Alberto González-Romero

Biología y Conservación de Vertebrados, INECOL

*helena.bagatella@gmail.com



Vista del hábitat preferido por la ardilla de Perote y la liebre torda, en Tepeyahualco, Puebla. Nótese lo corto de los pastos y su distribución abierta. Fotografía: A. González-Romero

Cuando imaginamos un ecosistema mexicano, usualmente pensamos en una exuberante selva o en un bosque con abundante vegetación y agua, así como gran diversidad de animales. En cambio, las zonas áridas suelen considerarse como remotos, inhóspitos y en donde la vida parece no prosperar. Sin embargo, a pesar de presentar altos niveles de radiación solar, amplias variaciones de temperatura y algunos recursos limitantes como el agua, diversos organismos vegetales y animales han logrado adaptarse a vivir bajo estas condiciones, las que pueden llegar a ser extremas.

En México, cerca del 60 % de su territorio está conformado por zonas áridas. En el centro-sur de México, entre las cadenas montañosas del Cofre de Perote y la Sierra Norte de Puebla, en los Estados de Puebla y Veracruz, se localiza una importante zona semiárida: **el Valle de Perote** (Figura 1). **Esta zona sobresale por sus numerosos endemismos de plantas y de vertebrados,** resultado de las condiciones fisiográficas, bióticas y abióticas únicas de la zona. Se tienen registrados 191 especies de vertebrados (7 anfibios, 23 reptiles, 105 aves y 56 mamíferos). Particularmente, los mamíferos pequeños han destacado por su diversidad, por lo que **la región es considerada por el Grupo de Especialistas en Mamíferos Pequeños de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza** (SMSG-IUCN, por sus siglas en inglés), como región clave para la conservación. **Algunas de las especies endémicas que destacan son la ardilla de Perote (*Xerospermophilus perotensis*), el ratón de Perote (*Peromyscus bullatus*), la tuza de la Cuenca Oriental (*Cratogeomys fulvescens*) y la rata canguro de Phillips (*Dipodomys phillipsii*).**



Figura 1. Vista del Valle de Perote desde el parteaguas de la Sierra Norte de Puebla. Fotografía: A. González-Romero

A pesar de esta relevancia ecológica, las actividades humanas como la construcción de caminos y viviendas, la agricultura, la ganadería (principalmente de chivos y borregos), la cacería furtiva, los incendios inducidos, así como la introducción de fauna exótica como perros y gatos; junto con las alteraciones naturales como el cambio climático, han aumentado las presiones a las que las especies se enfrentan para subsistir. Por ello, ha sido prioritario el desarrollo de estudios que aborden estas problemáticas; ante esto, surgió **el proyecto "Ecología y Conservación de los Vertebrados del Valle de Perote", el cual lleva más de 15 años de investigación continua. Entre sus principales objetivos, se encuentra el monitoreo de la ardilla de Perote** (Figura 2), la cual ha presentado reducciones drásticas en sus poblaciones: en el año 2009 se registraron 51 individuos por hectárea, mientras que en el 2016 se tuvieron menos de 20 individuos por hectárea. Además, **se demostró una estrecha relación entre sus altas densidades con los sitios que tuvieron vegetación dispersa y menor a los 20 cm de altura; siendo estos paisajes abiertos los que les permiten detectar a posibles depredadores, tener una mejor comunicación visual y sonora entre ellos, así como el tener acceso hacia sus madrigueras.**



Figura 2. Hembra juvenil de la ardilla endémica de Perote también conocida como chichilote o moto (*Xerospermophilus perotensis*), en su hábitat natural. Fotografía: A. González-Romero

El hábitat de la ardilla de Perote ha sido severamente transformado, quedando menos del 30 % de su extensión original. Por ello, se realizaron estudios acerca de la composición vegetal en siete sitios con diferente grado de transformación. En estos, se registró una diversidad de 99 especies, pertenecientes a 66 géneros y 26 familias. De las cuales, la familia Asteraceae (plantas con flor como las margaritas y los girasoles) tuvo el mayor número de especies con 28, seguida por Poaceae (pastos) con 24 y Cactaceae con 12 especies. Se tiene el registro que la ardilla de Perote consume los tallos, flores, semillas y/o frutos de al menos 25 de estas especies.

La pérdida y fragmentación de su hábitat, han obligado a la ardilla a desplazarse hacia nuevos sitios que pueden ser riesgosos; por ejemplo, han construido sus madrigueras en el derecho de vía de la autopista, es en esta área en donde se han observado a varios individuos intentando cruzar esta carretera, por lo que la especie tiene de los registros más altos de atropellamiento. **Esto, también ha afectado a otros organismos como las liebres tordas (*Lepus callotis*)** (Figura 3), quienes también sufren constantemente de atropellamientos, agravados por la presencia de cazadores furtivos y perros ferales. Además, la transformación de su hábitat, de pastizales naturales a inducidos, junto con la ganadería e incendios inducidos han reducido su hábitat y ha provocado que las liebres se desplacen a sitios que cubran con sus requerimientos ecológicos.



Figura 3. Liebre torda (*Lepus callotis*) agazapada. Esta especie es endémica de México. Fotografía: A. González-Romero

Otra especie fuertemente afectada por las actividades humanas es la rata canguro de Phillips (Figura 4), la cual a pesar de ser reproductivamente activa durante todo el año, ha tenido marcadas disminuciones en sus tamaños poblacionales en los últimos años. Sumado esto a las características propias de las especies endémicas, como su baja capacidad de dispersión y requerimientos ecológicos específicos, se incrementa su vulnerabilidad y riesgo de extinción.



Figura 4. Rata canguro endémica del Valle de Perote (*Dipodomys phillipsi perotensis*) en su hábitat. Fotografía: A. González-Romero

Ante el desolador panorama en el que el Valle de Perote y que sus especies han sido severamente impactadas, es necesario contar con un manejo adecuado de la zona. Las actividades ganaderas cuando se realizan de forma controlada y supervisada, pueden mantener un paisaje de vegetación corto y abierto, que puede beneficiar a las comunidades de roedores nativos. Además, **se requiere de un control de los perros ferales y de los cazadores, no sólo para evitar la depredación de la fauna local, sino para reducir los riesgos zoonóticos** (transmisión de enfermedades) entre los animales domésticos y nativos.

Asímismo, **se requieren de acciones gubernamentales efectivas como la designación de áreas para la conservación, que garanticen la protección legal y la permanencia del Valle de Perote como refugio único de biodiversidad.** Lo anterior, permitiría el desarrollo de las especies nativas al reducir la presión por el pastoreo, la caza y la pérdida de hábitat. Sin embargo, el decreto de Área Natural Protegida de una región del valle fue revocado, lo que dejó a las especies y a sus hábitats sin protección legal para su conservación. A esto, se suma el desinterés y falta de empatía de la gente local hacia la fauna y a los problemas que enfrentan. Por ello, **los estudios de esta región continúan siendo necesarios para tener información actualizada acerca de la historia natural y ecología de sus especies, la cual es indispensable para la elaboración de estrategias de manejo y conservación. Así mismo, es necesario contar con programas de educación ambiental para que los habitantes de la zona se sumen a los esfuerzos de conservación de las especies que viven en su entorno.**

Ir al índice

Agradecimientos

SHM-B agradece a Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) del Gobierno de México por la beca posdoctoral otorgada.

Para saber más:

• González-Romero A, González-Gallina A, Montero-Bagatella SH. 2024. Crónica de una muerte anunciada: el chichilote. Therya ixmana 4(1), 8-9, Click aquí

• Montero-Bagatella SH, González-Romero A. 2020. El Valle de Perote. Zona semiárida de Veracruz en riesgo de desaparecer. Biodiversitas. Click aquí

• Montero-Bagatella SH, González-Gallina A. 2025. Mamíferos del valle de Perote: endemismos y extinciones. Therya ixmana (149), 7-10. Click aquí

Hábitat preferido por la ardilla de Perote y la liebre torda, en Tepeyahualco, Puebla. Nótese lo corto de los pastos y su distribución abierta. Click aquí para ver fotografía completa. Fotografía: A. González-Romero

EL MENÚ DEL CHICHILOTE

Oriana Domínguez-Juárez
Emilio Alfonso Suárez-Domínguez
Juliana Wellen Barretto-Marcelino
Museo de Zoología, Facultad de Biología, Universidad Veracruzana

Estela García-Hernández
Maestría en Ciencias Biológicas, Facultad de Biología, Universidad Veracruzana

Sergio Albino-Miranda*
Red de Biología y Conservación de Vertebrados, INECOL
*sergio.albino@inecol.mx



Hábitat de la ardilla de Perote. Fotografía: Oriana Domínguez-Juárez

En el Valle de Perote se encuentran distintos tipos de ecosistemas, entre ellos, el matorral xerófilo caracterizado por la abundancia de arbustos con hojas duras y rígidas como los agaves y las yucas, adaptadas al clima árido. **También está el pastizal natural, siendo el más extenso del Valle.** Este se destaca por la presencia de pastos cortos y largos que además de ser importantes para la fauna silvestre, son **utilizados como sitio de alimentación de vacas y cabras** (Figura 1).



Figura 1. Presencia de ganado ovino-caprino en el valle de Perote.
Fotografía: Sergio Albino Miranda

Entre estos ambientes, vive una pequeña ardilla de hábitos terrestres conocida entre los locatarios como chichilote o moto, pero científicamente los biólogos le dicen *Xerospermophilus perotensis* (Figura 2). **Se trata de una especie endémica de México; es decir, solo la podemos encontrar en este Valle.** Está catalogada en peligro de extinción de acuerdo con las leyes nacionales e internacionales. Su historia natural es poco conocida; sin embargo, sabemos que cumple funciones importantes en el ecosistema. Por ejemplo, **al excavar sus madrigueras remueve y airea el suelo lo cual beneficia a la vegetación.** Además, en ocasiones las madrigueras pueden servir como refugio para otras especies silvestres como roedores y serpientes. También **actúa como dispersora de semillas** y forma parte de la cadena alimenticia como presa de depredadores naturales como aves (aguilillas, halcones), reptiles como serpientes y mamíferos como coyotes.



Figura 2. Un Chichilote (*Xerospermophilus perotensis*) buscando alimento alrededor de su madriguera. Fotografía: Edna Vanessa Díaz-Ortiz

En cuanto a sus características físicas, **el Chichilote presenta un cuerpo robusto, con patas cortas, mide entre 18 a 26 cm aproximadamente, incluida la cola. Sus ojos son grandes y están rodeados por un anillo blanquecino bien definido**, mientras que sus orejas son cortas y poco visibles, con una longitud de entre 2 a 4 mm. Su coloración es discreta, su pelaje es predominantemente café-amarillento, con manchas suaves de color beige o blanquecino en el dorso. La cola es de tonalidad café y hacia su extremo presenta una mayor proporción de pelos negros entremezclados. **Esta combinación de colores favorece su camuflaje con el suelo seco permitiéndole confundirse con el ambiente semiárido del valle que habita.** El peso de esta especie oscila entre 175 y 270 gramos, siendo los machos más grandes y pesados que las hembras.

Pero ¿De qué se alimenta para sobrevivir en un ambiente tan extremo?
Durante cuatro meses de constante observación de una colonia de ardillas que vive entre los pastizales del Valle de Perote, además de revisar el contenido de sus heces fecales, **encontramos que el 98 % de su dieta está compuesta por plantas. Este hallazgo confirma que son principalmente herbívoras**, aunque de vez en cuando consumen pequeños insectos como escarabajos, lo que les aporta proteínas y minerales (Figura 3).



Figura 3. (A) material vegetal contenido en excretas del chichilote, observado bajo el microscopio; (B) extremidad de coleóptero; (C) ácaro; (D) semilla del nopal chino (*Opuntia huajuapensis*); y (E) semilla del género Arenaria. Fotografías: Oriana Domínguez

De ese 98 %, las plantas mayormente consumidas fueron la alfombrilla de campo (*Glandularia bipinnatifida*), la nube cimarrona (*Parthenium bipinnatifidum*), la navajilla (*Bouteloua scorpioides*) y frutos del nopal chino (*Opuntia huajuapensis*). Estos recursos son accesibles y comunes en el pastizal donde habitan. Curiosamente, también se registró el consumo de plantas no nativas como rúcula silvestre (*Diplotaxis tenuifolia*), lo que demuestra una flexibilidad trófica y capacidad de adaptación al ambiente cambiante (Figura 4).

En los meses de lluvia (agosto-septiembre) su dieta fue más variada, mientras que, en noviembre con el inicio de la temporada seca-fría, la alimentación disminuyó, consumiendo únicamente las plantas que aún no entraban en latencia (reposo), por lo que su dieta fue uniforme. El comportamiento observado indica que *X. perotensis* **es una especie forrajera, que ajusta su alimentación según la disponibilidad estacional de los recursos.** Esto les da una ventaja ecológica frente a ambientes variables, pero también las hace vulnerables si esos recursos desaparecen.

Sin embargo, **las zonas donde habita esta ardilla enfrentan presiones humanas por la transformación del hábitat, el sobrepastoreo y la agricultura intensiva.** Estos cambios reducen la disponibilidad de alimentos y obligan a las ardillas a desplazarse en busca de nuevos sitios para alimentarse. A veces se les ve en campos de cultivo, lo que genera la idea de que causan daños, pero los estudios muestran que su consumo de plantas cultivadas es mínimo y no provoca pérdidas importantes para los productores.

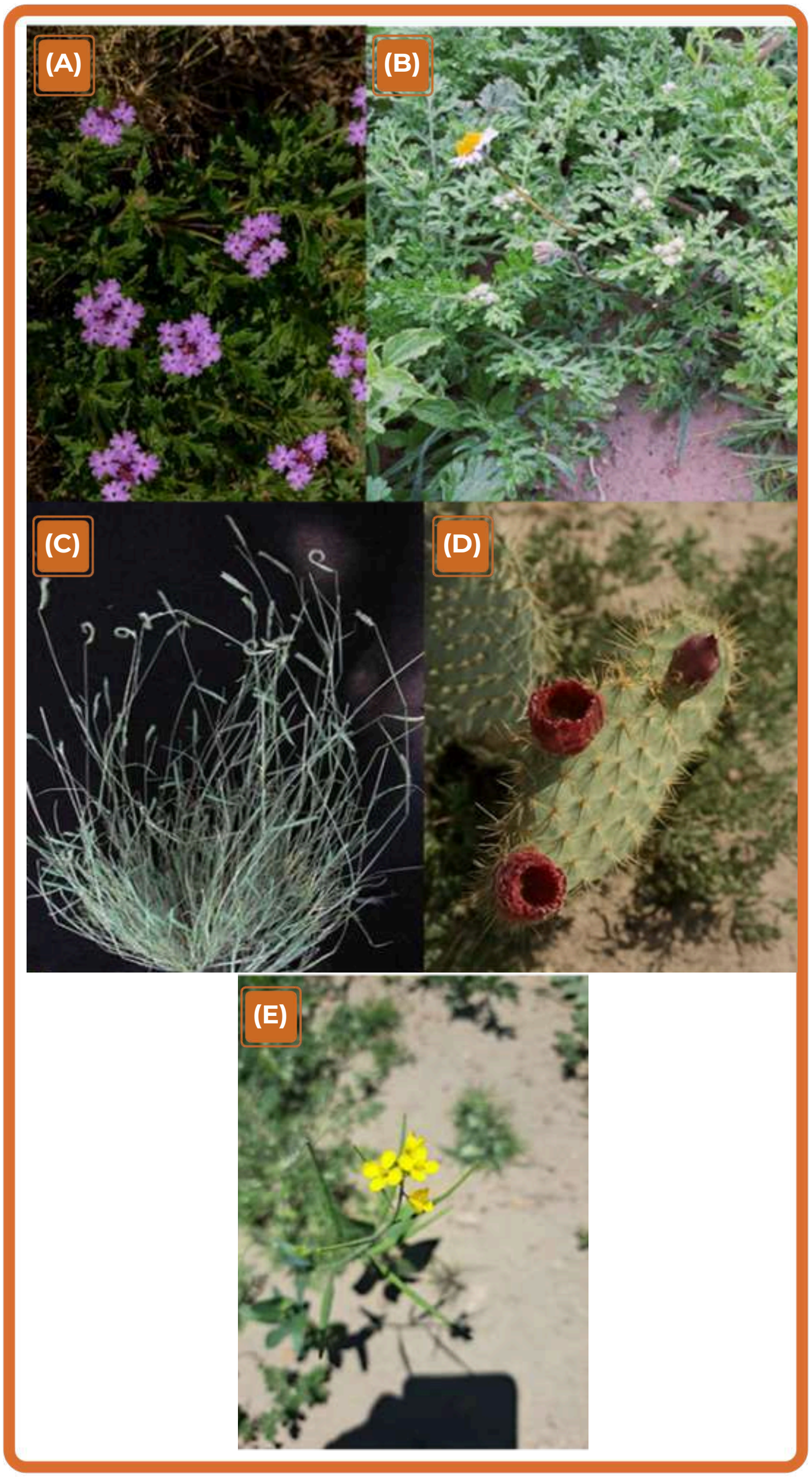


Figura 4. Especies de plantas consumidas por el chichilote (*Xerospermophilus perotensis*): (A) alfombrilla de campo (*Glandularia bipinnatifida*), (B) rúcula silvestre (*Diplotaxis tenuifolia*), (C) navajilla (*Bouteloua scorpioides*), (D) nopal chino (*Opuntia huajuapensis*), (E) nabo cimarrón (*Raphanus raphanistrum*), (F) nube cimarrona (*Parthenium bipinnatifidum*). Fotografías: Oriana Domínguez

El conocimiento de la dieta de estas ardillas no es solo un dato curioso más, sino que aporta información importante que sirve como base para la conservación de esta especie. **Si protegemos la vegetación de los pastizales, protegemos también a esta ardilla pequeña y carismática que, silenciosamente forma parte del equilibrio ecológico de estos ecosistemas.**

Ir al índice

Agradecimientos

Estímulo otorgado por el SECIHTI como ayudante de investigador nacional durante el periodo enero-junio 2024 a enero-junio 2025.

Para saber más:

• Best TL, Ceballos, G. 1995. *Spermophilus perotensis*. Mammalian Species 507, 1-3. Click aquí

• González-Romero A, Montero-Bagatella SH, Durán-Antonio J. 2018. Alimentos consumidos por la ardilla endémica de Perote (*Xerospermophilus perotensis*) en el Valle de Perote, Veracruz, México. Acta Zoológica Mexicana 34(1), 1-5. Click aquí

• Montero-Bagatella SH, González-Romero A, Gallina S, Sánchez-Rojas G. 2017. Relación entre las características de la vegetación y las densidades de la ardilla de Perote. Revista Mexicana de Biodiversidad 88(3), 691-700. Click aquí

Hábitat de la ardilla de Perote. Fotografía: Alberto González-Romero

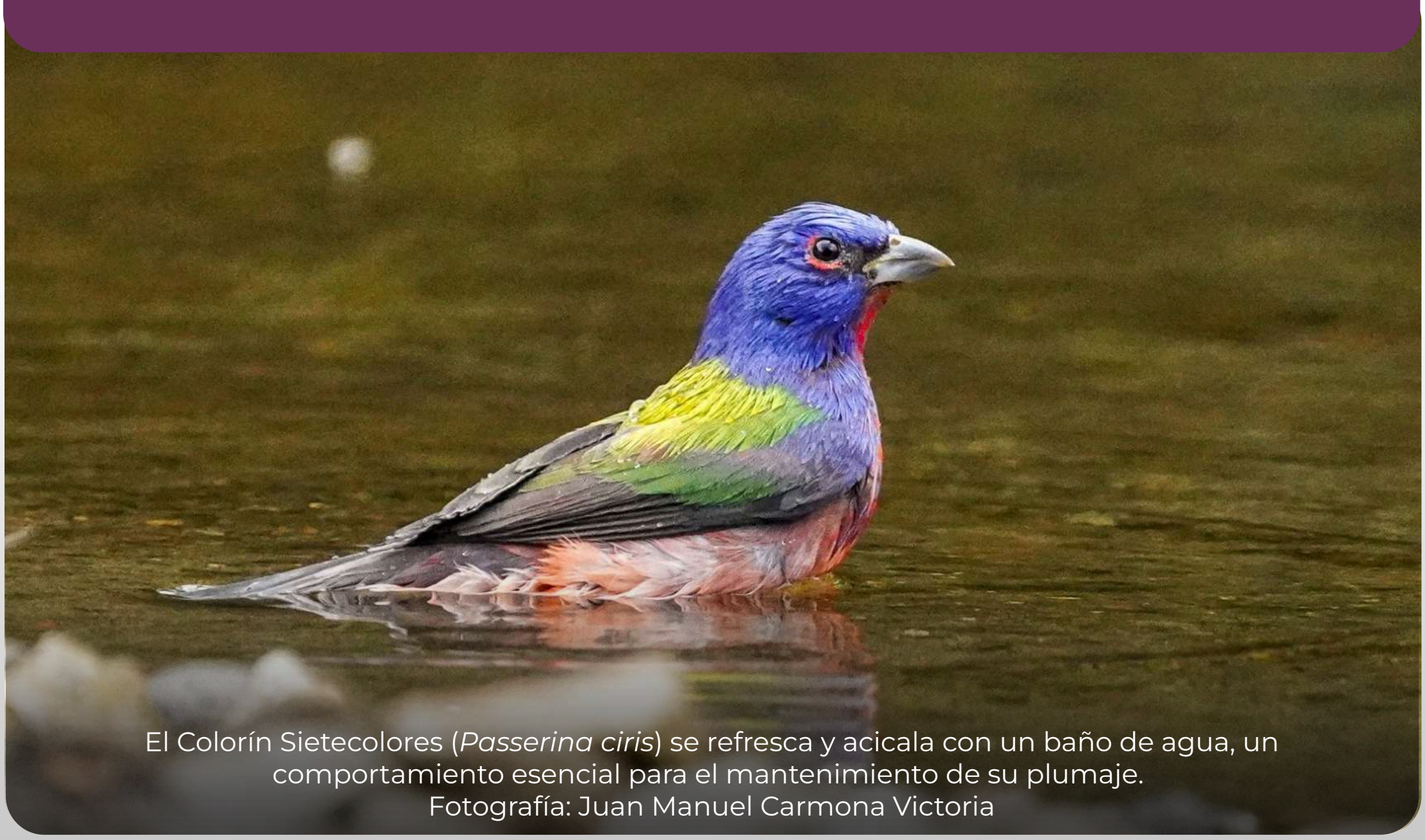
AVES VERACRUZANAS: EL GORRIÓN QUE VISTIÓ EL ARCOÍRIS, EL SIETECOLORES

Fernando González-García*
Red Biología y Conservación de Vertebrados, INECOL
Biblioteca de Sonidos de las Aves de México, INECOL

Rosa Inés Aguilar Amar
Investigadora Independiente, Xalapa, Veracruz

Gilberto Cortés Rodríguez
Investigador Independiente, Xalapa, Veracruz

*fernando.gonzalez@inecol.mx



El Colorín Sietecolores (*Passerina ciris*) se refresca y acicala con un baño de agua, un comportamiento esencial para el mantenimiento de su plumaje.
Fotografía: Juan Manuel Carmona Victoria

En los matorrales y la densa vegetación del sureste de Norteamérica y Centroamérica se esconde un ave que aparenta ser un fragmento de arcoíris que cobra vida: se trata del Colorín Sietecolores, al que conocemos científicamente como *Passerina ciris*. Su nombre científico deriva del latín "*passer*", que significa gorrión. El sufijo "-*ina*" indica semejanza o pertenencia. Por lo tanto, *Passerina* se traduce aproximadamente como "parecido a un gorrión". El epíteto específico "*ciris*" tiene un origen más mitológico. Proviene del griego "*kiris*", que se relaciona con un ave mencionada en la literatura antigua, especialmente en los textos de Ovidio y Virgilio. En resumen, *Passerina ciris* podría interpretarse como "el gorrión parecido al ave de la ninfa Ciris".

El término "Sietecolores" se refiere al plumaje del macho adulto: cabeza azul cobalto, espalda verde limón con tonos amarillos, alas con tonos combinados de verde, marrón, rojo y violeta, anillo ocular rojo, rojo carmesí en la garganta, pecho y vientre, y cola y rabadilla de tonos marrón y rojo (Figura 1). Esta explosión de color **está relacionada con la sexualidad y la definición de territorio.**



Figura 1. Colorín Sietecolores macho (*Passerina ciris*) en pleno plumaje nupcial. Su cabeza azul, espalda verde y vientre rojo intenso son un indicador honesto de su vitalidad y salud.
Fotografía: Rosa Inés Aguilar

En contraste, las hembras y los juveniles presentan un plumaje verde lima uniforme y críptico, una adaptación para pasar desapercibidas mientras incuban los huevos o se desplazan por la vegetación, evitando a los depredadores (Figura 2). Este dimorfismo sexual tan extremo es un claro ejemplo de la presión selectiva ejercida por la selección sexual frente a los retos de la supervivencia.



Figura 2. Hembra de Colorín Sietecolores luciendo su plumaje verde lima. Esta coloración críptica es una adaptación crucial para el camuflaje mientras incuba, protegiéndola de la depredación. Fotografía: Rosa Inés Aguialr

Es una de las aves paseriformes más espectaculares del continente. Su historia natural es un relato vibrante de coloración, migraciones épicas e interesantes adaptaciones. **El Colorín Sietecolores es un migrador nocturno**, de corta a media distancia y casi siempre monógamo (Figura 3). Pasa la época reproductiva (de abril a agosto) en dos poblaciones principales: una costera en el sureste de Estados Unidos y otra interior en el centro-sur de aquel país. En esos sitios, **los machos establecen territorios en hábitats semiabiertos con cobertura baja: matorrales ribereños, bordes de bosques y campos sin cultivo** (Figura 4A).

En las áreas de reproducción, su canto es una secuencia de sílabas separadas y simples que alternan entre frecuencias altas y bajas (un canto modulado). Es melódico, claro y fluido, y suena como un rápido y alegre cascabeleo de notas dulces y silbadas que se eleva fácilmente por encima de la maleza donde habita. Su función es demarcar su territorio y atraer a una o más hembras. El canto del macho puede representarse como: "*tsee-tsee-tsoo-tsoo-tsee-tsoo*", con variaciones como "*chip-chip-chwee-chwee*".



Figura 3. Alimentación invernal: Un individuo de *Passerina ciris* posado en un árbol de *Bursera* sp. durante el periodo de invernada en las áreas tropicales de México.
Fotografía: Gilberto Cortés Rodríguez

En cambio, **durante el invierno en México, Centroamérica y el Caribe**, los individuos del Colorín Sietecolores no forman parejas ni defienden territorios de cría y no emiten un canto *per se*. Emiten llamados cortos y simples ("*Pik-pik-pik*") para defender territorios de alimentación ricos en semillas, su principal fuente de energía en esa época. Durante la migración e invernación (pasar la estación invernal en un lugar más adecuado o cálido, sin un cambio fisiológico profundo, un estado que equivale a hibernar, como lo hacen los osos), **suele encontrarse en diversos hábitats abiertos de maleza y matorrales, bosques abiertos, pastizales o sabanas cubiertos de arbustos y árboles dispersos, vegetación secundaria y caminos rurales** (Figura 4B).



Figura 4. (A) Macho adulto de *Passerina ciris* posado. Esta especie migratoria es célebre por el vibrante y distintivo plumaje de los machos, una mezcla iridiscente de azul, rojo y verde que le da su nombre común. (B) Individuo macho de *Passerina ciris* en posición de percha, capturado desde la perspectiva dorsal para ilustrar el contraste entre el plumaje azul de la corona y la nuca y el verde intenso del dorso y las plumas de la región de los hombros. La visible rabadilla rojiza es una característica clave. Fotografías: (A) Gilberto Cortés Rodríguez, (B) Juan Manuel Carmona Victoria

Un dato fascinante es que las hembras también defienden territorios de alimentación de forma independiente en invierno (Figura 5). Pueden ser igual de agresivas que los machos y, aunque su plumaje es críptico, también emiten *chips* de alarma y llamados cortos para defender su espacio. Esto es una adaptación crucial para asegurar su supervivencia hasta la migración de primavera.

En resumen, el llamado del Colorín Sietecolores en las áreas de invernación es una demostración de competencia por los recursos alimenticios. Este comportamiento territorial invernal, observado en machos y hembras, resalta la competencia por los recursos que enfrentan estas aves migratorias fuera de la temporada reproductiva y subraya la importancia crítica de conservar hábitats saludables no solo donde crían y pasan la mayor parte del año, sino también durante el periodo invernal.



Figura 5. Hembra adulta de Colorín Sietecolores posada en una rama. A diferencia del macho, la hembra presenta un plumaje verde y amarillo que le proporciona un camuflaje excelente, esencial para protegerse mientras anida y cría a los pichones.
Fotografía: Rosa Inés Aguilar

Tras la crianza, toda la población emprende un viaje hacia los cuarteles de invernación. La ruta es notable: muchas aves realizan un vuelo cruzando el Golfo de México para llegar a sus áreas de residencia de invierno, que se extienden desde el sur de Florida, a través de México y Centroamérica, hasta el oeste de Panamá.

Su dieta es variada y estacional. Durante la primavera y el verano, aprovechan la abundancia de insectos y arañas ricos en proteínas para alimentar a sus polluelos. El resto del año, especialmente en invierno, su dieta se compone principalmente de semillas de una gran variedad de gramíneas. Su pico cónico y robusto está perfectamente adaptado para esta tarea, permitiéndole triturar con eficiencia cubiertas duras (Figura 6).



Figura 6. Hembra de *Passerina ciris* forrajeando en el suelo. Estos pájaros pasan gran parte del día buscando semillas e insectos entre la vegetación baja. Su coloración sutil pero hermosa, se mezcla a la perfección con el entorno. Fotografía: Gilberto Cortés Rodríguez

A pesar de su belleza, la historia reciente del Colorín Sietecolores está marcada por desafíos. **Sus poblaciones han experimentado reducciones significativas debido a diversas causas, como lo son:**

1. Pérdida de hábitat: Por urbanización y agricultura intensiva en sus zonas de cría y por deforestación en sus áreas de invernación.
2. Captura ilegal: Durante décadas ha sido víctima del tráfico ilegal por su belleza, práctica que se observa principalmente en Veracruz, Yucatán y Campeche, pero se ha extendido a otros estados de México.
3. Colisiones: Es particularmente vulnerable a chocar con ventanas y estructuras altas durante sus migraciones.
4. Fragmentación: La desaparición de la vegetación y de los corredores ribereños puede favorecer el parasitismo de cría, una estrategia reproductiva de ciertas especies de aves parásitas (Tordo cabeza café: *Molothrus ater*; Tordo ojos rojos: *M. aeneus*) que depositan sus huevos en nidos de otras especies o individuos, quienes se encargan de incubar, alimentar y criar al polluelo como si fuera propio.

La historia natural del Colorín Sietecolores es, por tanto, un recordatorio de la compleja interacción entre la belleza evolutiva y la fragilidad ecológica. **Este pequeño arcoíris con alas no es solo un tesoro ornitológico; es un indicador de la salud de los paisajes semiabiertos que habita.** Su conservación depende de nuestro esfuerzo por proteger estos hábitats a lo largo de todo su ciclo anual, asegurando que su canto y sus colores sigan formando parte del tapiz vivo de México y del continente americano. Es la voz de un arcoíris, igual de efímera y brillante, que solo perdurará si la sombra de los árboles y la vegetación se mantiene en pie. A nivel global, de acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y BirdLife International, se encuentra bajo preocupación menor. Sin embargo, en México figura como Bajo Protección Especial de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana 059.

Ir al índice



Para saber más:

• Lowther P E, Lanyon SM, Thompson CW, Schulenberg TS. 2020. Painted Bunting (*Passerina ciris*), version 1.0. In Birds of the World (S. M. Billerman, Editor). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. Click aquí

• iNaturalistMX. El Colorín Sietecolores. Click aquí

• IUCN 2026. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2025-2. Click aquí

El Colorín Sietecolores prefiere hábitats con matorrales, bordes de bosques y áreas de crecimiento secundario, donde su colorido plumaje puede contrastar con el entorno verde.
Fotografía: Rosa Inés Aguilar

SEMBRANDO FUNCIONES, COSECHANDO VIDA: RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ACCIÓN

Yitzendi López Serrano

María Guadalupe Jiménez Martínez

Oscar Muñoz Jiménez

Rafael Villegas Patraca*

Unidad de Servicios Profesionales Altamente Especializados (USPAE), INECOL

*rafael.villegas@inecol.mx



Plantación multiespecífica a dos años de establecimiento en la mina de arena sílica en Jáltipan, Ver. Fotografía: María Jiménez

Las plantaciones forestales con especies nativas son una estrategia recomendable en la restauración ecológica para recuperar la cobertura vegetal de los ecosistemas deteriorados o destruidos (Figura 1). Se ha comprobado que cuando el disturbio fue muy intenso, varias características y mecanismos se desencadenan de manera que la capacidad de recuperación natural del bosque se pierde. Por lo tanto, estas plantaciones **ayudan a iniciar la regeneración, originando cambios en el microambiente, atrayendo a otros organismos y contribuyendo con la fertilidad del suelo.**



Figura 1. Plantación forestal con diversas especies de árboles (multiespecífica) establecida en la mina de Jáltipan, Ver., a dos años de su establecimiento. Fotografía: Rubén Peña

Para que una plantación tenga mayor capacidad de atracción de animales y establecimiento natural de plantas, **se recomienda incluir el mayor número de especies vegetales posible** (Figura 2). En particular, las plantaciones conformadas por varias especies tienen más beneficios que las que solo tienen una, dos o tres especies. Para entender esto **hay que visualizar a las especies como entes con características particulares**, que las diferencian unas de otras. Por ejemplo, **algunas tienen la capacidad de crecer rápido y otras lento, algunas tienen semillas que se dispersan por viento y otras por animales, algunas tiran su follaje cierta temporada del año y otras siempre se mantienen verdes, algunas otras están asociadas a hongos del suelo para sobrevivir, mientras que otras no necesitan esta asociación.**



Figura 2. Diferentes especies arbóreas que constituyen una plantación multifuncional en la mina de Jáltipan, Ver., a dos años de su establecimiento. Fotografía: Yitzendi López

A estas características se les conoce como rasgos funcionales y se refiere a las particularidades que tienen las especies en su **morfología** (estructura), **fisiología** (funcionamiento interno) **y fenología** (ciclo de vida). Estas características determinan la manera en que las especies se desarrollan y relacionan con su entorno, afectan las interacciones con otros organismos y contribuyen con el funcionamiento del ecosistema. Por lo tanto, **su diversidad implica una diversidad de funciones que en conjunto forman una comunidad compleja y resiliente.** En las plantaciones multiespecíficas, la diversidad de rasgos funcionales puede ofrecer mayor variedad de recursos, generando interacciones con diferentes animales que a su vez cumplirán con otros procesos haciendo un ecosistema funcional.

De la teoría a la práctica

Pongamos como ejemplo **un proyecto de restauración ecológica que realiza la Unidad de Servicios Profesionales Altamente Especializados (USPAE) del INECOL en una mina de arena sílica en Jáltipan, Veracruz.** La mina está ubicada en un sitio donde **la vegetación original corresponde a un bosque de encino tropical.** Sin embargo, el proceso de extracción implicó un desmonte total de la vegetación y la presencia de excavaciones profundas del suelo. Después de haber extraído la arena sílica, las excavaciones se vuelven a rellenar con el mismo sustrato y se prosigue con el restablecimiento de la vegetación (Figura 3). En este ejemplo, **la selección de las especies para la restauración se basó en un estudio de campo en fragmentos de bosque conservado**. Se identificaron las especies de plantas presentes en el bosque, frecuencia, abundancia y dominancia para determinar la importancia ecológica que tienen en el bosque. Después de obtener estos datos se pudo elegir a las especies más relevantes y la proporción en que debían establecerse en la plantación. Así, **se seleccionaron 20 especies para la restauración de la mina que fueron propagadas en un vivero propiedad de la empresa minera** (Figura 4). Al escoger estas especies, también se eligen diferentes características, funciones e interacciones con otros organismos.



Figura 3. Trabajo de restauración realizado por jornaleros locales.
Fotografía: María Jiménez



Figura 4. Vivero con las especies arbóreas seleccionadas para la restauración de la mina de Jáltipan, Ver. Fotografía: María Jiménez

Por ejemplo, **las flores de los árboles tienen formas particulares que atraen a algunos animales a consumir el néctar de manera que las pueden ayudar con la polinización.** El nanche (*Byrsonima crassifolia*) y el macayo (*Andira galeottiana*) son árboles con flores pequeñas que son polinizadas por abejas; mientras que la barrenilla (*Helicteres guazumifolia*) es un arbusto con flores en forma tubular que son polinizadas por colibríes, quienes pueden alcanzar el néctar con su largo pico. Por otro lado, otras especies como el acotope (*Inga vera*) y la castarrica (*Alibertia edulis*) que tienen actividad de polinización en las noches porque los visitantes de sus flores son polillas, mariposas nocturnas y murciélagos. **Además de la polinización, las plantas interactúan con otros animales para dispersar sus semillas, como las aves, que se alimentan de pequeños frutos de los árboles** como la castarrica y el tachicon (*Curatella americana*) y que luego desechan las semillas en su excremento, por lo que germinan en un sitio diferente donde fueron consumidas. Otras especies como el guarumo (*Cecropia peltata*) y el encino rojo (*Quercus oleoides*) atraen a una gran variedad de animales que se alimentan de sus frutos como aves y ardillas, además de murciélagos en el caso del guarumo, y venados y agutis en el encino (Figura 5). **Al promover las interacciones entre plantas y animales se va ayudando a la recuperación del bosque** (Figuras 6 y 7).

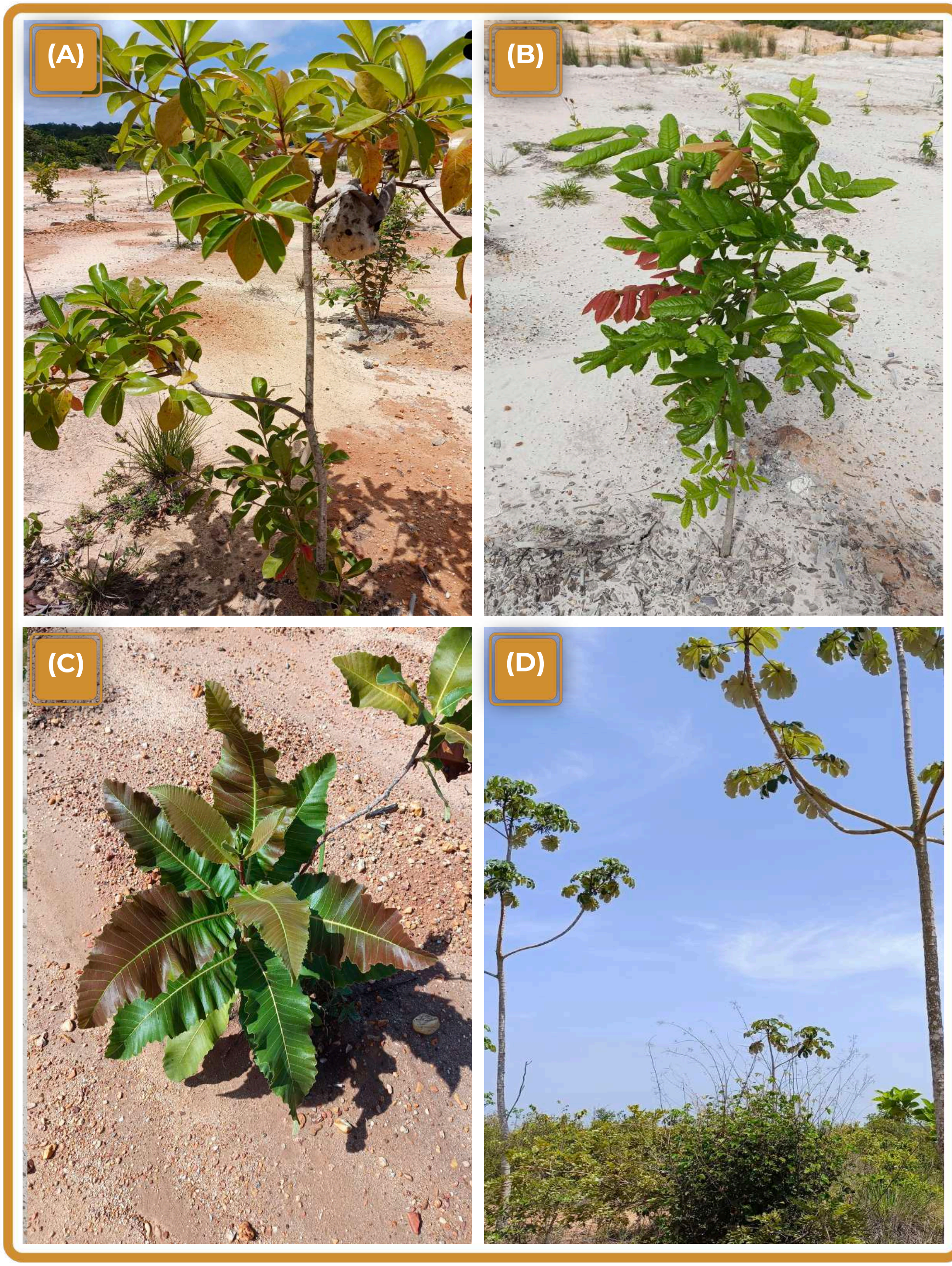


Figura 5. Árboles juveniles de las especies: (A) Nanche (*Byrsonima crassifolia*), (B) Macayo (*Andira galeottiana*), (C) Tachicon (*Curatella americana*), (D) Guarumo (*Cecropia peltata*). Fotografías: Yitzendi López

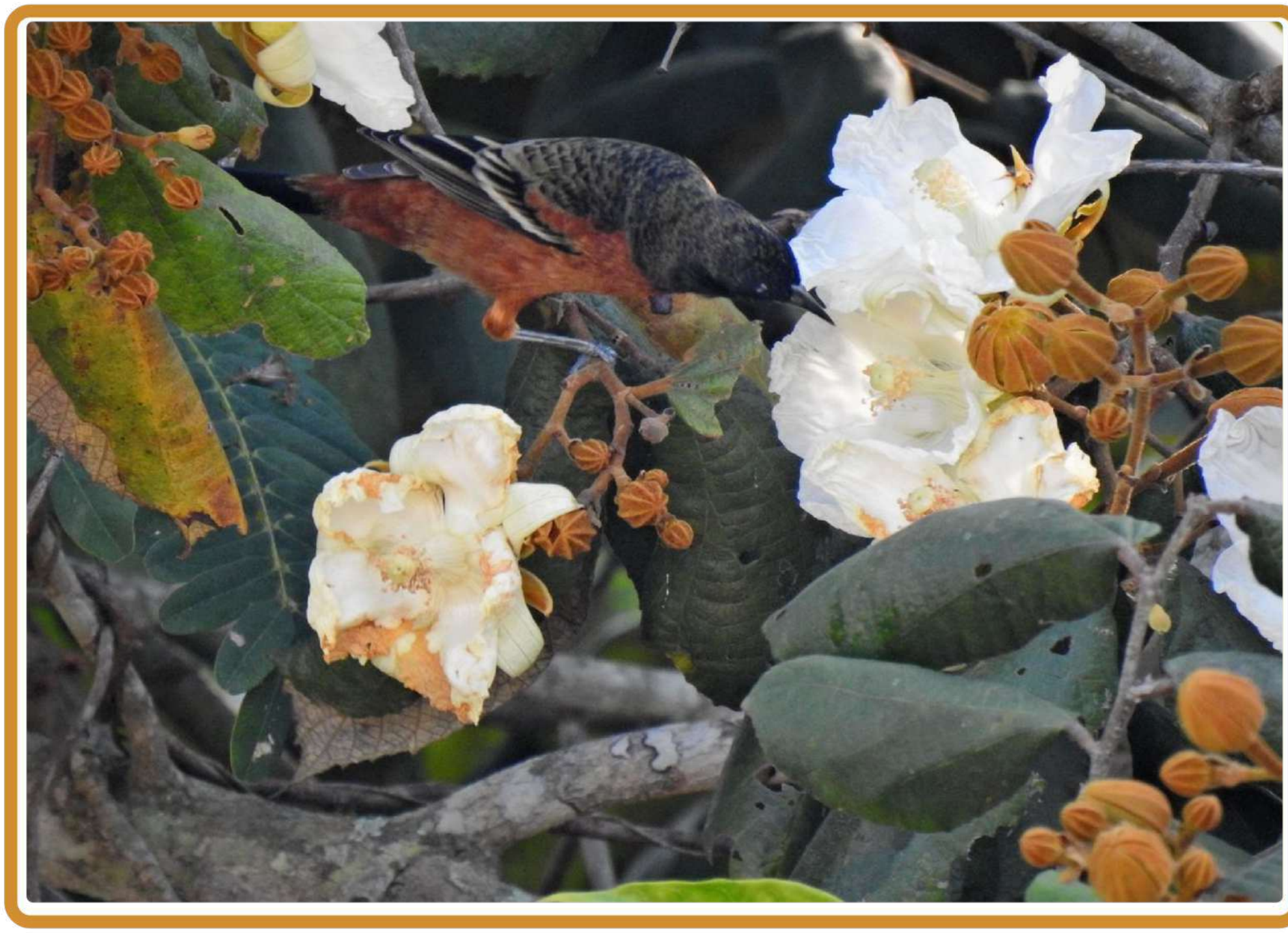


Figura 6. Individuo de Calandria Castaña (*Icterus spurius*) buscando alimento en las flores de *Luehea speciosa* en un área restaurada dentro de la mina de arena sílica de Jáltipan, Ver.
Fotografía: Angela Soto



Figura 7. Abeja europea (*Apis mellifera*) polinizando flores de Tapacola (*Waltheria indica*) en un área restaurada dentro de la mina de arena sílica de Jáltipan, Ver.
Fotografía: Hermann Bojórquez

Además de la interacción que las plantas tienen con los animales, **también hay interacciones con hongos y bacterias del suelo que se asocian con sus raíces.** En esta asociación **las plantas adquieren más fácilmente nutrientes del suelo con ayuda de estos microorganismos al tiempo que éstos aprovechan los compuestos que producen las plantas para obtener energía.** Los árboles que tienen esta función son el acotope, la jagua (*Genipa americana*, Figura 8), el macayo y el guaje (*Leucaena leucocephala*). El acotope y el guaje tienen la particularidad de asociarse con bacterias especializadas en capturar el nitrógeno del aire, siendo aprovechado por las plantas en formas asimilables para ellas. Después, las plantas devuelven el nitrógeno al suelo a través de la materia orgánica que van desechando como sus hojas y frutos. **En el contexto de la mina, esta asociación es muy valiosa para poder recuperar la fertilidad del suelo.**

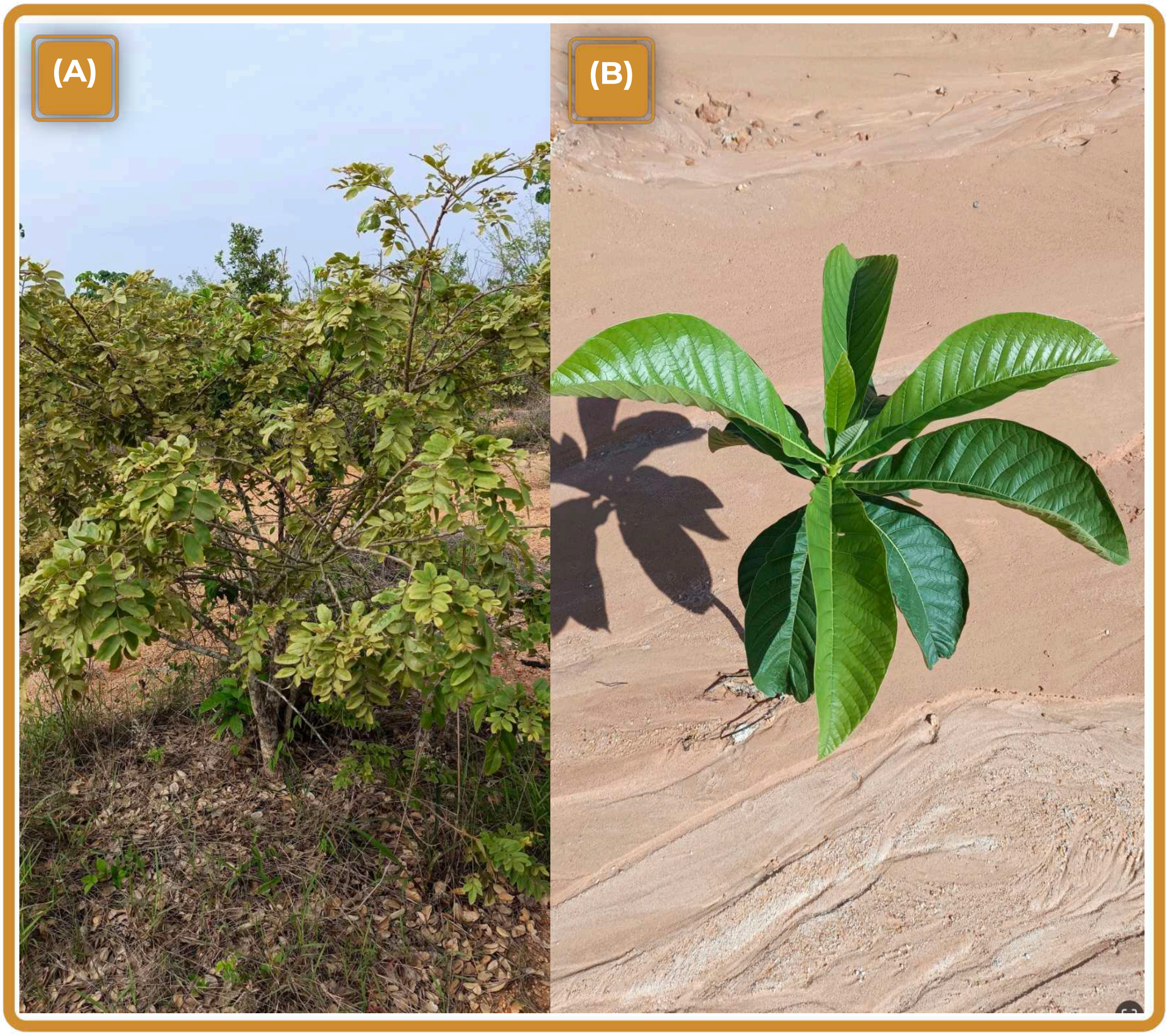


Figura 8. Árboles juveniles de las especies: (A) Acotope (*Inga vera*) y (B) Jagua (*Genipa americana*). Fotografía: Yitzendi López

Es así como las plantaciones multiespecíficas, en donde se utilizan diversas especies con formas, funciones y ciclos de vida diferentes, ofrecen mayor variedad de alimento y refugio, aumentando la posibilidad de interacciones con otros organismos. Las interacciones como polinización y dispersión de semillas contribuyen con la recuperación del bosque ya que ayudan al ciclo reproductivo de la vegetación y con ello su autoperpetuación. **El conocimiento de los rasgos funcionales de las especies ayuda a entender la complejidad de los bosques y la forma en que plantas y animales se ayudan a vivir entre sí.** Por ello, en muchas ocasiones se escucha hablar sobre la importancia de conservar la biodiversidad, ya que la pérdida de alguna especie puede desencadenar la pérdida de interacciones y funciones alterando los procesos ecológicos.



Plantación multiespecífica a ocho años de establecimiento en la mina de arena sílica en Jáltipan, Ver. (A) Tachicon (*Curatella americana*), (B) Acotope (*Inga vera*), (C) Encino rojo (*Quercus oleoides*) y (D) Macayo (*Andira galleotiana*). Fotografía: Yitzendi López

Ir al índice

Agradecimientos

A la empresa COVIA por permitir la divulgación de este caso de éxito en restauración ecológica de una mina. Al equipo de monitoreo biológico de la USPAE por su apoyo en el seguimiento de los indicadores de restauración en la mina, principalmente a la cuadrilla de técnicos de la comunidad de Lomas de Tacamichapan municipio de Jáltipan, por su enorme esfuerzo y dedicación en las obras de preparación del duro suelo de la mina para asegurar una buena sobrevivencia de la plantación.

Para saber más:

• Cabrera-Cruz S, Muñoz-Jiménez O, Aguilar-López JL, Villegas-Patraca R. 2022. Superando la prueba del ácido. Restauración ecológica en un paisaje lunar. La Crónica 30 de marzo de 2022. Click aquí

• REVIVE. 2018. Red de Viveros de Biodiversidad. Click aquí

• Wang X, Hua F, Wang L, Wilcove DS, Yu D W. 2019. The biodiversity benefit of native forest and mixed-species plantations over monoculture plantations. Diversity and Distributions 25, 1721-1735. Click aquí

Inicio de la restauración con plantaciones multiespecíficas en la mina de arena sílica en Jáltipan, Ver. Fotografía: Yitzendi López

TARJETA DE REPORTE: VENTANA SOCIO-ECOLÓGICA DEL SISTEMA LAGUNAR DE ALVARADO

César Vázquez-González*
Patricia Moreno-Casasola
Red de Ecología Funcional, INECOL

Ma. del Carmen Maganda Ramírez
Elio Lagunes-Díaz
Citlalli Alhelí González Hernández
Red de Ambiente y Sustentabilidad, INECOL

Roberto Monroy
Red de Ecología Funcional, INECOL

Carlos Cardoso Martínez
Adolfo Balcázar Arias
Fernando Mota Román
Pronatura Veracruz, A.C.

* cesar.vazquez@inecol.mx

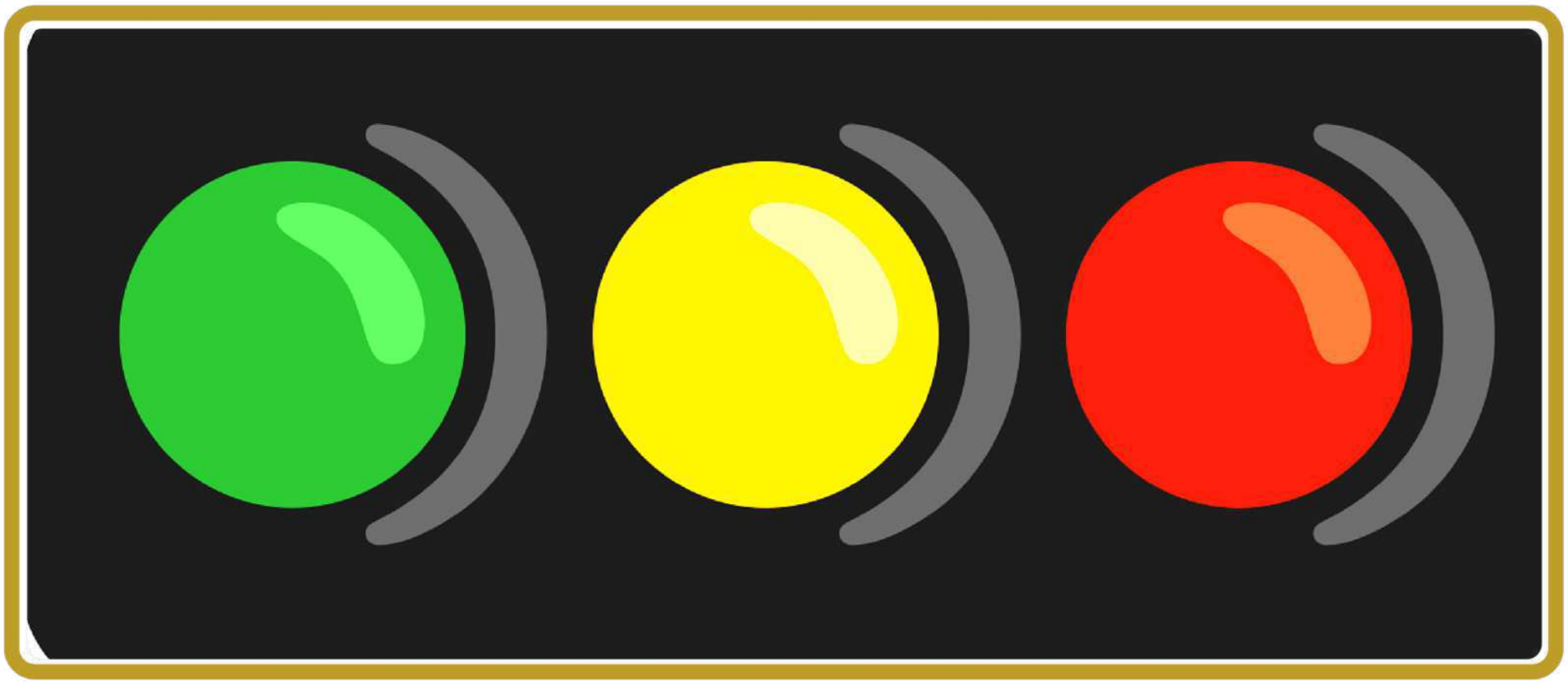


Laguna La Mojarra. Fotografía: Elio Lagunes-Díaz

¿Qué es una tarjeta de reporte?

La Tarjeta de Reporte resume **el estado de "salud" de un sistema socio-ecológico** como el Sistema Lagunar de Alvarado, por medio del uso de indicadores —términos numéricos y en escalas (grados)— fáciles de entender. Es una herramienta de evaluación-comunicación que sintetiza una cantidad considerable de información: ecológica, social y económica orientada a objetivos-metas para la comprensión de la sociedad civil y los tomadores de decisiones. La lectura de la Tarjeta de Reporte **es similar a un semáforo** (Figura 1):

- **Verde—buen estado.**· Equilibrio ecológico y humano —por lo menos actual—, menor riesgo ante amenazas y oportunidades para las comunidades locales y el sistema.
- **Amarillo—riesgo.** · Señales de deterioro, aunque reversibles, requieren de atención inmediata.
- **Rojo—situación crítica.**· Seria degradación, puede volverse irreversible y afectar al sistema y el bienestar local.



La lectura de la Tarjeta de Reporte es similar a un semáforo.
Fotografía: Supermicha, Pixabay

Ventana socio-ecológica compleja

El Sistema Lagunar de Alvarado ubicado en la Planicie Costera de Veracruz, es el más complejo en términos de sus humedales costeros. Sus manglares, humedales de agua dulce (selvas inundables, popales, tulares y palmares) y canales **sostienen una de las pesquerías estuarinas más relevantes del Golfo de México** —sustento de 150 mil habitantes—, proporcionan protección ante huracanes, ayudan con la recarga de agua en el subsuelo, y capturan y almacenan carbono. Sin embargo, como muchos sistemas en México, **enfrenta presiones por actividades humanas que ponen en riesgo su capacidad de funcionar y sostener a las comunidades locales.**

Aplicación de la Tarjeta de Reporte

En 2023-2024 se realizaron los talleres en el Sistema Lagunar de Alvarado. El objetivo fue acercar la ciencia a la comunidad, mostrar la información de forma clara y motivar la participación ciudadana. **Se evaluaron 18 indicadores en cuatro componentes: Presión, Estado, Respuesta y Vulnerabilidad.** Cada indicador se analizó con datos recientes y observaciones de campo sociales y ambientales realizadas por los participantes del Proyecto: Ecohidrología para la sustentabilidad y gobernanza del agua y cuencas para el bien común (PRONACE-PRONAII 318956). También se utilizaron estudios científicos y la experiencia de cooperativas, organizaciones civiles y especialistas que trabajan en la región.

Alta presión

La pérdida de humedales, contaminación del agua, sobrepesca y fragmentación del hábitat arrojaron indicadores en rojo (Figura 1), **el ecosistema y los medios de vida se encuentran en alto riesgo y requieren acciones urgentes de manejo—restauración.**

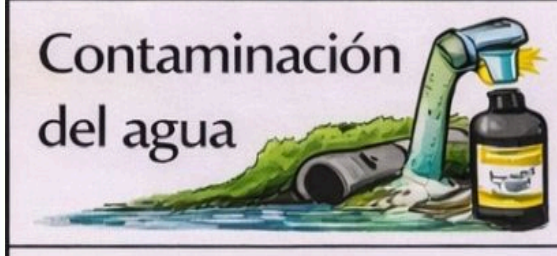
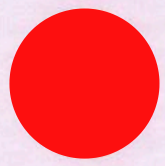
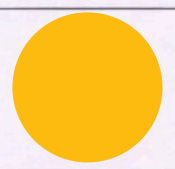
Indicador de Presión	Descripción	Semáforo
	Más del 65% del territorio transformado (ganado y caña).	
Contaminación del agua 	Pesticidas, nutrientes y descargas domésticas sin tratamiento.	
Sobrepesca 	Extracción por encima de su capacidad de recuperación (robalo, mojarra y camarón).	
Fragmentación del hábitat 	Bordos, caminos y canales que interrumpen el flujo natural del agua.	
3 de 4 indicadores en rojo; presión alta y constante sobre el ecosistema		
 Círculo rojo: significa situación critica  Circulo amarillo: significa señales de deterioro		

Figura 1. Principales presiones sobre el Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz.

Estado intermedio

Con fortalezas, pero en riesgo, el estado de salud del sistema es **intermedio** (Figura 2), ya que mantiene sus funciones esenciales gracias a la conservación del manglar y la alta diversidad acuática. Sin embargo, **la calidad del agua y la productividad pesquera mostraron deterioro. El sistema aún es funcional, pero requiere acciones inmediatas** para evitar una pérdida mayor de sus servicios ecosistémicos.

Indicador de Estado	Descripción	Semáforo
 Cobertura de manglar	Se mantiene e incluso aumenta por acciones de restauración.	
 Diversidad acuática	Sigue siendo alta en varias zonas del sistema.	
 Calidad del agua	Variable; en algunos sitios persisten niveles deficientes, debido a la falta de saneamiento.	
 Productividad pesquera	Disminución por presión sobre recursos y deterioro del hábitat.	

2 de 4 indicadores en amarillo: estado intermedio-deteriorado del sistema.

 Círculo verde: significa en equilibrio ecológico y humano (buen estado)

 Círculo amarillo: significa señales de deterioro

Figura 2. Estado de salud del Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz.

Respuestas

En el Sistema Lagunar de Alvarado hay acciones—respuestas clave que muestran esperanza:

- **1) Reconocimiento de los saberes locales sobre el agua** (PRONACE-PRONAII 318956). Trabajo colaborativo con comunidades de Alvarado, Acula y Tlacotalpan para **construir Calendarios del Agua,** que muestran la percepción de la población sobre su disponibilidad y calidad en diferentes meses y estaciones del año.
- **2) Reincorporación de encuestas y entrevistas** para mostrar el estado de las pesquerías (primera versión publicada hace 10 años). **Su actualización mostrará el comportamiento de las pesquerías en la última década.**
- **3) Restauración de los manglares y la selva inundable.** Participación comunitaria, organizaciones civiles, y en algunos casos, financiamiento del Programa de Desarrollo Forestal Sustentable. **Resultado, más de 1,000 ha restauradas.**

Persisten los desafíos: financiamiento insuficiente y aplicación débil del ordenamiento territorial, lo que impide sostener los logros. El progreso existe, pero aún es frágil (Figura 3).

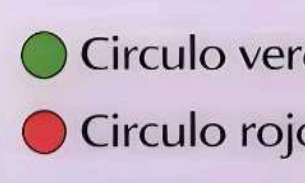
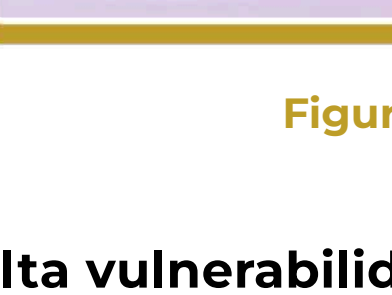
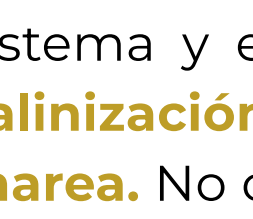
Indicador de Respuesta	Descripción	Semáforo
 Restauración de humedales (2023–2025)	Más de 1,000 ha restauradas; uno de los mayores avances en la región.	
 Participación de cooperativas	Participación en las encuestas y entrevistas para la actualización del estado de las pesquerias como parte del PRONACE-PRONAII; involucramiento en la restauración, y vigilancia comunitaria para evitar y reportar incendios.	
 El reconcimiento de los saberes locales	Talleres fortalecidos, participación en el Proyecto PRONACE-PRONAII en dos ejes: 1) saber local comunitario en la conservación y la calidad del agua, y 2) participación en la construcción del calendario del agua.	
 Financiamiento disponible	Insuficiente para sostener programas de largo plazo.	
 Implementación del ordenamiento territorial	Débil aplicación y escaso cumplimiento institucional. Limitadas para vigilancia, monitoreo y gestión integrada.	
2 de 5 indicadores en verde; respuesta social fuerte, pero institucional débil.		
Circulo verde: significa en equilibrio ecológico y humano (buen estado)		
Circulo rojo: significa situación critica	Circulo amarillo: significa señales de deterioro	

Figura 3. Respuestas en el Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz.

Alta vulnerabilidad

La exposición a fenómenos climáticos y la pérdida de las barreras naturales como los humedales aumentan la vulnerabilidad (Figura 4). A pesar de la diversificación en actividades (pesca, apicultura y albañilería), **la dependencia económica del corte de caña agrava los riesgos para las comunidades y los ecosistemas** debido al contacto con pesticidas, esto afecta la recuperación del sistema y el bienestar de la población. **Otro aspecto para considerar es la salinización producto del intercambio entre los ríos y el mar por efecto de la marea.** No obstante, la pérdida de los humedales de agua dulce puede suponer una ruptura de su equilibrio en el futuro, sobre todo, con los escenarios de aumento del nivel del mar para la costa en el Golfo de México.

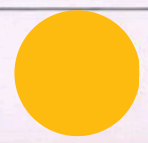
Aspecto evaluado	Descripción	Semáforo
 Exposición a huracanes y lluvias	Alta incidencia anual de eventos climáticos severos.	
 Pérdida de humedales de agua dulce	Disminución de barreras naturales que reducen impactos.	
 Dependencia de actividades extractivas	Ingresos concentrados en pesca y ganadería.	
 Escasez de alternativas productivas	Pocas opciones económicas para diversificar medios de vida.	
 Aspecto de evaluado	Pocas opciones económicas para diversificar medios de vida.	
2 indicadores en rojo y 3 en amarillo; vulnerabilidad de **alta a muy alta.**		
Circulo rojo: significa situación critica.		
Circulo amarillo: significa señales de deterioro		

Figura 4. De alta a muy alta vulnerabilidad en el Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz.

Historias de éxito

La región es un ejemplo de organización y participación comunitaria en los proyectos de investigación científica (PRONACE-PRONAII 318956). También, la restauración de más de 1,000 ha de humedales **permite: 1) corto plazo; un ingreso para los trabajadores locales, y 2) mediano y largo plazo; se recuperará el hábitat de especies de importancia comercial.** Estas experiencias demuestran que la recuperación es posible cuando hay colaboración entre comunidades, academia y organizaciones civiles.

¿Qué sigue?

1. **Fortalecer la gobernanza**—manejo comunitario de los recursos, bajo el reconocimiento de las comunidades como gestoras del agua, que amerita ser fortalecido y apoyado institucionalmente.
2. **Diversificar los medios de vida** con acuacultura sostenible, ecoturismo y agroecología.
3. **Reducir los riesgos** ante inundaciones e incendios forestales con acciones preventivas.
4. **Impulsar prácticas productivas** compatibles con la conservación—restauración.
5. **Consolidar redes locales de monitoreo** socio-ecológico para responder a los cambios.

Conclusión

La Tarjeta de Reporte mostró que las presiones son altas y la vulnerabilidad significativa, pero hay avances que favorecen a la recuperación socio-ecológica. La situación del Sistema Lagunar de Alvarado es delicada, pero no irreversible. Por ello, **las comunidades tienen un papel central en la transformación-recuperación, y su conocimiento y organización son la base para construir un futuro sostenible.** Por esto, la conservación—restauración es una responsabilidad socio-ecológica que, apuesta por la naturaleza, la sociedad, la cultura, la economía y el bienestar presente y futuro.



Comunidad de Mano Perdida. Las comunidades tienen un papel central en la transformación-recuperación, y su conocimiento y organización son la base para construir un futuro sostenible. Fotografía: Socorro Aguilar Cucurachi

Ir al índice

Agradecimientos

A la SECIHTI y al Instituto de Ecología, A.C. por la estancia posdoctoral/modalidad incidencia en el proyecto PRONACE-PRONAII 318956: Ecohidrología para la sustentabilidad y gobernanza del agua y cuencas para el bien común; RedMora (Red de Monitoreo de Reservas de Agua); ANUIES (Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior), y a Pronatura Veracruz, A.C. Sobre todo, a las comunidades y autoridades locales en el Sistema Lagunar de Alvarado.

Para saber más:

• Maganda Ramírez MC, Aguilar Cucurachi MS, González Hernández CA. 2024. Dulce negra y salada, pero no potable. In Hernández-Rodríguez ML, Ocampo-Fletes I, Flores-Domínguez AD (Eds), La crisis del agua en el siglo XXI: perspectivas y soluciones, El Colegio de Tlaxcala. Tlaxcala, México, pp. 42-58. Click aquí

• Maganda Ramírez MC, Aguilar Cucurachi MS, Leon Estrada XA, López Rosas H, Moreno-Casasola P, González Hernández CA. 2025. Hacia la gestión comunitaria del agua en el Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz. In Redakcją P, Paradowska KB, Kunce A (Eds), La Paz como tarea. Narrativas y prácticas en México y Polonia, Instituto Literario de Veracruz, Xalapa, Veracruz, México, pp. 291-333. Click aquí

• Vázquez-González C, Moreno-Casasola P, Juárez A, Rivera-Guzmán N, Monroy R, Espejel I. 2015. Trade-offs in fishery yield between wetland conservation and land conversion on the Gulf of Mexico. Ocean & Coastal Management (114), 194-203. Click aquí

Fotografía: Mehmet Sutlas, Pexels

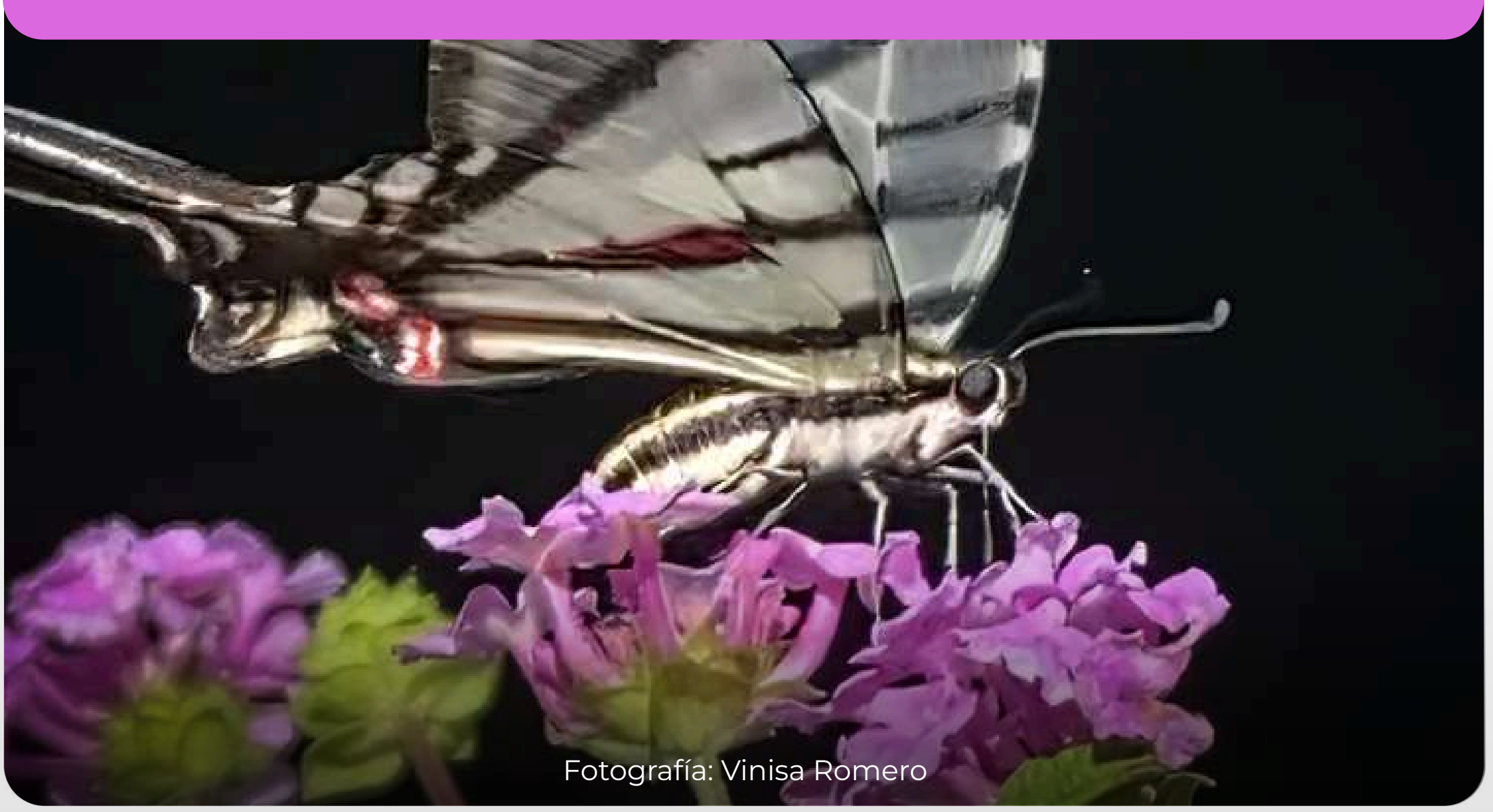
“POLINIZADORES EN ACCIÓN”: JUEGOS COMO HERRAMIENTAS PARA DIVULGAR SOBRE CIENCIA

Alejandro R. Villa*
Posgrado, INECOL

Kevin González-Gutiérrez
Instituto de Neuroetología, Universidad Veracruzana

Jorge Alberto López Castro
Wesley Dáttilo
Red de Ecoetología, INECOL

*arvilla2410@gmail.com,
alejandro.rodriguez@posgrado.ecologia.edu.mx



Fotografía: Vinisa Romero

Uno de los grandes desafíos que enfrenta la divulgación científica, y en particular en la ecología, es sintetizar y comunicar los resultados de una investigación de forma efectiva y cercana a alguien que no conoce el tema. Debido a ello es que surge la necesidad de diseñar propuestas que nos permitan comunicar mensajes clave en formas y lenguajes adecuados, sin eliminar información compleja que puede ser relevante o sobre simplificar los mensajes que se quieren transmitir. En este contexto, **los juegos han demostrado ser una valiosa herramienta en la enseñanza y divulgación de la ciencia, ya que permiten transmitir el conocimiento de una forma efectiva al promover el aprendizaje por medio de la diversión y de la experiencia compartida.** Además, los juegos ayudan a desarrollar habilidades de comunicación, fomentan la participación activa y la integración social. Es decir, **¡Las personas ganamos muchísimo más que sólo conocimiento sobre el tema en el que se basa el juego!** Además, son muy flexibles, pueden ser espontáneos y sin reglas, más enfocados en la relajación y el disfrute, o contar con más forma y estructura. Esta diversidad de opciones los convierte en una excelente herramienta para la divulgación, especialmente cuando se trabaja con públicos diversos, por ejemplo, de diferentes edades y contextos sociales.



Fotografía: Pixel-mixer, Pixabay

En el evento Casa Abierta 2025 organizado por el Instituto de Ecología, A.C. (INECOL) tuvimos la oportunidad de poner en práctica y experimentar de forma directa qué tan efectivos son los juegos para la divulgación de conocimiento científico. El INECOL es un Centro Público de Investigación de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) que tiene como objetivo generar y socializar el conocimiento científico y tecnológico de frontera sobre ecología y diversidad biológica. El evento anual "Casa Abierta" es un ejemplo importante de su labor en la comunicación de la ciencia al despertar el interés en la ciencia, a través de exposiciones, talleres y actividades científicas y culturales.

En este evento, **nuestro grupo de investigación** (Figura 1) **llevó a cabo la actividad "Polinizadores en acción: Conociendo la importancia de las interacciones biológicas"** (Figura 2) **que consistía en tres juegos para comunicar la importancia de la polinización y de los animales polinizadores**, así como para compartir con las personas visitantes el divertido e interesante mundo de las interacciones entre plantas y animales.



Figura 1. Grupo de investigación del Dr. Dáttilo. De izquierda a derecha: Wesley Dáttilo (Investigador), Alejandra Galindo Cruz (Posdoctorante), Kevin González Gutiérrez (Doctorado), Alejandro R. Villa (Doctorado), Luis Fernando Valdez Ojeda (Maestría), Misael Morales Gómez (Maestría), Jorge Alberto López Castro (Becario SNII) e Issaac Azrrael Teodosio Faustino (Doctorado). Fotografía: Pablo Uriel Conde



Figura 2. Cartel de la actividad polinizadores en acción. En él se incluye información sobre qué es la polinización, quiénes son los polinizadores y la importancia que tienen tanto en los ecosistemas como para nuestra sociedad. Elaboración: Alejandro R. Villa

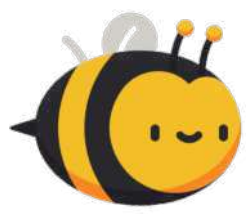
El primer juego "Carrera por el polen", fue diseñado para captar la atención las infancias (Figura 3). En esta carrera, cada participante representaba a un polinizador (mariposa, abeja, colibrí y murciélago) **y su objetivo era recolectar la mayor cantidad de polen en el menor tiempo posible.** El polen fue representado con círculos de velcro que podían ser transportados pegados al cuerpo, en un chaleco especial, como lo haría un polinizador. **Al final, se explicaba cómo este juego emula las carreras que suceden en la naturaleza.** Se mostraba que, los polinizadores no sólo compiten contra reloj para conseguir alimento sino también con otros animales que consumen el polen de las plantas. **La actividad también permitió explicar la Teoría de Forrajeo Óptimo**, que establece que los animales buscan ganar la máxima energía (polen) con el menor costo posible (tiempo y esfuerzo). Para los niños y niñas, esta actividad física convierte un principio abstracto de la ecología en una experiencia concreta y memorable, que facilita la comprensión del efecto que tiene la competencia para un polinizador en la naturaleza y cómo buscan su alimento.

Cada participante representaba a un polinizador

Mariposa



Abeja



Colibrí



Murciélago







Figura 3. Fotografías del juego "Carrera por el polen". Izquierda: Misael Morales dando instrucciones a los jugadores. Derecha: Wesley Dáttilo contando el polen recolectado por una jugadora. Fotografías: Alejandro R. Villa

El segundo juego fue un "Memorama de polinizadores y sus flores", donde los participantes debían encontrar los pares de animales y flores que interactúan en la naturaleza y cuya relación está basada en los colores y formas de las flores. **Esta actividad se basa en el concepto del "síndrome de polinización"**, un pilar de la ecología de las interacciones. **Esta teoría propone que las flores han evolucionado con conjuntos específicos de características** (color, forma, olor, etc.) **para atraer a un grupo particular de polinizadores, minimizando la visita de otras especies de polinizadores** (Figura 4). Al emparejar visualmente al polinizador con su flor, los participantes aprenden acerca de la evolución de las interacciones mientras ejercitan la memoria.



Figura 4. Ejemplos de visitas a flores por mariposas. Las mariposas suelen visitar flores con mucho néctar y colores brillantes, y tienen un aparato bucal modificado para poder extraer el néctar de las flores más fácilmente. Fotografías: Alejandro R. Villa

La última propuesta que implementamos fue un juego original con tablero titulado **“Choque de polinizadores” que consiste en una competencia donde cada jugador debe conquistar territorio para un polinizador** previamente elegido (Figura 5), siendo el ganador aquel que logra poner todas sus fichas en el tablero. Al inicio, cada jugador coloca fichas del color de su flor y de su polinizador en las casillas que no estén ocupadas por agua o ciudades. Al colocar la ficha de un personaje sobre su flor ganan recompensas: néctar que se utiliza como pago para desplazarse en el tablero, y polen que se utiliza para poder colocar más flores. Al final de cada ronda, una carta aleatoria desencadenaba efectos positivos (por ejemplo, lluvia) o negativos (como la deforestación) que modificaban la cantidad y disposición de flores en el tablero. Así, este juego busca compartir **tres mensajes esenciales sobre la polinización: 1) Cada polinizador tiene capacidades y necesidades diferentes**, haciendo que tengan roles únicos en los ecosistemas, **2) La polinización es una relación costo-beneficio**, los animales invierten energía para conseguir néctar de las flores y las flores la invierten produciendo néctar para atraer polinizadores que dispersen polen y; **3) El ambiente,** así como las perturbaciones de este**, tiene fuerte efectos en la polinización.**



Figura 5. Fotografía del juego “Choque de polinizadores”. Alejandra Galindo y Alejandro Villa explicando a los participantes las reglas del juego. Fotografía: Kevin González Gutiérrez

En esta actividad, participó público general en todos los juegos, ¡incluso algunas personas hicieron fila para participar! Además, **muchos participantes comentaron que la actividad les pareció accesible, dinámica y entretenida**, y percibieron como una gran ventaja el poder elegir el tipo de juego en función de sus intereses y tiempo disponible. Con estos juegos pudimos compartir información sobre la polinización y su importancia en el ecosistema a múltiples sectores de la sociedad, captando el interés de personas de diferentes edades y contextos. **El uso de juegos en eventos de divulgación es una forma efectiva de divulgar conceptos complejos a través de experiencias únicas y divertidas.**

Ir al índice

Agradecimientos:
Al Dr. Tlacaelel Rivera Núñez por su invaluable asesoría e ideas para la elaboración de este documento, a los estudiante de posgrado Emma Gómez Mendoza y Roger Ayazo Berrocal por sus ideas para la elaboración del juego de mesa y a Alejandra Galindo Cruz, Fernanda Sofia Baena Díaz, Issaac Azrrael Teodosio Faustino, Luis Fernando Valdez Ojeda, y Misael Morales Gómez por su valioso tiempo, compromiso y participación en el desarrollo y logística de cada una de las actividades dentro del evento de Casa abierta INECOL 2025. A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por el financiamiento de los materiales utilizados en las actividades (CBF2023-2024 216) y por la beca de posgrado otorgada a ARV (CVU: 1197106) y KGG (CVU: 2007460).

Para saber más:

• García-Barrios L, Cruz-Morales J, Vandermeer J, Perfecto I. 2017. The Azteca Chess experience: learning how to share concepts of ecological complexity with small coffee farmers. Ecology and Society 22(2), 37. Click aquí

• García MCH, Gómez LFL. 2024. Los juegos serios como estrategia educativa para la comprensión y adopción de comportamientos ambientales. EIEI ACOFI 2024, Ingeniería una transmisión hacia el futuro, 1-11. Click aquí

• Gómez LFL, Salazar JFL, García MCH. 2025. Revisión sistemática de literatura sobre los juegos serios como herramienta para la promoción de la sostenibilidad en la educación ambiental. Revista Virtual Universidad Católica del Norte (76), 218-253. Click aquí

Fotografía: Chris Clark, Pexels

Ciencia hoy

Fotografía: lil_foot_, Pixabay



DE FRAGMENTOS A COLONIAS: SEXUALIDAD Y RESILIENCIA EN CORALES DUROS

Beatriz León-Betancourt
Paula Fernanda Chávez-Arriaga
Blanca Lizzeth Arteaga-Ramírez
Posgrado en Ciencias Marinas y Costeras, Universidad Autónoma de Baja California Sur

Héctor Reyes-Bonilla
Josué Alonso Yee-Duarte*
Departamento Académico de Ciencias Marinas y Costeras, Universidad Autónoma de Baja California Sur

*ja.yee@uabcs.mx



Colonia de coral del género *Pocillopora* en la bahía de La Paz, Baja California Sur, acompañada de erizos de mar y peces lisas (*Mugil* spp.), que utilizan a estos ecosistemas como zonas de refugio y alimentación. Fotografía: Beatriz León-Betancourt

¿Por qué son importantes los arrecifes de coral?

Los arrecifes de coral constituyen uno de los ecosistemas más diversos del planeta, donde conviven organismos que interactúan y dependen unos de otros para sobrevivir (Figura 1A). Además, los arrecifes **sostienen pesquerías que alimentan a millones de personas, atraen turismo que impulsa economías locales, y actúan como barreras naturales que protegen las costas de la erosión y las tormentas.** Su importancia económica es notable; **los servicios que proporcionan se estiman en 9.9 billones de dólares a nivel global.** No obstante, su abundancia ha disminuido en alrededor de 50 % en las últimas décadas debido a actividades antropogénicas. Estos impactos han incrementado su vulnerabilidad y favorecido la aparición de enfermedades. A ello se suma la influencia del cambio climático, cuyo aumento en la temperatura del océano representa una de las mayores amenazas para estos ecosistemas.

Los corales de arrecife mantienen una relación obligatoria con microalgas llamadas zooxantelas, que viven dentro de sus tejidos (por lo que se conocen como simbiontes) y que son las responsables de la coloración que presentan las colonias. Las zooxantelas generan el entorno químico necesario para que el coral deposite carbonato de calcio y forme su esqueleto, y producen gran parte de la energía que requieren para sobrevivir. **Parte de esta energía se libera en forma de moco, que es consumido por pequeños peces e invertebrados y constituye la base de la red alimenticia del arrecife.** Es decir, la zooxantela funciona como el "árbol de vida" de este ecosistema.

Cuando la temperatura del mar aumenta sostenidamente, la relación simbiótica se rompe y las zooxantelas son expulsadas. El coral pierde color y se debilita, causando el fenómeno conocido como "blanqueamiento" (Figura 1B). **Si el estrés térmico persiste, las colonias pueden morir;** si las condiciones mejoran, existe la posibilidad de recuperación. En años recientes, la intensidad del blanqueamiento llevó a declarar el cuarto evento masivo en la historia, precedido por los de 1983, 1997 y 2015.

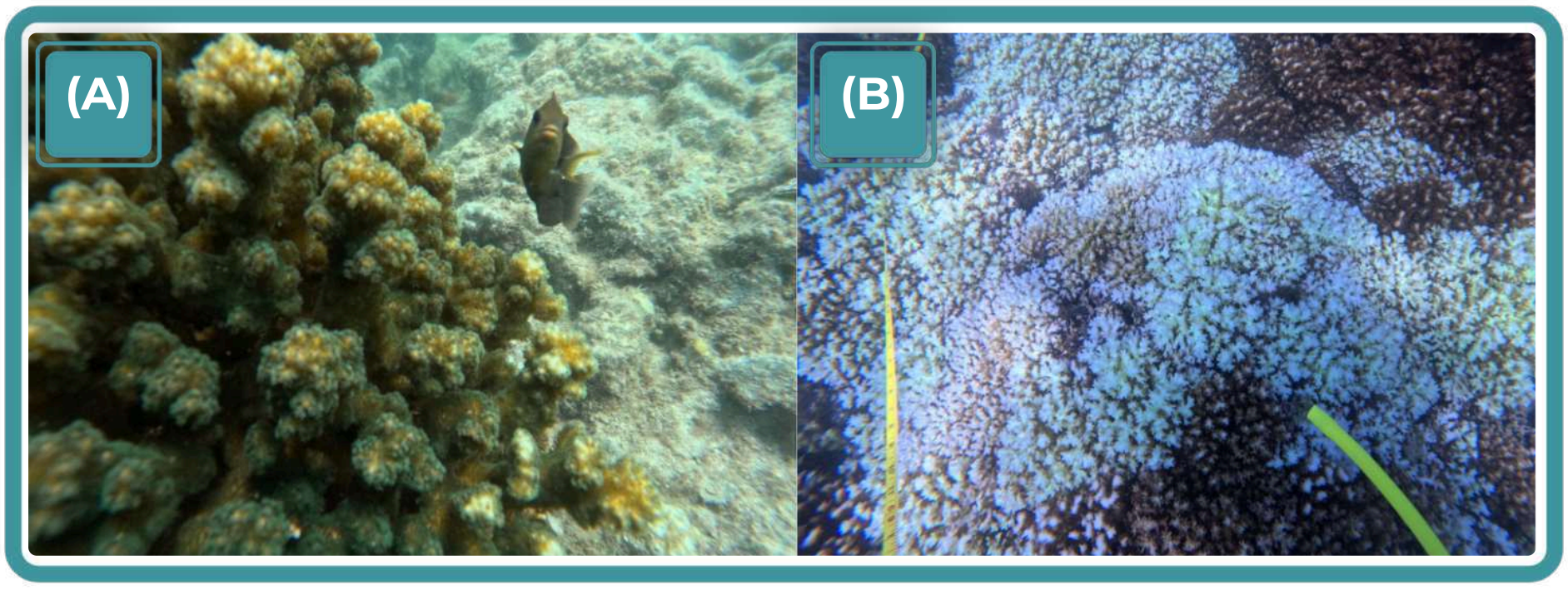
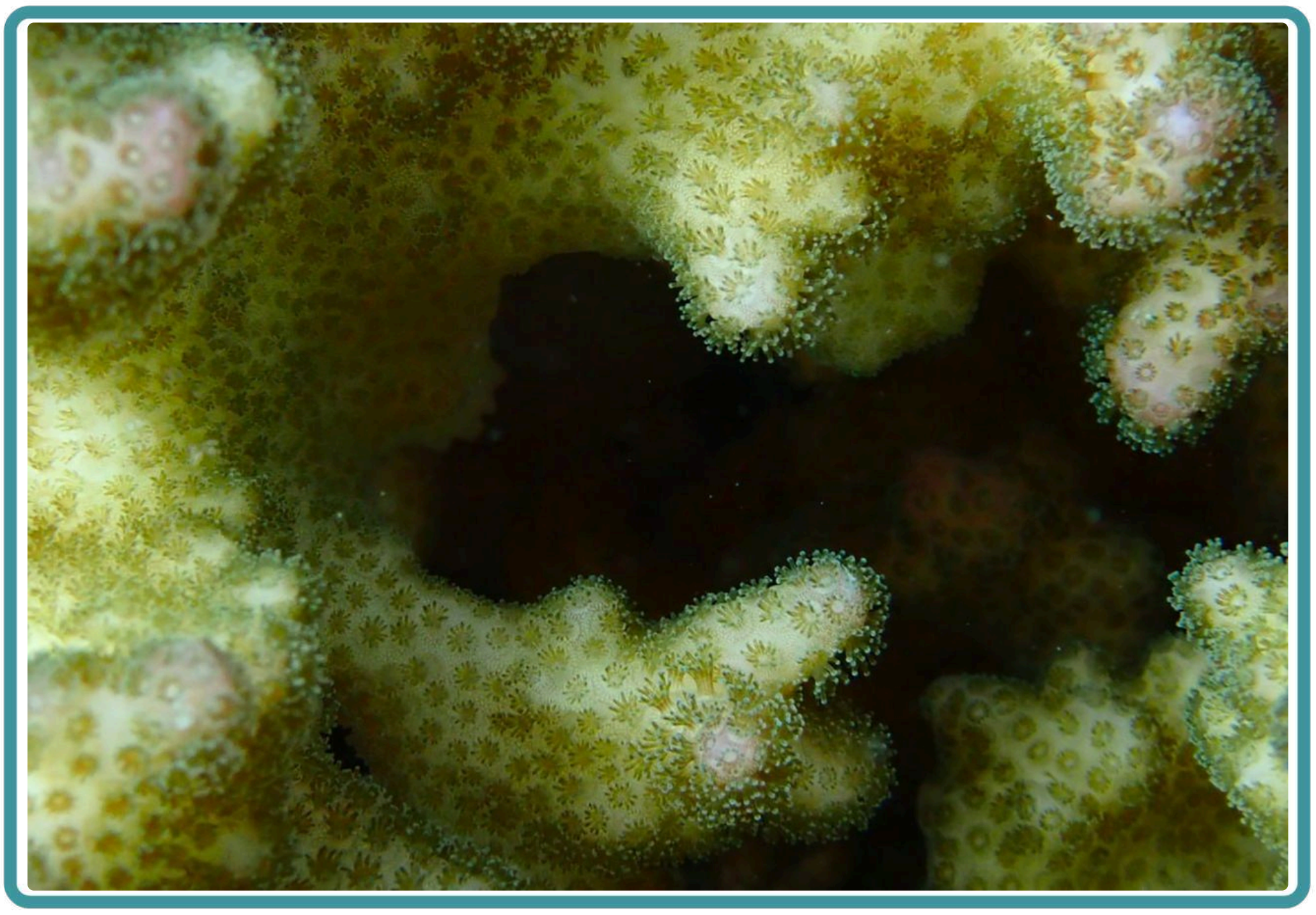


Figura 1. Corales del género *Pocillopora* en bahía de La Paz, Baja California Sur. (A) Pez damisela (Pomacentridae: *Stegastes rectifraenum*) junto a una colonia de coral. (B) Colonia coralina afectada por el blanqueamiento. Fotografías: Beatriz León-Betancourt

Ante esta situación, **la restauración de arrecifes ha cobrado relevancia a nivel mundial**, pues permite impulsar la recuperación de zonas degradadas. **La forma de reproducción de los corales es clave para su recuperación.** Estos organismos pueden hacerlo sexual y asexualmente. La reproducción sexual ocurre cuando los corales liberan gametos (óvulos y espermatozoides) que se combinan y dan origen a larvas capaces de dispersarse y colonizar nuevas áreas. En cambio, la reproducción asexual se produce mediante fragmentación, es decir, cuando una parte del coral se desprende y genera una nueva colonia.

Entre las técnicas de restauración destaca la jardinería de coral, que consiste en colectar fragmentos de coral y cultivarlos en viveros hasta que alcanzan un tamaño adecuado que les permita resistir a sus competidores y depredadores, y que puedan tener éxito al ser trasplantados a zonas degradadas. **Otra técnica es la reproducción sexual asistida,** mediante la colecta de gametos directamente de las colonias, su fecundación en el laboratorio y la obtención de larvas que posteriormente se siembran en el medio y producen nuevas colonias.



Acercamiento a una colonia de coral del género *Pocillopora*, donde se observan los pólipos, que parecen pequeñas flores bajo el agua. Estos pólipos son diminutos animales (como pequeñas anémonas) que forman al coral. Fotografía: Beatriz León-Betancourt

Cada método tiene ventajas y limitaciones. La reproducción sexual aporta diversidad genética, pero existe elevada mortalidad en las primeras etapas de vida. En cambio, la reproducción asexual permite un crecimiento rápido, aunque genera clones genéticamente idénticos, con menor variabilidad y potencialmente poca capacidad de adaptación y supervivencia. Por ello, **los programas de restauración deben integrar ambas estrategias.**

El género *Pocillopora*: un caso de estudio en el Pacífico Mexicano

El género *Pocillopora* **es un coral que habita desde el sur de la península de Baja California hasta Perú y es uno de los más estudiados en esta región debido a su importancia ecológica** (Figura 2). Las especies presentan forma ramificada y con ello ofrecen refugio a peces, crustáceos y moluscos, entre otros.



Figura 2. Colonia del género *Pocillopora*, característica de los arrecifes del Pacífico Mexicano, observada en la bahía de La Paz, Baja California Sur. Se pueden apreciar peces y erizos asociados. La colonia está marcada para evaluar su crecimiento.
Fotografía: Beatriz León-Betancourt

Desafortunadamente, es uno de los corales más sensibles al incremento de la temperatura en el océano. Bajo estrés térmico, sus zooxantelas mueren y son expulsadas, provocando un blanqueamiento notable (Figura 3). Si el estrés se mantiene por más de dos meses, el individuo de *Pocillopora* puede morir. Si las condiciones mejoran, es posible su recuperación mediante la recolonización de nuevas zooxantelas.



Figura 3. Blanqueamiento de *Pocillopora* (flecha) en la bahía de La Paz, Baja California Sur. Fotografía: Beatriz León-Betancourt

Un caso de resiliencia: restauración coralina en el Área de Protección de Flora y Fauna de Balandra, Baja California Sur

En el Pacífico Mexicano, diversos esfuerzos recientes han demostrado que **los arrecifes poseen una notable capacidad para tolerar presiones ambientales y recuperarse** cuando se aplican estrategias adecuadas de conservación y restauración. **Un caso destacado proviene de la bahía de La Paz, donde investigadores y estudiantes de posgrado y licenciatura de la Universidad Autónoma de Baja California Sur, colaboraron con la organización civil *Efecto Arena* para evaluar el éxito de cultivo de fragmentos de *Pocillopora* rescatados del fondo marino y colocados en viveros instalados en la bahía de Pichilingue** (Figura 4). Los resultados del trabajo fueron excelentes, ya que se determinó una supervivencia del 95% en los viveros, y tasas de crecimiento superiores a las registradas en otros sitios del Pacífico Mexicano.

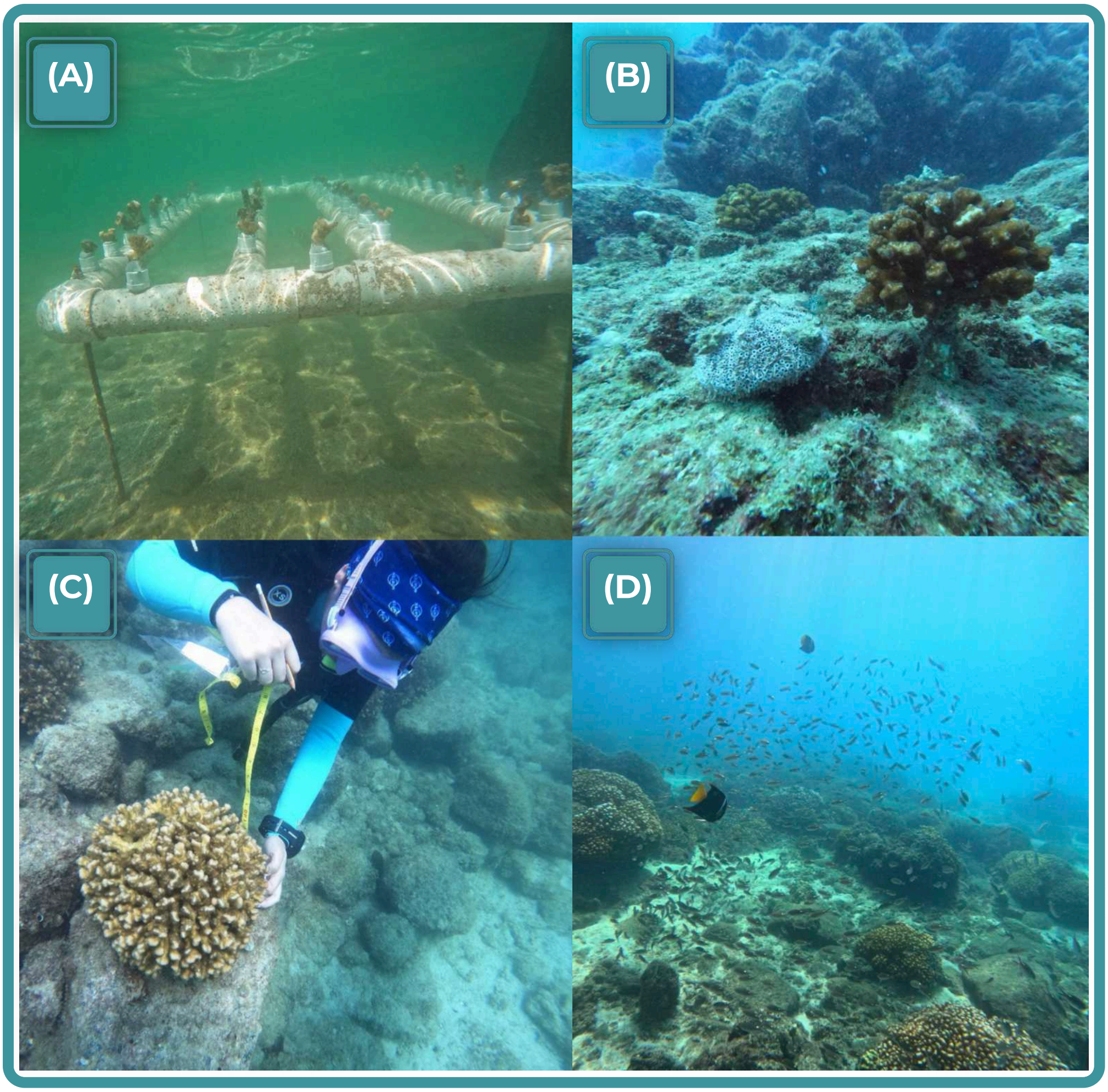


Figura 4. Secuencia del proceso de restauración del coral *Pocillopora* mediante reproducción asexual en Pichilingue, Baja California Sur. (A) Estructura de PVC utilizada como vivero para el cultivo de fragmentos de coral. (B) Colonia joven establecida en un arrecife degradado tras un año de ser transplantada en el Área de Protección de Flora y Fauna Balandra. (C) Monitoreo del crecimiento de una colonia restaurada de tres años. (D) Arrecife restaurado con presencia de peces y corales en recuperación. Fotografías: Beatriz León-Betancourt

Tras seis meses de aclimatación, los corales fueron trasplantados a un arrecife dentro del Área de Protección de Flora y Fauna Balandra, donde han sido monitoreados durante tres años. Balandra, ubicada al sur de la bahía de La Paz, alberga bahías someras, manglares y zonas rocosas que ofrecen condiciones óptimas para el desarrollo coralino (alta iluminación, bajo oleaje y mínima intervención humana).

A pesar de las condiciones favorables para los arrecifes, **la restauración se volvió necesaria porque entre 2023 y 2025 éstos fueron afectados por un ciclón, el incendio y hundimiento de un barco y el calentamiento del mar.** Una buena noticia es que las acciones de restauración muestran un aumento notable en la cobertura coralina y una creciente complejidad y diversidad en la comunidad de peces asociados a los corales restaurados.

La experiencia obtenida en la investigación reseñada muestra que, **cuando la conservación se combina con el conocimiento científico y un manejo responsable, los arrecifes pueden responder con resiliencia y recuperar gradualmente su estructura física y función ecológica.** El caso de Balandra puede convertirse en un modelo replicable para otros sistemas arrecifales, ya que es evidencia que la restauración coralina respaldada por investigación, es una herramienta clave para enfrentar los retos del cambio climático y la degradación costera.



Colonia de coral del género *Pocillopora*, con una estructura ramificada y verrucosa, características distintivas de este grupo de corales que forman parte de los arrecifes del Pacífico Oriental Tropical. Fotografía: Beatriz León-Betancourt

Ir al índice

Agradecimientos

Agradecemos a Efecto Arena por su colaboración, así como al Laboratorio de Sistemas Arrecifales de la Universidad Autónoma de Baja California Sur por el apoyo técnico y logístico brindado. También extendemos nuestro agradecimiento a la SECIHTI por las becas de posgrado (CVU 2098727, 2165921 y 2099047) otorgadas a las estudiantes que participaron en este artículo.

Para saber más:

• Robles-Payán A, Reyes-Bonilla H, Cáceres-Martínez C. 2021. Crecimiento y supervivencia de corales durante la fase inicial de cultivo en La Paz, Baja California Sur, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 92, e923594. Click aquí

• Shaver EC, Courtney CA, West JM, Maynard J, Hein M, Wagner C, Philibotte J, MacGowan P, McLeod I, Boström-Einarsson L, Bucchianeri K, Johnston L, Koss J. 2020. A Manager's Guide to Coral Reef Restoration Planning and Design. NOAA Coral Reef Conservation Program, NOAA Technical Memorandum CRCP 36: 128 pp. Click aquí

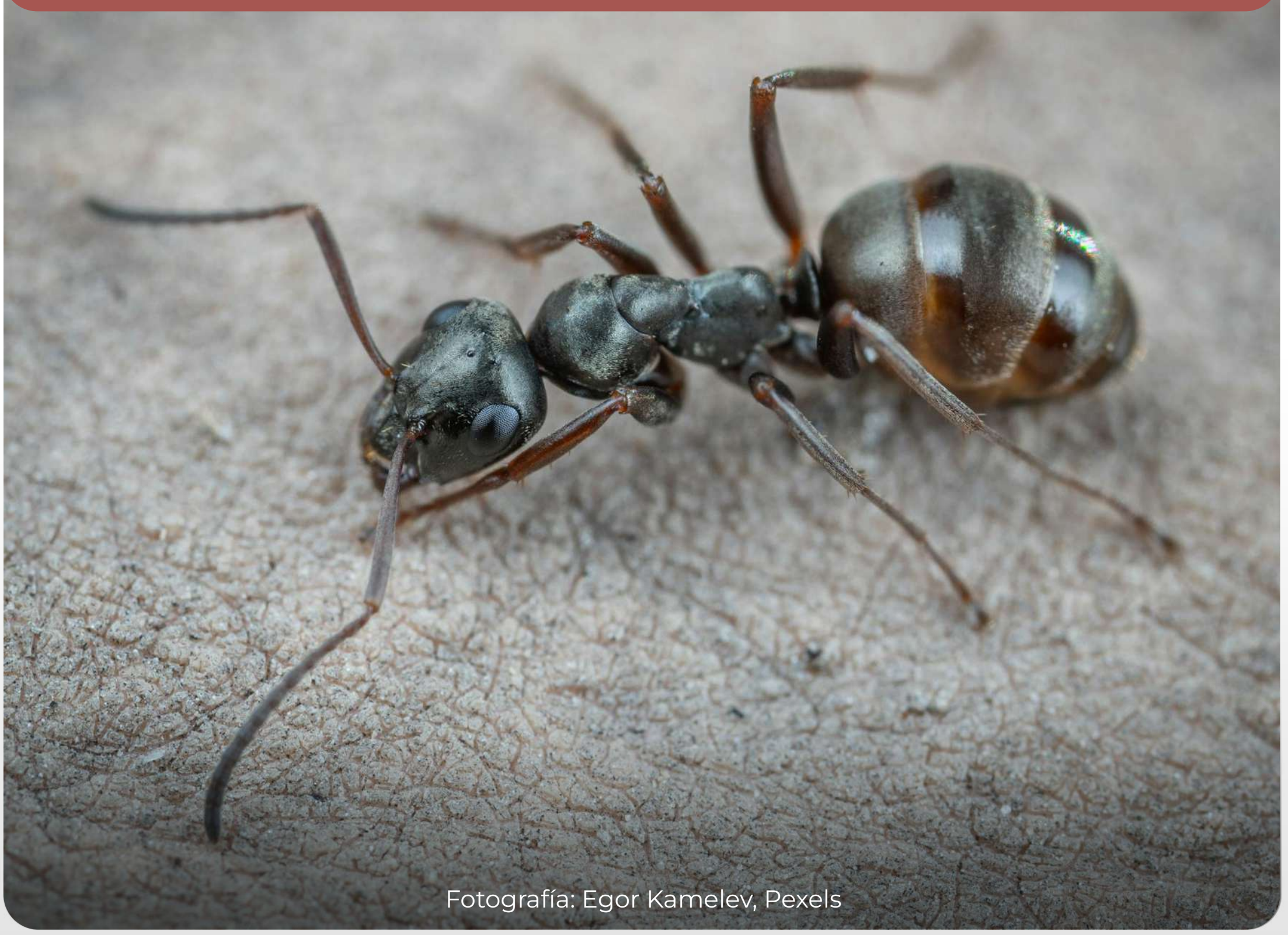
• Tortolero-Langarica JJA, Rodríguez-Troncoso AP, Alvarez-Filip L, Cupul-Magaña AL, Carricart-Ganivet JP. 2023. The contribution of assisted coral restoration to calcium carbonate production in Eastern Pacific reefs. Revista de Biología Tropical 71(S1), e54849. Click aquí

Colonia de coral del género *Pocillopora* en la bahía de La Paz, Baja California Sur. Se pueden apreciar algunos peces arcoiris de Cortés (*Thalassoma* spp.), especies comunes en los arrecifes de la región. Fotografía: Beatriz León-Betancourt

LAS HORMIGAS SOCIALISTAS

Ornela De Gasperin Quintero*
Red de Ecoetología, INECOL

*ornela.degasperin@inecol.mx



Fotografía: Egor Kamelev, Pexels

Las sociedades más grandes, diversas y complejas en el reino animal, son las de los insectos eusociales, sobre todo las de las termitas y hormigas. Todas las sociedades eusociales **se caracterizan por tener individuos especializados en reproducirse y otros en realizar todo lo necesario para el mantenimiento y reproducción de la colonia, menos en reproducirse ellos mismos.** En el caso de las hormigas hay una reina (o varias reinas, dependiendo de la especie; Figura 1) que es quien pone los huevos, mientras que en las termitas hay reina y rey.



Figura 1. La hormiga plateada Alpina, *Formica selysi*. La imagen muestra a una reina con sus hijas-obreras. Fotografía: Santiago Herce Castañón

El nombre de la casta reproductora, 'rey' y 'reina', o solo 'reina', invoca una imagen de autoritarismo y poder jerárquico en estas sociedades (Figura 2). Esperaríamos que la casta de la 'realeza' tome las decisiones sobre la colonia, y las obreras hagan lo que esa casta 'ordena'. Aunque haya millones de obreras, podría parecer que es la 'reina' quien dicta lo que se hace en la colonia. Pero, ¿hay evidencia para decir esto? **Si la reina y las obreras difieren en lo que 'quieren' que haga la colonia, ¿quién tiene más poder, la reina o las obreras?**



Figura 2. Una reina con obreras de termita.
Fotografía: Sharon Dawn, Creative Commons

Distintas líneas de evidencia científica demuestran que **las obreras tienen mayor poder que la reina, y que son ellas las que definen lo que pasa en la colonia**, inclusive cuando esto va en contra de los 'deseos' de la reina.

Por ejemplo, **las hormigas (y las abejas y las avispas) son haplodiploides**. Esto quiere decir que la manera en que se determina el sexo de los individuos depende de si el óvulo está fertilizado o no: **las hembras surgen de huevos fertilizados** (con dos juegos de cromosomas completos, uno de la hembra y otro del macho), **mientras que los machos emergen de huevos sin fertilizar** (con solo el juego de cromosomas de la hembra) (Figura 3).

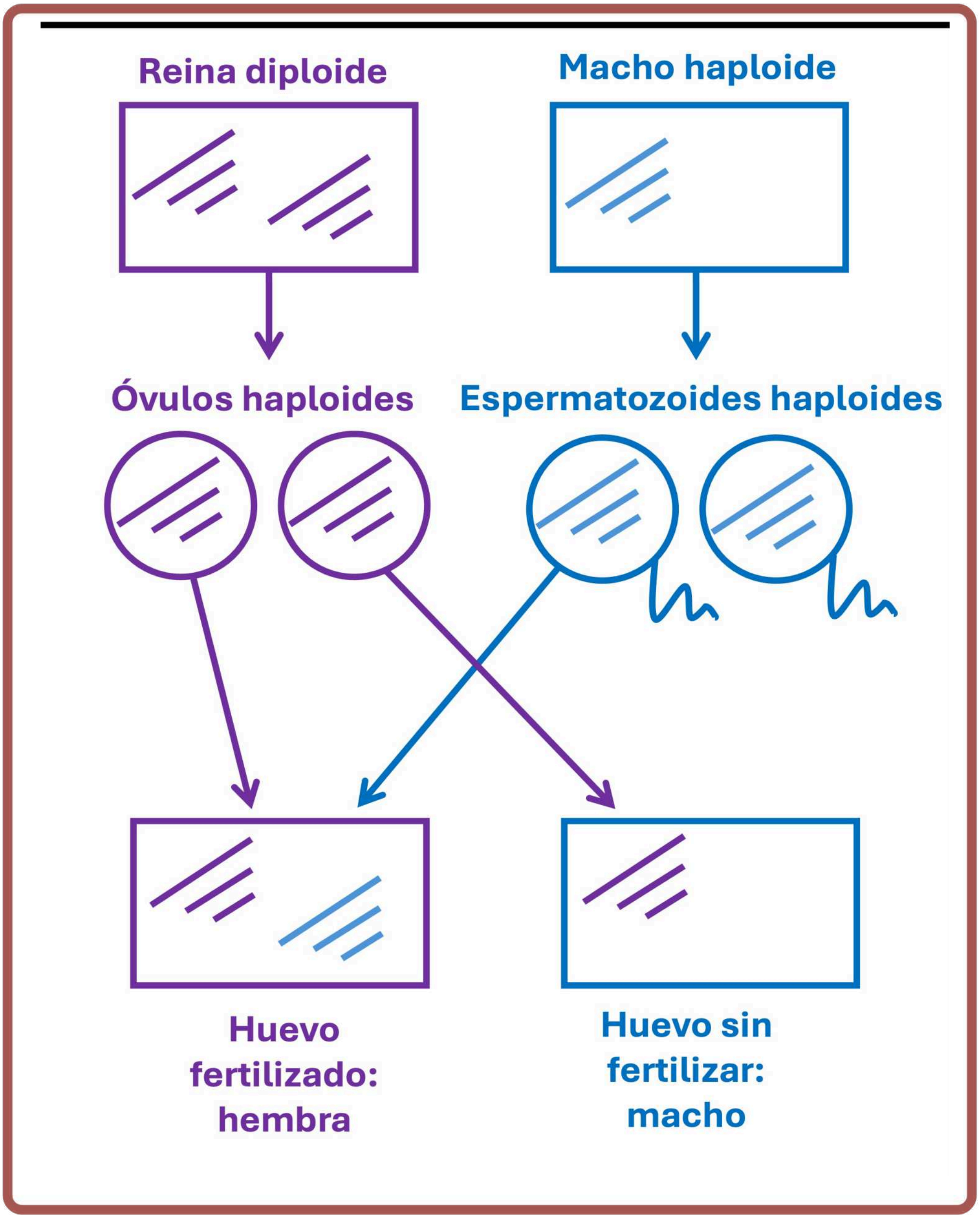


Figura 3. Haplodiploidía en himenóptera (abejas, hormigas, y avispas). Las líneas en las cajas representas los juegos de cromosomas. La reina dispone de dos juegos de cromosomas, mientras que el macho solo cuenta con un juego de cromosmas. Haploide significa que tiene la mitad de la información genética y diploide que tiene la información genética completa. Ilustración: Ornela De Gasperin Quintero

Las reinas tienen control sobre los huevos machos y hembras que ponen, porque ellas se aparean una vez en su vida (Figura 4), y guardan el esperma en una estructura especial llamada espermateca. **Al poner un huevo, ellas deciden si lo fertilizan o no, y por ende si ese huevo dará origen a una hembra o a un macho.**



Figura 4. Apareamiento de una hembra y macho de hormigas de la especie *Lasius niger*.
Fotografía: Daniele Benucci, Creative Commons

Los huevos fertilizados, que dan origen a hembras, pueden producir dos tipos distintos de hembras: reinas jóvenes aladas (Figura 5), que volarán lejos del nido en búsqueda de apareamientos y de un lugar en donde comenzar su nueva colonia (esta será la casta reproductiva de una nueva colonia), **y obreras** (casta no reproductiva). **Todas las obreras en las colonias de hormigas, avispas, y abejas son hembras: los machos se producen solo cuando la colonia es suficientemente grande para reproducirse sexualmente, y se producen durante una ventana pequeña de tiempo en el año.** Cuando esto ocurre, la reina pone huevos haploides (de los cuales emergen machos con alas), y las obreras alimentan de manera distinta a algunas larvas diploides de las cuales crecen hembras con alas en lugar de obreras.



Figura 5. Hormiga reina (*Myrmecia forficata*) antes de su vuelo nupcial en Kialla, Victoria, Australia. Fotografía: Ypna, Creative Commons

El hecho de que los machos sean haploides (que tienen la mitad de los genes que las hembras), **genera diferencia en la cantidad de genes que comparten las obreras con sus hermanas y hermanos y en el número de genes que comparte las reinas con sus hijas e hijos** (hermanos y hermanas de las obreras).

Una obrera comparte con su hermana el 100 % de los genes del padre (porque el padre solo tiene una copia), y el 50 % de los genes de la madre. En total, una obrera comparte con sus hermanas el 75 % de sus genes, y solamente el 25 % de los genes con sus hermanos (25 % de los genes que comparten de los genes de la reina). Sin embargo, la reina no tiene esa asimetría: ella comparte con sus hijas (sean obreras o reinas jóvenes) el 50 % de sus genes, y con sus hijos (machos) el 50 % de sus genes (ya que no usa los genes de los espermatozoides) (Figura 3).

Esta "asimetría" en parentesco hace que para las obreras lo ‘óptimo’ sea producir una progenie sexual sesgada hacia reinas, porque comparten más genes con ellas. Sin embargo, para las reinas lo óptimo es que la progenie sexual sea una hembra por cada macho, porque comparte la misma cantidad de genes con ambos. Aunque hay que recordar que los machos solo se producen cuando la colonia está preparada para reproducirse sexualmente.

¿Quién tiene más poder, la reina o las obreras? En la mayor parte de las especies, se produce una progenie sexual de tres hembras por cada macho, como es óptimo para las obreras, y no para las reinas. **¿Cómo le hacen las obreras para sesgar la proporción sexual?** En algunas especies, destruyen los huevos destinados a producir hermanos, o sesgan la proporción de huevos destinados a reinas jóvenes en vez de a obreras. **Recientemente, estudios realizados en el INECOL mostraron otro caso en el que la clase 'obrera' tiene más poder que la clase 'reina'.**

En la hormiga alpina plateada, dentro de una misma población coexisten colonias con una sola reina y colonias con muchas reinas (Figura 6). En esta especie, un 'supergen' o 'cromosoma' (análogo al cromosoma XX / XY que determinan el sexo en los humanos), determina si hay una reina o muchas reinas. Así como una persona XX es una 'mujer', una reina con cromosoma MM vive en una colonia sin otras reinas, y una reina con cromosoma MP vive en una colonia con otras reinas MP o PP (como si existieran personas YY).



Figura 6. Dos reinas de la especie de hormiga alpina (*Formica selysi*).
Fotografía: Santiago Herce Castañón

¿Qué pasa cuando una reina MM tiene hijas MP? Los cromosomas de la reina dictan una colonia con una sola reina, pero los cromosomas de sus hijas dictan una colonia con muchas reinas. **Estudios experimentales controlados en laboratorio demostraron que son las hijas, las obreras, quienes determinan cuántas reinas viven en la colonia. A pesar de que el genotipo de su madre dicte 'una sola reina' (MM), son las obreras MP quienes deciden si se producen reinas o no.**

Ir al índice

Para saber más:

• De Gasperin O, Blacher P, Choppin M, Chapuisat M. 2025. Supergene regulation of ant social organization: a P haplotype in workers shifts colony ontogeny towards multiple queens. Communications Biology 10(1), 1035. Click aquí

• Mehdiabadi NJ, Reeve HK, Mueller UG. 2003. Queens versus workers: sex-ratio conflict in eusocial Hymenoptera. Trends in Ecology and Evolution 1(2), 88-93. Click aquí

• Meunier J, West SA, Chapuisat M. 2008. Split sex ratios in the social Hymenoptera: a meta-analysis. Behavioral Ecology 1(2), 382-390. Click aquí

Fotografía: iJedy, Pixabay

MOBY DICK, ¡ESA NO ES TU FAMILIA!

Denisse Maldonado Sánchez*
Ismael Guzmán Valdivieso
Red de Biología Evolutiva, INECOL

Viridiana Vega Badillo
Curadora Colección Entomológica IEXA, INECOL

Itzi Fragoso Martínez
Red de Biodiversidad y Sistemática, INECOL

*denisse.maldonado@inecol.mx



Ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) Fotografía: Eduardo Lugo

La novela épica Moby Dick de Herman Melville narra la obsesión del capitán Ahab por cazar al legendario cachalote blanco (un tipo de ballena dentada), que le arrancó una pierna en el pasado. A bordo de su barco, lidera a su tripulación enfrentando peligros y el dilema entre venganza y cordura (Figura 1). **Décadas después de la publicación de la novela, los científicos persiguen una obsesión similar por descubrir las relaciones de parentesco entre los cetáceos**; es decir, entre las ballenas.

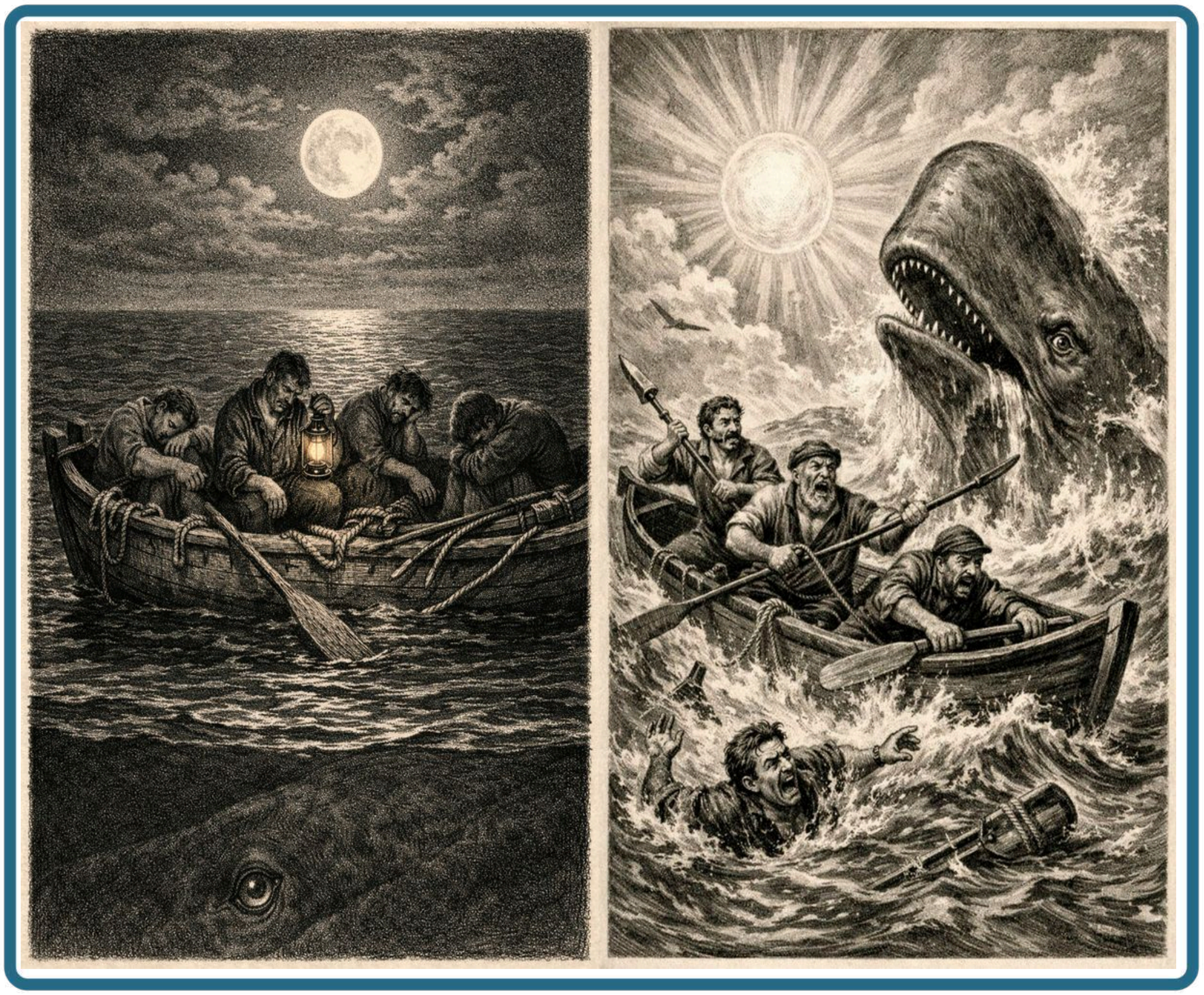


Figura 1. Ilustraciones de pasajes de la novela “Moby Dick” generadas con Inteligencia artificial por los autores (ChatGPT-5.2).

Para presentarte una herramienta clave en biología, **el árbol filogenético, que permite entender el parentesco entre los seres vivos**, compartimos el proyecto desarrollado en el curso “Introducción a la sistemática filogenética 2024”. **Aquí, aprenderás qué es un árbol filogenético, para qué se usa y cómo interpretarlo correctamente, evitando perder la cordura como el capitán Ahab.**

Como contexto, **el origen y evolución de los cetáceos** (mamíferos acuáticos que incluye a las ballenas, delfines, entre otros) fascina a biólogos por ser un notable ejemplo de transición evolutiva. Su registro fósil **documenta cómo estos mamíferos, originalmente terrestres, derivaron de ungulados** (mamíferos con pezuñas, como vacas e hipopótamos) **para adaptarse a la vida marina** (Figura 2).

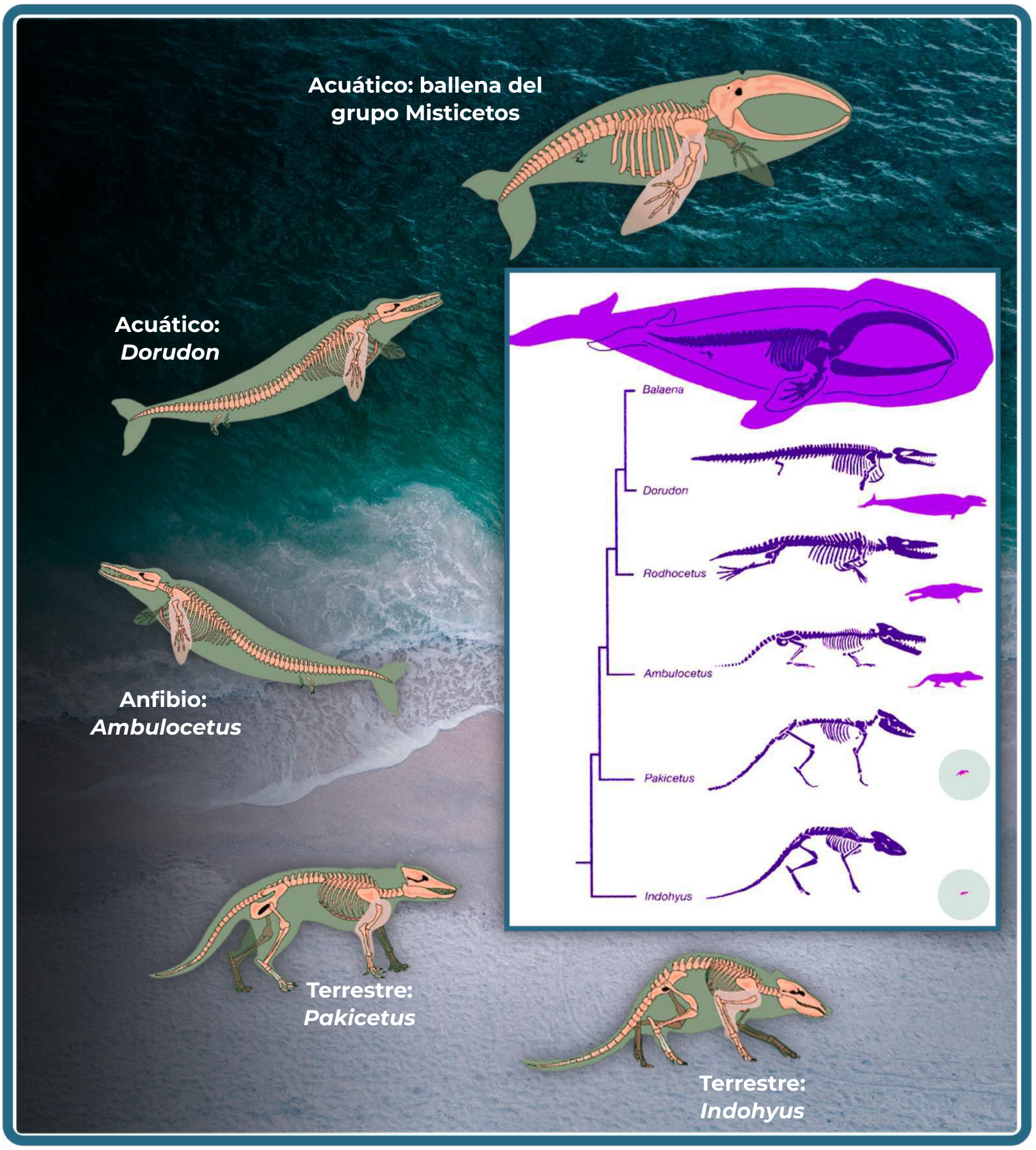


Figura 2. Esquema de la reconstrucción histórica del registro fósil de los cetáceos. Elaboración: Denisse Maldonado-Sánchez

Actualmente, **existen 89 especies agrupadas históricamente en dos subórdenes,** diferenciados por adaptaciones únicas. **Los Odontocetos (ballenas dentadas)** (Figura 3), grupo que incluye marsopas, delfines, y cachalotes como el icónico Moby Dick. Su característica distintiva son los dientes y la ecolocalización, un radar sónico que usan para orientarse y cazar (Figura 4). **Por otro lado, los Misticetos (ballenas barbadas),** comprenden especies como la ballena azul, gris y jorobada, entre otras. Carecen de dientes y ecolocalización; en su lugar, poseen barbas, **estructuras fibrosas que filtran agua para capturar su alimento**, principalmente krill (crustáceo pequeño) y zooplancton (Figura 5).

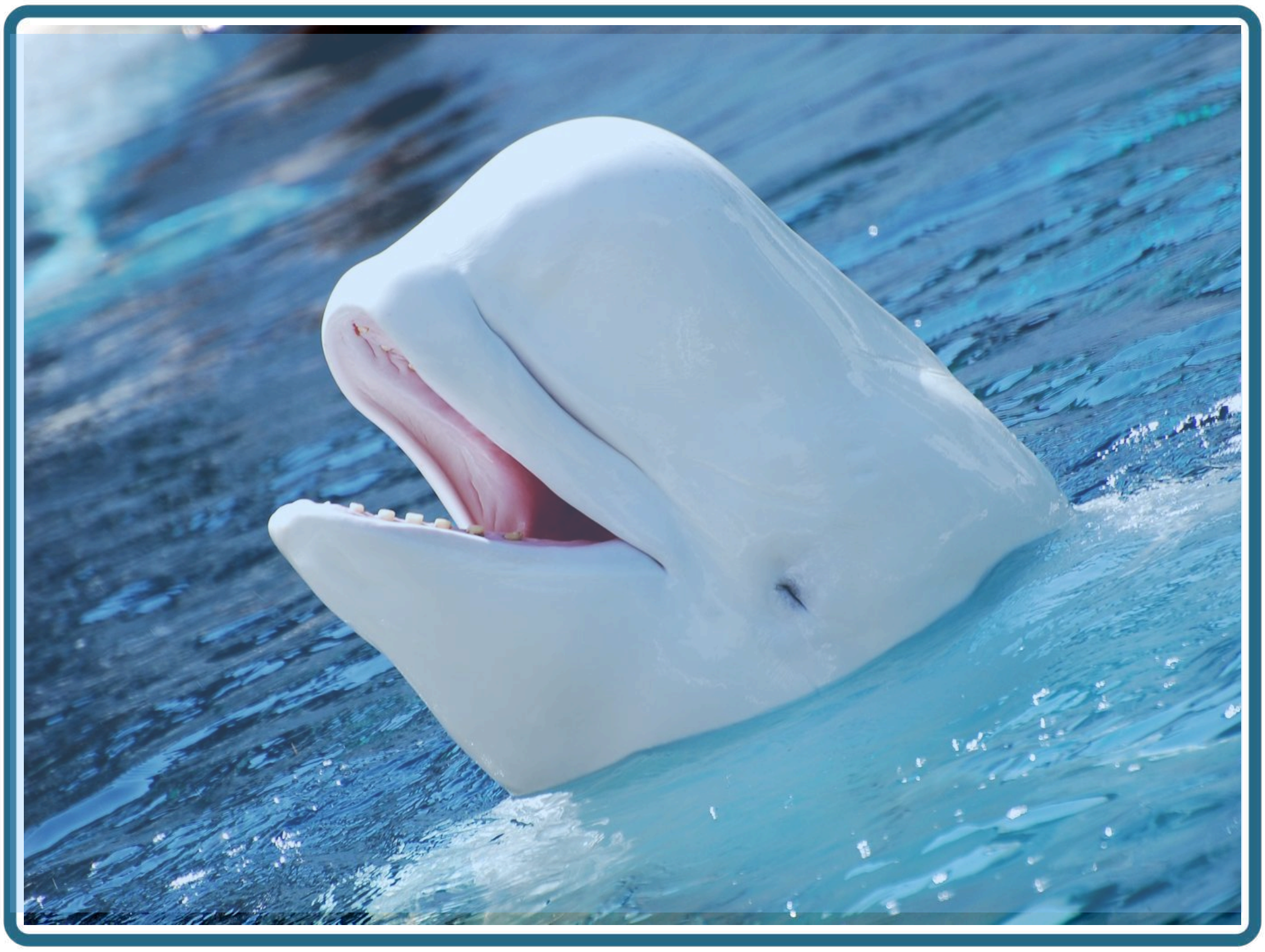


Figura 3. Ejemplar de una ballena con dientes -Odontocetos- (Beluga, *Delphinapterus leucas*). Fotografía: Steve Snodgrass, Flickr

Considerando esta diferencia morfológica tan prominente, resultaba difícil pensar que las relaciones de parentesco entre ballenas no obedecieran a esta separación. Sin embargo, en 1993 se propuso la primera hipótesis para entender las relaciones de parentesco entre los cetáceos actuales, basada en estudios genéticos (secuencias) del ADN de dos genes.



Figura 4. Ilustración del uso de la ecolocalización por las ballenas dentadas. Se observa un cachalote usando la ecolocalización para ubicar a un gran calamar y cazarlo; en el extremo superior izquierdo, las frecuencias de los sonidos emitidos por algunas especies de cetáceos. Elaboración: Denisse Maldonado-Sánchez



Figura 5. Ejemplar de una ballena con barbas -Misticetos- (ballena jorobada, *Megaptera novaeangliae*). Fotografía: Donna Pomeroy, INaturalist

Estas secuencias de ADN se analizan en un programa de cómputo que genera como resultado un árbol filogenético. Este es una representación gráfica de las relaciones evolutivas y la evolución de las especies a lo largo del tiempo. **Imagina un árbol genealógico, pero en lugar de mostrar a padres e hijos en sus ramas, muestra a diferentes especies. Los puntos donde se unen dos ramas (llamados nodos), representan el ancestro común de esas dos especies.** Cuantas más características compartan dos especies, se espera que sean más similares entre ellas y por tanto sus ramas se encontrarán más cercanas una de la otra en el árbol. Cuando un grupo de ramas comparten en el pasado un mismo ancestro común, se le conoce como clado. Si el árbol incluye una escala de tiempo, mientras más te acerques a las puntas de las ramas, donde están los nombres de las especies (o terminales), más cercano al presente estarás, y cuando te alejas de las puntas y te mueves hacia la raíz, más alejado del presente estarás. **Esta escala de tiempo usualmente está en miles o millones de años y esto depende de qué tan antiguo sea el origen del grupo que te interese estudiar.**



Arriba: Delfín austral (*Sagmatias australis*). Fotografía: Christoph Moning.
Abajo: Ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*). Fotografía: Robin Gwen Agarwal

En el trabajo de 1993, se obtuvo un resultado sorprendente: el cachalote (Moby Dick) parecía estar más estrechamente relacionado con las ballenas barbadas (Misticetos) que con cualquier otra ballena dentada (Odontocetos) (Figura 6). Esta hipótesis desafió la clasificación tradicional de los cetáceos y generó intensos debates científicos. Si esto era correcto, la explicación más sencilla (parsimoniosa) sugería que la ecolocalización (distintiva de los Odontocetos) se perdió en los Misticetos (ballenas barbadas), en lugar de suponer que nunca la desarrollaron. **Así, los cachalotes serían la única especie "barbada" que conservó tanto dientes como ecolocalización de sus ancestros, revelando un escenario evolutivo complejo.**



Figura 6. Infografía donde se muestra la representación del árbol filogenético (historia evolutiva) obtenido con los datos del estudio realizado en 1993 y las relaciones filogenéticas recuperadas. Se aprecia que la posición de la rama de Moby Dick el cachalote (*Physeter macrocephalus*) indica que está más relacionada a las especies del grupo de ballenas con barbas (línea azul). Elaboración: Denisse Maldonado-Sánchez e Ismael Guzmán-Valdivieso



Ballena gris (*Eschrichtius robustus*). Fotografía: Ismael Guzmán Valdivieso

En los años posteriores a esta investigación, **se reevaluó la posición filogenética (evolución) del cachalote; para determinar si su parentesco con los Misticetos era una señal biológica genuina o un error metodológico.** Estas reevaluaciones buscaron recolectar mayor evidencia molecular (incorporando más genes a los análisis), para integrarla con evidencia morfológica y del registro fósil. **Para el año 2013, compilando 304 caracteres morfológicos y 26 genes, se integró suficiente evidencia para respaldar la hipótesis de que el cachalote se encuentra realmente más cercanamente emparentado con las ballenas dentadas** (Figura 7). Por tanto, aquellas conjeturas sobre las implicaciones evolutivas fueron producto de un fallo metodológico, y **en realidad los misticetos nunca desarrollaron la ecolocalización y simplemente perdieron los dientes que sí poseían sus ancestros.**

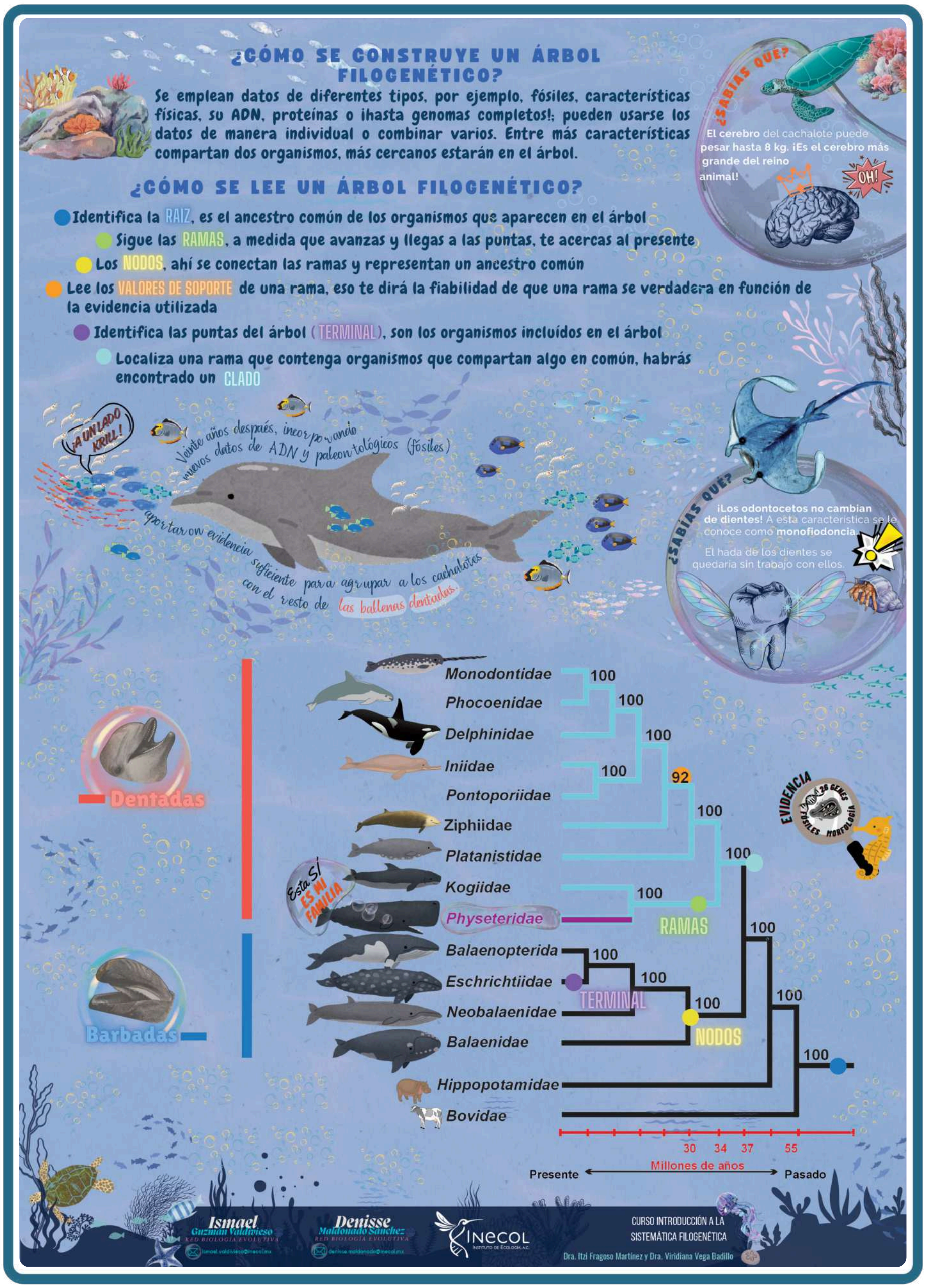


Figura 7. Infografía donde se muestra la representación del árbol filogenético (historia evolutiva) obtenido con los datos del estudio del 2013 y las relaciones filogenéticas recuperadas. En este nuevo árbol, la rama de Moby Dick el cachalote (*Physeter macrocephalus*) vuelve a incluirse con el resto de las especies del grupo de ballenas con dientes (línea roja). Elaboración: Denisse Maldonado-Sánchez e Ismael Guzmán-Valdivieso

Tras ver cómo una hipótesis de parentesco puede cambiar con nueva evidencia, surge la pregunta, ¿cómo determinar si un árbol filogenético es creíble o no? En este tipo de análisis, se reconstruyen centenas de veces la ubicación de las ramas que conforman un árbol filogenético, este proceso permite determinar cuántas veces un par o un grupo de especies (o ramas) se mantuvieron en la misma posición en la configuración del árbol. A esta consistencia se le conoce como valor de soporte, que es un número que va del 1 al 100, e indica qué tan probable o cercana a la realidad es la relación entre un par o un grupo de ramas dadas (entre más cercano a 100 más confiable el parentesco). **El valor de soporte para la relación entre el cachalote y las ballenas barbadas en 1993 fue de 86, mientras que en 2013 el valor de soporte para la relación entre cachalotes y demás ballenas dentadas fue de 100. Lo anterior revela lo poco confiable del resultado planteado en 1993.**



Delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*) Fotografía: Eduardo Lugo

Lo que nos ilustra el caso de Moby Dick es, cómo **la cantidad de datos utilizados en el análisis influye en el resultado del árbol.** No perdamos de vista que aumentar la cantidad de evidencia o de datos, ayuda a reforzar las hipótesis y a profundizar en las preguntas relacionadas con la historia evolutiva del grupo de mamíferos que logró conquistar nuevamente los océanos.

Ir al índice



Para saber más:

- Whale Evolution. Click aquí

- Biofidelity. ¡The evolution of whales and dolphin. Click aquí

- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). 2023. History of whales: origin, evolution, species. Click aquí

Fotografía: ByChelo, Pexels

ANIMALES Y PLANTAS VEMOS, RELACIONES DE TAMAÑO NO SABEMOS

José Luis González-Gálvez
Centro de Investigaciones Tropicales, Universidad Veracruzana

Claudia Álvarez-Aquino
Instituto de Investigaciones Forestales, Universidad Veracruzana

Jordan Golubov
Departamento El Hombre y su Ambiente, Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco

Elvia Cruz-Huerta
Centro de Investigación y Desarrollo en Alimentos, Universidad Veracruzana

Jorge López-Portillo
Ecología Funcional, INECOL

Armando J. Martínez *
Instituto de Neuroetología, Universidad Veracruzana
* armartinez@uv.mx



Cangrejo violinista Fotografía: Randgruppe, Pixabay

Basta recordar "El Hombre de Vitruvio" de Leonardo da Vinci para ubicar el contexto histórico sobre la búsqueda de científicos y naturalistas por la descripción de las proporciones corporales y su relación con procesos biológicos. Sin embargo, **aún persisten preguntas como ¿por qué hay variación en el tamaño corporal? ¿por qué los machos de algunas especies son más grandes que las hembras o viceversa? ¿por qué hay animales y plantas con diferentes tamaños?**

La explicación inicial a estos cuestionamientos radica en **la forma en que la evolución ha moldeado la diversidad de tamaños y formas en las especies mediante la interacción de los organismos con el ambiente, resultando en un proceso de selección natural y sexual.** Por ejemplo, en el cangrejo violinista (*Uca pugnax*), la selección sexual favorece que los machos tengan una quela (pinza) de mayor longitud que las hembras. Este atributo es considerado "atractivo" por las hembras, quienes eligen a los machos con pinzas grandes para así tener mayor descendencia. Por otro lado, en muchas especies como arañas, bivalvos (como las almejas) y mamíferos, las hembras son más grandes que los machos, lo que se ha asociado con la selección sexual y el costo energético que representa la reproducción.



Izquierda, Hombre vitruvio" realizado por Leonardo da Vinci hacia el año 1490. Derecha, escultura de Leonardo Da Vinci en Florencia, Italia. Fotografía: wgbieber, Pixabay

Por ello, es frecuente decir **“el tamaño sí importa” para muchas especies.** Por ejemplo, aunque, el tamaño del cráneo solo es un atributo entre otros, se ha visto que forma parte de un complejo morfológico. Así diferentes estructuras y procesos fisiológicos se ligan con el crecimiento y desarrollo del individuo y su cerebro.

Las observaciones de los naturalistas junto con el conocimiento científico aportaron un método para describir las relaciones de tamaño que fue denominado Alometría. Este término que proviene de los vocablos griegos *allos*, que significa “otro o diferente” y *metron* “medida”, aludiendo a la Alometría como la relación de tamaño entre dos o más estructuras morfológicas del cuerpo de un organismo.



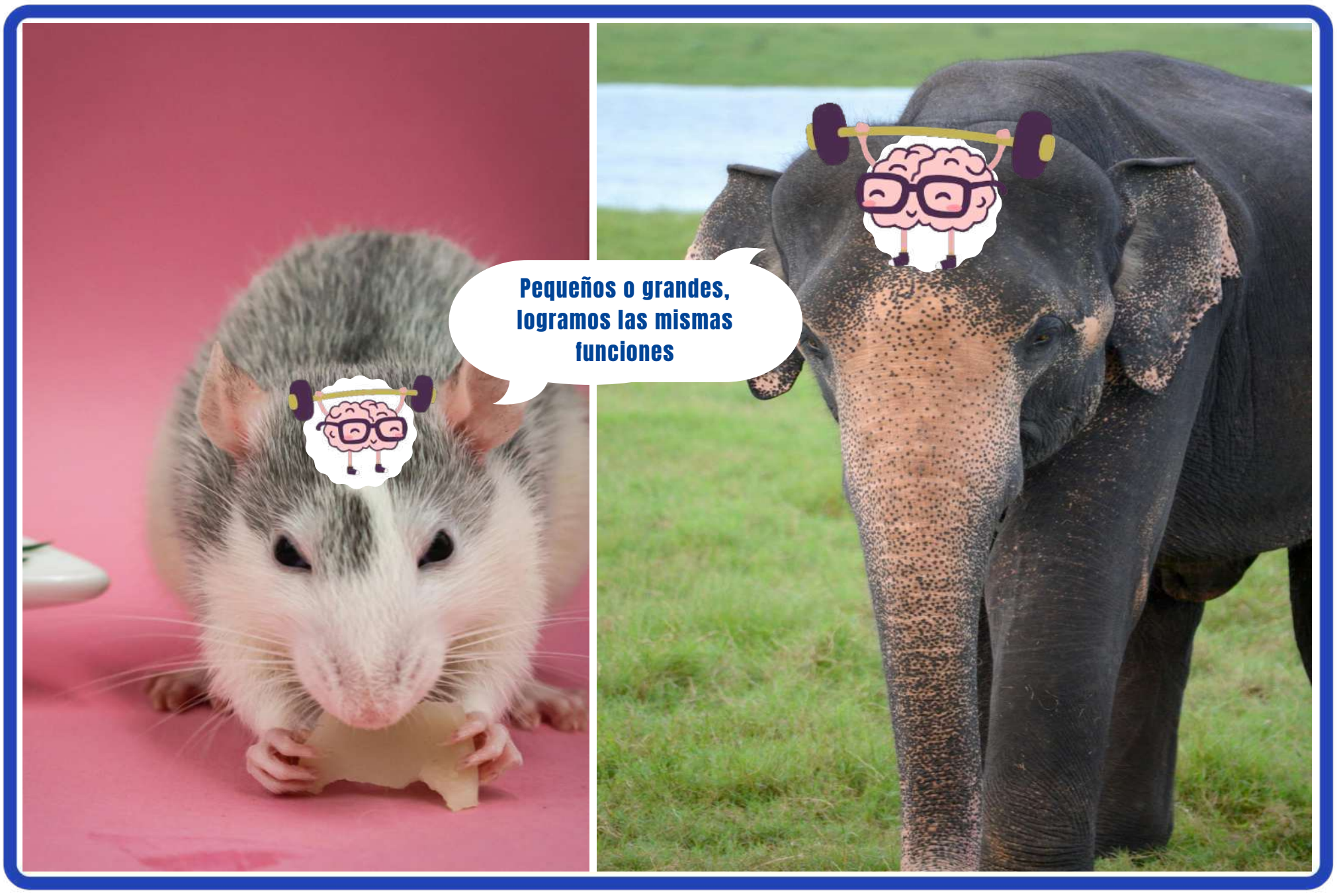
Fotografía: TieuBaoTruong, Pixabay

Inicio de la alometría

El surgimiento del concepto de Alometría en la ciencia lo describe Jean Gayon en el año 2000 y nosotros incluimos de forma acotada algunas particularidades de su revisión.

Fue a inicios del siglo XIX, cuando el zoólogo y botánico francés Frédéric Cuvier, formalizó la primera relación entre el tamaño corporal y el volumen del cerebro en mamíferos, y ligó de forma cuantitativa los factores vinculados con el tamaño del cerebro. Después el naturalista holandés, Eugène Dubois aportó un modelo matemático y explicó la relación entre la masa del cerebro y la masa del cuerpo (soma). Esta relación se conoce como **coeficiente de cefalización del animal, y con ello se describe qué tan grande es el cerebro de los animales en relación con el tamaño del cuerpo del animal.**

Una aportación clave fue la del fisiólogo francés Louis Lapicque, quien formalizó la teoría de Dubois en un modelo matemático, demostrando la relación relativa entre el tamaño del cerebro y el tamaño del cuerpo. Años después, surgieron más aportaciones teóricas relacionadas con la dimensión corporal, pero Huxley y Teissier en 1930 unificaron las diferentes perspectivas metodológicas. Estos autores **integraron una ecuación matemática y una gráfica que mostraba la manera en que el tamaño del cerebro cambia en relación con el tamaño del cuerpo; esta proporción se llamó coeficiente alométrico.** Más adelante Huxley y Teissier en 1936, estandarizaron la terminología científica del estudio del crecimiento relativo bajo el concepto central de la alometría.



Fotografía izquierda (ratón): Nikolett Emmert. Fotografía derecha (elefante): Inguaribile Viaggiatore. Pexels

Años más tarde Stephen Jay Gould (1967) en su artículo *Alometría y tamaño en la ontogenia y filogenia* explicó la relación del tamaño y la forma de diversas especies de animales, lo que denominó como "evolución del tamaño". Demostró la importancia del "estudio del tamaño y sus consecuencias", lo cual se aplica en todos los sistemas biológicos.

En ese sentido, **para explicar las relaciones de tamaño, se muestra el siguiente ejemplo con tres poblaciones del escarabajo come nopales** (*Trachyderes mandibularis*, Cerambicidae). **Medimos la relación entre la longitud del cuerpo y la longitud de su antena** y se muestran en una gráfica las alometrías proyectadas (tres líneas): **a) escarabajos con cuerpo más largo tienen antenas más cortas, b) escarabajos con cuerpos y antenas del mismo tamaño y c) escarabajos con antenas más largas que los cuerpos** (Figura 1).

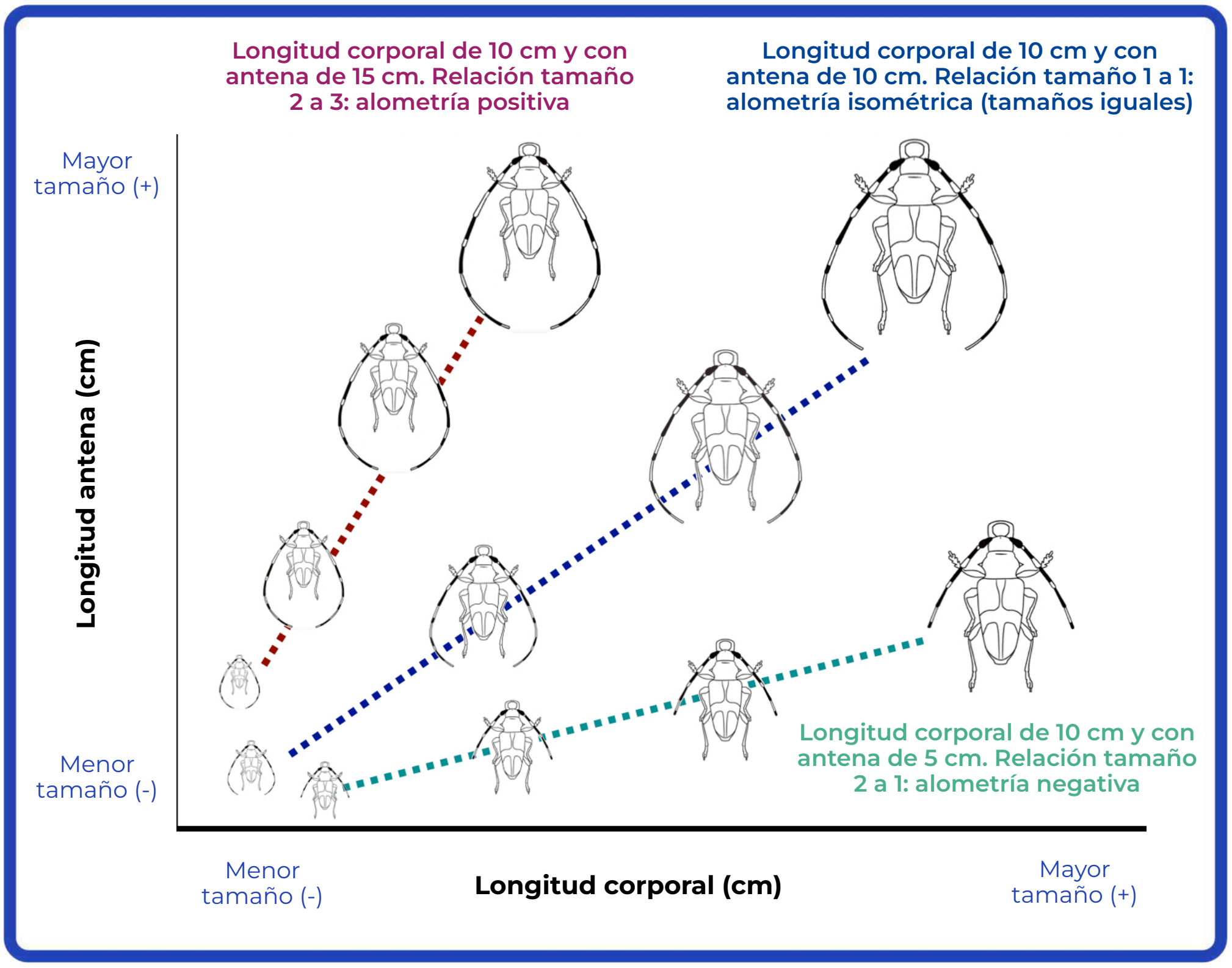


Figura 1. Proyecciones alométricas entre la longitud corporal vs. longitud de la antena del escarabajo (cerambícido, *Trachyderes mandibularis*). Líneas punteadas indican tres relaciones alométricas con sus coeficientes de tamaño: antena más larga con cuerpo corto (proporción 2 a 3, línea roja), antena en proporción 1 a 1 de longitud corporal (línea negra), y antena corta con cuerpo largo (proporción 2 a 1, línea verde). Ilustración: Aitana Martínez Durán.

Tipos de alometría

La alometría biológica tiene **cuatro aproximaciones** que contribuyen al conocimiento sobre los procesos evolutivos, metabólicos, ecológicos de las diversas especies (Figura 2-5):

1 **Alometría intraespecífica y/o estática, estudia la relación entre rasgos de tamaño en una especie, por ejemplo, comparando entre hembras y machos de una misma población.**

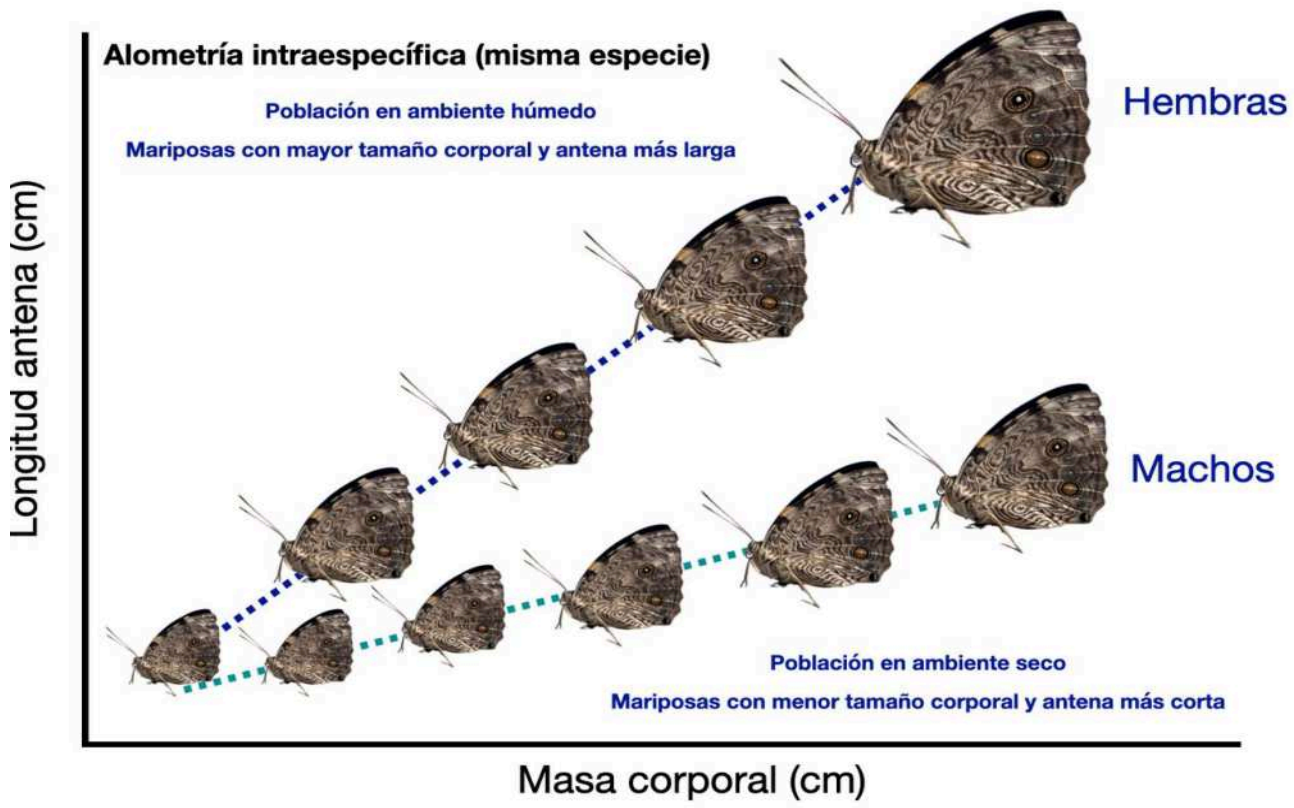


Figura 2. Alometría intraespecífica (dentro de una especie). Elaboración y fotografía: Armando J. Martínez

2 **Alometría interespecífica y/o evolutiva, describe los cambios en los rasgos de tamaño entre dos o más especies, comparando una misma estructura, por ejemplo, entre una ballena y un gorila.**

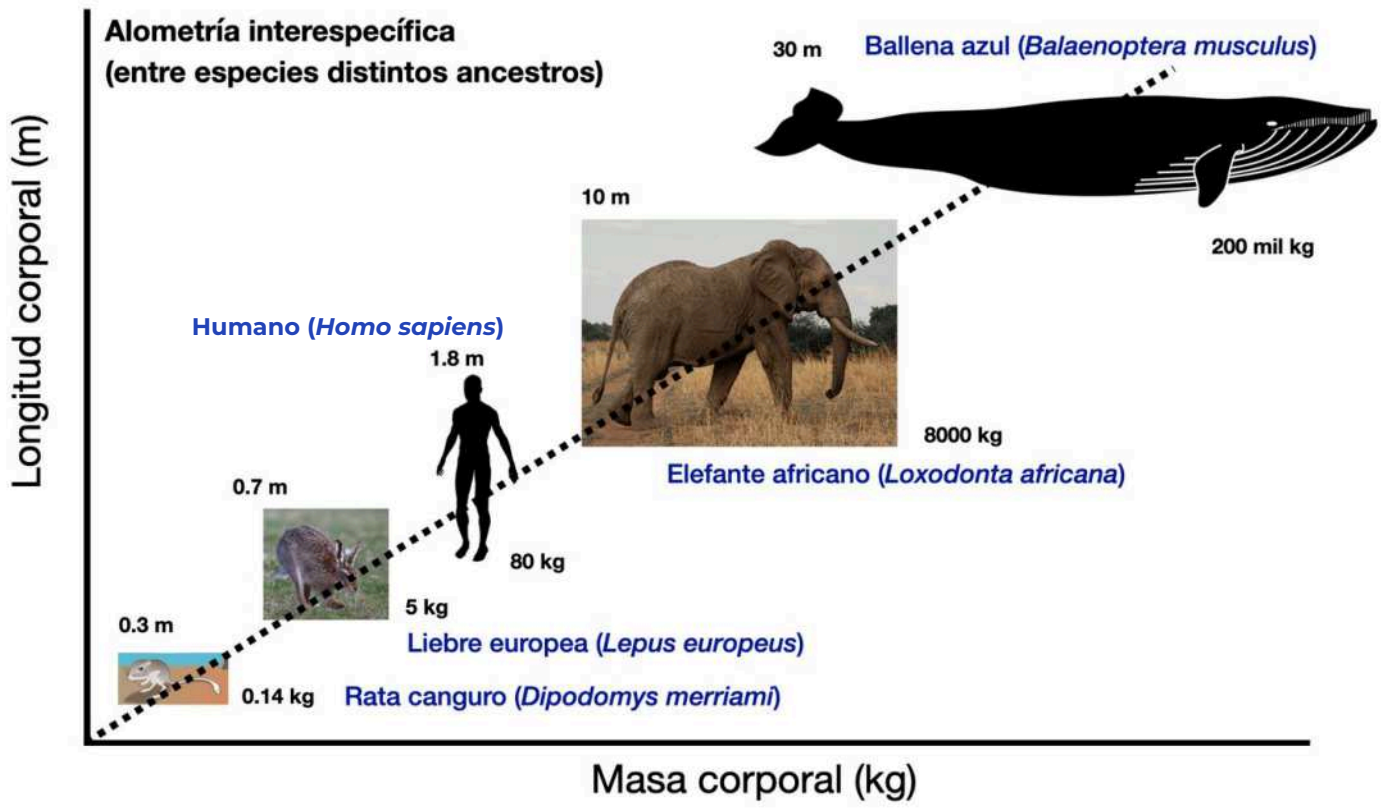


Figura 3. Alometría intraespecífica (entre especies). Elaboración: Armando J. Martínez. Fotografías: Aidan Semmens, Fran Barreto, Eliya Philip, OpenClipart-Vectors en Pixabay

3 **Alometría ontogenética, indica la variación entre el tamaño de los rasgos morfológicos durante el desarrollo de los organismos de una especie, por ejemplo, el tamaño de los pies humanos.**

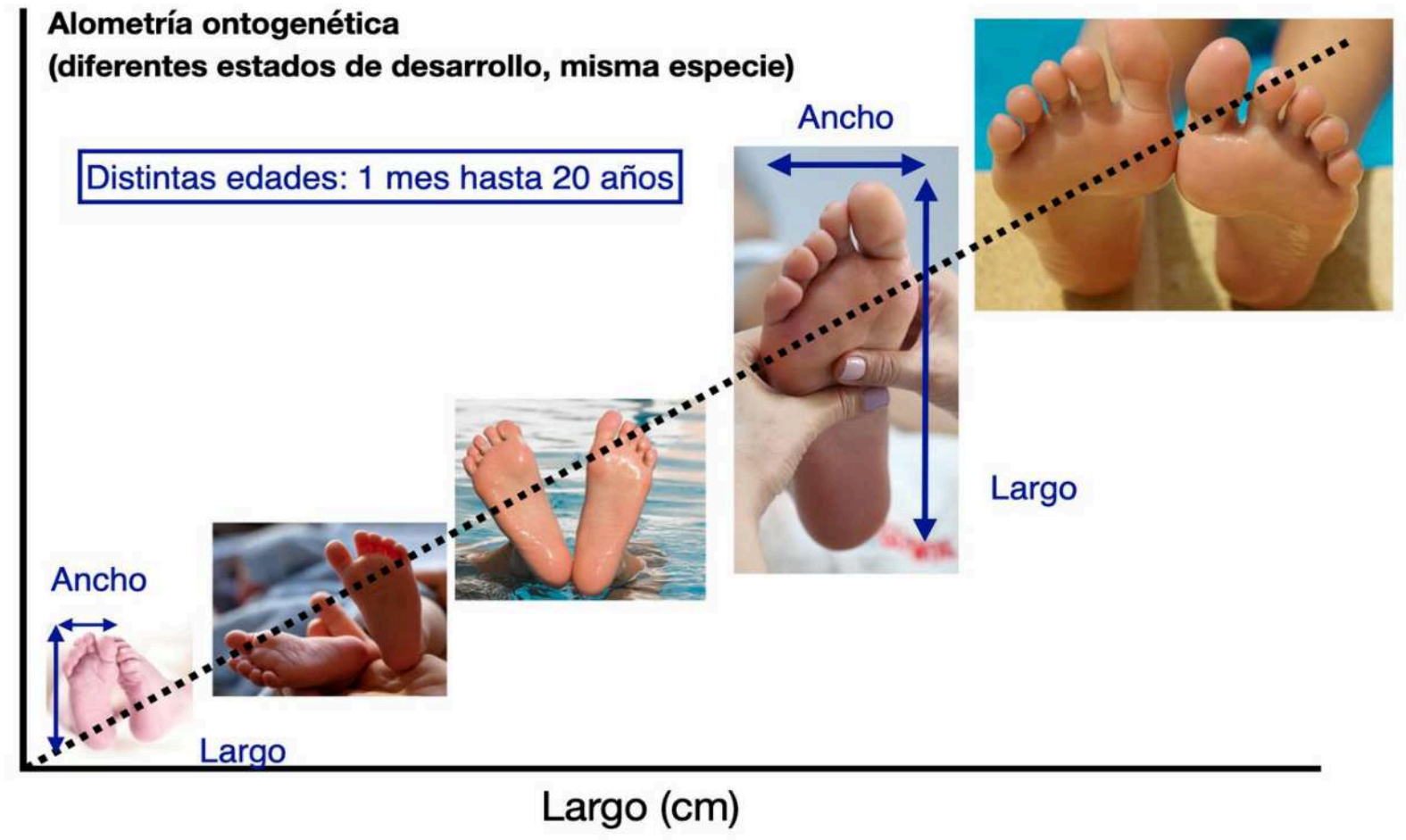


Figura 4. Alometría ontogenética (crecimiento del individuo). Elaboración: Armando J. Martínez. Fotografías: Pixabay

4 **Alometría filogenética, describe los cambios de tamaño entre especies que comparten el mismo origen evolutivo. Un ejemplo es la comparación de la masa corporal y la longitud del cuerpo (rasgos morfológicos) entre algunas de las 37 especies de delfines de la familia Delphinidae.**

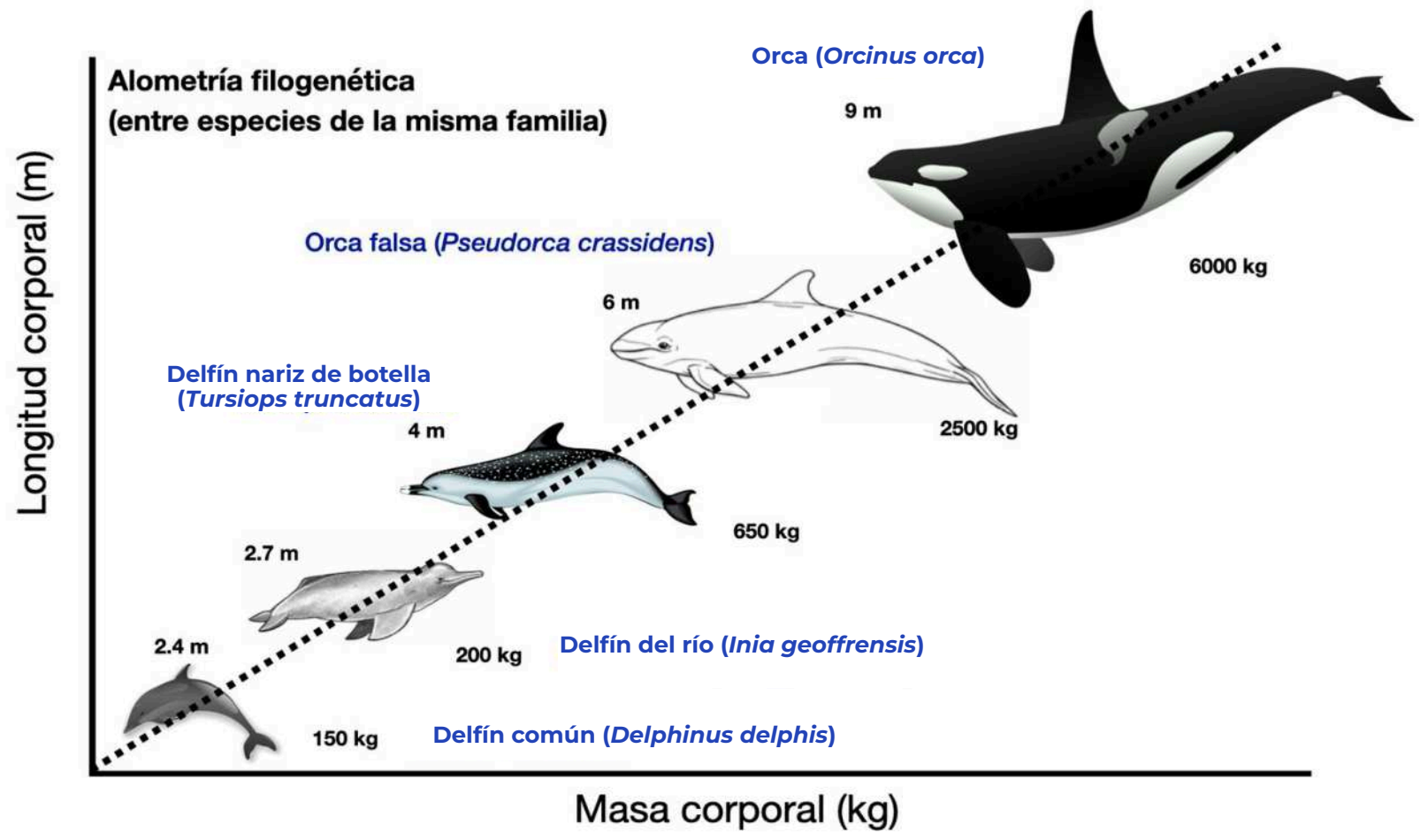


Figura 5. Alometría filogenética (entre especies relacionadas). Elaboración: Armando J. Martínez. Fotografías: Clker-Free-Vector-Images en Pixabay y ©M.Dewynter/CARIMAM

Algunos estudios de alometría

En la revisión de Fairbairn de 1997 “Alometría para el dimorfismo sexual”, se hace énfasis en las diferencias notables entre el tamaño corporal de hembras y machos de diversas especies.

Mientras que en el estudio “Tallo: una base de datos global de alometría de árboles y arquitectura de copas”, se muestra que el tamaño de los árboles (diámetro del tronco y altura) de diversas especies, ha mostrado una reducción promedio de 5.4 % a nivel mundial. Una posible explicación que se atribuye al efecto del cambio climático. Asimismo, los mosquitos están aumentando su tamaño corporal (hiperalometría), lo cual se relaciona con mayor fecundidad en las hembras.

Es así como la historia sobre la alometría y su alcance como método, deja una visión muy clara de los procesos asociados con los atributos de tamaño en diversas especies y en sus distintos contextos biológicos.

Ir al índice

Agradecimientos:

Agradecemos las sugerencias y comentarios proporcionados por los revisores y a Aitana Martínez Durán por procesar las imágenes. El estudio fue apoyado por SEP-PROMEP UVER-PTC-223 proporcionado a AJM y al Doctorado en Ecología Tropical, Universidad Vercruzana.

Para saber más:

• Gayon J. 2000. History of the concept of allometry. American Zoologist 40(5), 748-758. Click aquí

• Jucker T, Fischer FJ, Chave J, Coomes DA, Caspersen J, Ali A, ... Zavala MA. 2022. Tallo: A global tree allometry and crown architecture database. Global Change Biology, 28(17), 5254-5268. Click aquí

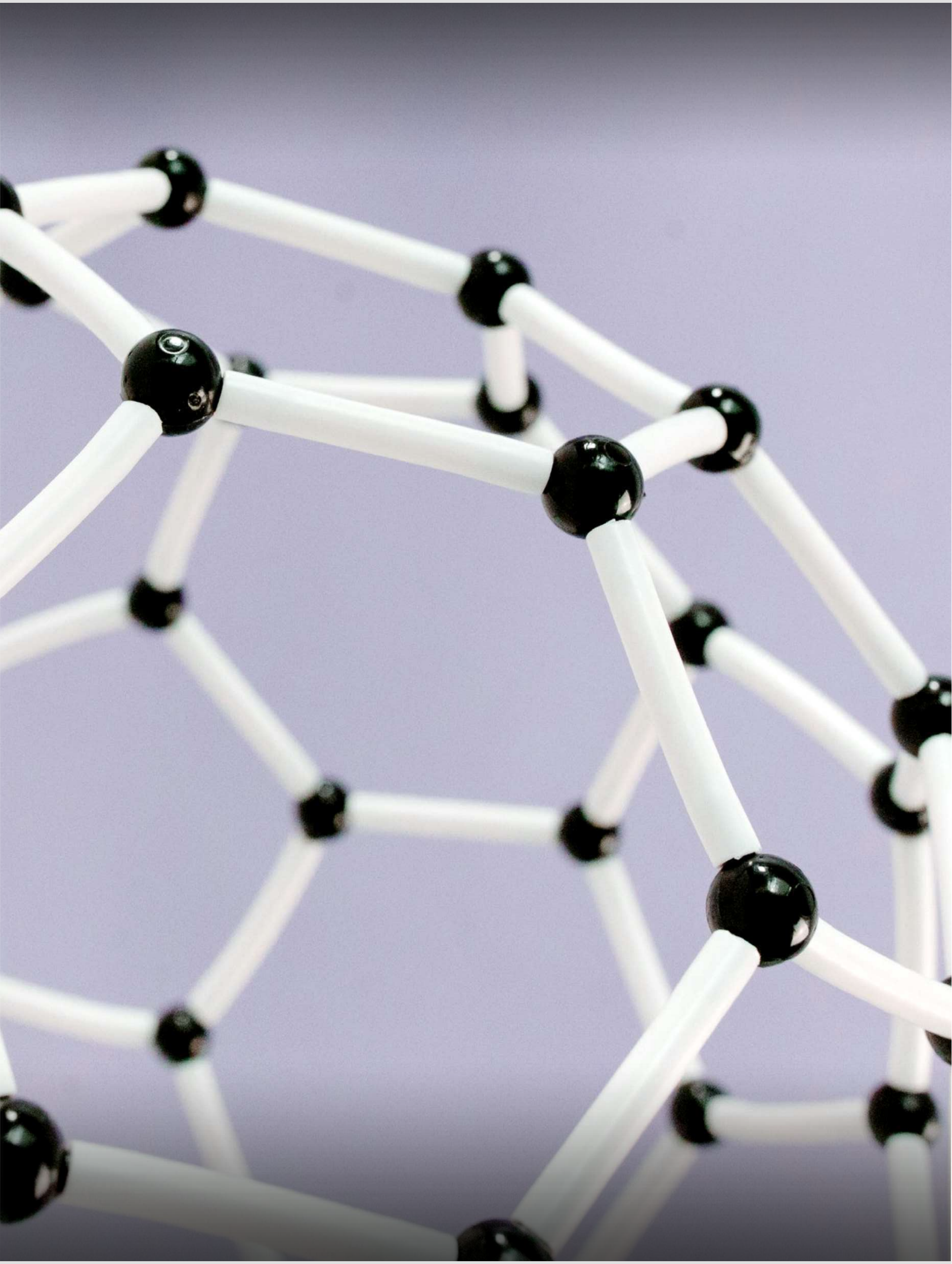
• Nørgaard LS, Álvarez-Noriega M, McGraw E, White CR, Marshall DJ. 2022. Predicting the response of disease vectors to global change: The importance of allometric scaling. Global Change Biology 28(2), 390-402. Click aquí

Ilustración: GDJ, Pixabay

Jóvenes Científicos



Fotografía: Tara Winstead, Pexels



JAZZ SUBMARINO: CANTOS DE BALLENAS, UNA TRADICIÓN CULTURAL

Uziel Abdel Arizmendi Narváez*
Licenciatura en Biología, Facultad de Biología, Universidad Veracruzana

Emilio Alfonso Suárez Domínguez
Julliana Wellen Barretto Marcelino
Museo de Zoología, Facultad de Biología, Universidad Veracruzana

*zs21011237@estudiantes.com



Grupo de ballenas jorobadas nadando en aguas de Vava'u, Tonga.
Fotografía: owl1031, iNaturalist (CC BY-NC)

En lo más profundo del océano Pacífico, resuenan melodías que duran veinte minutos aproximadamente y se repiten una y otra vez, como si el mar escondiera un festival secreto. Estas canciones pareciera que provienen de instrumentos humanos, pero en realidad son generadas por uno de los mamíferos más grandes e inteligentes del planeta: la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*). Famosas por sus saltos acrobáticos, **las ballenas jorobadas también son compositoras.** Sus cantos no son simples sonidos para comunicarse; **son verdaderas piezas musicales que evolucionan con el tiempo**, viajan de un océano a otro y muestran una creatividad que sorprende a la ciencia. Desde que fueron grabadas por primera vez en los años setenta por los biólogos Roger Payne y Scott McVay, estas melodías han fascinado a investigadores, artistas y amantes de la naturaleza. **Lo que comenzó como un estudio biológico terminó revelando uno de los ejemplos más claros de cultura animal; es decir, comportamientos transmitidos socialmente entre individuos de una especie no humana.**



Ballenas jorobadas nadando en aguas de Vava'u, Tonga.
Fotografía: Wayne y Pam Osborn, iNaturalist (CC BY-NC) Audio: MBARI (Monterey Bay Aquarium Research Institute). (2015). Humpback whale song recorded by MARS deep-sea observatory. Recuperado de https://freesound.org/s/448984/. Licencia: CC BY-NC 4.0

Arquitectura de una sinfonía submarina

Payne y McVay descubrieron que **los cantos de las ballenas tienen una estructura jerárquica comparable con una composición musical humana** (Figura 1). Primero están las notas individuales o unidades acústicas, que forman frases; estas frases se organizan en temas, y todos los temas juntos crean una canción completa. Cada canción dura unos 20 minutos y se repite durante horas, como un concierto submarino.

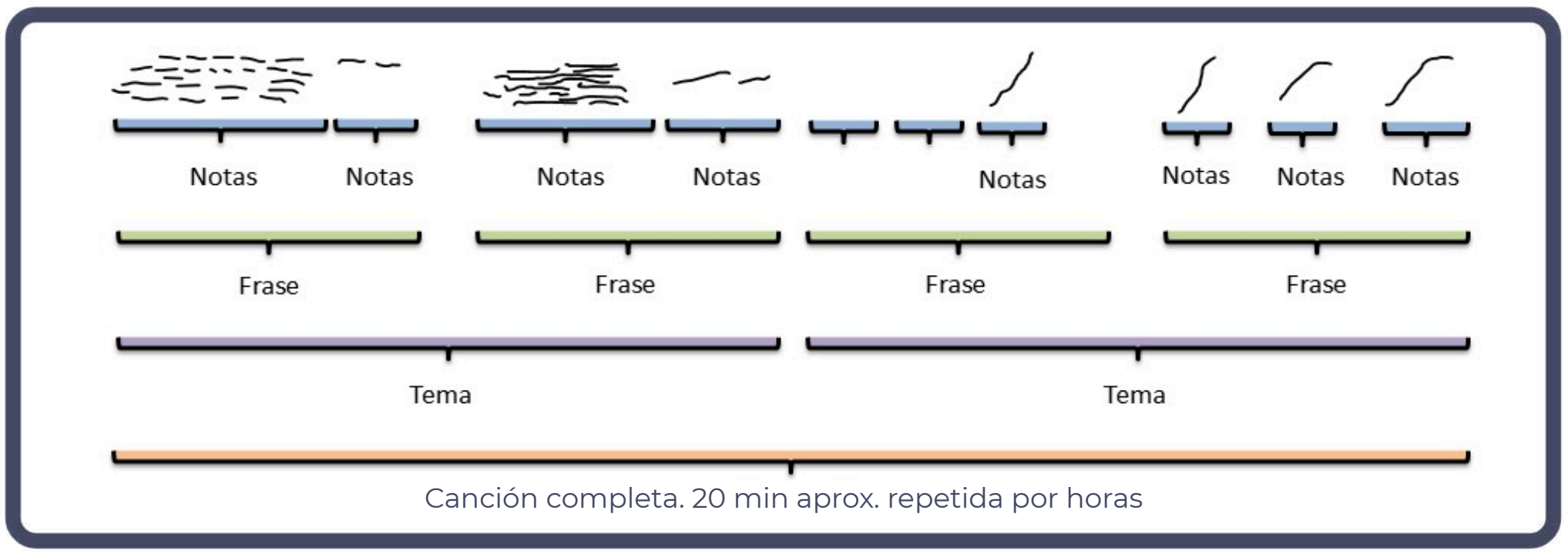


Figura 1. Estructura jerárquica del canto de ballena jorobada. Ilustración: Uziel Abdel Arizmendi Narváez. Esquema elaborado con base en Payne y McVay (1971)

Lo más fascinante es que todas las ballenas de una misma población cantan la misma melodía base, pero cada una introduce sutiles variaciones, modificando el ritmo, la duración de las notas o su frecuencia. Esta flexibilidad te transporta al jazz, donde los músicos reinterpretan un tema clásico aportando su propio estilo. Así, los océanos se llenan de interpretaciones únicas de una misma "obra colectiva".

Revoluciones culturales en el mar

En la década de 1990, el investigador australiano Michael Noad y su equipo observaron un fenómeno sorprendente. Durante tres años de monitoreo en el Pacífico Occidental, registraron cómo toda una población cambió por completo sus canciones (Figura 2). Las melodías antiguas fueron abandonadas y sustituidas por otras nuevas que se convirtieron rápidamente en el repertorio dominante. A este fenómeno lo llamaron "revolución cultural", el cual evidencia que los cantos de las ballenas no son comportamientos rígidos dictados solo por la biología, sino expresiones culturales colectivas que evolucionan con rapidez, de manera muy semejante a cómo en las sociedades humanas surgen y se imponen nuevas modas musicales.

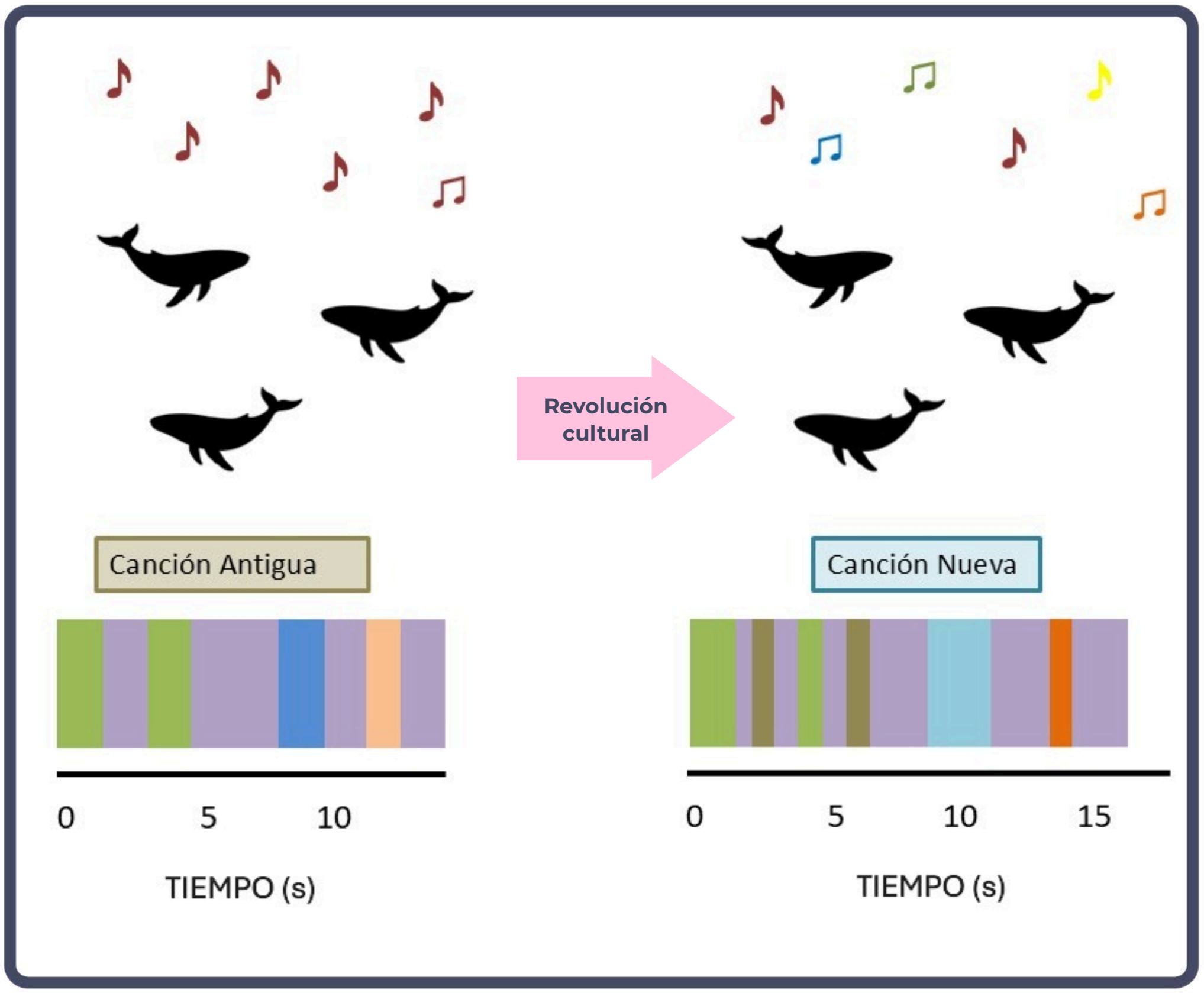


Figura 2. Revolución cultural: ballenas reemplazan colectivamente su canción. Ilustración: Uziel Abdel Arizmendi Narváez. Esquema elaborado con base en Noad *et al*. (2000).

Canciones que cruzan continentes

En 2011, la científica Ellen Garland y su equipo dieron otro paso crucial en la comprensión de los cantos de las ballenas jorobadas. Su investigación demostró que **una canción originada en Australia Occidental fue adoptada gradualmente por distintas poblaciones de ballenas jorobadas, expandiéndose hacia el Pacífico Central y Oriental** en el transcurso de algunos años. **Este descubrimiento reveló que las ballenas forman una red cultural a escala planetaria** (Figura 3): cada población funciona como un nodo que recibe, modifica y comparte innovaciones sonoras. Así como el jazz nació en comunidades afroamericanas y terminó influyendo a músicos de todo el mundo, las canciones de ballenas viajan de océano en océano, transformándose con cada interpretación. **Los océanos, antes vistos como simples barreras geográficas, son en realidad corredores culturales que conectan a estos gigantes marinos en una red acústica global.**



Figura 3. Difusión cultural de canciones de ballenas jorobadas: una melodía se transmite entre poblaciones del Índico y se transforma en cada región. Ilustración: Uziel Abdel Arizmendi Narváez. Esquema elaborado con base en Garland *et al*. (2011).

Ciencia y cultura bajo el mar

Investigaciones recientes muestran que estos cantos son productos culturales organizados. Mercado III y Perazio identificaron patrones estructurales en los cantos que sugieren la existencia de reglas internas en su producción. Lo anterior **implica procesos de memoria a largo plazo, imitación y flexibilidad cognitiva, semejante a cómo los humanos aprenden melodías y lenguas.**

Además, Jennifer Allen demostró que durante las “revoluciones culturales” los cantos reducen su complejidad de manera temporal para luego volver a enriquecerse. Así mantienen cohesión sin perder innovación. Además, cada ballena modifica ritmo, duración o frecuencia, dejando su estilo personal, como un músico improvisando.

La diversidad sonora enriquece el repertorio colectivo y refuerza la identidad cultural de cada región. **Estos hallazgos sitúan a las ballenas jorobadas junto a las aves cantoras, los delfines y los primates como animales con culturas vocales complejas. Comprender sus cantos da pistas sobre el origen de la música y el lenguaje humano, impulsados por cohesión social, atracción sexual y transmisión intergeneracional.**

Conservación de un patrimonio sonoro

Los cantos de ballenas, patrimonio cultural y biológico, hoy están en riesgo. El sonido viaja cuatro veces más rápido en el agua que en el aire, por lo que dependen del oído para sobrevivir. **Sus canciones forman una red de comunicación oceánica para encontrar pareja, coordinar movimientos y mantener cohesión social. Pero el tráfico marítimo, el sonar militar y la exploración petrolera, entre otros, llenan el océano de ruido que interfiere con esta red acústica.** Las ballenas intentan compensar aumentando volumen o cambiando frecuencia, pero con límites: una interrupción prolongada podría borrar repertorios acumulados durante generaciones, como perder una lengua ancestral humana.

La protección de las ballenas jorobadas es preservar un legado cultural que conecta océanos y generaciones. Reconocerlas como artistas no humanos transforma nuestra relación con ellas: son músicos del océano, intérpretes de una sinfonía colectiva que resuena desde hace siglos. **Conservarlas asegura que futuras generaciones escuchen esta orquesta natural que trasciende fronteras y nos conecta con la vida en la Tierra.**



Ir al índice

Para saber más:

• National Geographic. 2019. Las canciones de las ballenas: música bajo el mar. National Geographic. Click aquí

• Garland E, Rendell L. 2017. Humpback whale song revolutions. The Conversation. Click aquí

• NOAA Fisheries. 2023. Humpback whale: songs and sounds. NOAA. Click aquí

Ballena jorobada nadando bajo la superficie en Îles du Vent, Polinesia Francesa.
Fotografía: lynn_29, iNaturalist (CC BY-NC)

ATÚN AZUL DEL PACÍFICO: UN DESAFÍO PARA ENSENADA

Jesús Antonio Pitones Verdugo*
Angélica Colín Martínez
Facultad de Ciencias,
Universidad Autónoma de Baja California

jesus.pitones@uabc.edu.mx*



Ejemplar adulto de atún aleta azul capturado. Fotografía: NOAA Fisheries. Dominio público

Importancia económica del atún azul en Ensenada

Seguramente alguna vez has probado el atún en una ensalada o un sushi, pero ¿te has detenido a pensar de dónde viene y cuál es su historia en el mar? **Este pez marino migratorio se encuentra en todos los océanos, especialmente en zonas tropicales y templadas.** Destaca por su carne firme y de alto valor nutricional. **En México hay varias especies de atún**, entre ellos el atún de aleta amarilla (*Thunnus albacares*), aleta azul (*Thunnus orientalis*) y barrilete (*Katsuwonus pelamis*).

El atún aleta azul del Pacífico es un verdadero viajero del océano, una especie que recorre miles de kilómetros en **un ciclo que conecta el lejano mar de Japón con las aguas frías de Baja California** (Figura 1). Su vida podría compararse con la de un estudiante de intercambio: nace en un país, crece en otro y, cuando madura, regresa a casa; en este caso, para reproducirse.

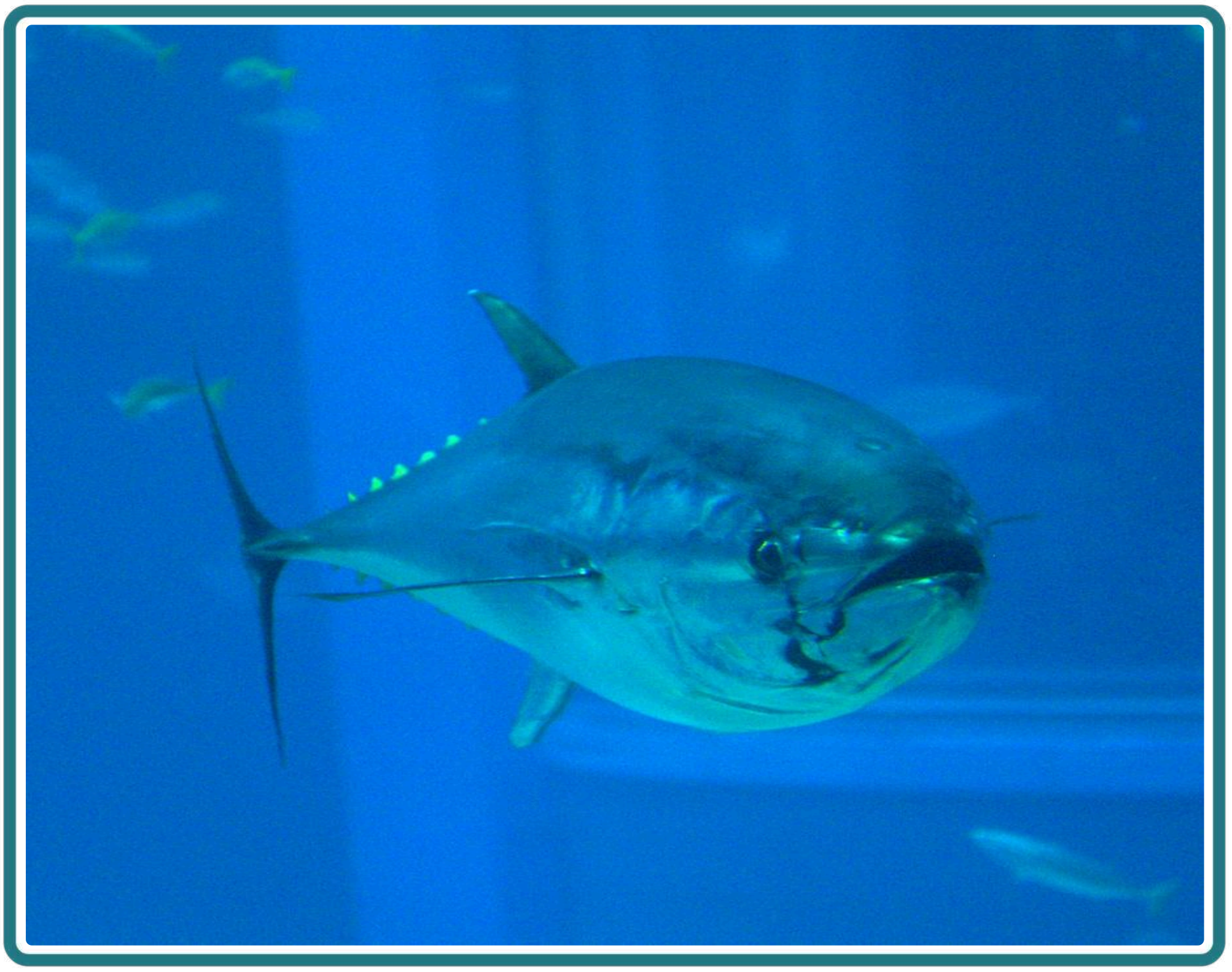


Figura 1. Atún aleta azul (*Thunnus orientalis*) observado en el acuario Kaiyukan de Osaka, Japón. Esta especie se caracteriza por su cuerpo robusto, su dorso azul metálico y sus aletas pectorales cortas, rasgos que le permiten alcanzar grandes velocidades durante la migración.
Fotografía: OpenCage (2007), licencia CC BY-SA 2.5, Wikimedia Commons

En el Pacífico Occidental, entre abril y agosto, estos gigantes marinos comienzan su historia. El atún aleta azul del Pacífico es uno de los peces óseos más grandes del mundo: los adultos pueden superar los tres metros de longitud y alcanzar más de 600 kilogramos de peso. Allí, en las cálidas aguas del mar de Japón y el mar de China Oriental, las hembras liberan millones de diminutos huevos que flotan como si fueran semillas al viento.



Ejemplares de atunes aleta azul estudiados en el Laboratorio Biológico del Atlántico Tropical. Los peces se muestran a escala, lo que permite apreciar su gran tamaño, alcanzando algunos individuos hasta aproximadamente 2.4 metros de longitud. Este tipo de registros históricos ha sido fundamental para el estudio de la biología, el crecimiento y la explotación pesquera de los grandes atunes oceánicos. Fotografía: NOAA Fisheries. Dominio público

Cuando los juveniles tienen apenas uno o dos años, algunos emprenden un viaje épico que los lleva a cruzar todo el océano hasta las costas de Baja California. En estas aguas ricas en alimento encuentran un refugio temporal, una auténtica guardería marina donde crecen y engordan durante varios años antes de emprender su regreso al Pacífico Occidental. Sin embargo, no vienen a reproducirse aquí. Estudios de la NOAA (Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de Estados Unidos) han demostrado que en la Corriente de California no existen zonas de desove del atún aleta azul; esto significa que **Baja California funciona únicamente como un sitio de crianza y alimentación,** no como su lugar de nacimiento, pues la reproducción ocurre exclusivamente cerca de Japón.

Ensenada es reconocida como uno de los principales centros de operación para la engorda de atún azul del Pacífico en el mundo. Aprovechando su visita, la industria pesquera local ha desarrollado una de las actividades más importantes de la región: la recepción de **atunes juveniles capturados por embarcaciones autorizadas, los cuales son trasladados a ranchos marinos para su engorda** (Figura 2). Allí, en enormes estructuras oceánicas, los atunes son alimentados cuidadosamente hasta alcanzar el tamaño y la calidad requeridos para su comercialización internacional. **Este proceso representa una fuente vital de empleo y de ingresos para Ensenada en Baja California, especialmente durante los meses de mayo a octubre**, cuando la temporada de pesca alcanza su punto más alto y los cardúmenes nadan cerca de la superficie como flechas plateadas bajo el sol.



Figura 2. Vista aérea de un corral flotante (net pen) utilizado en proyectos de crianza y engorda de atún aleta azul (foto de referencia tomada en la costa de California, EUA). Estas estructuras marinas permiten mantener, alimentar y monitorear a los ejemplares durante su crecimiento en mar abierto. Fotografía: NOAA Fisheries, dominio público.

El ciclo se completa cuando los atunes adultos, tras varios años en el Pacífico Oriental, emprenden su regreso a casa, repitiendo un viaje ancestral que ha mantenido viva a la especie durante millones de años (Figura 3). Su historia de vida nos recuerda que la naturaleza y la economía local están unidas por hilos invisibles que cruzan océanos enteros, y que mantener ese equilibrio es tan importante como el propio viaje del atún aleta azul.



Figura 3. Atún aleta azul nadando en mar abierto en la región del Pacífico Nororiental. Esta especie, conocida por su tamaño imponente y su gran velocidad, puede superar los tres metros de longitud y alcanzar más de 600 kilogramos de peso. Su fuerza y comportamiento migratorio lo convierten en uno de los grandes depredadores del océano. Fotografía: NOAA Fisheries, dominio público.

Retos para la sostenibilidad

El futuro del atún aleta azul del Pacífico aún navega en aguas inciertas. Gran parte del problema es que **la captura en altamar suele enfocarse en ejemplares jóvenes, antes de que puedan reproducirse**. A esto se suma que **gran parte de la comercialización está dirigida al mercado japonés, donde el atún aleta azul alcanza precios muy altos**, lo que mantiene una demanda constante y una fuerte presión pesquera, incluso cuando las poblaciones muestran signos de sobreexplotación. Finalmente, **los cambios en el clima oceánico pueden alterar su alimentación y rutas migratorias.**

Aunque existen organismos internacionales, como la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT) y la Comisión de Pesca del Pacífico Occidental y Central (WCPFC), que establecen reglas para su manejo, la presión sobre la especie continúa. **En México, el Instituto Mexicano de Investigación Pesquera y Acuícola Sustentable (IMIPAS) fija los límites de captura. Para el periodo 2025–2026 se permite un máximo de poco más de 11 mil toneladas, cifra que puede reducirse a la mitad si las condiciones lo requieren.**

Aun con estas medidas, el atún aleta azul sigue catalogado como una especie sobreexplotada, lo que demuestra que su conservación requiere un esfuerzo más coordinado y estricto entre los países que habita, particularmente de parte de los pescadores y las autoridades.



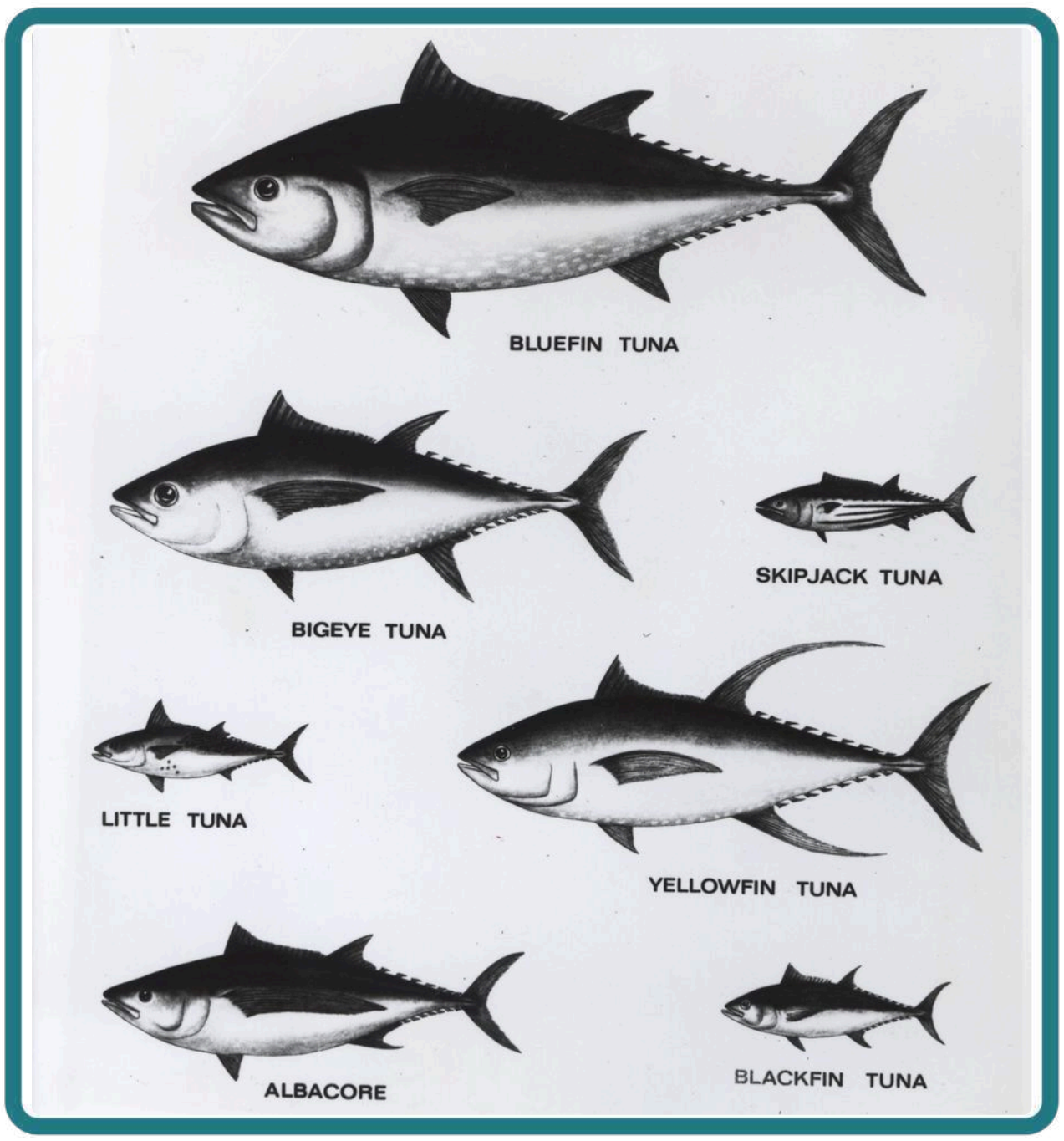
Ejemplar de atún aleta azul (*Thunnus thynnus*) capturado en una almadraba frente a la costa de Stintino. El gran tamaño y la forma hidrodinámica del cuerpo ilustran las adaptaciones de esta especie para la natación rápida y las migraciones de larga distancia.
Fotografía: NOAA Fisheries. Dominio público

Hacia un manejo equilibrado

Lograr un equilibrio entre las ganancias a corto plazo y la conservación requiere **un enfoque integral que implica: 1) fortalecer la vigilancia, 2) regular la captura de juveniles, 3) aplicar mejores prácticas en ranchos atuneros y 4) garantizar la cooperación internacional en el manejo de esta especie migratoria.**

El principal reto para aplicar estas medidas es que, **al ser una especie migratoria, su manejo requiere de la coordinación de diferentes naciones.** De no hacerlo, el atún aleta azul, una especie de importancia económica para Ensenada; podría ver comprometida su supervivencia.

Así, **el futuro del atún azul será tan sólido como la ciencia, las políticas y la participación social que lo respalden.** Comprender de dónde viene lo que consumimos y exigir prácticas responsables es parte esencial de su conservación, pues solo así podremos asegurar que este viajero incansable continúe surcando nuestros mares por generaciones.



Atunes del Atlántico bajo estudio en el Laboratorio Biológico del Atlántico Tropical. Los peces se presentan a escala, lo que permite apreciar su gran tamaño, con el ejemplar más grande alcanzando aproximadamente 2.4 metros de longitud.
Fotografía: NOAA Fisheries. Dominio público

Ir al índice

Agradecimientos:

El primer autor expresa su más profundo agradecimiento a sus padres, Patricia Verdugo Yeomans y Bonifacio Pitones Verdugo, por su apoyo constante a lo largo de su formación académica. Asimismo, extendemos nuestro agradecimiento a NOAA Fisheries y OpenCage por las fotografías utilizadas en este artículo, las cuales enriquecen de manera significativa su contenido visual.

Para saber más:

• Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuacultura Sustentable 2016. Atún aleta azul: riqueza de nuestro mar. Gobierno de México. 2016. Click aquí

• WWF México. 2016. El futuro sigue siendo incierto para el atún aleta azul del Pacífico y para los observadores pesqueros en el Pacífico Oriental. Click aquí

• Azul Sostenible. 2023. Ciencia, sostenibilidad y atún: los retos del Pacífico Oriental. Click aquí

Fotografía: Thiago Matos, Pexels

LA INVASIÓN DEL ZORRO

Carolina Isabel Cerdán Martínez

Facultad de Biología, Universidad Veracruzana

Claudio Mota Vargas*

Red de Biología Evolutiva, INECOL

*claudio.mota@inecol.mx



Fotografía: Nadezhda Khaustova, Wikimedia Commons (CC BY-SA 4.0)

Las invasiones biológicas son un fenómeno global que nos afecta a todos directa o indirectamente. La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) define una especie invasora como “aquella especie exótica cuya introducción y propagación amenaza la diversidad biológica, los ecosistemas o la salud humana”. Es así como, desde una perspectiva más ecológica, **una especie se vuelve invasora cuando tras su introducción en un área que se considera fuera de su distribución nativa, llega a prosperar y establecer poblaciones autosuficientes alterando así el ecosistema invadido.**



Imagen del zorro rojo en el norte de América. Fotografía: Daniel Carr, iNaturalist, CC BY 4.0.

En otras palabras, imaginemos una especie de planta o animal que se encuentra en un determinado lugar y que es transportada a otro sitio fuera de su área de origen. En este nuevo sitio, en donde la especie se considera exótica, se pueden presentar dos escenarios, el primero es que esta planta o animal muera debido a que no cuenta con las condiciones necesarias para sobrevivir en el nuevo ambiente; en este caso, no hay ninguna afectación, ya que esta especie exótica no se estableció. Sin embargo, en un segundo escenario, la especie puede sobrevivir, establecerse, y después de un periodo, ser capaz de invadir este nuevo sitio. Las invasoras afectan de manera importante a las especies de su nuevo ambiente, ya que **la especie exótica competirá por recursos con las especies nativas. Por ejemplo, pueden competir por agua, luz, nutrientes, alimento (frutos, semillas, presas), sitios de descanso o percha, sitios de anidación, entre otros.**

Las afectaciones de las especies invasoras pueden ser catastróficas, ya que una de sus características es que son tolerantes a diversos ambientes y flexibles en sus requerimientos, de tal manera que se adaptan fácilmente en estos nuevos sitios de invasión. Por lo tanto, **una especie exótica puede invadir nuevos sitios de forma exitosa y convertirse incluso en una plaga, afectando a las especies nativas y teniendo también repercusiones económicas, ya que deberán destinarse recursos para su control.** Algunas especies invasoras conocidas en el mundo son la rata común (*Rattus rattus*) la cual es originaria de Asia; la paloma común que vemos en los parques y jardines (*Columba livia*) originaria de Asia y Europa; el lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) originario del Sur de América y el cual invade los cuerpos de agua dulce afectando gravemente a los peces nativos por falta de oxígeno.



Eichhornia crassipes. Fotografía: Andreas Kay, Flickr

También hay muchas especies de insectos invasoras, que afectan no solo a las especies nativas, sino también a los cultivos trayendo consigo grandes pérdidas económicas. Las especies invasoras se han vuelto un riesgo a nivel mundial para todo tipo de ecosistemas, bosques, praderas, desiertos, montañas, ríos, lagos, humedales y mares; y **se estima que 1 de cada 10 especies que se encuentran amenazadas es debido a especies exóticas invasoras.**

En el INECOL abordamos la problemática de las especies invasoras, particularmente la del zorro rojo (*Vulpes vulpes*). Este carnívoro **es originario de las zonas frías de América del Norte, Europa y Asia** (Figura 1); especie que habita principalmente en tundras y bosques densos que son característicos de climas templados y fríos. Su dieta es muy variada y se adapta fácilmente a la disponibilidad de alimento. Se compone principalmente de mamíferos de menor tamaño como roedores, conejos y liebres, aunque también depreda aves, reptiles, anfibios y huevos de animales. Estos últimos son consumidos por el zorro rojo especialmente cuando escasean sus presas habituales. También pueden llegar a alimentarse de algunos artrópodos, así como de plantas y frutos como higos, tomates, dátiles y cereales. **Se han adaptado muy bien a entornos urbanos, donde se alimentan de restos de comida procesada, desperdicios y comida para mascotas como gatos y perros.**

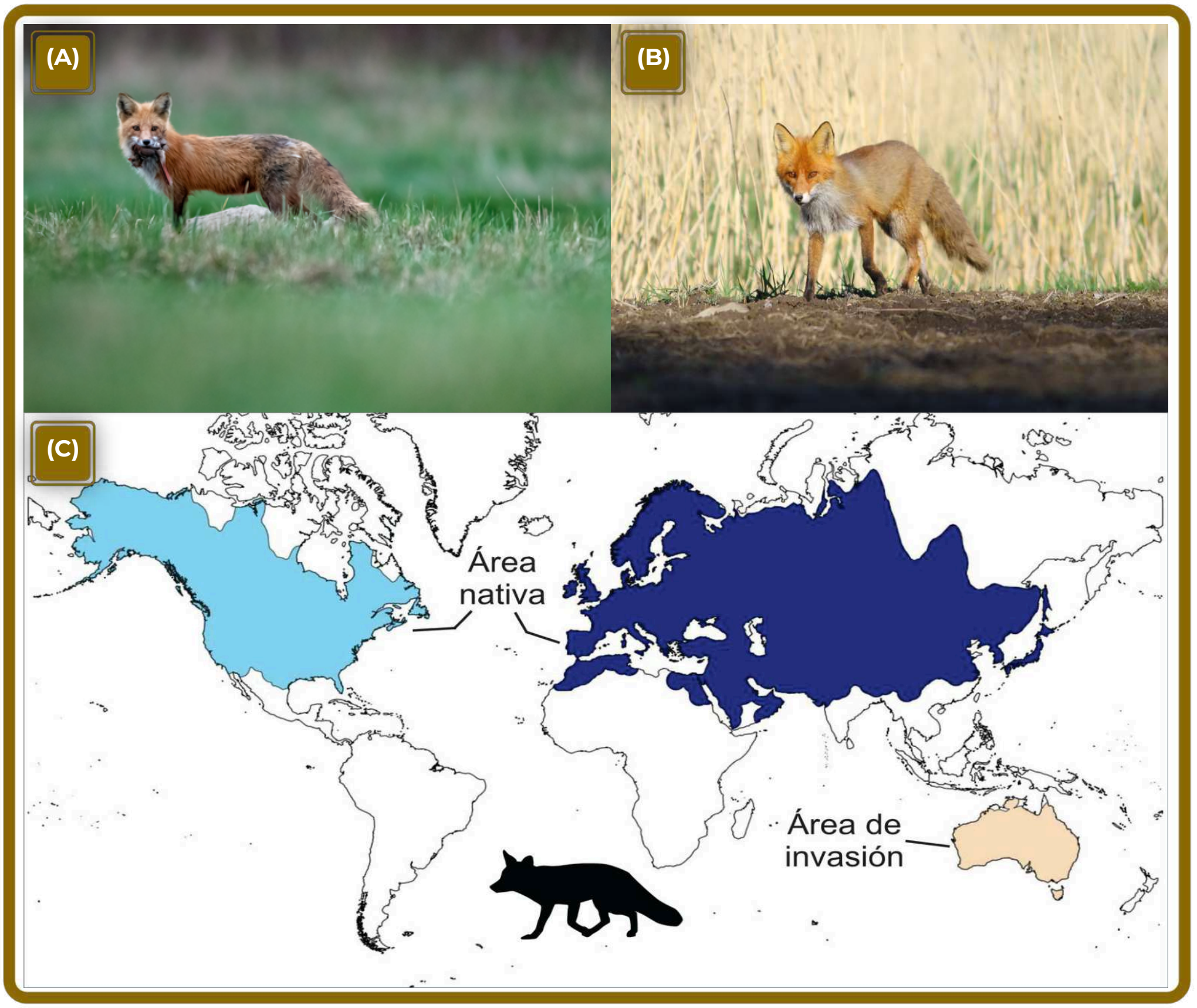


Figura 1. (A) y (B) zorro rojo. Fotografías: (A) Kyle Tansley, iNaturalist, (B) Markus Rantala, Wikimedia Commons (CC-BY-SA-3.0), (C) Mapa de la distribución del zorro rojo, identificando su área nativa y de invasión. Elaboración: Carolina I. Cerdán Martínez y Claudio Mota Vargas

El zorro rojo fue introducido desde Gran Bretaña al sur de Australia en 1871, y en los siguientes años se expandió rápidamente. **Uno de los factores que contribuyeron a su invasión fue que el conejo europeo** (*Oryctolagus cuniculus*) fue introducido en Australia aproximadamente 10 años antes y **se propagó por todo el país, dándole al zorro una fuente de alimento a la que siguió a través de la conquista de Australia continental.** En el área nativa del zorro rojo se encuentran condiciones bajas de temperatura, mientras que, en las áreas invadidas las temperaturas son más altas; no obstante, **estas condiciones más tropicales no presentaron un impedimento al momento de expandirse por el nuevo territorio** (Figura 2).

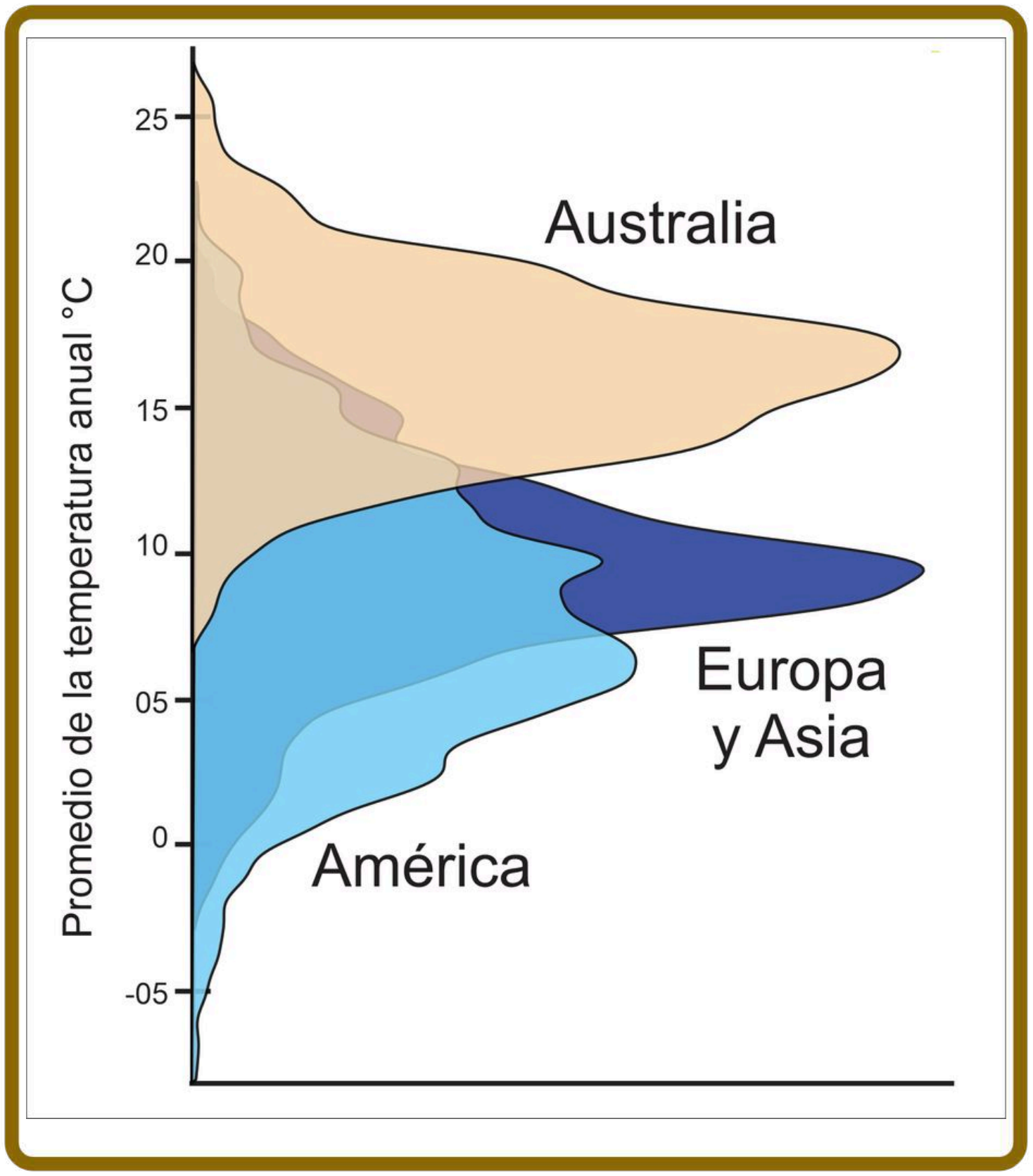


Figura 2. Comparación de la temperatura anual en el área de distribución del zorro rojo en Australia, América y Eurasia (Europa, Asia y África). En América y Eurasia el zorro se encuentra con temperaturas entre los 5°C y 10°C principalmente, que son temperaturas frías, incluso se puede encontrar en temperaturas bajo 0°C; mientras que en Australia se encuentra principalmente en áreas con temperaturas entre los 10°C y 20°C, pero puede llegar hasta los 28°C, que es una temperatura muy alta para una especie adaptada a climas fríos.

Durante un tiempo, el zorro rojo proporcionó ciertos beneficios, controlando la población invasora de conejos europeos y aportando valor económico con la venta de sus pieles, pero esta retribución económica cayó a principios de la década de 1990. **Actualmente, el zorro se encuentra en casi todo el territorio australiano y ha causado grandes problemas a la fauna nativa**. Por ejemplo, **se ha visto directamente involucrado en la disminución poblacional de aves, mamíferos y reptiles** (particularmente tortugas), **incluso frustrando algunos intentos de reintroducción de diversas especies de mamíferos y aves** como la zarigüeya de cola anillada (*Pseudocheirus peregrinus*) y el faisán australiano (*Leipoa ocellata*). Algunos estudios científicos han demostrado que al disminuir o eliminar al zorro rojo las poblaciones de las especies nativas han aumentado significativamente, demostrando el daño que presenta en Australia y el potencial peligro que significa la presencia del zorro rojo en zonas fuera de su área nativa. Actualmente, **a pesar de las medidas que se han implementado para eliminar las poblaciones del zorro invasor, su control sigue siendo un desafío debido a su alta plasticidad, capacidad de dispersión y tolerancia climática.**

Ir al índice



Para saber más:

• Saunders GR, Gentle MN, Dickman CR. 2010. The impacts and management of foxes *Vulpes vulpes* in Australia: Impact and management of foxes in Australia. Mammal Review 40(3), 181–211. Click aquí

• Fairfax RJ, 2019. Dispersal of the introduced red fox (*Vulpes vulpes*) across Australia. Biological Invasions 21(4), 1259–1268. Click aquí

Fotografía: Thomas Wilson, iNaturalist (CC BY 4.0)

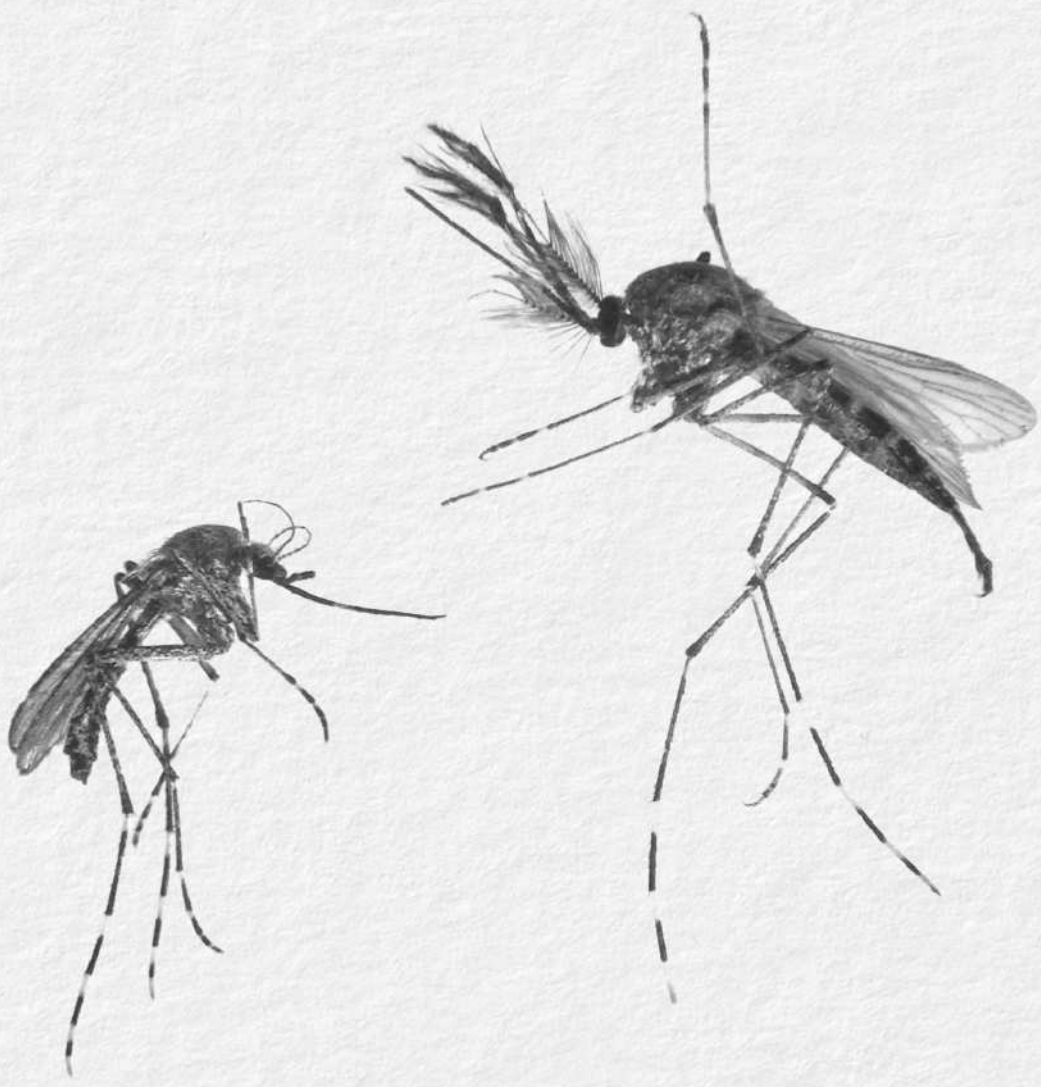
¿LOS MOSQUITOS DEL BOSQUE DE NIEBLA ELIGEN SU DISTRIBUCIÓN?

Yeraldi Guadalupe Guillén-Rodríguez*
División de Ciencias Ambientales, IPICYT

Sergio Ibáñez-Bernal
Red de Ambiente y Sustentabilidad, INECOL

Leonardo Chapa-Vargas
División de Ciencias Ambientales, IPICYT

* yeraldi.guillen@ipicyt.edu.mx



Hembra y macho de una especie de mosquito del género *Aedes*.
Fotografía: Yeraldi Guadalupe Guillén-Rodríguez

¿Alguna vez te has preguntado si los mosquitos se distribuyen de manera azarosa en los diferentes estratos de los bosques o si siguen algún patrón en particular? En este artículo, exploraremos cómo se comportan estos pequeños insectos en un bosque de niebla en México y por qué comprender su distribución es fundamental para proteger tanto la biodiversidad como nuestra salud.

Los mosquitos, también conocidos como zancudos, pertenecen a la familia Culicidae (Figura 1). Aunque muchas veces los vemos como una molestia, **cumplen funciones importantes en los ecosistemas ya que sirven como alimento para peces, aves, arañas y otros insectos**, formando parte de las redes alimentarias. Además, al alimentarse del néctar de las flores, **contribuyen a la polinización, por lo que ayudan a mantener la biodiversidad.** Sin embargo, **también son conocidos por su capacidad para transmitir enfermedades a humanos y animales.** Por eso, la comprensión de su comportamiento y distribución es clave para valorar su función en la naturaleza. Además, permite diseñar estrategias que reducen los riesgos para la salud humana.

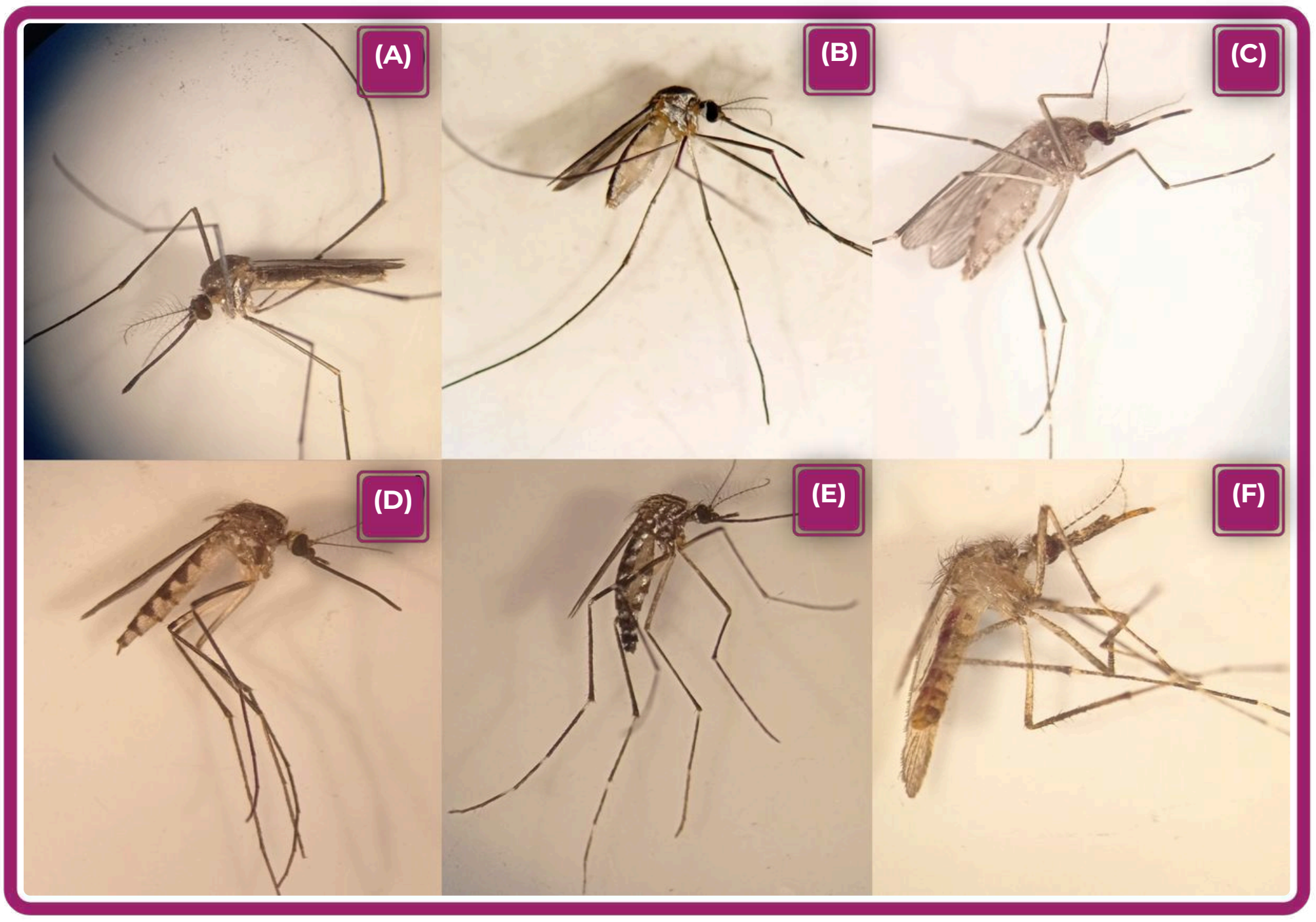


Figura 1. Diferentes especies de mosquitos de la familia Culicidae. (A) *Wyeomyia arthrostigma*, (B) *Wyeomyia* aff. *adelpha*, (C) *Culex stigmatosoma*. (D) *Aedes angustivittatus*, (E) *Aedes allotecnon*, (F) *Mansonia titillans*. Fotografías: Yeraldi Guadalupe Guillén-Rodríguez

Un estudio reciente en un bosque de niebla en Xalapa, Veracruz, nos ha permitido entender mejor cómo la temperatura y la humedad influyen en la presencia y actividad de los mosquitos en diferentes alturas en el bosque. **El objetivo fue identificar qué especies se encuentran cerca del suelo y cuáles en la copa de los árboles, y cómo estos factores ambientales afectan su número y diversidad a lo largo del día y del año.**



Santuario bosque de niebla, en Xalapa, Veracruz.
Fotografía: Yeraldi Guadalupe Guillén-Rodríguez

¿Por qué es importante este estudio?

Primero, ayuda a identificar qué especies están en diferentes alturas y en distintos momentos del día. Esto es fundamental porque **su comportamiento y presencia influyen en su papel dentro del ecosistema y en la posible transmisión de enfermedades.** Segundo, el conocimiento de estos patrones permite diseñar mejores estrategias para controlar la proliferación de mosquitos que pueden transmitir enfermedades. **En un contexto de cambios rápidos en el uso del suelo, como la deforestación y la urbanización, estos conocimientos son esenciales para monitorear cómo se alteran los ecosistemas y cómo esto puede afectar nuestra salud.** Al entender mejor a estos insectos, podemos proteger tanto la biodiversidad del bosque de niebla como la salud de las comunidades humanas y de los animales domésticos y silvestres.

¿Cómo se realizó la investigación?

El estudio se llevó a cabo en un fragmento de bosque de niebla en Veracruz, caracterizado por su clima húmedo y templado. Para entender cómo viven los mosquitos en este entorno, **se consideraron dos estratos en el bosque: cerca del suelo, donde crecen arbustos y pequeños árboles, y la copa de los árboles, que puede alcanzar entre 15 y 35 metros de altura.**

Se utilizaron trampas especiales que atraen a los mosquitos mediante la emisión de dióxido de carbono (Figura 2), un compuesto químico que se produce por la respiración de animales y que estos insectos utilizan para identificar a los mamíferos cuando las hembras requieren consumir sangre para alimentarse. Estas trampas se colocaron en diferentes alturas y temporadas, desde marzo de 2021 hasta febrero de 2022 (Figura 3).



Figura 2. Trampa CDC (Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades, en inglés *Centers for Disease Control and Prevention*, CDC) para capturar mosquitos cerca del suelo. Fotografía: Yeraldi Guadalupe Guillén-Rodríguez



Figura 3. Trampa CDC para capturar mosquitos cerca de las copas de los árboles. Fotografía: Yeraldi Guadalupe Guillén-Rodríguez

Se activaron al amanecer y al atardecer para captar tanto la actividad diurna como nocturna. Además, se registraron la humedad y la temperatura en cada nivel en distintos momentos del día, para entender cómo estos factores varían e influyen en la presencia de los insectos. Luego, **en el laboratorio, identificamos cuidadosamente las especies capturadas y analizamos cómo variaban en diferentes horarios del día/noche y estaciones climáticas del año.**

¿Qué encontramos?

En total, **se capturaron 1,637 mosquitos de la familia Culicidae**. Los resultados mostraron que la distribución y actividad de estos insectos varían según las condiciones climáticas, la hora y la altura en el bosque. **Durante la noche, la mayoría de los mosquitos se encontraron en la copa de los árboles**, especialmente especies como *Culex stigmatosoma* y *Culex salinarius*, en ambientes con humedad relativa entre 86 y 94 % y temperaturas frescas de 16 a 19 °C. Por otro lado, **durante el día, las especies más abundantes cerca del suelo**, como *Wyeomyia arthrostigma* y *Wyeomyia* aff. *adelpha*, prefieren ambientes más húmedos (92-96 %) y temperaturas moderadas (18-20 °C).

Estos hallazgos revelan que los patrones de presencia y actividad de los mosquitos en estos bosques no son al azar, sino que dependen de las condiciones climáticas. **El conocimiento de estos movimientos y preferencias es fundamental para identificar los momentos y lugares donde existe un mayor riesgo de transmisión de virus y parásitos por sus picaduras, que son un riesgo para humanos y animales.**



Siete especies diferentes de mosquitos de la familia Culicidae.
Fotografía: Yeraldi Guadalupe Guillén-Rodríguez

Hasta ahora, se conoce que los mosquitos *Culex stigmatosoma* y *Culex salinarius* son transmisores de virus que pueden causar enfermedades tanto en humanos como en animales. Entre ellas están la encefalitis equina occidental y el virus del Nilo Occidental, que afectan principalmente al sistema nervioso, causando inflamación del cerebro y otras complicaciones neurológicas graves. La presencia de estas especies en diferentes ecosistemas y su capacidad para transmitir estos virus **las convierten en especies de gran importancia para la vigilancia y el control de las enfermedades transmitidas por mosquitos.**

En conclusión

Conocer estos aspectos nos ayuda a entender que **los mosquitos no están distribuidos al azar en los bosques, sino que siguen patrones específicos relacionados con las condiciones meteorológicas y la hora del día.** Al mismo tiempo, estos estudios nos muestran la importancia de conservar los ecosistemas naturales, ya que en ellos se desarrollan procesos complejos que, si los entendemos mejor, pueden ayudarnos a vivir en armonía con la naturaleza y a proteger nuestra salud.



Santuario bosque de niebla, en Xalapa, Veracruz.
Fotografía: Yeraldi Guadalupe Guillén-Rodríguez

Ir al índice

Agradecimientos:

Queremos agradecer a María Teresa Suárez Landa por su ayuda en las actividades de campo y en el laboratorio, y a Roger E. Guevara Hernández por su orientación en el análisis de los datos. Este trabajo fue posible gracias al apoyo de la SECIHTI, el INECOL y la Universidad del Sur de Florida, que brindaron los recursos necesarios para realizar esta investigación.

Para saber más:

• Guillén-Rodríguez YG, Chapa-Vargas L, Ibarra-Juárez LA, Ibáñez-Bernal S, Santiago-Alarcon D. 2023. The influence of humidity and temperature on the vertical richness and abundance of blood-sucking flies (Culicidae and Ceratopogonidae) in a montane cloud forest in Mexico. Journal of Vector Ecology 49, 1-14. Click aquí

Fotografía: Yeraldi Guadalupe Guillén-Rodríguez

MI AVENTURA : ¡SALVANDO AL PEYOTE!

Layla Fernanda Chacón Delgado
Especialidad en Manejo Sustentable de Recursos Naturales de Zonas Áridas y Semiáridas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Jorge Gabriel Sánchez-Ken*
Centro Regional del Bajío, INECOL

*gabriel.sanchez@inecol.mx



Peyote en su hábitat natural, ambiente árido con sustrato pedregoso. La imagen muestra la disposición espacial de los individuos en campo. Fotografía: Layla Fernanda Chacón Delgado

El peyote, cuyo nombre científico es *Lophophora williamsii*, siempre me ha fascinado. **Es un cactus especial, pequeño, redondo y achatado, de color verde grisáceo**, su superficie no tiene espinas como otros cactus, sino que **presenta pelos algodonosos blancos que lo hacen fácil de reconocer. Puede sobrevivir en suelos pobres en nutrientes y bajo condiciones extremas de calor y sequía.** Lo curioso es que crece muy lento, apenas unos milímetros al año, y puede tardar hasta una década en alcanzar un tamaño que quepa en la palma de la mano (Figura 1). Cuando florece, después de varios años de espera, **nos regala unas flores pequeñas de color rosa pálido.**

Durante siglos, algunos pueblos originarios de México y del sur de Estados Unidos lo han usado en ceremonias espirituales, otorgándole un valor sagrado. **El peyote era, y sigue siendo, un puente entre lo humano y lo divino.** Pero también ha sido buscado por quienes desean experimentar sus efectos psicodélicos, ligados con la mescalina. Por ello, atrae la curiosidad de muchos y esa demanda contribuye a su sobreexplotación.



Figura 1. Peyote. Fotografía: Ismael_Carreon, Inaturalist (CC BY-NC 4.0)

Actualmente, **el peyote está considerado una especie en peligro de extinción.** La NOM-059 de la SEMARNAT (Secretaria de Medio Ambiente Recursos Naturales), que es la norma mexicana que protege las especies en riesgo, lo clasifica como "sujeto a protección especial". Uno de los objetivos prioritarios de la SEMARNAT es la protección del medio ambiente en México. Las causas principales del estatus "en peligro de extinción" del peyote se deben a que **sus poblaciones naturales disminuyen cada vez más como resultado de la extracción indiscriminada, muchas veces hecha sin cuidado. Cuando se arrancan las plantas completas con raíz, se impide su regeneración.** También influye la pérdida de hábitat, ya que **la ganadería, la minería y la expansión de las zonas agrícolas han reducido los espacios donde antes crecía libremente**.

Saber todo esto nos llenaba de preocupación, pero también de ganas de actuar. **Nos preguntamos: ¿y si podemos ayudarlo a sobrevivir a través de la clonación?** (Figura 2). En 2023 decidimos enfrentar este reto, convencidos de que desde la ciencia se podía aportar algo para su conservación. Para poder trabajar con él fue necesario tramitar un permiso de colecta científica; **cuando se trata de trabajos o estudios científicos la SEMARNAT emite un permiso temporal ya que está prohibido colectarla.**

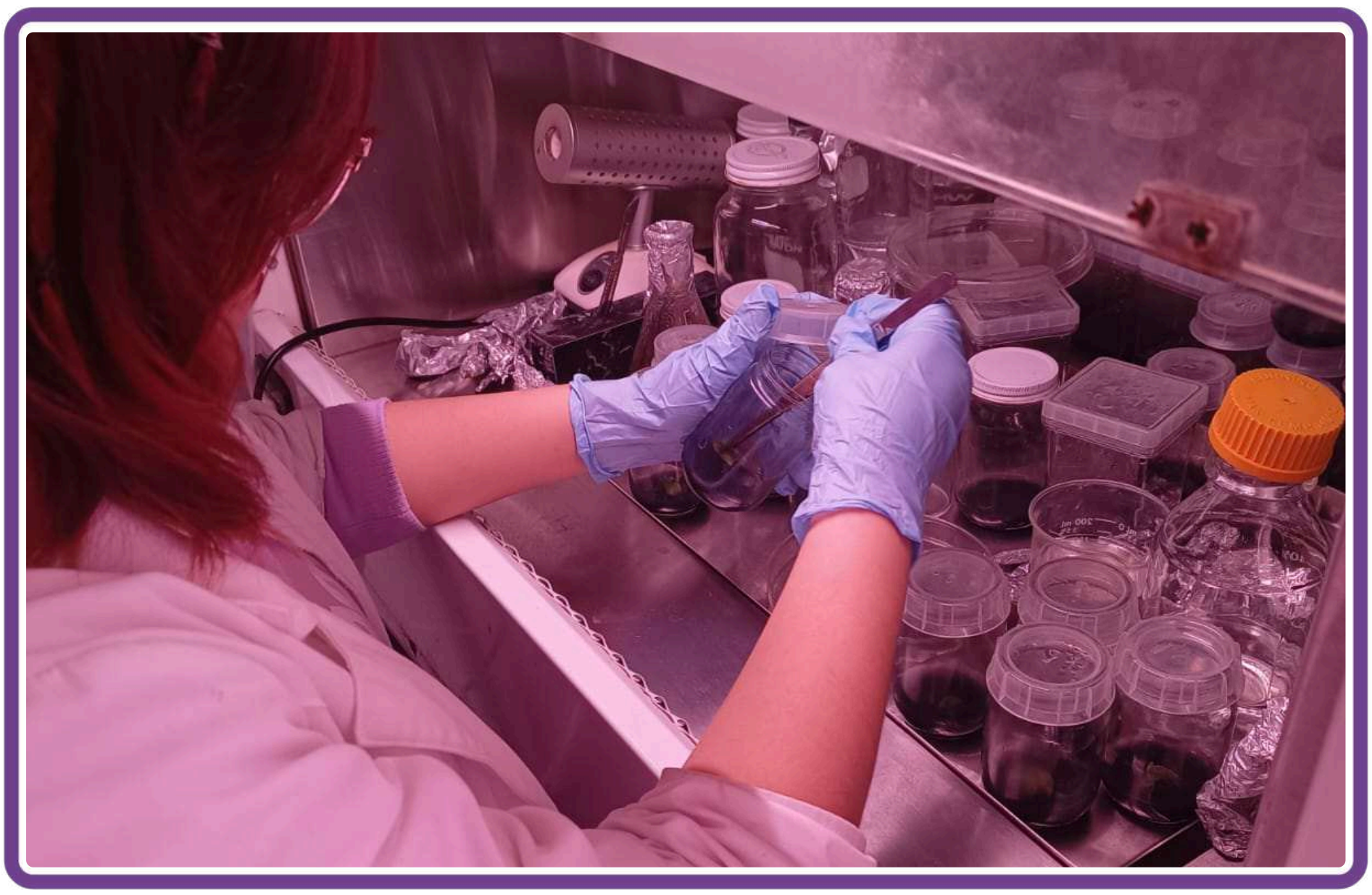


Figura 2. Establecimiento y manejo de explantes de peyote en condiciones asépticas dentro de una cabina de flujo laminar, etapa fundamental para prevenir la contaminación microbiana durante el cultivo in vitro. Fotografía: Layla Fernanda Chacón Delgado

El destino fue la Reserva Natural Estatal “La Muralla”, en Monclova, Coahuila. Llegamos en un día soleado, de esos en los que el calor parece vibrar sobre la tierra con el aire seco que quema la piel, el suelo caliente bajo las botas y un silencio que se rompe apenas con el zumbido de los insectos. Caminar ahí exige atención, porque entre piedras y matorrales se esconden espinas listas para defenderse. Y así fue, un maguey me dejó un rasguño en la pierna, como una marca para no olvidar dónde estaba parada.

Mientras avanzaba, mi mirada se concentraba en el suelo. Entre los matorrales y las rocas, buscaba esas pequeñas coronas verdes del peyote. Algunos apenas se asomaban, tímidos, casi ocultos bajo la grava, otros mostraban una forma perfecta, redonda y firme, como pequeños botones que parecían mirar al sol de frente. La tarea no era sencilla, **cada ejemplar debía ser seleccionado con cuidado, buscando los más sanos, los que pudieran representar a la población de ese sitio.**

Cada planta que tocaba llevaba consigo años de vida en el desierto, resistiendo sequías, animales y hasta la mano humana. Yo las trataba con delicadeza, consciente de que estaban por dejar su hogar natural para iniciar otra etapa en el laboratorio. Llevaba conmigo unos pequeños contenedores donde las colocaba con cuidado. En una libreta anotaba todos los detalles de su ubicación geográfica, el aspecto de la planta y las especies vecinas. Al final, colecté quince peyotes (Figura 3).



Figura 3. Ejemplares de peyote recolectados en campo durante la colecta científica, previo a su traslado al laboratorio para el establecimiento de cultivos *in vitro*. Fotografía: Layla Fernanda Chacón Delgado

La siguiente fase fue la del laboratorio, igual de desafiante que caminar bajo el sol del desierto. **El primer paso consistió en cortar cuidadosamente cada planta en fragmentos de un centímetro aproximadamente**, de forma que cada pedazo tuviera la mayor probabilidad de sobrevivir y crecer como una planta clonada. **Cada corte era un acto delicado, un fragmento demasiado pequeño podría estar destinado a no desarrollarse y morir**. Después del corte, venía la desinfección para quitar todo rastro de microorganismos sin dañar el tejido de los fragmentos. Usé soluciones de alcohol, cloro diluido, antioxidantes y hasta detergentes suaves, siempre con la sensación de estar caminando sobre una cuerda floja. Unos segundos de más en las soluciones podían arruinarlo todo. El laboratorio olía a químicos y la tensión era constante, sabía que, si algo fallaba, podría perder semanas de trabajo en un instante y la propagación de los peyotes hubiera sido un fracaso.

La colocación de los fragmentos en los frascos fue una mezcla de nervios y emoción. Las manos me sudaban dentro de los guantes y cada movimiento dentro de la cabina estéril parecía más torpe de lo normal. Al inicio, muchos se contaminaron, algunos se oscurecieron y otros más se llenaron de hongos. Ver cómo se apagaban me frustraba y dolía, porque cada pérdida representaba un peyote que ya no podría crecer. Sin embargo, los que sobrevivían me llenaban de esperanza. **Ver un fragmento permanecer verde y firme era como una pequeña victoria** (Figura 4)**.**

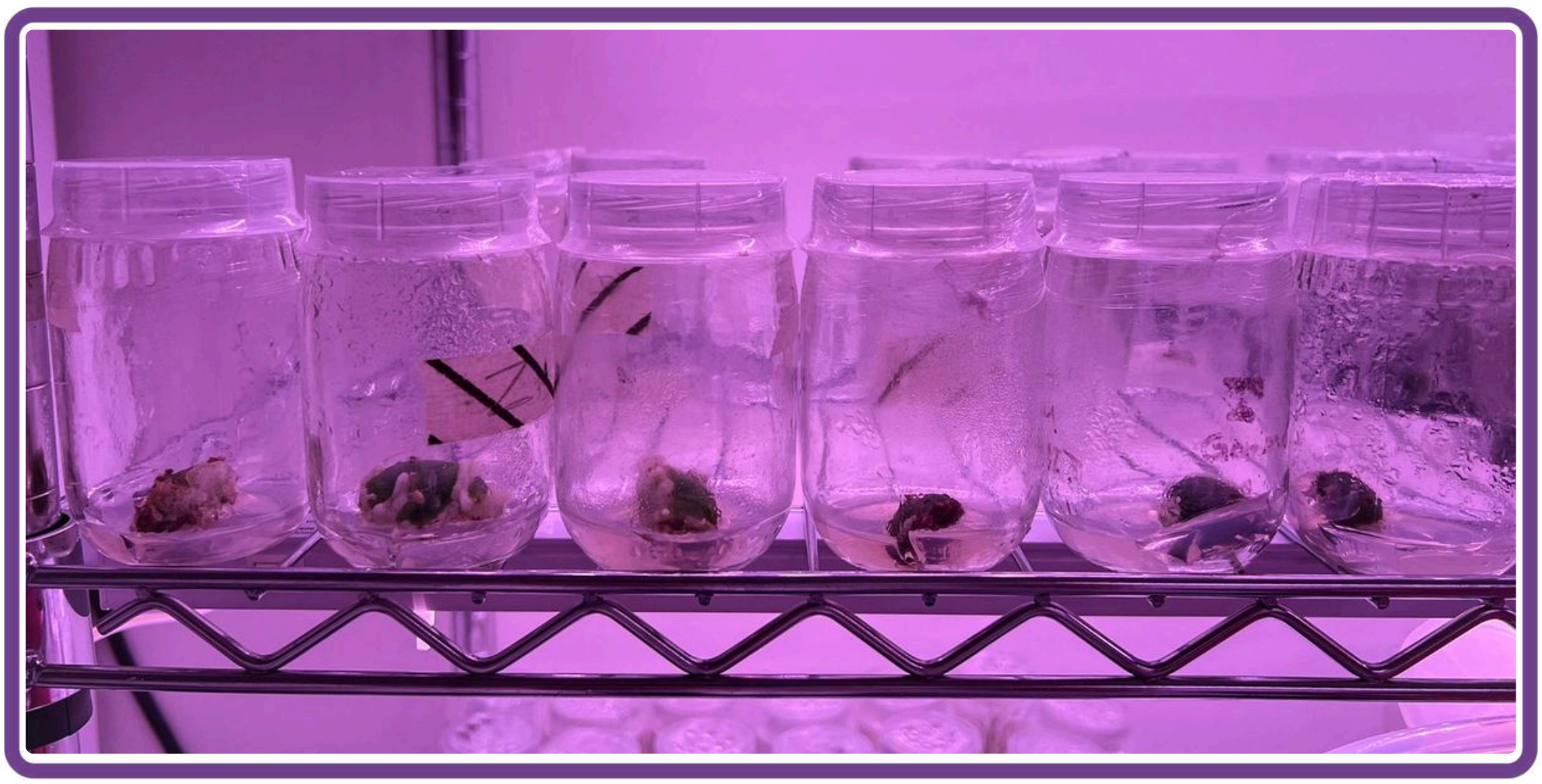


Figura 4. Cultivos de tejido de peyote establecidos en frascos bajo condiciones controladas de laboratorio, correspondientes a las etapas iniciales del proceso de micropropagación. Fotografía: Layla Fernanda Chacón Delgado

Con el paso de las semanas, los clones sobrevivientes comenzaron a desarrollarse. Cada punto verde que aparecía en el frasco era motivo de alegría. **Todos habían pasado por un proceso llamado callogénesis**, en el que el tejido forma una masa de células llamada callo. **Estas células tienen la capacidad de transformarse en los órganos de la planta y desarrollar plantas nuevas idénticas a la planta madre.** Recuerdo que me quedaba observándolos varios minutos, maravillada de cómo la vida encontraba la manera de seguir adelante.

Hoy, cuando observo los frascos en el laboratorio, los fragmentos que sobrevivieron se convirtieron en pequeñas masas de células listas para formar nuevas plantas, siento una mezcla de orgullo y asombro. Cada frasco me recuerda aquel día en el desierto: el calor del sol sobre la piel, el viento seco, el rasguño del maguey y la emoción de descubrir cada cactus escondido entre las piedras. **Sé que estos fragmentos no reemplazan a las plantas silvestres, ni solucionan por sí solos la amenaza que enfrenta el peyote, pero representan una oportunidad real de conservación y de aprender sobre él sin seguir presionando a las poblaciones naturales.**

Ir al índice

Para saber más:

• Chacón Delgado LF, Tafolla Arellano JC, Antonio Bautista A, García Moreno MÁ, Núñez Colima JA. 2025. Desarrollo de un protocolo de establecimiento in vitro de peyote (*Lophophora williamsii*). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México. Click aquí

• Alcántara García R. 1991. Propagación vegetativa in vitro de peyote (*Lophophora williamsii* Coulter). Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Los Reyes Iztacala, Estado de México, México. Click aquí

• Buendía González L. 1999. Micropropagación de especies de importancia cultural: evaluación de protocolos en cactáceas. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, Ciudad de México, México. Click aquí

Fotografía: Ismael_Carreon, Inaturalist (CC BY-NC 4.0)

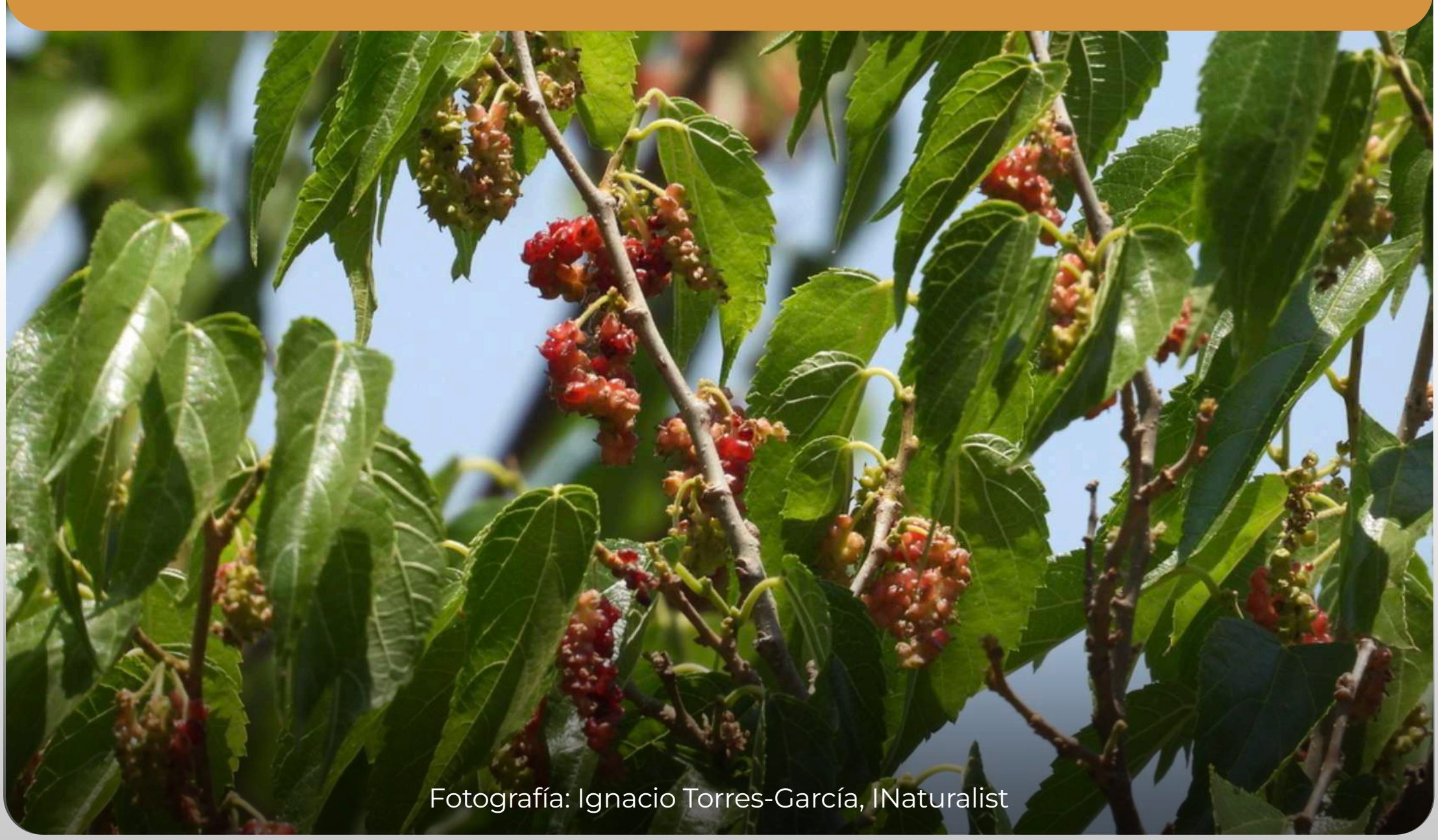
LA MORERA: ESPECIE POTENCIAL PARA RESTAURACIÓN FORESTAL

Lucero Ruiz
Doctorado en Ciencias Biológicas, opción: Manejo y Conservación de Recursos Naturales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH)

Arnulfo Blanco-García
Facultad de Biología, UMSNH

Mariela Gómez-Romero*
Investigadora por México, SECIHTI-Facultad de Biología, UMSNH

*mariela.gomez@umich.mx



Fotografía: Ignacio Torres-García, INaturalist

Hoy en día, nos encontramos ante una gran problemática que es el cambio climático. Constantemente escuchamos esta definición, pero, ¿sabes a qué se refiere? **Se le considera cambio climático a las alteraciones que ocurren en el clima general del planeta**, como el incremento en las temperaturas de la tierra y de los océanos a lo largo del tiempo. **Estas variaciones pueden ocurrir como resultado de las actividades humanas y por causas de origen natural.** Sin embargo, cabe señalar, que las acciones de los humanos han causado su aceleración. **Algunas de las actividades humanas que contribuyen en suma al cambio climático son: las emisiones de gases de efecto invernadero, la agricultura no sustentable, el uso de pesticidas y fertilizantes químicos, el cambio de uso de suelo, los cultivos intensivos y no rotativos, entre otros.**

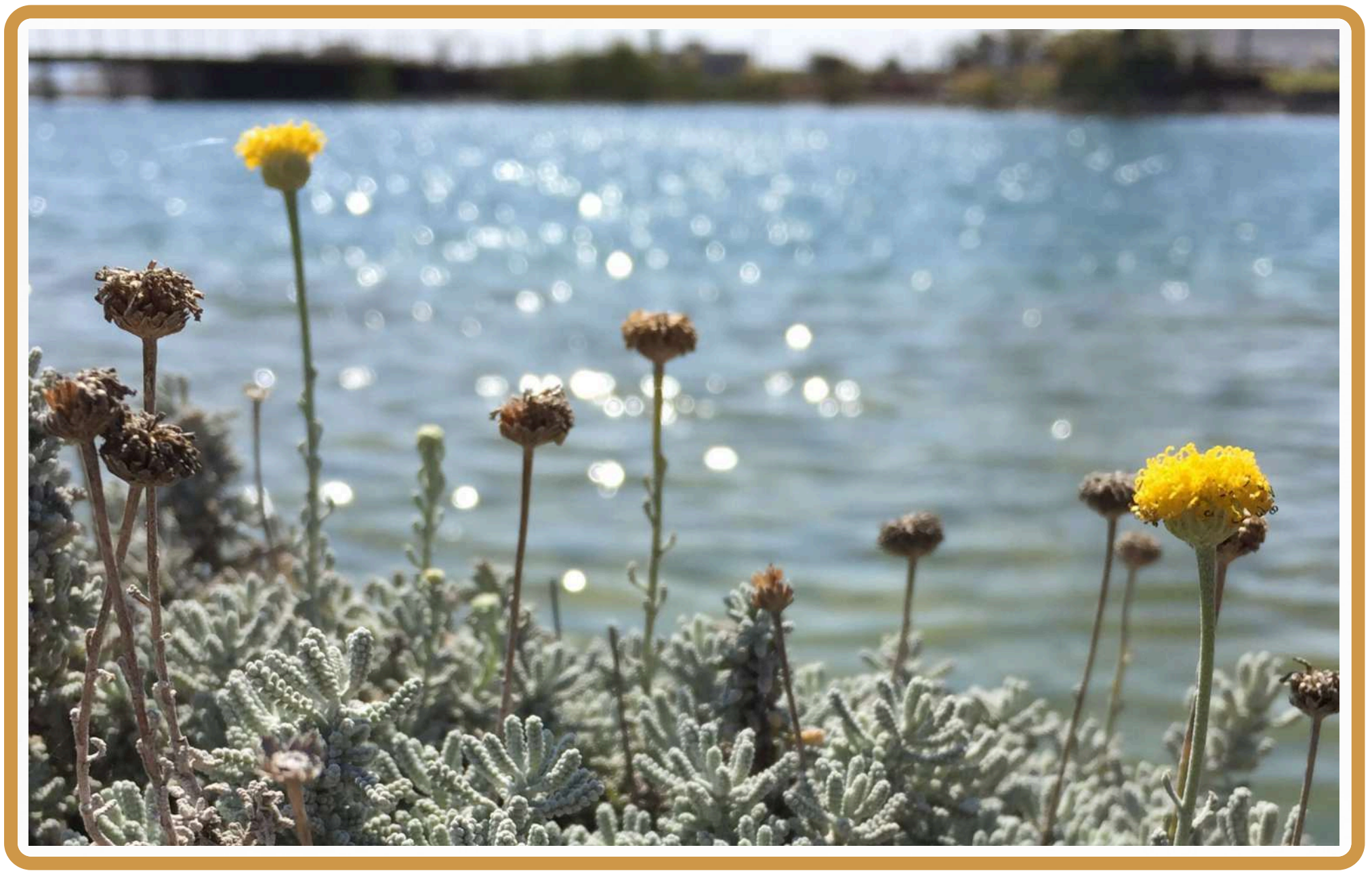


Fotografías: Helix_Games, Pixabay

Las manifestaciones del cambio climático se observan, por ejemplo, en la mayor ocurrencia o intensidad de fenómenos naturales como temperaturas altas o bajas; lluvias torrenciales o sequías, por mencionar algunas. **La biodiversidad puede ser afectada negativamente por estos cambios.** Por ejemplo, la sequía es un fenómeno natural, pero que puede intensificarse como consecuencia del cambio climático. El agua es un líquido de vital importancia para los seres vivos, y debido a sus propiedades físicas y químicas es un solvente universal. Hemos escuchado constantemente, que, sin agua, ¡No hay vida!, y vaya que es acertada esta frase. **La pérdida de la diversidad de los ecosistemas por falta de agua, es una constante actual. La pérdida de biodiversidad, no sólo es enfatizada por la pérdida de especies, también puede provocar serios problemas económicos.**

La escasez de agua provoca estrés en las plantas, ocasionando la alteración de diversos procesos metabólicos. Una planta estresada por insuficiencia de agua, tendrá dificultades para realizar sus procesos biológicos como la fotosíntesis, su biomasa puede disminuir, así como el número de raíces, hojas, flores y frutos. **La planta dejará de crecer y de reproducirse para concentrar su energía en la supervivencia; si la carencia de agua prevalece, morirá. Esto mismo sucede en los ecosistemas cuando hay sequía,** pero en un gran número de especies de plantas que no logran adaptarse a las nuevas condiciones derivadas del cambio climático.

Es por ello que, **la elección de especies para los programas de rehabilitación de ecosistemas debe ser ampliamente estudiada, porque de ello depende el éxito de supervivencia de las mismas.** La selección de especies puede no solo mitigar los efectos derivados de la sequía en el ecosistema, **también puede brindar diversos servicios ecosistémicos (percha para aves, producción de frutos que provean alimento, producción de biomasa, modificación de condiciones microambientales, diversas interacciones bióticas, etc.),** al ambiente y a la sociedad, favoreciendo la economía.



La selección de especies puede no solo mitigar los efectos derivados de la sequía en el ecosistema, también puede brindar diversos servicios ecosistémicos como albergar otras especies. Fotografía: Vinisa Romero

¿Cuál podría ser una especie potencial para la rehabilitación de un ecosistema forestal?

La morera mexicana, *Morus celtidifolia*, es una especie de planta nativa de México, pertenece a la familia Moraceae (Figura 1). Su distribución natural demográfica se encuentra en los estados de Nuevo León, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Oaxaca, Veracruz y Chiapas, por lo que **su adaptación a distintas condiciones climáticas es amplia.** Además, **podría ser una especie utilizada para rehabilitación de bosques tropicales y templados por los servicios que provee al ambiente.**



Figura 1. Árbol de *Morus celtidifolia*.
Fotografía: Karla Teresa Tapia Hernández

Actualmente, **el saqueo de materias primas, ha ocasionado la reducción de las poblaciones naturales, como consecuencia, un desabasto.** Un manejo sustentable con un programa de rehabilitación del ecosistema supondría un beneficio en conjunto. Provee de diversos servicios como cultural, abastecimiento por el alimento y materias primas que proporcionan a los seres vivos y a las comunidades que le rodean. **Por su amplio rango de distribución, resiste diversas condiciones climáticas y pudiese tolerar los cambios abruptos derivados de las sequías por el cambio climático en los ecosistemas tropicales y templados.**

Al igual que la morera negra asiática, *Morus nigra* o *Morus alba* dos especies ampliamente comercializadas en el mundo por sus deliciosos frutos que son bayas parecidas a las zarzamoras, los frutos de *M. celtidifolia* (Figura 2) se producen abundantemente, lo cual permite proveer alimento a diversos animales, desde invertebrados hasta vertebrados. La colecta de sus frutos se realiza entre los meses de abril y junio, pero en las próximas temporadas podría existir desabasto, si sus poblaciones naturales se reducen y no se considera para su establecimiento.



Figura 2. Frutos de Amacapulín (*Morus celtidifolia*).
Fotografía: Feliscatus18, iNaturalist Mexico

Por otro lado, **sus frutos se han utilizado para la elaboración de tinturas naturales, artesanías textiles, principalmente en Veracruz y Oaxaca.** Estas comunidades emplean tinturas de origen vegetal, por su obtención y los peculiares colores que se pueden derivar. Además, por las fibras textiles que emplean. Las tinturas que provee *Morus celtidifolia*, son el tono café y morado, **se utiliza en fibras de lana, para la elaboración de ropa, llaveros y bolsas para dama, entre otros accesorios.** La producción de las tintas como materia prima es un proceso laborioso, consiste en la búsqueda de frutos, no comerciales de árboles silvestres, por lo que la labor de colecta representa una actividad de sustento para las familias.



Semillas de *Morus celtidifolia*.
Fotografía: Lucero Ruiz

Este árbol ha sido utilizado desde tiempos antiguos para la representación a través de imágenes de códices, adornos indumentarios, entre otras expresiones artísticas prehispánicas. **Es una de las especies utilizadas como materia prima para la elaboración del papel amate a partir de las fibras vegetales** (Figura 3), principalmente en los estados de Oaxaca y Puebla, donde **las comunidades indígenas colectan y comercializan las fibras, lo cual muestra la importancia económica de esta especie al proveer de un sustento económico a las regiones.**



Figura 3. Fibras vegetales (corteza) de *Morus celtidifolia*.
Fotografía: Karla Teresa Tapia Hernández

Las comunidades se benefician de los recursos naturales de su entorno para subsistir económicamente, por ello, es importante la selección de especies que provean de distintos servicios. Si se considera a la especie arborea *Morus celtidifolia* como una opción en las plantaciones para la restauración, **se podría hacer un aprovechamiento sustentable del recurso, al favorecer aspectos ecológicos, económicos y sociales.**

Ir al índice

Agradecimientos

Se agradece al Programa Institucional de Doctorado En Ciencias Biológicas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y a la SECIHTI, por la beca otorgada, así como al proyecto 933 de Investigadores por México.

Para saber más:

• Flores A, Velasco-García M V, Muñoz-Gutiérrez L, Martínez-Trinidad T, Gómez-Cárdenas M, Román-Castillo C. 2018. Especies arbóreas para conservar la biodiversidad en zonas urbanas. Mitigación del daño ambiental agroalimentario y forestal de México 4 (5), 135-151. Click aquí

• Martínez-López J, Acosta-Ramos A, Martínez y Ojeda E, Manzano-Méndez F. 2016. Recursos forestales no maderables en dos comunidades zapotecas de la Sierra Juárez de Oaxaca. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 7 (35), 37-52. Click aquí

• Ruiz V, Rocha L, Savé R. 2021. Tolerancia a la sequía de *Papalum notatum* sometido a defoliación. Ecosistemas 30 (3), 1-7. Click aquí

Hojas de *Morus celtidifolia*.
Fotografía; Karla Teresa Tapia Hernández

RESTAURACIÓN MULTI-ACTORAL DEL BOSQUE DE NIEBLA EN VERACRUZ

Flor G. Vázquez-Corzas
Pronatura Veracruz A.C., Red de Ecología Funcional, INECOL

María Toledo-Garibaldi*
Red de Ecología Funcional, INECOL

Edgar Uriel Rodríguez Zambrano
Diana Vázquez Balbuena
Pronatura Veracruz, A.C.

*maria.toledo@inecol.mx



Fotografía: Vinisa Romero

El Bosque Mesófilo de Montaña (BMM) o Bosque de Niebla del centro de Veracruz, es un ecosistema importante por su alta biodiversidad y su papel en la captación, filtración y suministro de agua para las comunidades, entre otros servicios ambientales. Sin embargo, **se encuentra en un estado crítico de conservación y ha sufrido una alarmante deforestación y degradación debido a diversas actividades humanas.** Aunque en la región existen múltiples actores dedicados a implementar acciones de restauración y reforestación, frecuentemente estas se realizan de forma aislada. Por lo tanto, es esencial identificar sinergias para dirigir esfuerzos eficientes y maximizar su impacto en el territorio.



Figura 1. Paisaje del bosque de niebla y áreas deforestadas en el centro de Veracruz.
Fotografía: Jorge Ramos Luna

Considerando esto, **es necesario tener espacios comunes entre actores para el intercambio de experiencias y la reflexión conjunta**. Como un ejemplo de esta necesidad de vinculación, **Pronatura Veracruz, A.C. organizó el evento "Networking: Experiencias de restauración del bosque mesófilo de montaña en el centro de Veracruz"** realizado en Xalapa. El evento reunió a 30 participantes (18 mujeres y 12 hombres), incluyendo al sector académico (35 %), organizaciones de la sociedad civil (31 %), gobierno (17 %), sector privado (10 %) y propietarios de tierras (7 %). **El objetivo fue favorecer la vinculación, compartir colectivamente experiencias e identificar oportunidades de restauración que contribuyan a incrementar y conservar la cobertura, biodiversidad y funciones del BMM.**

Mediante el mapeo participativo, **se identificaron áreas de restauración, medios de vida ligados al BMM, principales amenazas y sitios potenciales para restauración y conservación**. Además, se recopiló información complementaria sobre las implementaciones, los logros alcanzados y los retos y oportunidades identificados. A continuación, se presentan los principales resultados.



Figura 2. Mesas de trabajo con diferentes actores y sectores de la región del centro de Veracruz. Fotografía: Diego Ávila Ruiz

1. Actividades de restauración

Se documentaron experiencias de restauración **en 79 sitios distribuidos en 11 municipios del centro de Veracruz**, la mayor parte impulsada por el sector académico (36 %), seguido de gobierno (28 %), propietarios (18 %), sociedad civil (11%) y empresas (7 %). Los años de las intervenciones oscilan entre 1998 a 2024, aunque la mayoría fueron entre 2015 y 2023. **Se estimó un total de 68,990 árboles de 73 especies sembrados en 481 hectáreas.** Se identificaron logros como el establecimiento de campañas de reforestación y la generación de empleos, obtención de certificaciones, generación de datos de sobrevivencia, y recuperación de interacciones ecológicas, cobertura del dosel y biodiversidad.

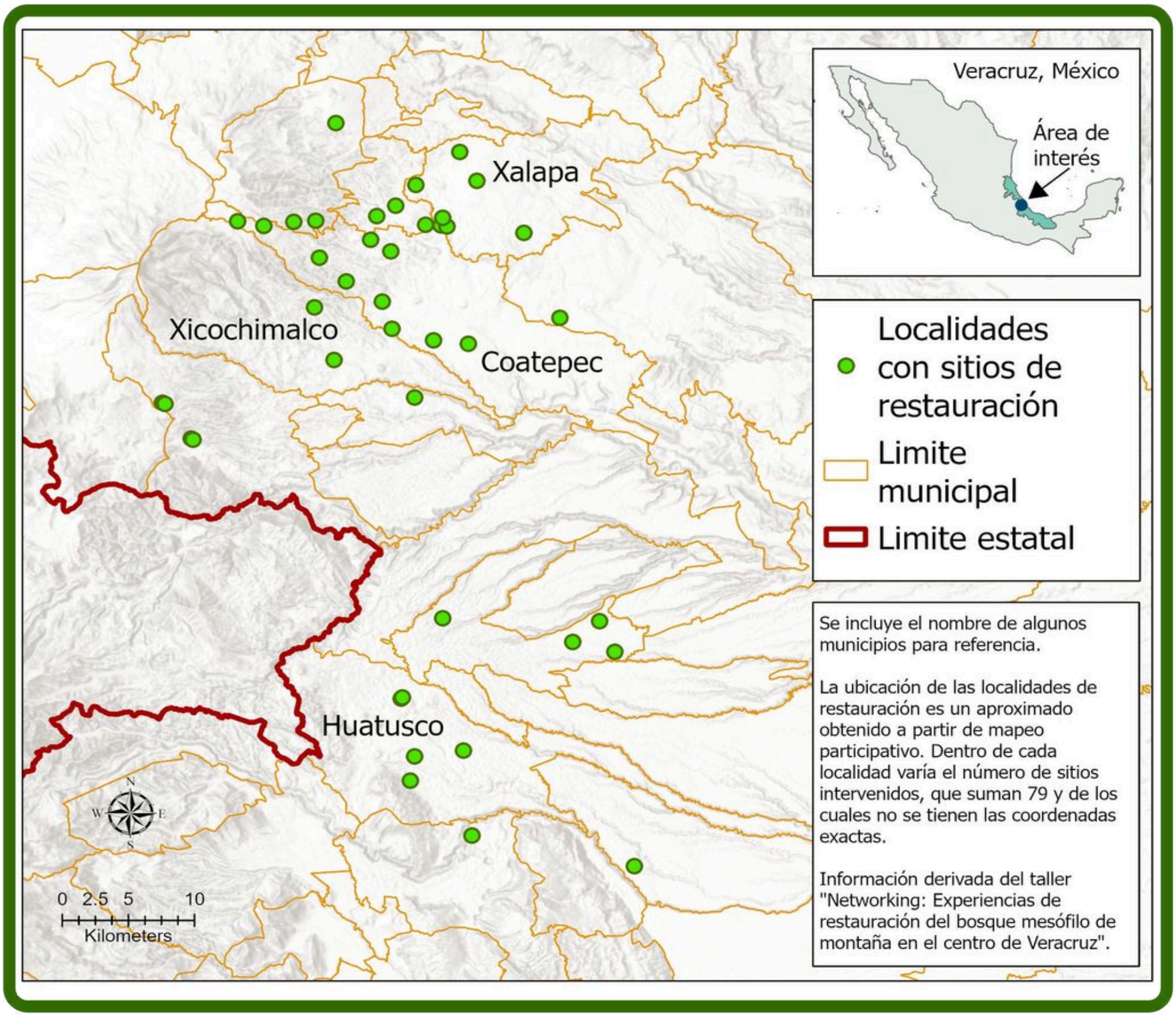


Figura 3. Mapa de localidades registradas por mapeo participativo donde se han realizado esfuerzos de restauración forestal en el centro de Veracruz. Elaboración: María Toledo

2. Medios de vida y amenazas al bosque

Se identificaron medios de vida compatibles con el bosque como **el cultivo de café y macadamia, la apicultura y el ecoturismo.** Sin embargo, se señaló que **otras actividades como la ganadería extensiva y los cultivos de papa, aguacate y limón actúan simultáneamente como fuentes de sustento y como grandes amenazas debido a la deforestación** y el uso intensivo de agroquímicos. Precisamente, **las mayores amenazas identificadas incluyen la expansión urbana descontrolada, la tala ilegal, la contaminación del suelo y de los cuerpos de agua ligados con el uso de agroquímicos en los cultivos.** Además, el cambio climático fue reconocido como un factor de pérdida del BMM y de la considerable reducción del caudal de los ríos, lo que subraya la urgencia de conservar el bosque y sus caudales. **Otras amenazas mencionadas fueron el incumplimiento y falta de vigilancia de la legislación, el desinterés generalizado, la minería de materiales pétreos y la industria.**

Se identificaron medidas que están en marcha contra algunas amenazas, por ejemplo, **el ayuntamiento de Tlalnelhuayocan y Coatepec buscan regular el cultivo de papa y el uso de agroquímicos. El sector privado participa activamente en jornadas de limpieza de ríos y siembra de árboles** como compensación. Además, se destacó la ampliación en territorio del programa de pago por servicios ambientales que contribuye a la conservación del bosque.

3. Sitios potenciales para restaurar y conservar

Se ubicaron 34 sitios potenciales para la restauración y conservación del BMM, en propiedad privada, ejidal y pública, en específico, en lotes baldíos urbanos, áreas naturales protegidas, áreas privadas de conservación, bosques secundarios, potreros, pastizales y áreas quemadas. Se propuso a la Cuenca Alta del municipio de Xicochimalco como una de las zonas críticas para su restauración y conservación.



Figura 4. Sitio reforestado con árboles del bosque de niebla en el centro de Veracruz. Fotografía: Uriel Rodríguez Zambrano

4. Retos y oportunidades

El mayor de los retos identificados para el éxito de las acciones de restauración fue **el mantenimiento y monitoreo de las plantaciones, por al menos 5 años, por lo que los proyectos deben contemplar este presupuesto desde la fase de planeación** y puedan ofrecer incentivos económicos para los propietarios. Asimismo, **es necesario superar limitantes técnicas como la selección inadecuada de especies** (incluyendo exóticas) **o fallas en la siembra** (en temporada de secas, profundidad incorrecta, plantaciones sin cercado), **mismas que se pueden corregir con capacitación** y el establecimiento de viveros que propaguen germoplasma local. También **es fundamental establecer corredores, usar especies que proporcionen alimento a la fauna silvestre**, sobre todo considerar modelos de escenarios de cambio climático y ejecutar estudios de migración asistida de plantas, debido a que la distribución y fenología de las especies está cambiando.

Otros retos incluyen la falta de coordinación intersectorial y la necesidad de consolidar políticas públicas que garanticen convenios de colaboración más allá de la duración de los proyectos o los periodos de cargos gubernamentales. Factores como la concientización comunitaria, **el compromiso de los propietarios para el mantenimiento y la educación ambiental son aspectos para abordar y favorecer la permanencia de las acciones.**



Figura 5. Esquema de las amenazas, retos y oportunidades para la restauración del bosque de niebla identificadas a través de taller participativo. Elaboración: Flor Vázquez Corzas y Uriel Rodríguez Zambrano

Entre las oportunidades sobresale el trabajo con el sector cafetalero. Los cafetales bajo sombra ofrecen beneficios de captura de carbono y son importantes para albergar especies nativas. Las certificaciones son incentivos clave para que los productores protejan sus fincas y contribuyan activamente a la conservación de la biodiversidad del BMM.

Las comunidades del centro de Veracruz nos beneficiamos directamente de los servicios que proporciona el bosque de niebla, y el bosque nos necesita para su conservación, restauración y manejo sustentable. Solo el trabajo coordinado garantizará su permanencia.



Fotografía: Vinisa Romero

Ir al índice

Agradecimientos

Este trabajo es parte del proyecto "*From seed to forests: strategic reforestation using native tree species of the cloud forest in Mexico*", financiado por la Iniciativa Internacional del Clima (IKI, Small Grant) y ejecutado por Pronatura Veracruz, A.C. Agradecemos profundamente el compromiso y la participación activa de todos los actores clave, sin los cuales este evento no hubiera sido posible.

Para saber más:

• Pronatura, A.C. 2025. De las semillas al bosque: reforestación estratégica utilizando especies de árboles nativos del bosque de niebla en México. Click aquí

• Vázquez Balbuena D. 2025. Recuperando el bosque de niebla del centro de Veracruz: un esfuerzo colaborativo. Click aquí

Fotografía: Vinisa Romero

Trivias y Arte



Fotografía: Tom Fisk, Pexels



Qué tanto sabes ...

De la bacteria que convierte el aire en fertilizante

Mauricio Rodríguez Villarreal, Rosa Isela Ruvalcaba Ontiveros, Hilda Amelia Piñón Castillo*

Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Chihuahua. *hpinon@uach.mx

Aunque en el aire hay mucho nitrógeno (78 %), **las plantas sólo pueden utilizarlo cuando está en el suelo en forma de nitrato** (NO_3) **o amonio** (NH_4^+). Por esa razón, los agricultores suelen emplear fertilizantes ricos en nitrógeno para favorecer el crecimiento de las plantas. Sin embargo, **tanto la falta como el exceso de nitrógeno pueden ser perjudiciales para el desarrollo de las plantas. ¿Sabías que existe un ser pequeñito que toma el nitrógeno del aire y lo convierte en nitrógeno absorbible por las plantas?** ¡Veamos como sucede esto!

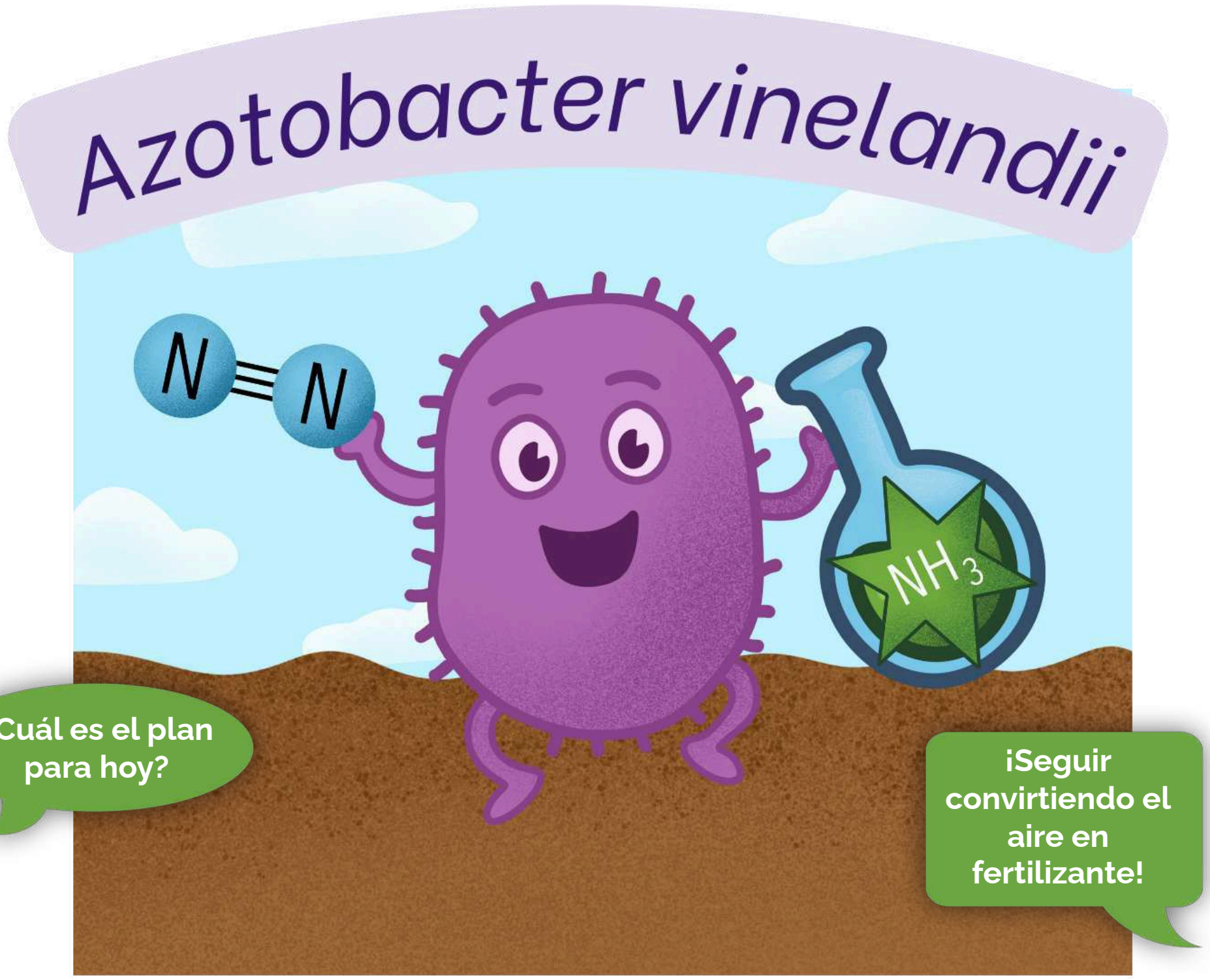


Imagen ilustrativa de como *Azotobacter vinelandii* transforma el nitrógeno del aire (N≡N) en nitrógeno absorbible por las plantas (NH_3). Elaboración: Angelica Maria Figueroa Ruvalcaba

1. ¿Existen pequeños seres vivos en la naturaleza que puedan proporcionar nitrógeno a las plantas?

(A) Sí, el *Azotobacter vinelandii*, una bacteria que habita en el suelo.

(B) Sí, los Tardígrados, animalitos super pequeñitos, también conocidos como osos de agua, se encuentran en casi todas las fuentes de agua.

(C) Sí, las *Criptococcus*, un tipo de hongo encontrado en el suelo.



Azotobacter vinelandii ayudando a las plantas a absorber el nitrógeno del aire. Elaboración: Angelica Maria Figueroa Ruvalcaba. Click sobre la imagen para ampliar

Respuesta

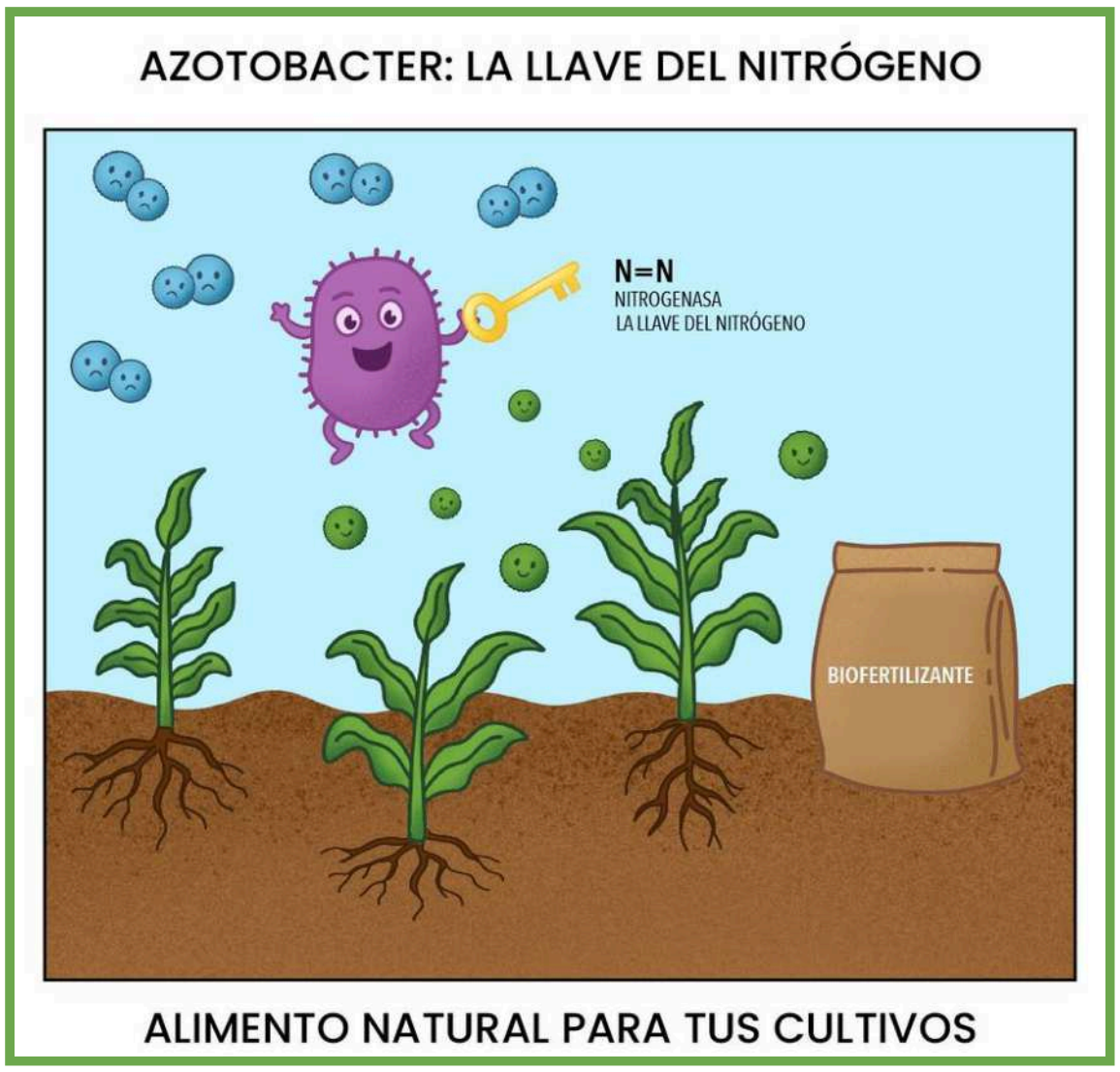
(A) Sí, el *Azotobacter vinelandii*, una bacteria que habita en el suelo. *Azotobacter vinelandii* es una bacteria muy especial que vive en el suelo que pisamos. Aunque es muy pequeña, tiene un superpoder increíble: puede tomar el nitrógeno del aire (N≡N) y transformarlo en amoniaco (NH_3), sustancia que una vez que llega al suelo, se convierte en amonio (NH_4^+), un compuesto que las plantas pueden usar como alimento. El amonio es como comida lista para las plantas, que les ayuda a crecer fuertes y sanas. Por eso, los científicos han pensado en usar a *Azotobacter vinelandii* como un biofertilizante, es decir, un fertilizante natural hecho con seres vivos. Cuando este ser vivo microscópico se usa en cultivos como el maíz, los resultados son asombrosos ¡ayuda a que las plantas crezcan mejor y produzcan más alimento, usando menos fertilizantes químicos!

2. ¿Cómo es que *Azotobacter vinelandii* lleva a cabo el proceso de fijación de nitrógeno?

(A) *Azotobacter vinelandii* realiza un proceso de fotosíntesis para la fijación de nitrógeno

(B) *Azotobacter vinelandii* tiene una especie de llave que puede transformar el nitrógeno de la atmósfera en amoniaco

(C) *Azotobacter vinelandii* libera nitrógeno a la atmósfera



Azotobacter vinelandii utilizando su llave secreta: Nitrogenasa en el proceso de fijación de nitrógeno. Elaboración: Angelica Maria Figueroa Ruvalcaba. Click sobre la imagen para ampliar

Respuesta

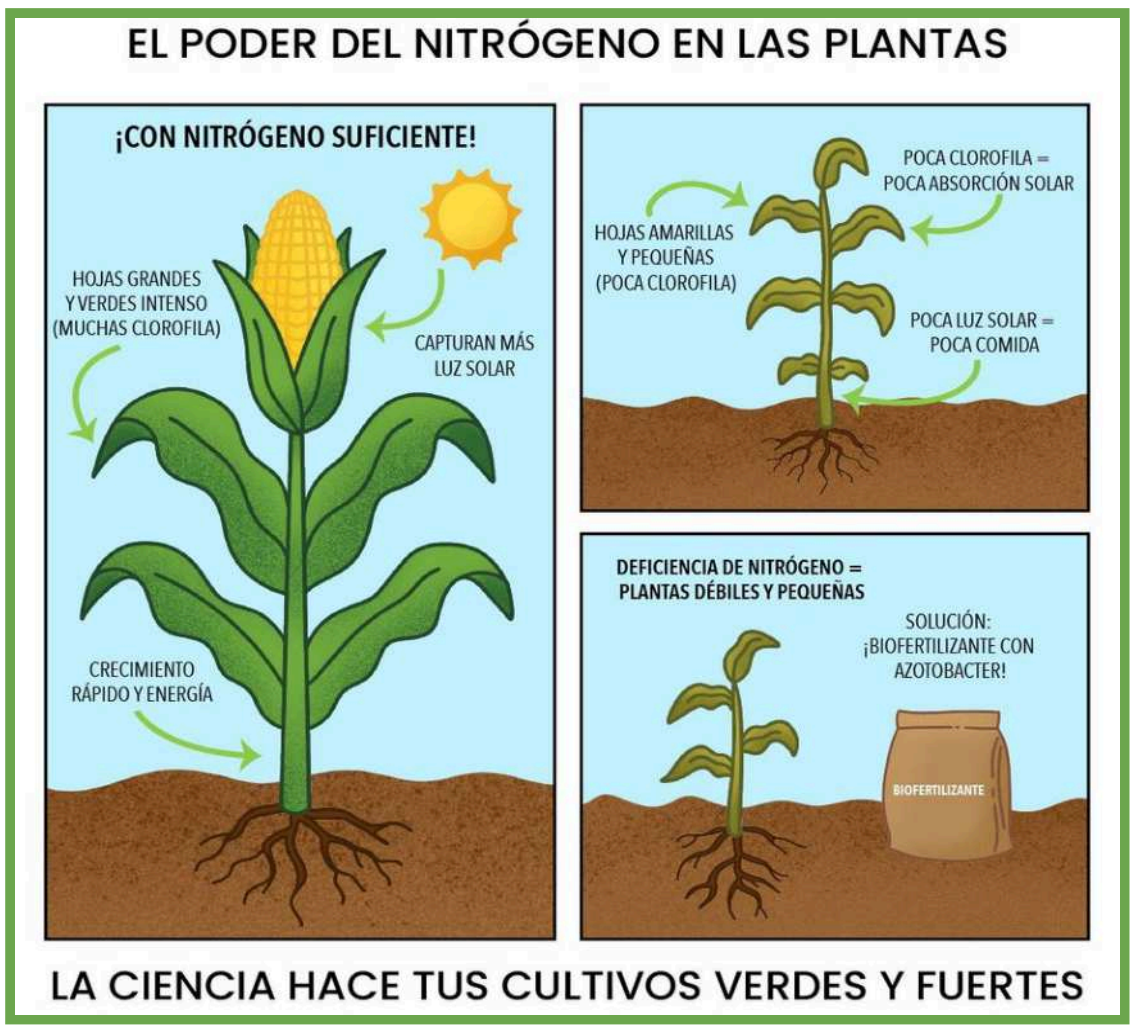
(B) *Azotobacter vinelandii* tiene una especie de llave que puede transformar el nitrógeno de la atmósfera en amoniaco. *Azotobacter vinelandii* tiene una especie de “llave mágica” que le permite abrir el nitrógeno del aire. El nitrógeno en el aire está formado por dos átomos muy unidos entre sí, como si estuvieran abrazados muy fuerte. A esa unión se le llama enlace triple (N≡N). Aunque el aire que respiramos tiene mucho nitrógeno (alrededor del 78 %), ni las plantas ni las personas podemos usarlo directamente porque ese enlace es muy difícil de romper. La “llave” de *Azotobacter vinelandii* es una proteína especial llamada nitrogenasa. Gracias a ella, la bacteria puede romper ese enlace tan fuerte y liberar el nitrógeno. A este proceso se le llama fijación de nitrógeno. Cuando el enlace se rompe, el nitrógeno se transforma primero en amoniaco (NH_3), y luego, en el suelo, se convierte en amonio (NH_4+), una sustancia que las plantas sí pueden usar como alimento para crecer fuertes y sanas.

3. ¿Por qué las plantas necesitan nitrógeno?

(A) Las plantas necesitan de agua y tierra, el nitrógeno no les sirve para nada.

(B) Las plantas utilizan el nitrógeno para poder crecer y desarrollarse.

(C) Las plantas requieren del nitrógeno para atraer polinizadores.



Beneficios de tener suficiente nitrógeno biodisponible.
Elaboración: Angelica Maria Figueroa Ruvalcaba
Click en la imagen para ampliar

Respuesta

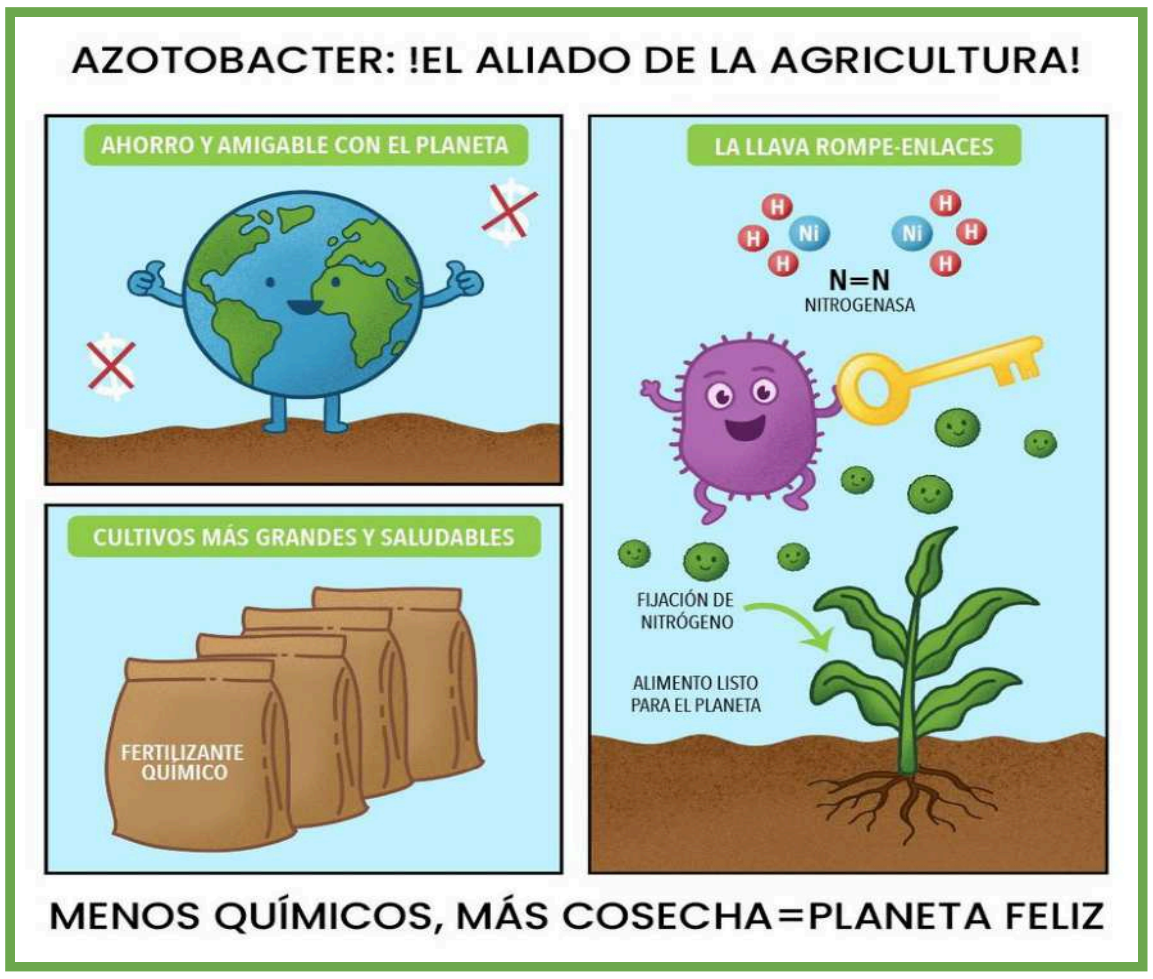
(B) Las plantas utilizan el nitrógeno para poder crecer y desarrollarse. El nitrógeno es muy importante para las plantas porque les ayuda a crecer y a estar sanas. Gracias al nitrógeno, las plantas pueden formar la clorofila, una sustancia verde que les permite usar la luz del sol para fabricar su propio alimento. A este proceso se le llama fotosíntesis. El nitrógeno también es necesario para que las plantas construyan sus “ladrillos” básicos, llamados aminoácidos y proteínas, que les ayudan a formar sus raíces, tallos y hojas. Además, el nitrógeno forma parte del ADN, que es como un libro de instrucciones que le dice a la planta cómo crecer y funcionar. Cuando una planta tiene suficiente nitrógeno, sus hojas son grandes y de un verde intenso, porque tienen mucha clorofila. Es como si tuvieran paneles solares muy eficientes que captan mejor la luz del sol. Así, la planta se alimenta bien y crece rápido. Pero cuando hay poco nitrógeno en el suelo, las plantas crecen débiles: sus hojas se vuelven pequeñas y amarillas porque no pueden producir suficiente clorofila. Por eso, muchas personas que cultivan alimentos añaden fertilizantes ricos en nitrógeno, para ayudar a las plantas a crecer fuertes y obtener mejores cosechas.

4. ¿Cómo ayuda la bacteria *Azotobacter vinelandii* a que las plantas tengan hojas verdes y crezcan mejor?

(A) Captura nitrógeno del aire para que la planta fabrique clorofila

(B) Les pinta las hojas de verde para que se vean más sanas

(C) Les da agua para que brillen más con el sol.



Beneficios de usar *Azotobacter vinelandii* en la agricultura.
Elaboración: Angelica Maria Figueroa Ruvalcaba
Click sobre la imagen para ampliar

Respuesta

(A) Captura nitrógeno del aire para que la planta fabrique clorofila. La mayor parte del nitrógeno que tienen las hojas de las plantas se encuentra en los cloroplastos, que son como pequeñas cocinas dentro de las células de las hojas. En esas cocinas, la planta usa la luz del sol y los nutrientes que absorbe del suelo para producir su alimento y obtener energía. Para que esta "cocina" funcione bien, la planta necesita un ingrediente muy especial: la clorofila, una sustancia verde que atrapa la luz del sol. Cuando una planta tiene hojas grandes y de color verde intenso, significa que tiene mucha clorofila y puede aprovechar mejor los nutrientes del suelo. Así logra crecer fuerte y producir frutos y cosechas más abundantes y nutritivas. Cuando se utiliza *Azotobacter vinelandii*, se puede reducir hasta en una tercera parte el uso de fertilizantes químicos. Esto ayuda a cuidar el planeta y también a ahorrar dinero a las personas que siembran. De esta forma, *Azotobacter vinelandii* es un aliado pequeño pero poderoso para la agricultura, ayuda a las plantas a alimentarse mejor, aumenta la cantidad de alimentos que se cosechan y protege el medio ambiente. Gracias a la ciencia y a los microbios que trabajan en silencio bajo nuestros pies, los campos pueden ser cada vez más verdes y saludables.

5. ¿De qué otras maneras ayudan *Azotobacter vinelandii* a las plantas?

(A) Mantiene las raíces fuertes y sanas

B) Hace que las hojas absorban más luz

C) Ayuda a mantener suficiente agua en el suelo



Poderes extra de *Azotobacter vinelandii*.
Elaboración: Angelica Maria Figueroa Ruvalcaba
Click sobre la imagen para ampliar

Respuesta

(A) Mantiene las raíces fuertes y sanas. *Azotobacter vinelandii* no solo ayuda a las plantas dándoles nitrógeno, también tiene otros “superpoderes” que las hacen crecer mejor. Esta bacteria produce unas sustancias especiales que funcionan como mensajes, parecidos a pequeños “mensajes de texto”, que viajan dentro de la planta. Estos mensajes le dicen a la planta que sus raíces deben crecer más largas y fuertes. Cuando las raíces son más grandes, la planta puede absorber mejor el agua y los nutrientes del suelo, como si tuviera popotes más largos y eficientes. Gracias a esto, la planta se alimenta mejor y puede producir hojas verdes, flores bonitas y frutos más sanos. Además, *Azotobacter vinelandii* ayuda a proteger a la planta. Produce sustancias que dificultan el crecimiento de bacterias dañinas que pueden causar enfermedades. Así, la planta se mantiene más fuerte y necesita menos productos antibacterianos para defenderse. Por todo esto, *Azotobacter vinelandii* es un gran aliado de las plantas: las ayuda a crecer, las protege y contribuye a una agricultura más natural y saludable.

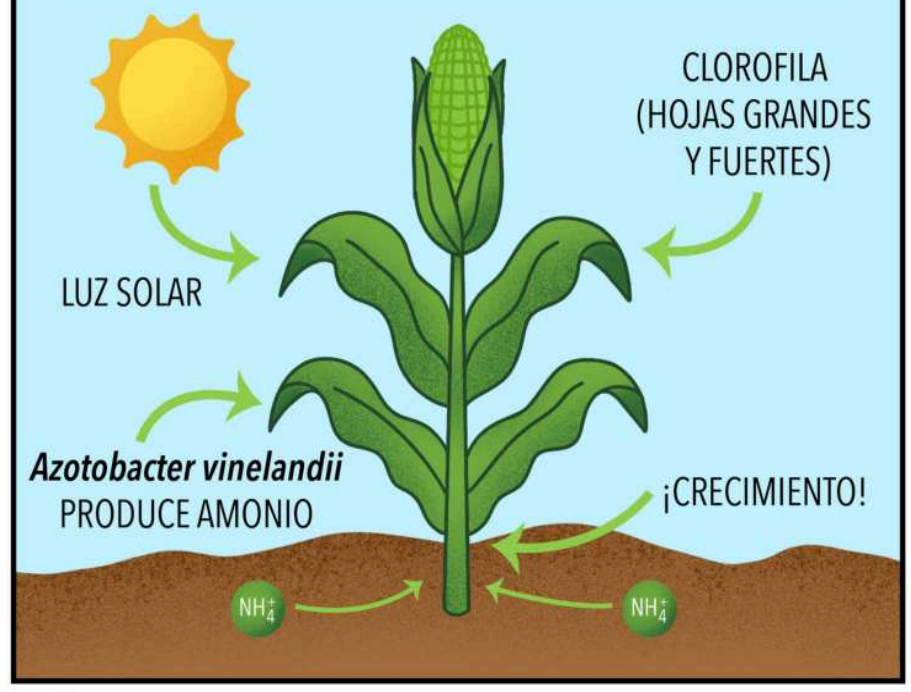
En conclusión...

Azotobacter vinelandii Y EL CICLO DEL NITRÓGENO EN LAS PLANTAS: ¡EL SECRETO PARA CULTIVOS GRANDES Y FUERTES!

1. CAPTURA NITRÓGENO DEL AIRE



2. LO CONVIERTE EN ALIMENTO PARA LAS PLANTAS



3. SUPER PODERES EXTRAS

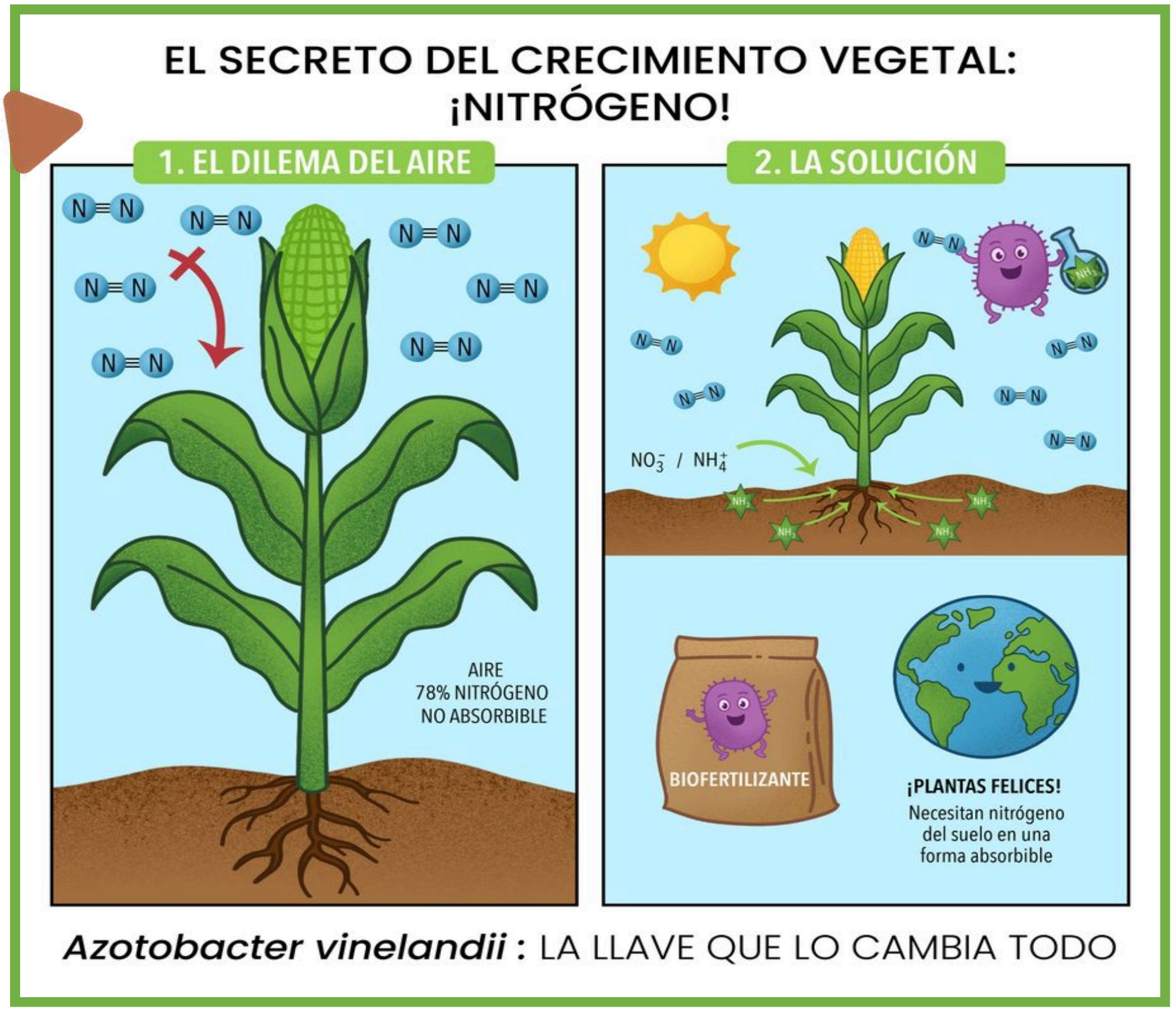


4. AHORRO Y UN PLANETA SALUDABLE



LA CIENCIA Y LOS MICROBIOS: EL FUTURO VERDE DE LA AGRICULTURA

Poderes extra de *Azotobacter vinelandii*. Elaboración: Angelica Maria Figueroa Ruvalcaba
Da click sobre la imagen para ampliar



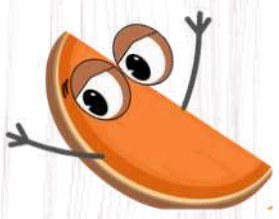
Elaboración: Angelica Maria Figueroa Ruvalcaba
Da click sobre la imagen para ampliar

Ir al índice

Agradecimientos:
Agradecemos la beca postdoctoral otorgada a la Dra. Rosa Isela Ruvalcaba Ontiveros (CVU 827163) y la beca de maestría otorgada a el I.Q. Mauricio Rodríguez Villarreal (CVU 2146370) por la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), así como el apoyo de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua.

Para saber más:

- What is the role of *Azotobacter vinelandii* in soil ecology? Click aquí
- Genome insights into *Azotobacter vinelandii* and its anaerobic metabolic capabilities. Click aquí
- Las plantas. Nutrición y relación. Aula chachi – Videos educativos para niños. Click aquí



BIOTRIVIA

Frutas raras de México

Juan Fernando Pío León
Red de Biodiversidad y Sistemática, INECOL. juan.pio@inecol.mx



Si nos preguntaran por los alimentos que México le ha dado al mundo, muy seguramente mencionaríamos al maíz, los frijoles, el chile o las calabazas, pero, ¿sabías que en México tenemos más de 1000 frutas autóctonas comestibles?

¿Qué es esto?

(A) Pepinos (B) Chayotes (C) Talayotes





Fotografía: Fernando Pío León

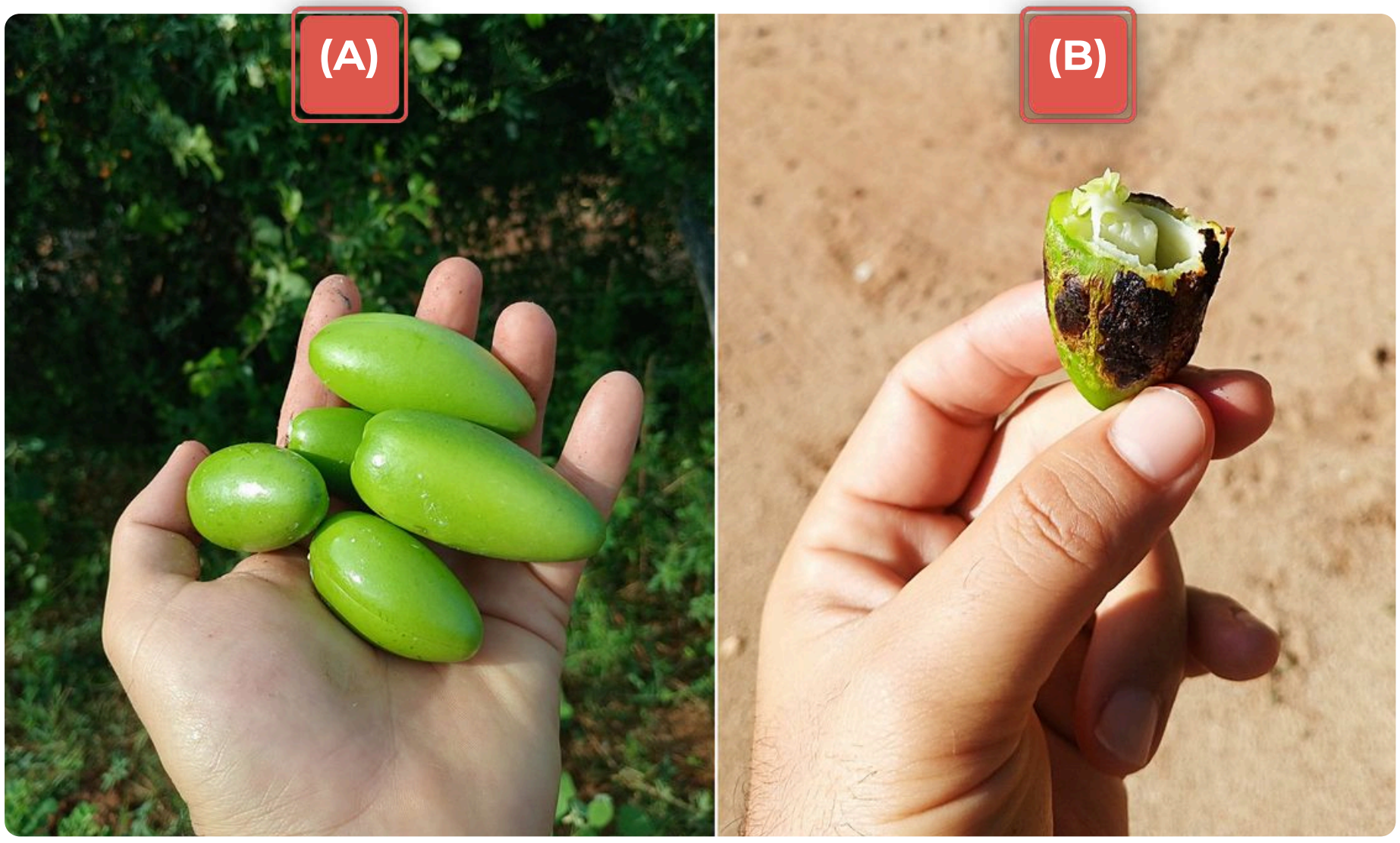
Respuesta

(C) Talayotes. Los talayotes no son una fruta, sino muchas. El término talayote se les da a las frutas de varias especies de la familia Apocynaceae (la misma del cacalosúchil o la rosa del desierto) que comparten las siguientes características: frutas con **forma elipsoide alargadas, más pequeñas que un pepino, algunas con protuberancia similar a espinas o costillas, producidas por plantas de tipo trepadora, lechosas y, lo más importante, que sean comestibles.**

El nombre talayote es de origen náhuatl y corresponde a "*tlalli*" (tierra) y "*ayotli*" (calabaza), es decir, calabaza de tierra. En México existen al menos 50 especies diferentes de talayotes e incluye géneros como *Gonolobus, Polystemma, Ruehssia* y *Talayotea*.



Los podemos encontrar prácticamente en cualquier parte del país, desde los desiertos hasta los bosques y selvas húmedas. Se pueden comer crudos cuando están tiernos, directamente de la planta (Figura 1A); o bien, de formas tan diversas como asados (Figura 1B), encurtidos, en conservas dulces, acompañando a mariscos frescos como sustituto del pepino (Figura 1C), revueltos con huevo o guisados como el clásico "colache" de calabacita (Figura 1D).



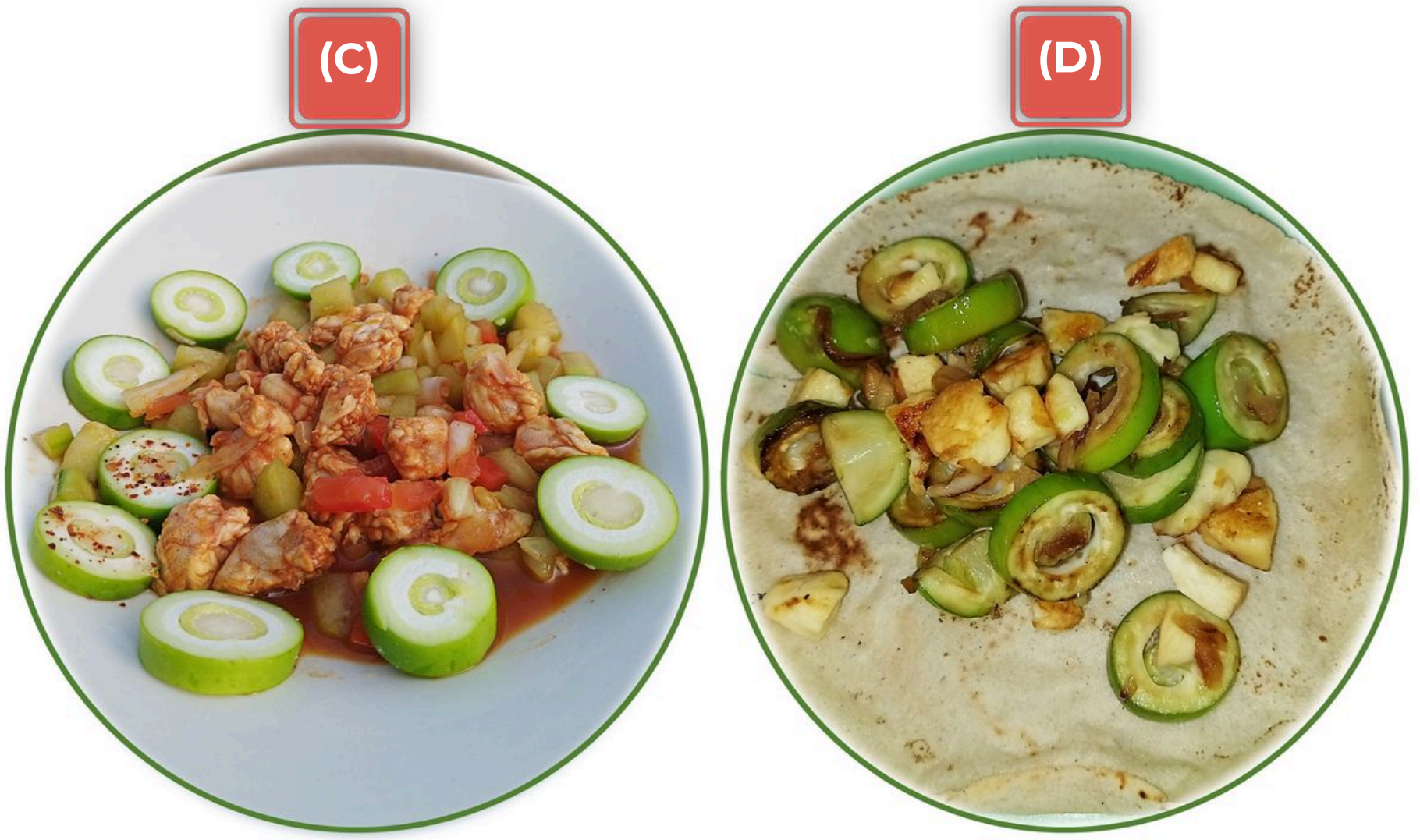


Figura 1. Arriba, talayotes o toraguis en su forma de consumo (A) crudos y (B) asados. Abajo, alternativas de preparación para su consumo (C) acompañante de ceviche y en guisos (D). Fotografías: Fernando Pío León

Las especies de las fotos mostradas pertenecen al género *Ruehssia: R. edulis* (A), *R. tholiformis* (B) y *R. tufii* (C). Estas especies son muy apreciadas en Sinaloa, donde también se les nombra “toraguis”.



Figura 3. Flores y frutos de talayotes o toraguis del género *Ruehssia*.
Fotografías: Fernando Pío León

Para saber más:

Ir al índice

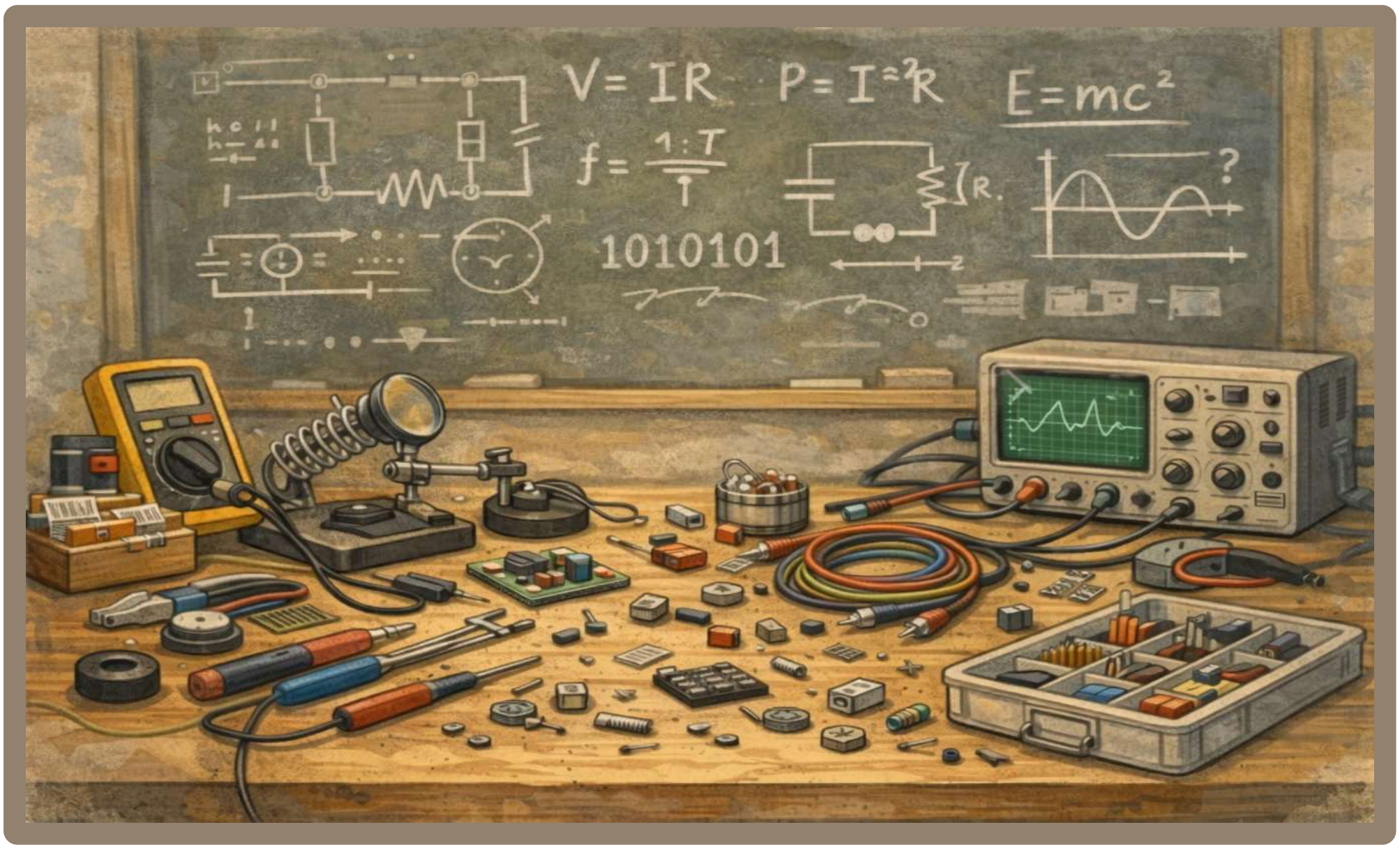
• Alvarado-Cárdenas LO. 2021. *Talayotea* (Apocynaceae: Asclepiadoideae, Gonolobineae), un género nuevo y endémico de México. Phytoneuron, 62, 1-18. Click aquí

• Pío-León JF, León-de la Luz JL, Delgado-Vargas F, Vega-Aviña R, Nieto-Garibay, Ortega-Rubio. 2025. Plantas alimentarias. En: Cruz-Angón A, Melgarejo ED, Cruz-Medina J (Eds), La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado. Vol. iii. CONABIO/FFB, México, pp. 193-204. Click aquí

• Rodríguez-Acuña AI, López-Angulo G, Delgado-Vargas F, Escobar-Zúñiga Y, Pío-León JF. 2025. Caracterización fitoquímica, antioxidante, nutricional y toxicidad en cinco especies comestibles de Asclepiadoideae (Apocynaceae) del noroeste de México. Acta Botanica Mexicana (132), Click aquí

Sueños sin color impuesto

Rosa Ana Sánchez Guillén
Red de Biología Evolutiva, INECOL, rosa.sanchez@inecol.mx



Elaboración: Vinisa Romero con inteligencia artificial (Chat GPT)

Durante el recreo, una niña caminaba despacio por el pasillo de su colegio. Le gustaba pasar frente al laboratorio de electrónica, porque desde la puerta entreabierta, **se veía una mesa llena de cables, piezas metálicas y una pizarra con fórmulas esperando a ser resueltas. Sin embargo, no sabía por qué no se atrevía a traspasar aquella puerta.**

Una mañana, la profesora de dibujo les propuso un ejercicio que captó la atención de todos. Les entregó una hoja con figuras geométricas. La niña sonrió, pensó que era una actividad artística y, con mucha confianza, empezó a trazar patrones. Pero entonces, un compañero le dijo que en realidad se trataba de un ejercicio de aritmética, en el que tenían que calcular las proporciones. **—"Esta es de las cosas que se nos dan bien a los chicos", le dijo. La sonrisa de la niña se desvaneció, ya no entendía bien los números y sus manos temblaban, no podía terminar el ejercicio.** Aquella frase, aunque breve, se quedó resonando en su interior durante mucho tiempo.

Con el tiempo comprendería que hay frases que no dicen “no puedes”, pero lo insinúan. Y cuando la duda aparece en el momento justo, basta para cambiar el rumbo de una decisión. Desde entonces, **cada vez que escuchaba algo parecido, una pequeña sombra se posaba sobre su seguridad.**



Escena escolar de creación tecnológica. Imagen elaborada por la autora con inteligencia artificial (Chat GPT)

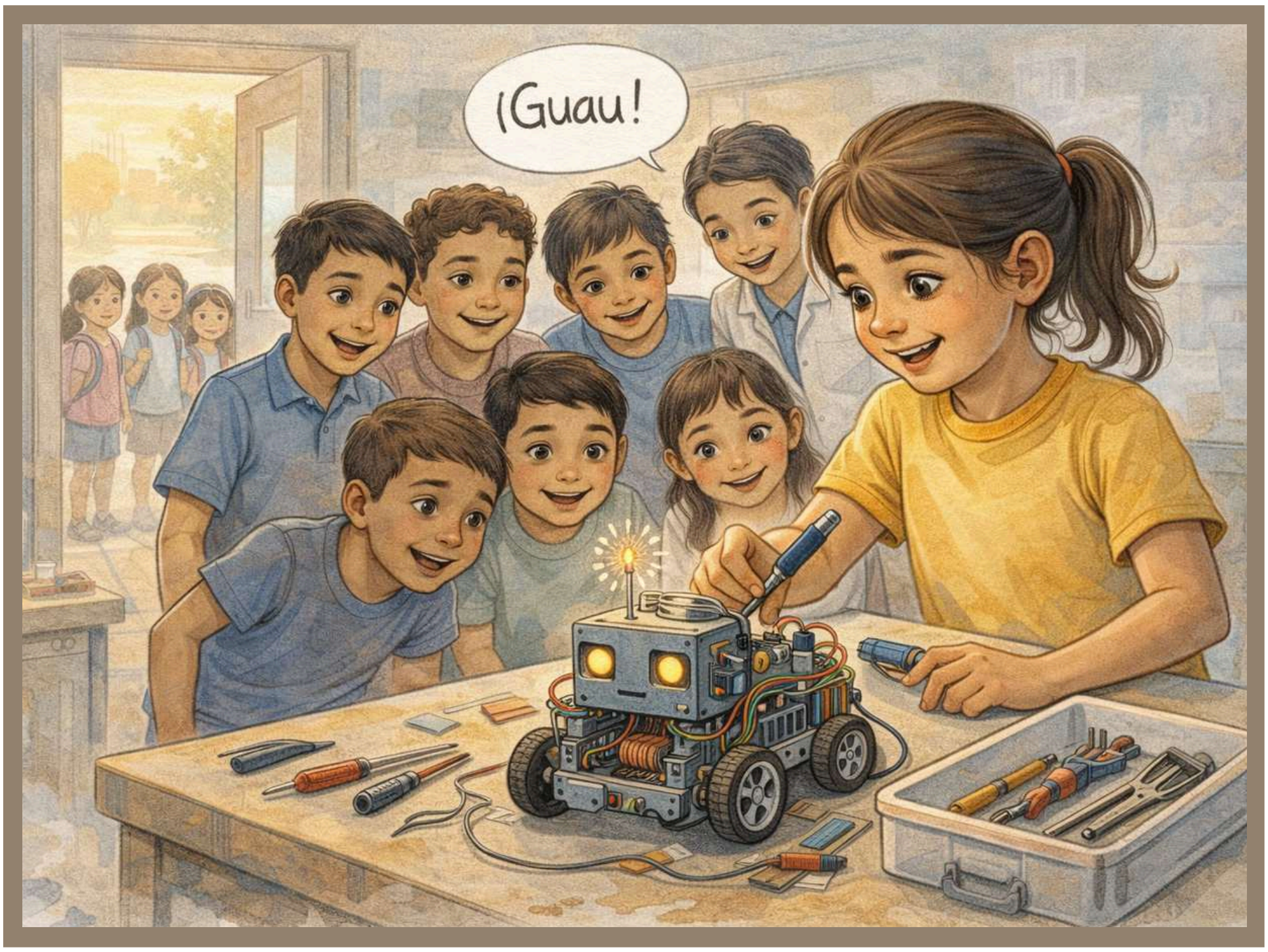
Años después, **ya siendo adulta**, **se daría cuenta de que aquel obstáculo que sufrió en la escuela se repetía en toda su educación.** En las clases de matemáticas y tecnología, casi siempre había más chicos que chicas. Y no solo eso, **las pocas chicas presentes parecían estar bajo un escrutinio constante, como si cada error se destacara más que los de sus compañeros.**

Y después, **en su vida profesional, la presencia femenina era aún más escasa: las investigadoras eran pocas,** y los conferencistas invitados casi siempre eran hombres. **Esta ausencia de referentes femeninos reforzaba la sensación de que intentar entrar en ese mundo era como caminar por una senda donde no esperaban que estuviera.** Cada logro parecía requerir un esfuerzo extra y una prueba de valía constante, porque no había muchas mujeres mostrando que sí se podía. **Después entendería que no era un caso aislado; muchas mujeres, antes que ella, habían sentido algo parecido. Era como si, poco a poco, muchas se fueran quedando en el camino, hasta que al final quedaban solo unas cuantas.**



Representación de mujeres enfrentando obstáculos en la ciencia. Imagen generada por la autora con inteligencia artificial (Chat GPT)

Sin embargo, **esta niña en ese momento decidió no dejarse vencer por el comentario de su compañero.** Cuando la maestra de ciencias organizó un concurso de inventos, la niña recordó lo mucho que le gustaba construir con paciencia y cuidado. Así que se apuntó. Al principio escuchó los mismos comentarios: —¿Tú? Pero si es de electrónica... Aun así, siguió. **Conectó piezas, probó y falló varias veces, hasta que su invento funcionó. Cuando lo presentó, todos se acercaron a verlo. Por un momento, sintió que había borrado ese "color invisible" que llevaba encima.**



Niña presentando su robot en clase. Imagen creada por la autora con inteligencia artificial (Chat GPT)

Mientras guardaba sus herramientas, pensó que quizá había muchas niñas más que, como ella, miraban desde la puerta esperando una señal para entrar. Y que, **si los estereotipos son muros invisibles, aprender a entrar, quedarse y participar es una forma de derribarlos.** Porque no se trata de ser "de chicos" o "de chicas", **se trata de atreverse a mirar, crear y aprender, con confianza y curiosidad.**

Ir al índice

ANÉCDOTAS DE BATAS & BOTAS

Fotografía: Vinisa Romero



DE BATAS, BOTAS… Y BYTES

Cómo unir las ciencias experimentales y las computacionales

Daniel García Arce
Departamento de Materiales Radioactivos,
Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ)

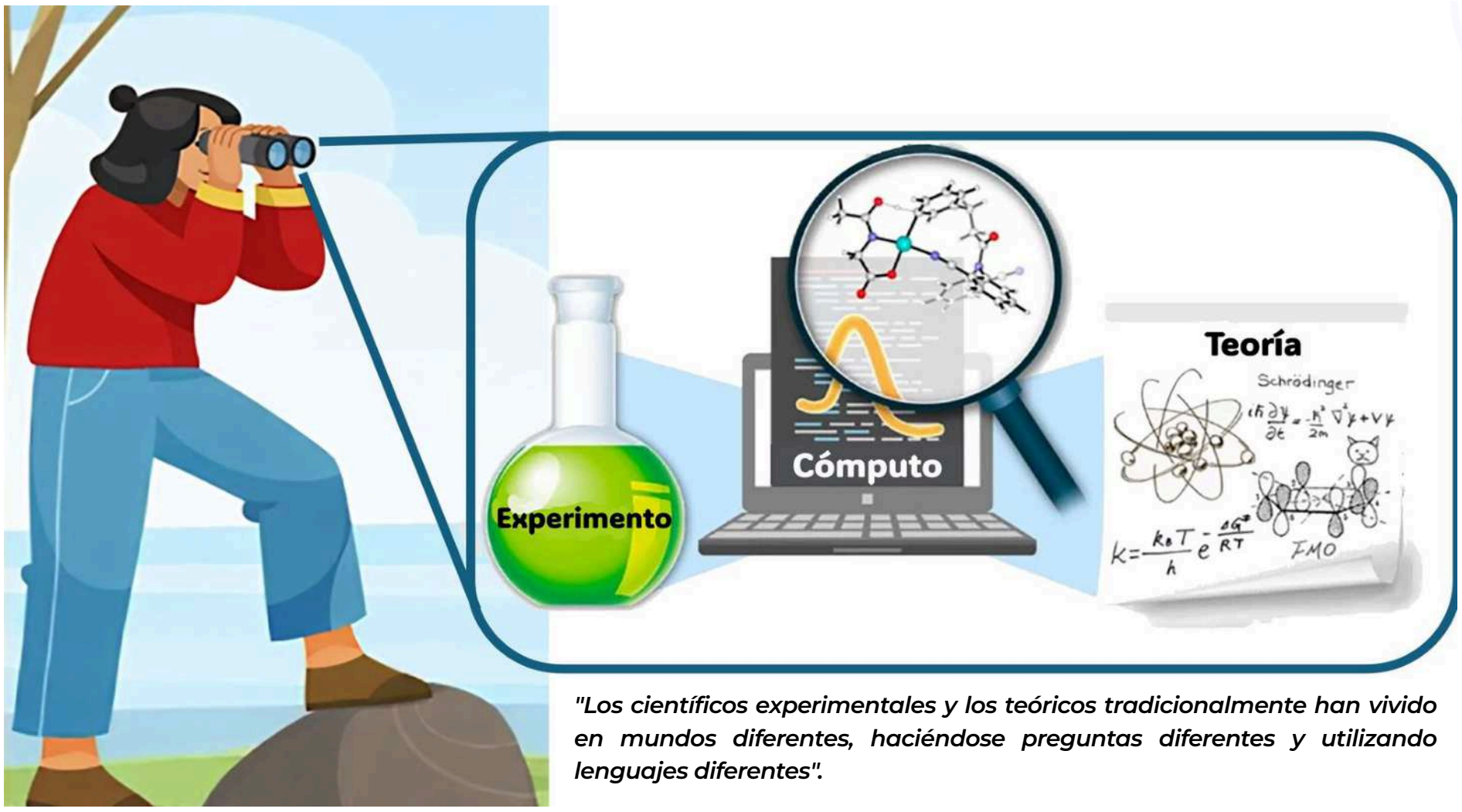
Abraham Vidal Limón
Red de Estudios Moleculares Avanzados,
INECOL

Durante mucho tiempo, **la ciencia se contó como una historia de espacios confinados.** Por un lado, **los de botas**, recorriendo campos, muestreando bichos en selvas o ranchos. Por el otro, **los de batas**, preparando muestras, cultivando células o midiendo reacciones en un laboratorio. Ambas son ciencias experimentales. **Y luego estamos nosotros, los de bytes**, con pantallas llenas de datos y modelos matemáticos que simulan moléculas reales en el mundo digital.



Hoy, esa frontera se está desvaneciendo gracias a la inteligencia artificial y la facilidad para adquirir dispositivos móviles, dando paso a la ciencia más poderosa del siglo XXI, **la cual nace precisamente cuando estas tres formas de hacer conocimiento se encuentran.**

En su lectura de premio Nobel de Química 2013, el Dr. Martin Karplus puso de manifiesto la tendencia de compartamentalización de las ciencias con la siguiente frase: "*Experimentalists and theoreticians have traditionally lived in different worlds, asking different questions and using different languages*" (**Los científicos experimentales y los teóricos tradicionalmente han vivido en mundos diferentes, haciéndose preguntas diferentes y utilizando lenguajes diferentes**). En este sentido, la tradición científica ha confinado durante décadas a las y los investigadores experimentales y teóricos, a vivir "dentro" de marcos conceptuales que parecen aislados.



"Los científicos experimentales y los teóricos tradicionalmente han vivido en mundos diferentes, haciéndose preguntas diferentes y utilizando lenguajes diferentes".

Integración de las ciencias experimentales y el cómputo. La búsqueda de los fenómenos naturales inicia casi siempre con las botas puestas, pasa por los laboratorios donde usamos batas y hacemos experimentos, y termina en las predicciones de la química computacional, basadas en bits y bytes. Imagen: Abraham Vidal Limón y Shuttersctock®.

Aun cuando las simulaciones computacionales trabajan con representaciones de modelos y grandes volúmenes de datos, ¡NO reemplazan a la realidad! Pero permiten explorar escenarios casi imposibles o muy costosos de comprobar experimentalmente. **En nuestro grupo de investigación (del INECOL) simulamos miles de interacciones moleculares, evaluamos miles de compuestos antes de sintetizar uno en una supercomputadora. Tal es el caso de Daniel, quien se atrevió a formularse la pregunta "¿qué pasaría si... primero simulo compuestos antes de probarlos?".**

La experiecia de Daniel con las batas y los bytes.

Imaginen el escenario de hallar un nuevo medicamento contra una enfermedad latosa que nos tiene hartos. Durante años nos encerrábamos día y noche —semanas, meses, ¡hasta años! — mezclando compuestos, hurgando en plantas y animales en busca de esa molécula mágica. Era un proceso eterno y carísimo (¡por todos lados!), y con los apuros de salud actuales, el tiempo no espera. **Yo empecé en este mundo científico bien ranchero, botas puestas y bata al hombro, como tantos pioneros. Exploraba en el laboratorio bibliotecas de compuestos prometedores, probando especies medicinales** como la uvalama (*Vitex mollis Kunth*) o el árbol de la quina (*Cinchona officinalis*). **Divertido, sí, pero lentísimo: un ensayo aquí, una prueba allá, rezando por un golpe de suerte.**



Pero ¡un momento! Si la tecnología está en todos lados —hasta en el celular—, ¿por qué no usarla para ahorrar tiempo, recursos y poner felices a los jefes? **Así combiné botas, bata y bytes, saltando a la química computacional. Ahora, simulo cómo se portarán esos fármacos antes de tocarlos:** ¿molécula A o B contra el cáncer de próstata? ¿Qué modificación les hace falta? ¿Y si diseño una desde cero para cáncer de colon, pero adaptada al nanómetro? **Los modelos fisicoquímicos me dan pistas precisas, y cuando entro al laboratorio, ¡ya sé por dónde arrancar! No es magia, son botas, batas… y bytes.**

Finalmente, la unión entre las ciencias experimentales (botas y batas) y las ciencias computacionales (bytes) **no es un lujo tecnológico, sino una necesidad social, ecológica y científica, para enfrentar los retos de nuestra sociedad actual.**

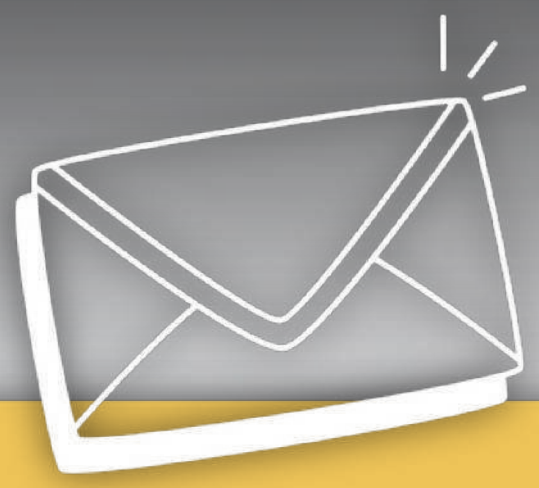


Un día normal de Daniel en la senda de las ciencias experimentales, pero ahora dirigida por el cómputo. Fotografía: Daniel García Arce

Para saber más:

Ir al índice

• Karplus M. 2014. Development of Multiscale Models for Complex Chemical Systems: From H+H2 to Biomolecules (Nobel Lecture)†. Angewandte Chemie International Edition, 53: 9992-10005. Click aquí



ECONOTICIAS

Fotografía: Mike van Schoonderwalt, Pexels



Así se vivió el Consejo Científico

El pasado 27 y 28 de febrero se disfrutó de las actividades relacionadas con el Consejo Científico. El viernes fue dirigido a infancias de 6 a 11 años y el sábado para público en general con interés en la elaboración de jabones con plantas medicinales.





Diseños: Oficina de Comunicación, INECOL
Click sobre la imagen para ampliar

¡Noticias de la manada! (auuuuu)

Luis M García Feria, luis.garcia@inecol.mx
Conservación y Manejo de Fauna-Enlace Durango. Secretaría Técnica, INECOL


Lobo mexicano en la UMA Estación Biológica Piedra Herrada, Reserva de la Biosfera La Michilía, Durango. Fotografía: Luis M. García Feria

El año pasado, como todos los años, se realizó el manejo médico veterinario de los lobos mexicanos resguardados en la UMA Estación Biológica Piedra Herrada del INECOL, localizada en la Reserva de la Biosfera La Michilía, Durango, México. Sin embargo, en este año tuvimos más actividad debido a que algunos de nuestros lobos ya están entrando a la senectud y, por lo tanto, comienzan a mostrar signos de enfermedades degenerativas.

En agosto, uno de los lobos mostró problemas de movilidad y, tras una evaluación con especialistas y radiografías, fue diagnosticado con espondilosis, iniciando tratamiento para mejorar su calidad de vida. En noviembre, se llevaron a cabo revisiones generales a seis lobos, incluyendo vacunación, desparasitación, evaluación física y análisis de sangre, con apoyo de veterinarios especializados (Figura 1).

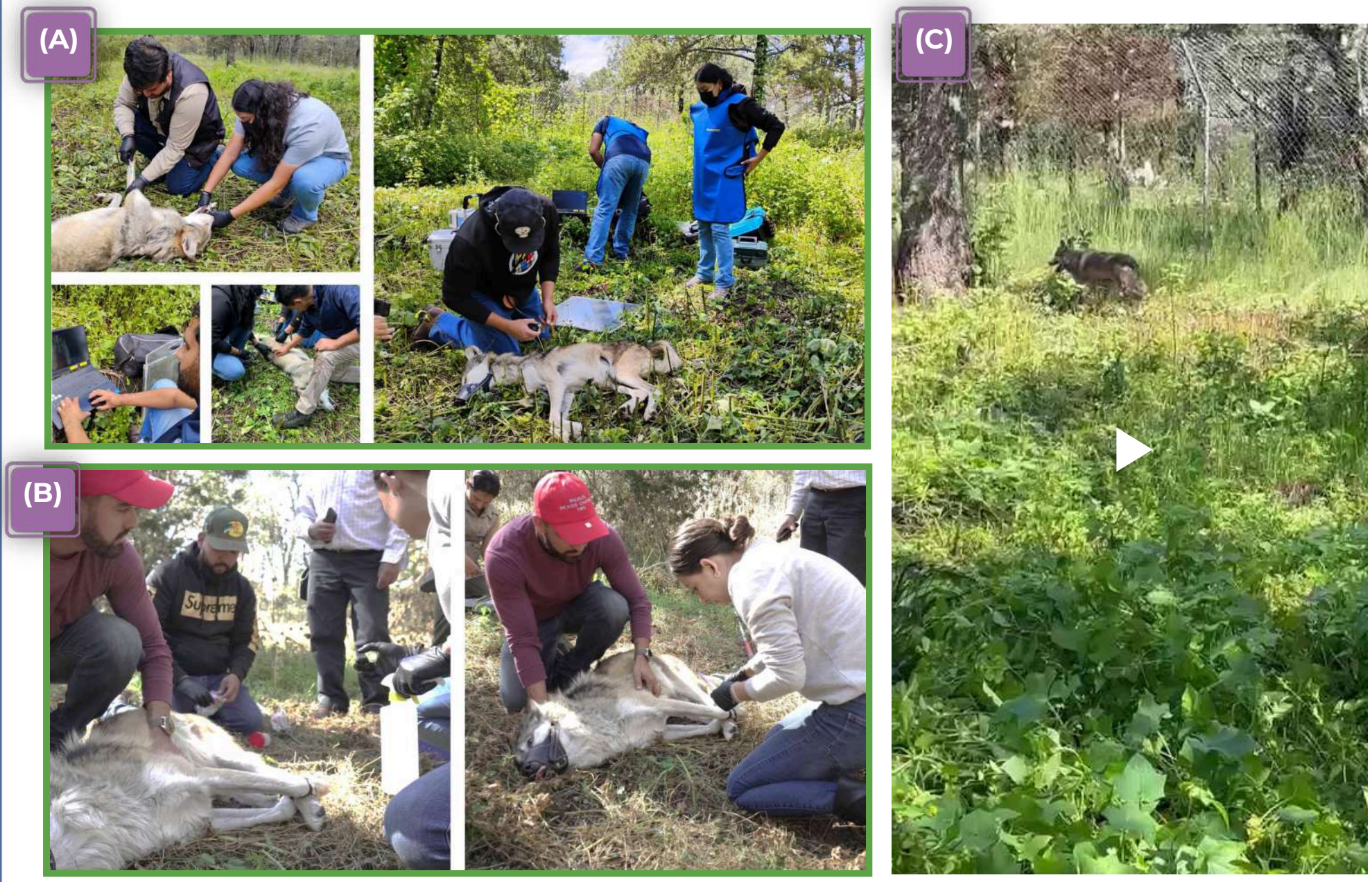


Figura 1. (A) Evaluación radiológica de un lobo mexicano. Fotografías: Lyda Salazar (B) Evaluaciones de la salud y medicina preventiva de los lobos de la UMA Estación Biológica Piedra Herrada. Fotografía: Jorge Ramos Luna. (C) . Lobo mexicano en recuperación. Video: Luis M. García Feria

Agradecemos a la MVZ Lyda Salazar, del Instituto de Conservación de la Vida Silvestre, al MVZ Cruz Peña y la MVZ Michel Alvarado, subdirector y responsable de la clínica del Parque Zoológico Sahuatoba, Durango, de la Facultad de Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango (FMVZ-UJED), al Dr. Manuel Salazar Borunda y sus estudiantes por su ayuda en el diagnóstico y tratamiento

Desde 1981, la estación participa en el programa de recuperación del lobo mexicano con el objetivo de su reintroducción en la naturaleza. Estas acciones requieren recursos, por lo que te invitamos a apoyar los esfuerzos de conservación de la especie. Da click aquí para conocer cómo apoyar.

Erasmus+ y movilidad para estudiantes

El proyecto NEREIDAS (Erasmus + Project 101179229) tiene como objetivo implementar acciones educativas innovadoras para la **protección de los ambientes marinos mexicanos y colombianos.** Por ello organizamos dos cursos híbridos que forman parte de las materias optativas del posgrado INECOL. Se llevarán a cabo del **18 al 29 de mayo y del 17 al 21 de agosto**, respectivamente te invitamos registrarte. **¡Las inscripciones están abiertas!**





Click sobre cada invitación para ampliar la imagen

Los estudiantes inscritos en el posgrado del INECOL que tengan el mejor desempeño recibirán una beca del proyecto para realizar una estancia de tres semanas en las universidades de Italia y España en 2027.

El consorcio está integrado por 3 universidades europeas (UNIROMA1, UCA, UNIBA), 2 universidades mexicanas (UNAM e INECOL) y 2 universidades Colombianas (UNISIMÓN y UNIMAGDALENA). Además, cuenta con el apoyo de una organización Colombiana activa en los ámbitos de la educación, la formación y la juventud:: Corporación Comunicación, Territorio y Resistencia.

NEREIDAS es el acrónimo de "implemeNtation of innovativE educational actions foR thE protectIon of mexico anD colombiA marine environmentS". Conoce más del proyecto en su página web www.nereidas-project.com.

Posgrados en el INECOL

Curso en línea de Restauración Forestal



Click aquí

Curso en línea Restauración en el Paisaje Costero-Marino



Click aquí

Manejo Costero



Click aquí

Diplomado de restauración de ecosistemas y servicios ambientales



Click aquí

Reuniones y eventos científicos:

XIV CONGRESO MEXICANO DE ETNOBIOLOGÍA
Etnobiología en movimiento: enlazando eras, territorios y enfoques

ASOCIACIÓN ETNOBIOLÓGICA MEXICANA A.C.

Estimados asociados y amigos, la Asociación Etnobiológica Mexicana, A.C. (AEM), el Comité Organizador Local (COL) y la Mesa Directiva de la AEM, les invitamos a prepararse y participar en el XIV Congreso Mexicano de Etnobiología (CME), a realizarse en las instalaciones de la Universidad Veracruzana, en Xalapa, Veracruz, del 15 al 20 de junio del 2026, con algunas sedes alternas para actividades puntuales.

El programa completo y definitivo de nuestro XIV CME se dará a conocer a partir del 15 de mayo del 2026. Deseamos que sea un congreso provechoso, en donde nos llevemos muchos aprendizajes sobre nuestra relación con la naturaleza.

¡Enhorabuena y nos vemos en Xalapa!

Nuestro lema:
"Etnobiología en movimiento:
enlazando eras, territorios y enfoques"

Click aquí para conocer datos de registro, envío de los trabajos, costos y fechas importantes.

¡Festival de Aves y Humedales!

Los invitamos a la Edición No. XXVII del Festival de Aves 2026, que se llevará a cabo el sábado 28 de marzo, de 10:00 a 14:00h en el Centro de Investigaciones Costeras La Mancha (CICOLMA). El programa cuenta con actividades culturales, exposiciones y actividades lúdicas. No olviden llevar gorra, sombrero, bloqueador solar y repelente.



¡Vámonos a Puebla!

La Sociedad Científica Mexicana de Ecología (SCME) y la Red Latinoamericana de Ecología (ReLatE) te invitan al X Congreo Mexicano de Ecología que se llevará a cabo en Puebla de Zaragoza, México del 18 al 23 de octubre de 2026-



Conoce más en www.scme.mx

#OrgulloInecol

Labor pionera en ecosistemas costeros

El 10 de marzo, en el marco del Día Internacional de la Mujer, estudiantes del CCH-Sur de la UNAM organizaron un evento para reconocer el papel de las mujeres en la ciencia. El Comité Estudiantil del CEMIE-Océano destacó a investigadoras que han contribuido al estudio de zonas costeras y a la energía renovable marina, resaltando especialmente la labor pionera de la Dra. Ma. Luisa Martínez en la ecología de ecosistemas costeros, investigadora de la Red de Ecología Funcional del INECOL y editora de Eco-Lógico.





Arriba: Dunas visitadas por la Dra. Martínez; abajo: banner de reconocimiento.
Cortesía: Dra. María Luisa M. Martínez y CEMIE-Océano

GRADUADOS EN EL INECOL

Periodo: enero-marzo 2026

MAESTRÍA EN CIENCIAS

Guerrero Gómez, María Teresa
Tesis: ¡Con el mundo a cuestas! Diversidad de la palinoflora acarreada por abejas nativas en huertas de aguacate con distintas áreas de bosque nativo del noreste de Michoacán, México
Directores: Dr. Carlos Andrés Cultid Medina y Dra. Elia Ramírez Arriaga

Ortega Rosas, Daniel Antonio
Tesis: Entendiendo la ingeniería del microambiente de bolas-nido de *Canthon cyanellus cyanellus*: claves del cuidado parental en escarabajos peloteros
Directores: Dr. Jesús Alejandro Zamora Briseño y Dr. Mario Enrique Favila Castillo

Vasquez Lenis, Elder Andrés
Tesis: Aguacate, bosques y abejas silvestres en el noreste de Michoacán: Una aproximación taxonómica y funcional
Directores: Dr. Carlos Andrés Cultid Medina y Dr. Remy Vandame

Vivar Vázquez, Dulce Carmina
Tesis: Innovación en la protección de bellotas (*Quercus*) sembradas para la restauración del Bosque de Niebla
Directora: Dra. Fabiola López Barrera

DOCTORADO

Sánchez García, Edgar Abel
Tesis: El impacto de la elevación del nivel del mar sobre la zona costera del Golfo de México
Directora: Dra. Patricia Moreno-Casasola Barceló y Dr. Carlos Alberto Yáñez Arenas

¡MUCHAS FELICIDADES!

CIFRAS Y NÚMEROS DE:

Eco-Lógico

445
Artículos publicados

598
Autores (INECOL y externos)

55,735
Personas alcanzadas

24
Números publicados

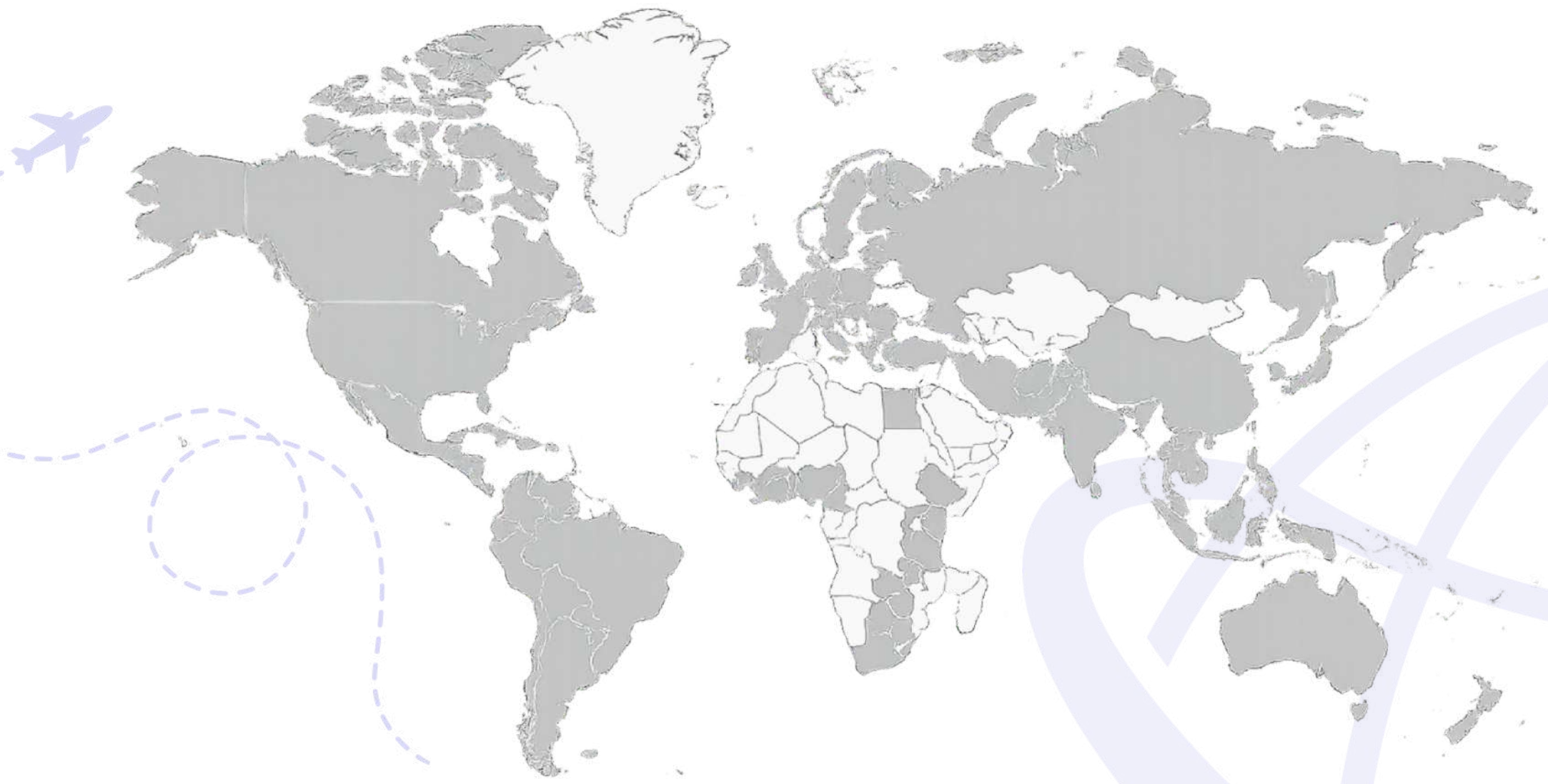
159
Redes académicas e instituciones externas

54
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:



Mapa: ChatGPT

México, Colombia, Perú, Ecuador, Argentina, Estados Unidos, España, Costa Rica, Chile, Guatemala, Venezuela, el Salvador, Panamá, Cuba, Uruguay, Brasil, Bolivia, Francia, Alemania, Honduras, Canadá, Paraguay, Rep. Dominicana, Nicaragua, Puerto Rico, Reino Unido, Países Bajos, Rumania, Finlandia, Luxemburgo, Australia, Italia, Sudáfrica, Suiza, Indonesia, Emiratos Árabes Unidos, India, Polonia, Portugal, Bangladesh, Bélgica, Japón, Suecia, Austria, Estonia, Israel, Mozambique, Singapur, República Árabe Siria, Türkiye (Turquía), China, Egipto, Nueva Zelanda, Rusia.

¡Gracias por compartirla!

FORMA PARTE DE

Eco-Lógico

Fotografía: Vinisa Romero

Eco-Lógico, año 7, volumen 7, No. 1 enero-marzo (primavera), 2026, 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, 23 de marzo de 2026.