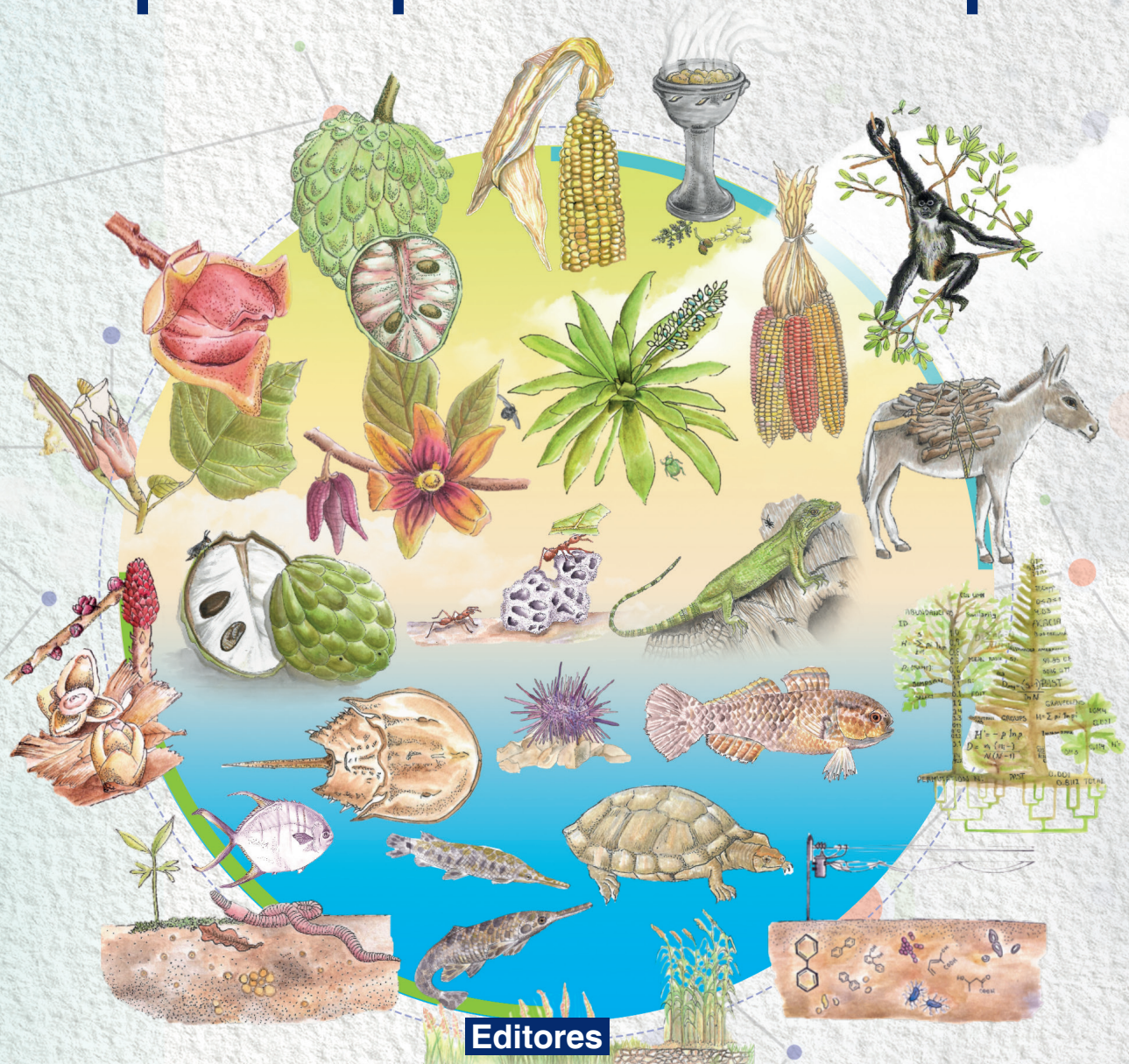


¿Qué y cómo estudiamos las especies que habitan el trópico?



Editores

Iván de la Cruz Chacón • Claudia Azucena Durán Ruiz
Fridali García Islas • Miguel Ángel Peralta Meixueiro • Juan Felipe Ruan Soto

Colección
Jaguar

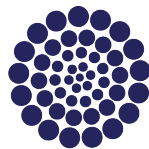


UNICACH

¿Qué y cómo estudiamos las especies que habitan el trópico?



Iván de la Cruz Chacón
Claudia Azucena Durán Ruiz
Fridali García Islas
Miguel Ángel Peralta Meixueiro
Juan Felipe Ruan Soto
(editores)



CONACYT

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología





El jaguar es una de las especies más representativas de la fauna chiapaneca y el símbolo por antonomasia de la biodiversidad en nuestro estado. Bajo su nombre están contenidos todos los títulos pertenecientes al ámbito de las ciencias naturales producidos en la universidad.

Primera edición: 2021

D. R. ©2021. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Instituto de Ciencias Biológicas
1ª Avenida Sur Poniente número 1460
C. P. 29000, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.
www.unicach.mx
editorial@unicach.mx

ISBN: 978-607-543-133-8

Diseño de la colección: Manuel Cunjamá

Diseño de portada: Manuel Cunjamá y Roger Santos Santiago

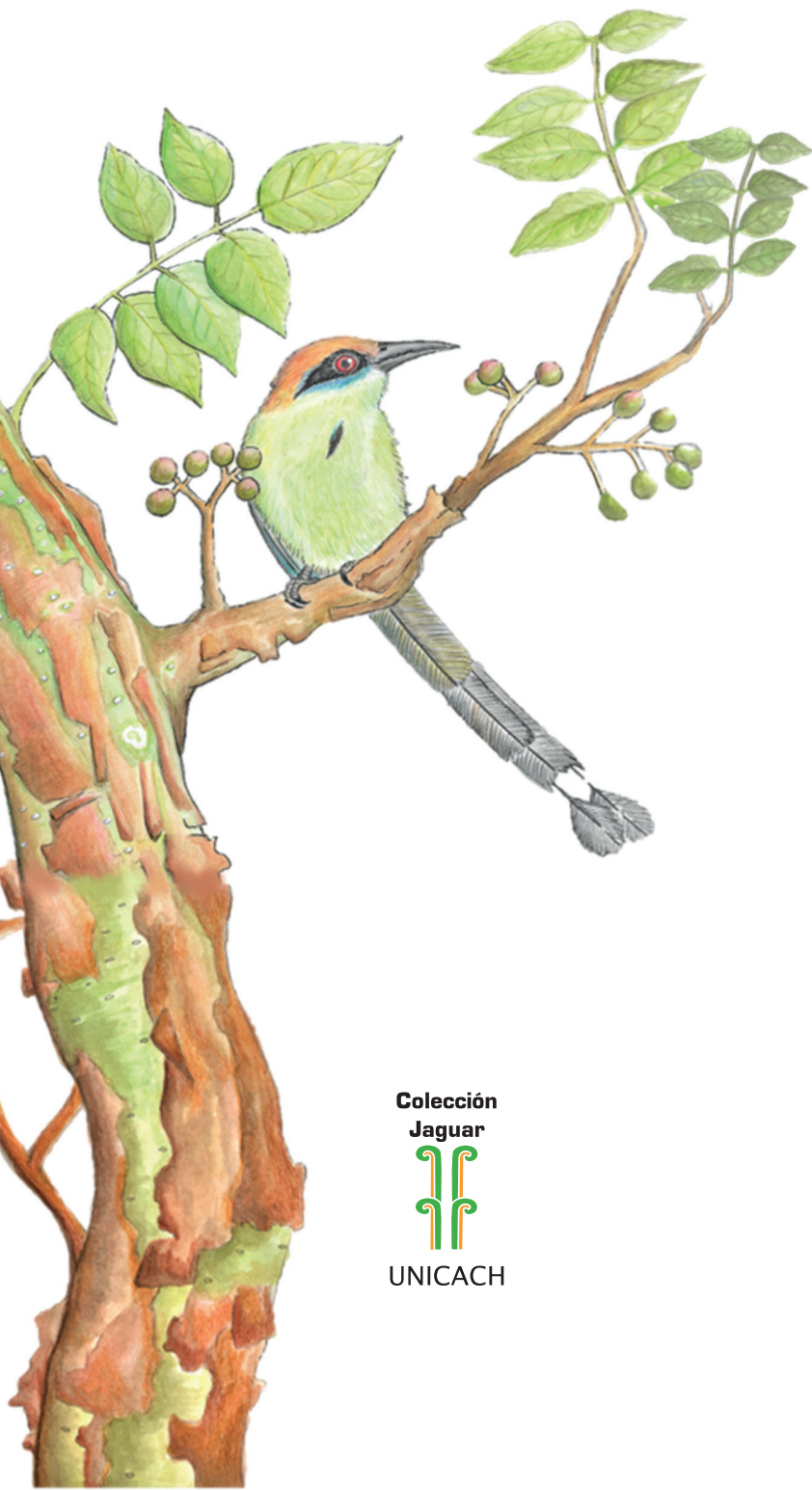
Ilustraciones
Fridali García Islas

Se autoriza la reproducción parcial o total de los contenidos de esta obra siempre y cuando no tenga fines de lucro y se cite la fuente.

Los contenidos de las notas son responsabilidad de los autores y no reflejan necesariamente la opinión de los editores, de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas o del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Esta obra fue dictaminada por el Comité Editorial del Instituto de Ciencias Biológicas siguiendo los lineamientos en materia editorial de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.

Impreso en México

¿Qué y cómo estudiamos las especies que habitan el trópico?



Iván de la Cruz Chacón
Claudia Azucena Durán Ruiz
Fridali García Islas
Miguel Ángel Peralta Meixueiro
Juan Felipe Ruan Soto
(editores)



Colección
Jaguar

UNICACH



Índice

Presentación	13
Prólogo	15
Agradecimientos	17
Un hotel para artrópodos Bromeliáceas epífitas <i>León Ibarra-Garibay</i> <i>José Palacios-Vargas</i> <i>José G. García-Franco</i> <i>Gabriela Castaño-Meneses</i>	19
Una avispa en una semilla <i>Bephratelloides cubensis</i> y <i>Annona macrophyllata</i> <i>Claudia Azucena Durán-Ruiz</i> <i>Alma Rosa González-Esquinca</i>	23
Endoparásitas de Chiapas Plantas que no parecen plantas <i>Pactli F. Ortega-González</i> <i>Sandra Ríos-Carrasco</i> <i>Francisco Hernández Najarro</i> <i>Sonia Vázquez Santana</i>	27
Un hongo muy especial <i>Leucoagaricus gongylophorus</i> cultivado por hormigas <i>Attini</i> <i>Dennis Adrián Infante Rodríguez</i> <i>A. Carlos Velázquez Narváez</i> <i>Juan Luis Monribot Villanueva</i> <i>José Antonio Guerrero Analco</i> <i>Jorge E. Valenzuela González</i>	31



Aroma a burseras

Copales, mulatos, papelillos y cuajotes. Un género típicamente mexicano

35

Zuleima Guadalupe Hernández-Rodríguez

Fridali García-Islas

Marisol Castro-Moreno

Alma Rosa González-Esquinca

Iván de-la-Cruz-Chacón

Maíz nativo de Chiapas

Sustento de vida irrenunciable y memorable

39

Gabriela Palacios Pola

Temporada de papausas

Annona macrophyllata: una delicia tropical

43

Yesica Guadalupe Acero-Cruz

Claudia Azucena Durán-Ruiz

Iván de-la-Cruz-Chacón

Alma Rosa González-Esquinca



Palo balsa

Ochroma pyramidale: un árbol de importancia para los lacandones de la Selva Lacandona de Chiapas, México

47

Karina Antonia Toledo-González

Samuel Israel Levy-Tacher

Pedro Antonio Macario-Mendoza

José Arturo de Nova-Vázquez

Chak ma'ax

Sapranthus campechianus: un recurso de las selvas secas mexicanas con propiedades inhibitorias contra patógenos agrícolas

51

Eduardo Alejandro Chong-Rodríguez

Iván de-la-Cruz-Chacón

La chincuya

Annona purpurea: una fruta tropical con tesoros químicos y biológicos

57

Karina Antonia Toledo-González

Alma Rosa González-Esquinca

Christian Anabí Riley-Saldaña

Rodolfo Salas-Lizana

Las praderas

¿Por qué su deterioro es dañino para la biodiversidad?

61

Teresita de Jesús Castro Castillo

René Pinto Ruiz

Alejandra Martínez Salinas

Francisco Guevara Hernández

Deb Raj Aryal

Manuel Alejandro La O Arias

Mauricio Enoch Ocaña-Náñez

Biodiversidad en bosques tropicales

Las matemáticas también explican la naturaleza. Una guía práctica para el uso de datos botánicos

65

Efraín Aguirre Cortés

Griselda Escalona Segura

Monos araña

Ateles geoffroyi: el reto de su estudio en las selvas tropicales

71

Anja Hutschenreiter

Filippo Aureli

Denise Spaan



El burro doméstico

Equus asinus: una especie fundamental para la producción agropecuaria sustentable en México

75

Eduardo Ezequiel Robledo-Reyes

Jaime Olivares-Pérez

Mariano Hernández-Gil

Saúl Rojas-Hernández

Luis Miguel Camacho Díaz

Moisés Cipriano-Salazar

Alejandro Córdova-Izquierdo

Cacerolita de mar

Limulus polyphemus: una especie en peligro de extinción en México

79

María Marcela Címé Ruiz

La iguana negra

Ctenosaura pectinata: la alimentación de sus crías con especies comerciales de insectos

83

Juan Francisco Alarcón-Henao

El futuro del pejelagarto y la tenguayaca

Impacto del cambio climático sobre la distribución de peces dulceacuícolas 87

Jonathan de Jesús Sauz-Sánchez

Mercedes Andrade-Velázquez

Rocío Rodiles-Hernández

Manuel Mendoza-Carranza

Tortuga blanca

Dermatemys mawii: las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre en Tabasco 91

Manuel Ignacio Gallardo Álvarez

Julia María Lesher Gordillo

Claudia Elena Zenteno Ruiz

Huevo de naca

Dormitator maculatus: un recurso de alto valor gastronómico, pero vulnerable 95

Claudia A. Dávila-Camacho

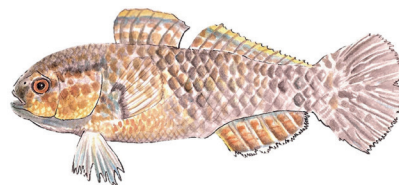
Itzel Galaviz-Villa

Fabiola Lango-Reynoso

María del Refugio Castañeda-Chávez

Cecilia Quiroga-Brahms

Jesús Montoya-Mendoza



La palometa

Trachinotus rhodopus: un aporte sobre el crecimiento de este recurso marino en las costas de Guerrero y Oaxaca 99

Shirley Stephany Salas Villalobos

Juan Violante González

Erizo de mar

Permanencia de los erizos en los mares tropicales ante un océano cambiante 103

María Luisa Rodríguez-Medellín

Julia Patricia Díaz-Martínez

Francisco Benítez-Villalobos

Aves de la Salina Grande

Variación estacional de la comunidad de aves de la Isla Mujeres, Quintana Roo 109

Alexis Ernesto Matos-Can

Roberto Carlos Barrientos-Medina

Jorge Navarro-Alberto

Rosiluz Ceballos-Povedano

Bacterias curadoras de suelos intoxicados

Estudio de la diversidad y abundancia de comunidades bacterianas resistentes a los bifenilos policlorados con futuro para la biorremediación 115

Adalberto Zenteno Rojas

Reiner Rincón Rosales

El abono

Un trabajo de lombrices y microbichos: estudio de bacterias en lixiviados derivados del vermicompostaje de desechos animales 119

Rocío del Pilar Serrano Ramírez

Víctor M. Ruíz Valdiviezo

Nancy Ruíz Lau

Joaquín A. Montes Molina

Maíz creciendo en suelos metálicos

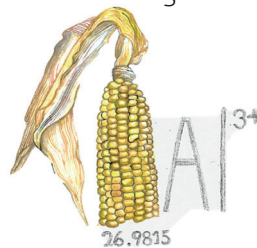
Respuesta del maíz híbrido a la toxicidad por aluminio y al uso de tecnologías agroecológicas 123

Rosa María Martínez

Francisco Guevara-Hernández

Luis Alfredo Rodríguez-Larramendi

Emilio Herasto Aguilar-Vázquez



Álbum científico

127

Presentación

El sur y sureste de México es una de las zonas con mayor diversidad biológica y donde concurren una cantidad inusitada de especies y ecosistemas gracias a su localización geográfica entre las zonas neártica y neotropical. Esta región también cuenta con una incalculable riqueza cultural, expresada en decenas de lenguas, tradiciones y formas de entender y aprovechar los recursos naturales. Ambas riquezas forman nuestro patrimonio biocultural. A través del trabajo desarrollado con las y los estudiantes de los posgrados del Sur Sureste de México, nos adentramos en conocer estas especies y ecosistemas que habitan la región y proponer estrategias para su conservación. Es importante reconocer que la conservación de nuestro patrimonio biocultural es una labor que no solo recae en los científicos, sino en toda la sociedad. Si este compromiso no es asumido por todos los sectores de la sociedad, difícilmente podremos conservar nuestros ecosistemas y revitalizar nuestra tradiciones. Pero cómo ayudar a la conservación si como sociedad no conocemos muchos aspectos de la biodiversidad. A través de la divulgación de la ciencia, es posible acercar el conocimiento generado en las universidades y centros de investigación al público general, con un lenguaje simple, contribuyendo a lograr una sociedad mejor informada y empoderada acerca del rumbo de su propio patrimonio.

En este sentido desde el Instituto de Ciencias Biológicas de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, celebramos esta publicación y su objetivo de comunicar el quehacer científico en materia de Biodiversidad y Conservación de manera clara, precisa y accesible a la comunidad científica y a la sociedad mexicana.

Ricardo Hernández Sánchez
Director del Instituto de Ciencias Biológicas
Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas

Prólogo

Este libro constituye una pequeña pero valiosa contribución al conocimiento del trópico mexicano. Concebido en tierras sureñas con el apoyo del CONACyT, sistematiza estudios que realizan los estudiantes de maestría y doctorado de diversas instituciones del país. Se trata de un esfuerzo colectivo para comprender de manera sencilla como funciona la naturaleza de la cual somos parte. Como el título lo indica, *Qué y cómo estudiamos las especies que habitan el trópico* el volumen que se edita por primera vez, además del qué y el cómo, compendia y difunde temas centrales de la biología que impactan la vida de todos nosotros, con lo que impide que pasen inadvertidos.

En este texto se pone en relieve el valor del hábitat, los nichos ecológicos y los peligros que enfrentan las especies que lo habitan debido a su fragmentación; habla sobre el fenómeno de regeneración de ecosistemas, mencionando la importancia de las sucesiones vegetales que, poco a poco, dan paso a los bosques maduros. Hace referencia a los ciclos de vida, incluyendo los hábitos nocturnos y la posición de algunas especies en la cadena trófica. La importancia de la variación genética en asuntos de riqueza y abundancia ecológica, abarcando la presencia de defensas químicas de las plantas, su variabilidad durante el ciclo de vida, así como su interacción y su respectivo impacto con otros seres vivos que comparten su hábitat, son asuntos que pasan por lo general, inadvertidos. También se analizan las redes de interacción, como las de los polinizadores, endoparásito-hospedero, las relaciones simbióticas, múltiples u obligadas, oportunistas o antagónicas o las redes multitróficas; señala la importancia de proteger los sitios de reproducción o anidación de especies marinas. En fin, con esta parte el lector aprende diversas cuestiones sobre el cosmos ecológico y molecular que habitamos todos los seres vivos y de las herramientas que tenemos para su estudio.

Además del conocimiento de los procesos en la naturaleza, esta obra bosqueja herramientas para el manejo sustentable de los ecosistemas, su saneamiento, la biorremediación y conservación, da perspectivas sobre el cambio climático; señala la importancia de los servicios ecosistémicos, de los planes de manejo y reproducción en cautiverio a través de las unidades de manejo ambiental (UMA), así como la mejor manera, ecológicamente sustentable del uso de plantas para la industria farmacéutica y el control de microorganismos en los cultivos vegetales. Todo ello referido con estudios sobre especies vegetales, animales, bacterias y hongos, todos bellamente ilustrados.

Esta obra constituye un esfuerzo para explicar el quehacer de la ciencia y su importancia biológica en numerosos e importantes aspectos. Así, los autores de los 25 títulos, contribuyen, desde su formación en el posgrado, al quehacer científico, divulgando para otros sectores de la población el quehacer e importancia de la biología. ¡Bienvenido este tipo de libro!

Alma Rosa González Esquinca
Investigadora del Instituto de Ciencias Biológicas
Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas

Agradecimientos

Quemos agradecer a los autores de las notas de divulgación, en especial a los estudiantes de los posgrados en Biodiversidad y Conservación por contarnos la ciencia que generan con sus estudios de campo o de laboratorio. Las notas son parte de sus resultados de investigación y de algún modo, son su grano de maíz para diseminar la ciencia entre la sociedad mexicana.

Igualmente agradecemos al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México por el apoyo económico para la impresión del libro.

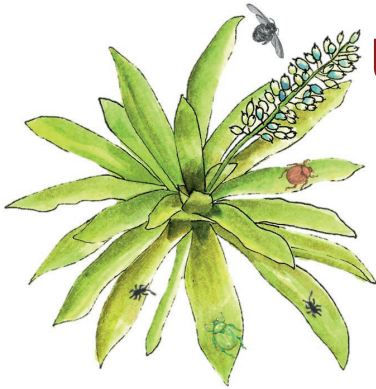
Apreciamos el entusiasmo y trabajo de Marusia Idzinil Guerrero Peralta para organizar la recepción de los escritos.

Reconocemos las observaciones de contenido hechas al documento por Marisol Castro Moreno, Laila Yunes Jiménez, Felipe Reyes Escutia y Emilio Ismael Romero Berny.

Finalmente valoramos las correcciones de estilo de Luciano Villareal Rodas y el excelente trabajo en la maquetación del libro de Noé Martín Zenteno Ocampo y Salvador López Hernández.

Esperamos con mucha ilusión que este libro de divulgación sea una semilla al viento que llegue a cada rincón donde habitan las especies que aquí se muestran y que germine en la conciencia de toda aquella persona que lo lea y comprenda la relevancia de los estudios sobre la biodiversidad de este país.

Los editores



Un hotel para artrópodos

Bromeliáceas epífitas

LEÓN IBARRA-GARIBAY

JOSÉ PALACIOS-VARGAS

JOSÉ G. GARCÍA-FRANCO

GABRIELA CASTAÑO-MENESES

En bosques tropicales es frecuente observar sobre los troncos y ramas de los árboles una gran diversidad de plantas creciendo sobre ellos, éstas son denominadas plantas epífitas, algunas de las más comunes pertenecen a la familia Bromeliaceae. Se han descrito 3 mil 646 especies de bromeliáceas pertenecientes a 78 géneros [1], y con excepción de una, todas ellas habitan en América.

En México se han registrado 422 especies en 19 géneros [2]. Una característica distintiva de estas plantas es la disposición de roseta de sus hojas, por lo que algunas plantas tienen forma de embudo (figura 1) donde se acumula materia orgánica y agua de lluvia. En sus hojas presentan una gran cantidad de tricomas (pelitos) que en algunos casos les da una apariencia grisácea-blancuecina (figura 1), estos sirven para absorber nutrientes del agua y hojarasca (que no se pudre) acumulados dentro de ella. Estos elementos permiten que dentro se desarrolle una rica comunidad de organismos terrestres y acuáticos, entre ellos numerosos y diversos artrópodos (animales invertebrados) con preferencia por este hábitat.

Los artrópodos (insectos, arácnidos, crustáceos y miriápodos) utilizan a las bromelias de diferentes formas: algunos viviendo en ellas durante alguna etapa o todo su ciclo de vida; otros la utilizan como refugio temporal cuando las condiciones ambientales son adversas, ya que en temporada de sequía conservan humedad; los organismos depredadores, carroñeros y herbívoros pueden conseguir su alimento dentro de la planta.

Las epífitas también pueden recibir beneficios de los artrópodos que en ellas habitan. Por ejemplo, los frutos carnosos de algunas especies pueden ser dispersados por artrópodos, ya que utilizan sustancias químicas para atraerlos [3]. Algunas plantas ofrecen recompensas en sus flores y reciben los servicios de polinización a cambio. Otras pueden aprovechar restos y excretas de los organismos que habitan en ellas como fuente de nutrientes [4]. En algunos casos los artrópodos que viven dentro de la planta pueden defenderla de otros organismos.

La presencia de los artrópodos que viven en las bromelias se ve afectada por diversos factores, como la arquitectura, tamaño y el estado de desarrollo de la planta, el tipo de vegetación, perturbación, época del año y árbol soporte. Dentro de ellas se pueden encontrar artrópodos de talla grande como alacranes, saltamontes y arañas; organismos de talla media como cochinillas, opiliones,

escarabajos, hormigas, termitas y larvas de otros artrópodos; organismos diminutos como ácaros, colémbolos y copépodos, además de sus huevecillos (figura 2).

El estudio de la fauna de artrópodos de bromelias requiere de diferentes habilidades y métodos. En selvas tropicales estas plantas pueden estar hasta a 50 m sobre el suelo, por lo que es necesario utilizar un sistema de ascenso seguro con equipo parecido al de los alpinistas y espeleólogos; cuando la vegetación no es tan alta se puede utilizar una escalera, acompañada de cierta destreza y habilidad para trepar al árbol.

Una vez que se alcanza a la planta, se debe desprender de la corteza a la que está sujeta para guardarla en una bolsa de plástico y evitar la fuga de algún artrópodo, posteriormente es transportada al laboratorio. Algunos investigadores utilizan algodón con cloroformo, o algún insecticida no contaminante para que no huyan.

Cuando se estudian organismos grandes, lo ideal es desprender hoja por hoja e ir capturando a los escurridizos artrópodos. Se recomienda hacerlo dentro de una charola grande para evitar su escape. Estos se recolectan con una pinza y se meten en frascos con alcohol o acetato de etilo para su posterior identificación. Los microartrópodos son imposibles de ver a simple vista, estos habitan en la materia orgánica acumulada en las plantas; para su recolecta es necesario juntar y colocar estos detritos en embudos con mallas de plástico o alambre (embudos de Berlese) (figura 3), los microartrópodos caen en un frasco colector con alcohol (figura 3). Si bien estos artrópodos pequeños son un grupo poco estudiado, se ha demostrado que muchas veces representan una gran fracción de la abundancia de los habitantes de bromeliáceas.



Figura 1. La disposición de las hojas de *Aechmea mexicana* forman un embudo. Los tricomas en las hojas de *Tillandsia* sp. son los responsables de las superficies aterciopeladas. Fotos: Ibarra-Garibay.



Figura 2. Un mosaico de la artrópodofauna encontrada en la bromelia *Aechmea bracteata*. Fotos: Ibarra-Garibay.



Figura 3. Los embudos de Berlese se utilizan para recolectar microartrópodos de las bromelias que se guardan en frascos colectores. Fotos: Ibarra-Garibay.

Cuando el estudio corresponde a artrópodos acuáticos se tiene que recolectar el agua acumulada en la planta con algún extractor de líquido. Algunas veces se tiene que filtrar el agua a través de varios tamices (coladores) para ir separando las partículas más grandes, hasta llegar a la medida de los organismos a estudiar, como en el caso del zooplancton de talla pequeña, donde se tienen que utilizar mallas de 32 micras (una micra equivale a la millonésima parte de un metro).

Considerando el gran número de bromelias en el país aún falta mucho por estudiar, ya que sólo se conoce del 6% de ellas, a algunos de los artrópodos que las usan como "hotel" y la manera en la que interactúan. Sin embargo, cada año su hábitat se ve más perturbado y fragmentado lo que pone en riesgo no sólo a las plantas, sino a los numerosos artrópodos que ahí viven y que todavía no conocemos.

Referencias

- [1] Gouda, E. J., Butcher D., & Gouda, C. S. (cont. updated). *Encyclopaedia of bromeliads, Version 4*. Consultado el 28 de septiembre de 2020. <http://bromeliad.nl/encyclopedia/> University Botanic Gardensm Utrecht.
- [2] Espejo-Serna, A., & López-Ferrari, A. R. (2018). La familia Bromeliaceae en México. *Botanical Sciences*, 96(3), 533–554. <https://doi.org/10.17129/botsci.1918>
- [3] Seidel, J. L., Epstein, W. W., & Davidson, D. W. (1990). Neotropical ant gardens. *Journal of Chemical Ecology*, 16(6), 1791–1816. <https://doi.org/10.1007/BF01020495>
- [4] Benzing, D. H. (2000). *Bromeliaceae: Profile of an adaptive radiation*. Cambridge University Press.

Glosario

Abundancia. Cantidad de organismos en un área determinada, puede ser de una especie o grupo.

Artrópodos. Grupo de animales que no presentan esqueleto interno (invertebrados), sino uno formado de un carbohidrato denominado quitina. Su cuerpo está segmentado y los apéndices locomotores son articulados.

Detritos. Fragmentos o restos de plantas o animales que se encuentran en proceso de descomposición.

Microartrópodos. Artrópodos pequeños que miden entre 0.1–2 milímetros de longitud.

Perturbación. Alteración en un sistema natural que produce cambios en él, puede ser de origen natural o por el hombre.

Zooplankton. Pequeños animales marinos o de agua dulce que se encuentran suspendidos en el agua y a merced de las corrientes.

Información de los autores

León Ibarra-Garibay^{1*}, José Palacios-Vargas², José G. García-Franco³, Gabriela Castaño-Meneses¹

¹Laboratorio de Ecología de Artrópodos en Ambientes Extremos, UMDI-Juriquilla, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Juriquilla, Boulevard Juriquilla 3001, C.P. 76230, Querétaro, México.

²Laboratorio Ecología y Sistemática de Microartrópodos, Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Coyoacán 04510, Ciudad de México, México.

³Red de Ecología Funcional, Instituto de Ecología, A. C., Carretera antigua a Coatepec número 351, Congregación El Haya, Xalapa, Veracruz, 91073, México.

Maestría en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Autónoma de México.

*leonibarragar@hotmail.com



Una avispa en una semilla

Bephratelloides cubensis y *Annona macrophyllata*

CLAUDIA AZUCENA DURÁN-RUIZ
ALMA ROSA GONZÁLEZ-ESQUINCA

La vida en la Tierra es un conjunto de historias entre los organismos que la habitan, estas crónicas cuentan relaciones fantásticas, variables y enigmáticas, y determinan la suerte inmediata o muy lejana de cada bicho, varias son aparentemente conocidas, otras están por descifrarse; durante el curso de la evolución algunas han resultado benéficas para los protagonistas involucrados, como entre plantas y murciélagos en la polinización, y otras no tan “amigables” como el parasitismo entre las garrapatas y los perros; este último es un tipo de interacción antagónica en la que una especie se beneficia alimentándose de otra que resulta perjudicada [1], aunque existen diversos casos en la naturaleza, un relato interesante es el de la avispa *Bephratelloides cubensis* y la anonácea frutícola conocida como ilama o papausa (*Annona macrophyllata*) (figura 1).

Bephratelloides cubensis es conocida como la avispa barrenadora de semillas; hasta el momento se sabe que se alimenta exclusivamente de semillas de árboles del género *Annona*. Se ha reportado que es capaz de alimentarse de 10 especies, entre ellas la guanábana (*Annona muricata*), papausa (*A. macrophyllata*), anona amarilla (*A. lutescens*), anona roja (*A. reticulata*), chirimoya (*A. cherimola*) y atemoya (*A. squamosa x cherimola*) [2, 3].

Estas avispas se distribuyen únicamente en América, desde Estados Unidos hasta Brasil, incluyendo las islas del Caribe que constituyen a las Antillas Mayores como Cuba y República Dominicana [2]; son de color café oscuro, no sobrepasan el centímetro de largo y, debido a su modo de vida parásita y fitófaga (solo se alimentan de plantas) no presentan el temido aguijón de otras parientes suyas, pero cuentan con una estructura útil para la puesta de huevos en sus plantas hospederas llamada ovipositor. Las avispas pasan por cuatro etapas de desarrollo: huevo, larva, pupa y adulto (figura 1), tal como ocurre en otros insectos como hormigas, escarabajos y mariposas.

El ciclo de vida de la avispa barrenadora comienza cuando las hembras ponen sus huevos en el interior de las semillas de frutos en crecimiento, con un ovipositor fuerte y delgado que penetra la sólida cubierta y pulpa de los frutos inmaduros, sin dejar cicatrices a simple vista, por lo que resulta imposible saber si algún fruto ha sido parasitado; tiempo después, emerge una larva que consume, total o parcialmente, el interior de la semilla [4, 5] la cual quedará sin la posibilidad de formar una nueva planta. Cuando las larvas dejan de alimentarse, sufren la transformación a pupas, siempre inmóviles y en continuo desarrollo hasta convertirse en insectos adultos. Las avispas adultas salen,

solo para encontrar pareja, formando primero orificios con sus mandíbulas a través de las semillas (maduras y leñosas) y después dejando túneles a su paso por la pulpa de los frutos.

Aunque la relación exclusiva de estas avispas con las anonas es interesante, se torna más sorprendente al conocer que las semillas de las que se alimentan almacenan acetogeninas de anonáceas, moléculas muy tóxicas para muchos otros insectos, pero no para ellas [6].

Nuestro grupo de investigación ha realizado el seguimiento del ciclo de vida de esta avispa durante el desarrollo de las semillas de la papaya y encontró que la producción de estas moléculas coincide con la alimentación de las larvas, demostrando que no son tóxicas para ellas y que pudieran ser reservorios de energía o fuente de carbono para la formación de otras moléculas importantes para su desarrollo, este descubrimiento se deduce del hecho de que su única dieta es la semilla en la que crecen y que todos los nutrientes son obtenidos de ésta [3].

México, particularmente el estado de Nayarit, es el productor más importante de guanábana en el mundo, miles de hectáreas son cultivadas con estos árboles; sin embargo, la presencia de la avispa barrenadora es capaz de provocar la pérdida de hasta el 100% de la cosecha, debido a que los orificios de salida permiten el acceso a hongos u otros insectos que provocan la descomposición de los frutos [4, 7]. Ante esta situación, se han realizado pruebas utilizando diferentes insecticidas químicos que resultan ineficientes para el control de la propagación del insecto, por lo que una opción viable y económica es envolver a los frutos que apenas inician su desarrollo en bolsas de tela de organza para impedir que las avispas coloquen sus huevos y se inicie otra generación más de ellas [8].

Bephratelloides cubensis ha bloqueado las “armas químicas insecticidas” de las anonas para su sobrevivencia, ha desafiado las barreras físicas y químicas de las semillas y frutos a fin de cumplir casi todo su ciclo de vida en el interior de éstas, donde obtiene refugio y alimento, siempre aislada y en confinamiento hasta que está lista para la reproducción.

Referencias

- [1] Del Val, E., & Boege K. (2012). ¿Por qué estudiar las interacciones bióticas? En *Ecología y evolución de las interacciones bióticas* (pp. 11–13). FCE; Centro de Investigaciones en Ecosistemas; UNAM.
- [2] Grissell, E., & Schauff, M. (1990). A synopsis of the seed-feeding genus *Bephratelloides* (Chalcidoidea: Eurytomidae). *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 92(2), 177–187.
- [3] Durán-Ruiz, C. A., Cruz-Ortega, R., Zaldívar-Riverón, A., Zavaleta-Mancera, H. A., De-la-Cruz-Chacón, I., & González-Esquinca, A. R. (2019). Ontogenic synchronization of *Bephratelloides cubensis*, *Annona macrophyllata* seeds and acetogenins from Annonaceae. *Journal of Plant Research*, 132, 81–91. <https://doi.org/10.1007/s10265-018-01078-3>
- [4] Hernández-Fuentes, L. M., Urias-López, M. A., & Bautista-Martínez, N. (2010). Biología y hábitos del barrenador de la semilla *Bephratelloides cubensis* Ashmead (Hymenoptera: Eurytomidae). *Neotropical Entomology*, 39(4) 527–534. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2010000400010>

- [5] Korytkowski, G. & Ojeda, D. (1966). *Bephrata cubensis* Ashmead (Hym.: Eurytomidae), una nueva especie dañina a las anonáceas en el Perú. *Revista Peruana de Entomología*, 9 (1), 56–60.
- [6] Cavé, A., Figadère, B., Laurens, A., & Cortés, D. (1997). Acetogenins from Annonaceae. *Fortschritte der Chemie Organischer Naturstoffe*, 70, 81–288.
- [7] Hernández-Fuentes, L. M., Bautista-Martínez, N., Carrillo-Sánchez, J. L., Sánchez, H., Urías-López, M. A., & Salas-Araiza, M. D. (2008). Control del barrenador de las semillas, *Bephratelloides cubensis* Ashmead (Hymenoptera: Eurytomidae) en guanábana, *Annona muricata* L. (Annonales: Annonaceae). *Acta Zoológica Mexicana*, 24(1), 199–206. <https://doi.org/10.21829/azm.2008.241631>

Información de los autores

Claudia Azucena Durán-Ruiz*, Alma Rosa González-Esquinca

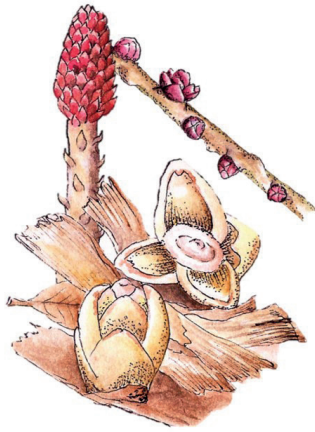
Laboratorio de Fisiología y Química Vegetal, Instituto de Ciencias Biológicas, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Libramiento Norte Poniente 1150, Col. Lajas Maciel, C.P. 29035 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

Doctorado en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Autónoma de México.

*claudia.duran@unicach.mx



Figura 1. Desarrollo de la avispa barrenadora, *Bephratelloides cubensis*, en semillas de papaya. En la imagen superior se observa a una hembra posando sobre el fruto. En las imágenes inferiores se observan los diferentes estados de desarrollo de la avispa al interior de la semilla. Abajo desde izquierda hasta derecha se observa las fases de larva, pupa, y adulto; también se mira un fruto maduro con orificios de salida elaborados por las adultas para salir desde las semillas.



Endoparásitas de Chiapas

Plantas que no parecen plantas

PACTLI F. ORTEGA-GONZÁLEZ

SANDRA RIOS-CARRASCO

FRANCISCO HERNÁNDEZ NAJARRO

SONIA VÁZQUEZ SANTANA

Las plantas suelen definirse como organismos fotosintéticos que se caracterizan por tener estructuras como tallos, hojas, raíces y flores en el caso de las angiospermas [1]. Sin embargo, existe un grupo de plantas que carecen de casi todo lo que caracteriza su cuerpo vegetativo, no tienen tallos, hojas ni raíces, carecen de clorofila que les proporciona el color verde y la capacidad de realizar el proceso de fotosíntesis, es decir, no pueden fabricar su alimento a partir de la luz del sol. Por lo tanto, la forma mediante la cual adquieren sus nutrientes es tomándolos de los tallos o las raíces de otras plantas, que son sus hospederas. A esas plantas se les conoce como endoparásitas ("endo" del griego dentro, parásito que vive en el interior de su hospedero y que depende totalmente de él para completar su ciclo de vida) [2].

A pesar de no producir un cuerpo vegetativo visible, las endoparásitas tienen células vegetativas muy pequeñas que se encuentran creciendo dentro de los órganos (tallos o raíces) de las plantas parasitadas. Por lo tanto, la única forma de identificar a las parásitas es observar sus flores o frutos que surgen de las raíces o tallos de sus hospederos [2].

Las plantas endoparásitas se encuentran en cuatro familias de angiospermas, Apodanthaceae, Cytinaceae, Mitrastemonaceae y Rafflesiaceae [3]. En México podemos encontrar representantes de las tres primeras familias y su distribución abarca principalmente estados de la región tropical. Chiapas es el único estado de la república que tiene representantes de las tres familias, *Pilostyles mexicana* (Apodanthaceae), *Bdallophytum oxylepis* (Cytinaceae) y *Mitrastemon matudae* (Mitrastemonaceae).

Debido a la rareza de su forma, estas endoparásitas no tienen nombres comunes y suelen ser confundidas con hongos, por lo que estas plantas carecen de un registro adecuado sobre su distribución, y aunado a la corta duración (de una a dos semanas) de su fenología reproductiva (producción de flores y frutos), existen pocas recolectas y herborizados que las representen en los diversos herbarios (colecciones de plantas). En consecuencia, los estudios sobre endoparásitas son escasos.



Figura 1. Plantas endoparasitas de Chiapas. Desde la izquierda hasta la derecha: *Pilostyles mexicana* (Apodanthaceae) parasitando tallos de *Calliandra houstoniana* (Fabaceae); *Bdallophytum oxylepis* (Cytinaceae) creciendo sobre raíces de *Bursera* sp. (Burseraceae); *Mitrastemon matudae* (Mitrastemonaceae) desarrollándose sobre raíces de *Quercus* sp. (Fagaceae).



Figura 2. Investigaciones ecológicas en plantas endoparasitas de Chiapas. Desde la izquierda hasta la derecha: sexado, etiquetado y conteo de flores de *Bdallophytum oxylepis*. Aplicación de tratamientos de polinización en *Pilostyles mexicana*.

En Chiapas las endoparasitas tienen una distribución restringida asociada principalmente a la distribución de sus hospederos específicos. Esta relación endoparásita-hospedero suele ser altamente especializada, por ejemplo *P. mexicana* sólo parasita al árbol de cabellos de ángel (*Calliandra houstoniana*; Fabaceae), *B. oxylepis* parasita al árbol de copal (*Bursera*; Burseraceae) y *M. matudae* es parásita de los encinos (*Quercus*; Fagaceae) (figura 1). Gracias al reconocimiento de sus plantas hospederas, se sabe que las endoparasitas no son especies que parasitan cultivos de importancia económica y no se conoce que causen efectos negativos drásticos en sus hospederos. Aunque *M. matudae* se encuentra en áreas naturales protegidas como las Reservas de la Biósfera

La Sepultura y El Triunfo, algunas poblaciones de *B. oxylepis* y *P. mexicana* se encuentran en sitios con altos índices de perturbación o en zonas cercanas a campos de cultivo. En este sentido, la alta y constante deforestación y la fragmentación del hábitat están afectando las poblaciones de sus hospederos y, por tanto, el mantenimiento de las endoparásitas está en riesgo.

El parasitismo en general es una interacción que tiende a tener un matiz negativo, sin embargo, más allá del efecto negativo en el hospedero, también se reconocen impactos positivos en los ecosistemas [4]. Entonces, el estudio de las plantas endoparásitas permite conocer los beneficios que tienen estos extravagantes organismos dentro de su comunidad. Dado que las flores y frutos son las únicas estructuras observables, el estudio de las interacciones con polinizadores y dispersores es un enfoque ecológico que permite conocer su papel en el ecosistema (figura 2). Ahora se sabe que estas plantas son una fuente alimenticia para una gran variedad de polinizadores como abejas, aves, avispas, mariposas, polillas e incluso roedores y murciélagos.

La rareza de las endoparásitas no sólo se destaca por sus atractivas formas y colores, sino también por las estrategias florales para atraer a sus polinizadores y así formar semillas que posteriormente darán origen a nuevas plantas. Un ejemplo es la unisexualidad [5], un atributo muy común en las poblaciones de endoparásitas donde los individuos tienen flores femeninas o masculinas. Este atributo permite que las poblaciones tengan una gran variación genética, ya que es indispensable el transporte de polen de un individuo a otro para la producción de semillas. Los frutos de estas plantas también tienen atributos atractivos para los dispersores, suelen ser carnosos y con mucílago pegajoso, lo que atrae principalmente a animales frugívoros.

Como hemos mencionado, las endoparásitas forman parte de una gran red multitrófica que involucra las interacciones planta-planta, planta-polinizador y planta-dispersor, con lo que se ve reflejado el papel que desempeñan en las comunidades, aunado a que sus especies suman a la diversidad vegetal. Asimismo, queremos concientizar sobre la importancia del cuidado y resguardo de las áreas naturales protegidas y de áreas ricas en especies raras, ya que la extinción de una especie en esta gran cadena implicaría la pérdida de otros organismos como las endoparásitas, y con ello polinizadores y dispersores residentes del área.

Las endoparásitas han pasado desapercibidas y subestimadas a lo largo de nuestra historia. Los avances de los estudios ecológicos mencionados reflejan parte de los beneficios que proveen a la comunidad biológica donde habitan. Con todo lo anterior esperamos ilustrar a nuestros lectores sobre la importancia del estudio de endoparásitas, y que a partir del conocimiento generado se extienda a otros campos como el desarrollo, la genética, la evolución y la biología de la conservación de estos maravillosos organismos.

Referencias

- [1] Mauseth, J. D. (2017). *Botany an introduction to plant biology*. (6th ed.). Jones & Bartlett Learning.
- [2] Kuijt, J. (1969). *The biology of parasitic flowering plants*. University of California Press.
- [3] Heide-Jørgensen, H. S. (2008). *Parasitic flowering plants*. Brill Academic Publishers.
- [4] Press, M.C., & Phoenix, G. K. (2005). Impact of parasitic plants on natural communities. *New Phytologist*, 166, 737–751. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2005.01358.x>

[5] Barrett, S. C. (2002). The evolution of plant sexual diversity. *Nature Reviews Genetics*, 3(4), 274–284. <https://doi.org/10.1038/nrg776>

Glosario

Angiospermas. Plantas con flores.

Clorofila. Pigmento capaz de absorber la luz y transformarla en energía química, indispensable en el proceso de fotosíntesis.

Dispersores. Animales que dispersan o transportan frutos y/o semillas.

Fotosíntesis. Serie compleja de eventos que transforma la luz en energía química, almacenada finalmente en azúcares y almidones mediante la fijación de dióxido de carbono (CO₂).

Frugívoros. Animales que consumen frutos.

Herborizados. Es un segmento o la totalidad de una planta deshidratada montada en un pliego de papel que contiene información útil para su identificación como flores, frutos, semillas, hojas y/o raíces. Éstos se almacenan en los herbarios donde constituyen una fuente importante sobre el conocimiento de la biodiversidad.

Polinizadores. Animales que transportan polen desde los estambres al estigma de una flor para realizar la polinización y así formar semillas.

Variación genética. Diversidad genética de una población o especie.

Información de los autores

Pactli F. Ortega-González¹, Sandra Rios-Carrasco^{1*}, Francisco Hernández Najarro², Sonia Vázquez Santana¹

¹Laboratorio de Desarrollo en Plantas, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.

²Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural, Dirección de Botánica Dr. Faustino Miranda, Herbario CHIP.

Posgrado en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Autónoma de México.

*src18@ciencias.unam.mx



DENNIS ADRIÁN INFANTE RODRÍGUEZ
A. CARLOS VELÁZQUEZ NARVÁEZ
JUAN LUIS MONRIBOT VILLANUEVA
JOSÉ ANTONIO GUERRERO ANALCO
JORGE E. VALENZUELA GONZÁLEZ

El descubrimiento de la agricultura permitió la formación de grandes sociedades, fue durante el periodo neolítico (hace unos cinco a 12 mil años) donde los humanos evolucionamos de cazadores-recolectores a sociedades agrarias con los primeros poblados sedentarios. El cultivo de hongos comestibles como el champiñón (*Agaricus bisporus*) inició en las sociedades europeas hace apenas unos doscientos años. Sin embargo, en la naturaleza ya existían la agricultura y el uso de herramientas químicas complejas como los antibióticos y bactericidas, 70 millones de años antes que los humanos las descubrieran, en comunidades de insectos sociales como las hormigas cultivadoras de hongos, pertenecientes a la tribu Attini del Nuevo mundo.

Dentro del gremio de hormigas cultivadoras de hongos, dos géneros, *Acromyrmex* y *Atta*, destacan por su alta especialización en el cultivo de hongos. *Leucoagaricus gongylophorus* es la fuente principal de alimento de estas hormigas, para su cultivo utilizan fragmentos vegetales, principalmente hojas frescas, pero el material cosechado también puede incluir flores, tejidos vegetales secos y semillas de una amplia variedad de plantas [1]. El cultivo del hongo inicia desde la fundación del hormiguero por una hormiga reina, posteriormente las hormigas obreras se encargan del cuidado y mantenimiento de diversos cultivos del hongo dentro del nido en lugares conocidos como jardines de hongos.

El cultivo de *L. gongylophorus* genera una interacción biológica en la cual tanto el hongo como las hormigas se necesitan para subsistir (relación simbiótica mutualista obligada). *L. gongylophorus* es un hongo saprófito, es decir que se alimenta de materia orgánica en descomposición. Mientras se encuentra bajo el cuidado de las hormigas este hongo no desarrolla esporocarpos (cuerpos fructíferos como los que produce el champiñón), se mantiene en una fase asexual creciendo en una masa fungosa llamada bromatia (figura 1). Se ha documentado en un par de casos que cuando la hormiga reina muere y los cultivares de hongo pierden a las obreras, el hongo puede producir esporocarpos, sin embargo, las esporas presentes tienden a ser vanas, esto sugiere que existe una transmisión de clones del hongo entre los nidos de hormigas, de tal manera que el hongo ha perdido la habilidad de propagarse por sí mismo en la naturaleza [2].

Se sabe que *L. gongylophorus* presenta hifas especializadas que producen estructuras ensanchadas denominadas gongilidios, que se agrupan en forma de racimos denominadas estáfilidos de

los que se alimentan las larvas y la reina de la colonia de hormigas. En nuestro laboratorio y en condiciones controladas hemos aislado el hongo de *A. mexicana* y pudimos observar estas estructuras características en una cepa pura obtenida de un nido cultivado en laboratorio (figura 2) [3].

Los jardines de hongos son sistemas complejos donde se han encontrado interacciones con bacterias, levaduras y hongos filamentosos, algunas de ellas pueden llegar a ser nocivas para los cultivares de *L. gongylophorus*. En ensayos de laboratorio utilizando un hongo patógeno del género *Fusarium* hemos observado que *L. gongylophorus* es un mal competidor cuando se encuentra sin el cuidado de las hormigas en cultivos duales (figura 3), también es un hongo de lento crecimiento bajo estas circunstancias.

Para lidiar con la contaminación causada por diversos microorganismos, las hormigas utilizan una estructura en su cuerpo denominada glándula metapleurales que produce compuestos antibióticos y fungicidas que son añadidos al cultivo con lo cual logran controlar de manera eficiente la germinación de esporas de otros hongos y la presencia de algunos patógenos, también se asocian con actinobacterias que las protegen de patógenos específicos. Todo esto destaca la estrecha relación evolutiva entre las hormigas y su hongo, y nos invita a pensar en qué otras cosas nos quedan por aprender de la naturaleza y sus secretos.



Figura 1. Cultivo del hongo *Leucoagaricus gongylophorus* por la hormiga *Atta mexicana*: a) inicio del cultivo del hongo por la reina fundadora de un nido nuevo, b) cultivo del hongo realizado por la reina y las primeras obreras, c) jardín del hongo bajo condiciones de laboratorio, donde el hongo crece en forma irregular en una masa fungosa blanquecina llamada bromatia.

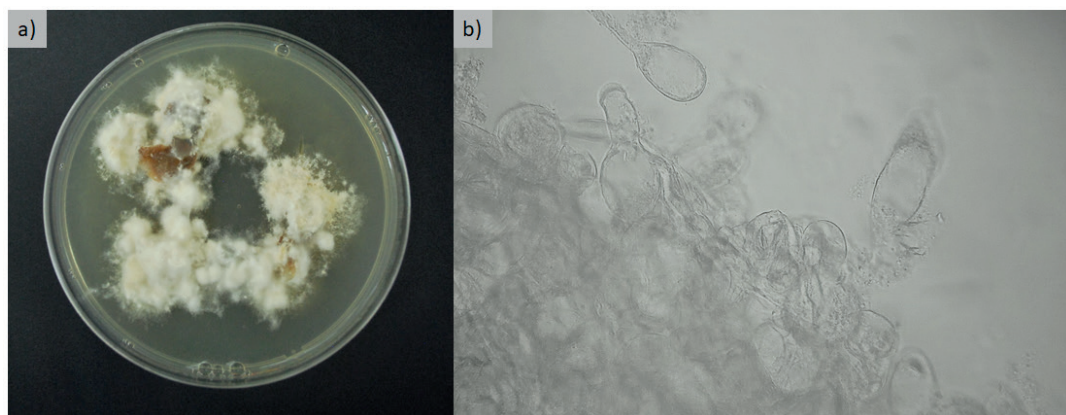


Figura 2. Identificación del hongo simbiote de *Atta mexicana* basada en caracterización morfológica: a) un aislamiento puro de *Leucoagaricus gongylophorus* en medio de cultivo de Papa Dextrosa; y b) una fotografía al microscopio muestra la presencia de gongilidios (estructuras con forma de pera) presentes en el micelio.



Figura 3. El hongo *Leucoagaricus gongylophorus* creciendo en cultivo dual con el hongo patógeno *Fusarium* sp. bajo condiciones de laboratorio. Se observa que *L. gongylophorus* (parte central superior) es un mal competidor cuando se encuentra en ausencia del cuidado de las hormigas, y en solo siete días es invadido por el hongo *Fusarium* sp. (parte central inferior).

Referencias

- [1] Hölldobler, B., & Wilson, E. O. (1990). *The ants*. Harvard University Press.
- [2] Mueller, U. G. (2002). Ant versus fungus versus mutualism: Ant-cultivar conflict and the deconstruction of the attine ant-fungus symbiosis. *The American Naturalist*, 160, 69–98. <https://doi.org/10.1086/342084>
- [3] Infante-Rodríguez, D. A., Monribot-Villanueva, J. L., Mehltreter, K., Carrión, G. L., Lachaud, J. P., Velazquez-Narváez, A. C., Vásquez-Reyes, V. M., Valenzuela-González, J. E., & Guerrero-Analco, J. A. (2020). Phytochemical characteristics of leaves determine foraging rate of the leaf-cutting ant *Atta mexicana* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae). *Chemoecology*, 30, 147–159. <https://doi.org/10.1007/s00049-020-00306-4>

Glosario

Cepa. Una cepa, en microbiología, es una población de microorganismos de una sola especie descendientes de una única célula o que provienen de una determinada muestra en particular, la que usualmente es propagada clonalmente.

Esporocarpos. Estructuras reproductivas sexuales del hongo

Gremio. Los gremios o grupos ecológicos fueron definidos inicialmente por Root (1967) como grupos de especies que, dentro de una comunidad, utilizan recursos comunes o comparten características similares.

Hongos filamentosos. Son hongos formados por una serie de ramas tubulares llamadas hifas, el conjunto de las cuales forman el micelio. Se reproducen por la formación de esporas, las cuales pueden ser pigmentadas y le dan el color al hongo.

Transmisión clonal. En hongos se da a partir de un fragmento de micelio o clon (un individuo reproducido a partir de una célula originaria) o relacionado con él.

Información de los autores

Dennis Adrián Infante Rodríguez^{1,2*}, Carlos A. Velázquez Narváez¹, Juan Luis Monribot Villanueva², José Antonio Guerrero Analco², Jorge E. Valenzuela González¹

¹Red de Ecología Funcional. Instituto de Ecología, A.C., 91073 Xalapa, Veracruz, México.

²Red de Estudios Moleculares Avanzados. Instituto de Ecología, A.C., 91073 Xalapa, Veracruz, México.

Doctorado en Ciencias, Instituto de Ecología, A .C.

*dennis.infante@posgrado.ecologia.edu.mx



Aroma a burseras

Copales, mulatos, papelillos y cuajjotes. Un género típicamente mexicano

ZULEIMA GUADALUPE HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ

FRIDALI GARCÍA-ISLAS

MARISOL CASTRO MORENO

ALMA ROSA GONZÁLEZ-ESQUINCA

IVÁN DE-LA-CRUZ-CHACÓN

El género *Bursera* es un grupo de plantas que se originaron y diversificaron en América, hoy es posible encontrarlas en otros continentes por la curiosidad del humano en cultivarlas, aun así, muchas siguen viviendo solo en su lugar nativo. De forma silvestre crecen desde el sur de Estados Unidos hasta Perú. En México habitan 94 de las 120 especies de burseras que hasta hoy se conocen, 84 de ellas solo están en nuestro país [1].

Estos árboles y arbustos se distinguen porque producen resinas, hojas, cortezas y frutos fragantes. En particular, las resinas son exudados de naturaleza perfumada y aceitosa, ambas características sirven para que sus tallos sellen heridas accidentales o provocadas, el aroma que desprenden puede evitar que sean infectadas por micropatógenos, mientras que la consistencia aceitosa inmoviliza a insectos que se alimentan de sus hojas [2]. Sus frutos aromáticos y coloridos son el manjar de varias aves que después de comerlos transportan sus semillas a otros sitios, en donde podrán extender su territorio, cuando las semillas germinen y nazca una nueva burserita [3].

Las resinas de burseras se utilizan en la medicina tradicional para hacer ungüentos y pomadas para tratar las picaduras de mosquitos y alacranes [4], aliviar los síntomas del resfriado y como remedio para los dolores de cabeza. En los laboratorios se le han detectado propiedades para aniquilar bacterias, hongos y células cancerígenas, aunque eso debe tomarse con precaución, porque se requieren de muchos estudios para verificar su potencia y posible toxicidad.

A las burseras, se les conoce como “copal”, no obstante, otras plantas con resinas aromáticas también son llamadas así. La palabra copal, la inventaron los antiguos mexicanos, “copalli” significa “resina” o “que huele” en lengua náhuatl. Las resinas de los copales al arder desprenden humo fragante y son usadas con fines culturales, religiosos, terapéuticos o estéticos. Se usaban en México desde la época prehispánica y los aztecas o mexicas las conocían tan bien, que las separaban en copales y jotes, los “copal (li)= incienso” eran los árboles con resina aromática y los “xiotl= sarna” eran los árboles que desprenden parte de su corteza en forma de papelillos. La palabra xiotl terminó describiéndose por los autores de la época como “tronco que parece atacado por lepra” [5, 6].

El registro más antiguo que se tiene de una bursera en la historia es la “tzihua copalli” que parece ser el copal santo (*Bursera bipinnata* en su nombre científico), aparece ilustrada en el manuscrito

Libellus de medicinalibus indorum herbis elaborado en 1552 por los indígenas aztecas Martín de la Cruz (médico herbolario) y Juan Badiano (escribano del náhuatl y latín). Años después, el médico y botánico español Francisco Hernández de Toledo en su obra *la Historia general de las cosas de la Nueva España* (1651) proporcionó información e ilustraciones de al menos nueve buseras mexicanas; hacia fines del siglo XIX el interés por la botánica médica mexicana llevó a fray Juan Navarro a dibujar e ilustrar plantas medicinales de la época y compilarlas en la obra *Jardín americano*, en ella, incluyó ocho ilustraciones de copales y sus descripciones de uso, en las que destacó el aroma que desprendían al quemarse y como su uso confortaba el estómago, el cerebro y corazón [7] (figura 1).

Los copales y papelillos han sido estudiados por los biólogos y los químicos por su característica más sobresaliente, el aroma, lo cual no es más que la consecuencia de producir pequeñas moléculas que se liberan a temperatura ambiente. En una resina de bursera se pueden encontrar hasta cien tipos distintos de moléculas, cada una de ellas en cantidades que sobrepasan los miles de millones o hasta los trillones. En ese pequeño cosmos molecular, hay algunas como el limoneno que también dan aroma a los frutos cítricos o el pineno presente en las resinas de los pinos y abetos. Pero también están presentes moléculas típicas como el copaeno o el germacreno. La consistencia y el aroma de las resinas son el resultado de la mezcla de esos muchos tipos de moléculas. Las moléculas más ligeras (por su peso molecular) generan el aroma y las más pesadas la viscosidad. Esa combinación aunada a la presión a la que están sometidas las resinas al interior de los tejidos vegetales provoca que cuando se daña una hoja, la resina pueda liberarse en un espectacular chorro que alcance hasta los dos metros de distancia y perdure unos segundos, una buena defensa contra insectos no deseados. Aproximadamente un tercio de las especies de burseras mexicanas pueden expulsar resinas cuando se lesionan, mientras que las demás liberan medianamente, poco o ningún líquido [2].

Cuando un campesino “copalero” recolecta resinas busca dos elementos, una buena cantidad y un intenso aroma, de ello depende el beneficio económico que llevará a su familia al final de la jornada. Tradicionalmente los “copaleros” han observado que durante la temporada de lluvias parece recolectarse más resinas, sin embargo, esto no se ha estudiado de forma organizada. Los árboles pueden producir más resina durante la temporada de lluvia, pero también de consistencia más ligera y menos aromática, lo cual no es conveniente para su venta.

Nuestro grupo de investigación se ha interesado en dar seguimiento a la resina de dos burseras; durante un año en los bosques tropicales secos de Chiapas localizamos 100 ejemplares del palo mulato (*Bursera simaruba*) y el estoraque (*Bursera tomentosa*), en ese período ambas especies pasaron por varias etapas fenológicas, simultáneamente también por condiciones ambientales contrastantes, por lo menos por un periodo marcado de lluvia y otro de sequía. ¿Qué encontramos? Que el volumen de resinas y diversidad de moléculas fue diferente. El estoraque exudó más resina y con una diversidad química más alta durante la sequía, mientras que el palo mulato produjo más diversidad de moléculas durante la temporada de lluvias y más resina en la sequía. Mientras que la cantidad de resina depende de las estaciones lluvia-sequía, la composición química parece estar respondiendo más a la fenología (floración, fructificación) [8].

Este estudio constituye un primer trabajo de campo sobre la variabilidad en el volumen de producción de resinas de los copales y mulatos y en la constitución química de sus aromas, generando información útil para el aprovechamiento con la tentativa de garantizar el manejo sustentable de estas especies dominantes de los bosques tropicales secos.

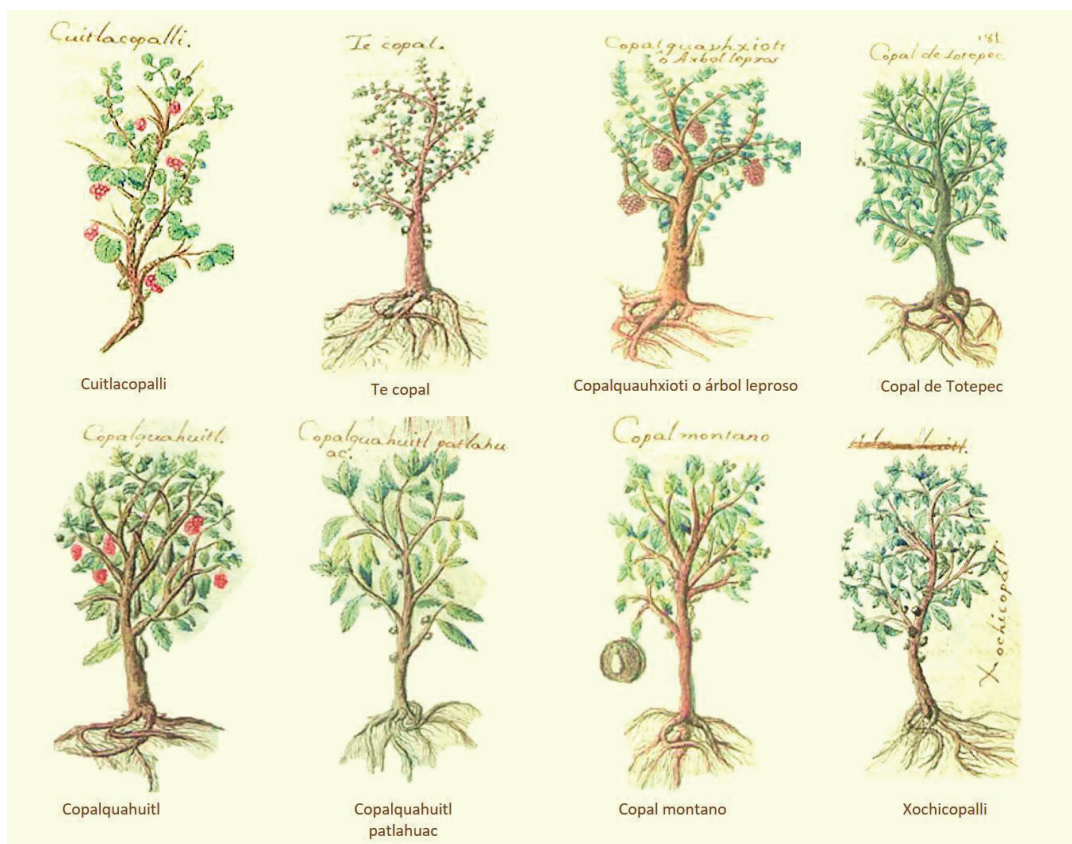


Figura 1. Hacia el final del siglo XVIII, fray Juan Navarro ilustró y describió numerosas plantas medicinales mexicanas en el quinto tomo de su *Jardín americano*.



Figura 2. Palo mulato desprendiendo papelillos y árbol copal exudando resina (percíbase los colores y los aromas). Fotografías de Sergio de Jesús Siliceo Abarca e Iván de la Cruz Chacón.

Referencias

- [1] Becerra, J. X., & Venable, D. L. (2008). Sources and sinks of diversification and conservation priorities for the Mexican tropical dry forest. *PLoS ONE*, 3(10), 1–5. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0003436>
- [2] Becerra, J. X., Venable, D. L., Evans, W., & Bowers, W. (2001). Interactions between chemical and mechanical defenses in the plant genus *Bursera* and their implications for herbivores. *American Zoologist*, 41(4), 865–876. <https://doi.org/10.1093/icb/41.4.865>
- [3] Cultid, M., Carlos, A., & Rico, Y. (2020). Los aliados emplumados de los copales y cuajjotes de México: aves y la dispersión de semillas de *Bursera*. *Revista Digital Universitaria (RDU)*, 21(2), 2–9. <http://doi.org/10.22201/codeic.16076079e.2020.v21n2.a5>
- [4] Monjarás, J. (2005). En defensa de nuestro patrimonio cultural. *Suplemento Cultural*, 161, 1.
- [5] Montufar, A. (2016). Copal de *Bursera bipinnata*. Una resina mesoamericana de uso ritual. *Travaux et Recherches dans les Amériques du Centre*, 70, 45–77.
- [6] Hernández, F. (1651). Las ilustraciones de Francisco Hernández (1572-1576). *Arqueología Mexicana*, 140, 16–17.
- [7] Micheli, A., & Izaguirre-Ávila, R. (2009). De la herbolaria medicinal novohispana a los inicios de estudios botánico-farmacológicos sistematizados (bosquejo histórico). *Archivos de Cardiología de México*, 79(2), 95–101.
- [8] Hernández, Z. (2019). Asociaciones fenológicas y estacionales de volátiles de las resinas de *Bursera simaruba* (L.) Sarg. y *Bursera tomentosa* (Jacq.) Triana y Planch [Tesis de Maestría, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas]. Repositorio UNICACH. <https://hdl.handle.net/20.500.12753/463>

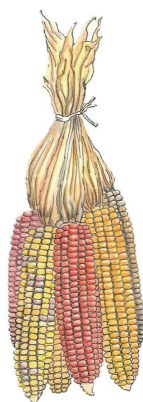
Información de los autores

Zuleima Guadalupe Hernández-Rodríguez*, Fridali García-Islas, Marisol Castro-Moreno, Alma Rosa González-Esquinca, Iván de-la-Cruz-Chacón

Laboratorio de Fisiología y Química Vegetal. Instituto de Ciencias Biológicas, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Libramiento Norte Poniente 1150, Col. Lajas Maciel, C.P. 29035 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

Maestría en Biodiversidad y Conservación de Ecosistemas Tropicales, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.

*zu_ghr13@hotmail.com



Maíz nativo de Chiapas

Sustento de vida irrenunciable y memorable

GABRIELA PALACIOS POLA

El maíz estuvo conviviendo con nuestros ancestros, se ha incluido en la alimentación de los mexicanos desde hace aproximadamente 3 mil años, aunque de acuerdo con estudios arqueológicos de mazorcas encontradas en cuevas, su cultivo se remonta a más de 6 mil años con tamaños tan pequeños como el dedo meñique de una persona adulta. Hay evidencias de que su domesticación sucedió hace 9 mil años, aunque en ese tiempo no era tan cotidiano en la dieta.

Su origen se ha ubicado en los márgenes del río Balsas en el estado de Guerrero, México, región templada con lluvias moderadas en las que se encontraron plantas de maíz silvestre conocidas como teosinte [1], esta forma de maíz para varios estudiosos del tema es el origen de la planta como la conocemos hoy en día, sin embargo, la historia completa que ilustra la evolución todavía no está descrita.

Se ha reconocido que México es el centro de origen del maíz y por tanto juega un papel importante en nuestra cultura. Al hablar de maíz, varias imágenes pueden venir a nuestra memoria, algunos pensamos en grandes mazorcas de granos dentados, otros en mazorcas pequeñas y de granos redondos, o en maíces blancos, amarillos, colorados, azules o multicoloridos.

Existe una clasificación de los tipos de maíz, conocida como razas o grupo de individuos con características comunes que permiten su agrupación, hasta hoy se han registrado 59 razas de maíz [2], con variedades al interior de cada una de ellas, lo que convierte esas decenas en cientos de tipos de maíz. Las variaciones las determinan, además de la genética y el ambiente, los intereses humanos basados especialmente en los usos culinarios y estos a su vez en las características de cada grano.

Por tanto, en cada región son estos tres factores (genética, ambiente y usos) los que determinan la presencia de las razas dominantes. En Chiapas se han reportado hasta 20 razas de las cuales 10 se encuentran frecuentemente, de éstas, tres son las más comunes y son sustento de muchas comunidades, conocidas como Olotón, Comiteco y Tuxpeño (figura 1), habitualmente son encontradas en regiones templadas, semicálidas y cálidas, respectivamente [3].

En los Altos de Chiapas la raza Olotón es el único maíz que se cultiva bajo esas condiciones ambientales encontrándose amenazada por los efectos del cambio climático, razón por la cual se han efectuado una serie de actividades en el campo con el objetivo de mejorar las semillas nativas. Sin embargo, aun con los esfuerzos de técnicos y científicos para crear variedades híbridas, su productividad se ve menguada con el paso del tiempo, por lo que la presencia de este tipo de maíz en suelo chiapaneco es baja.

Varios estudios indican que el número de familias que se dedican al cultivo de maíz y la superficie sembrada en hectáreas no ha cambiado en los últimos treinta años, ni aun con el primer tratado del libre comercio entre países de Norteamérica en 1994 [4]. Se estima que en México hay 2 millones 800 mil familias que siembran maíz en una superficie superior a los 8 millones de hectáreas, de las que solamente una cuarta parte es sembrada con variedades comerciales compradas en tiendas de productos agrícolas, mientras que las otras tres partes son de maíz nativo conservado año con año en los hogares de los campesinos.

En Chiapas, esta preferencia de uso de maíz nativo es parte de la alimentación en forma de tortillas, pozol, tamales, atole, entre otras delicias. Estos alimentos se elaboran y consumen al interior y exterior de los hogares, es decir, forman parte de la dieta diaria y común, pero también se han creado estrategias para comercializarlos aprovechando los excedentes de sus granos o bien usando razas cultivadas en otras regiones para no desajustar las propias.

Nixtamalización de razas nativas chiapanecas

Es un rasgo común que las mujeres sean las que han procesado el maíz, originando procesos tecnológicos muy sofisticados. Las mujeres usualmente cocinan el maíz en una solución con cal (agua de cal), a este proceso se le llama *nixtamalización* y tiene la finalidad de ablandar los granos para convertirlos en masa (figura 2). En Chiapas, las mujeres de comunidades con climas tropicales, por lo general inician el proceso en las primeras horas del día para elaborar las tortillas que se consumen en el desayuno, llamando nixtamal caliente al conjunto de maíz cocinado que es rápidamente enfriado y convertido en masa. En tanto que en las regiones con climas semicálidos o templados, el maíz se cocina alrededor de media tarde y cuando ya está cocido se deja remojando en el líquido de cocción durante toda la noche y a la mañana siguiente se usa para preparar las tortillas que son degustadas en el desayuno y son llamadas tortillas de nixtamal frío (figura 3).

A partir del nixtamal se elaboran una variedad de alimentos. El arraigado gusto por las exquisiteces gastronómicas del maíz, aunado a la necesidad de recursos económicos de familias de alta y extrema condiciones de pobreza, propicia que actualmente muchas mujeres comercialicen sus alimentos de nixtamal fresco en mercados, tianguis, de casa en casa o por encargos.

Consideraciones finales

El maíz es la planta agrícola más importante en el mundo y en México. Las razas nativas son centrales en nuestra alimentación, imaginemos un día sin maíz, quizás podamos superarlo y reemplazarlo por otro cereal, pero más días sin maíz es realmente difícil de imaginarse. Las opciones de conservación de los granos nativos que se han implementado desde las familias campesinas pueden ser apoyadas desde las ciudades más chicas hasta las inmensas urbes, consumiendo los alimentos de nixtamal fresco que manos expertas de mujeres traen a lugares urbanizados y pagando precios justos por ellos.



Figura 1. Maíces de las razas: Olotón, Comiteco y Tuxpeño, Fuente: Perales, Benz y Brush y José Ron Parra. Citado en *Biodiversidad Mexicana* (2005).



Figura 2. Compañeras del ejido de Copoya del municipio de Tuxtla Gutiérrez encargadas de realizar la nixtamalización y de la elaboración de tortillas de nixtamal fresco. Fotos de Gabriela Palacios Pola.

Referencias

- [1] Matsuoka, Y., Vigouroux, Y., Goodman, M. M., Sanchez, G. J., Buckler, E., & Doebley, J. (2002). A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(9), 6080–6084. <https://doi.org/10.1073/pnas.052125199>
- [2] Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2011). Recopilación, generación, actualización y análisis de información acerca de la diversidad genética de maíces y sus parientes silvestres en México. http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/pdf/proyecto/InformedeGestion_V1.pdf.
- [3] Perales, R. H., & Hernández, C. J. M. (2005). Diversidad del maíz en Chiapas. En M. González-Espinosa, N. Ramírez-Marcial, L. Ruiz-Montoya (eds.), *Diversidad Biológica en Chiapas* (pp. 337–355). Plaza y Valdés; El Colegio de la Frontera Sur; Comisión de Ciencia y Tecnología del Estado de Chiapas.
- [4] Eakin, H., Perales, H., Appendini, K., & Sweeney, S. (2014). Selling maize in Mexico: The persistence of peasant farming in an era of global markets. *Development and Change*, 45(1), 133–55. <https://doi.org/10.1111/dech.12074>

Glosario

Cambio climático. Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU) por “cambio climático” se entiende un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables.

Híbrido. Según la Real Academia Española, un animal o un vegetal procreado por dos individuos de distinta especie.

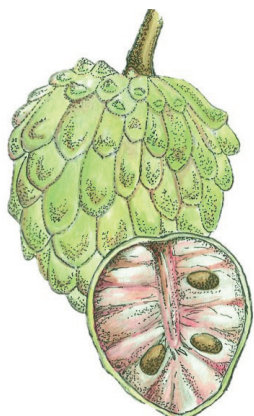
Información de los autores

Gabriela Palacios Pola

El Colegio de la Frontera Sur. Periférico Sur s/n, María Auxiliadora, 29290 San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México.

Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos. Libramiento Norte Poniente 1150-Edif. 11, Caleras Maciel, 29018 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

Doctorado en Ciencias en Ecología y Desarrollo Sustentable. El Colegio de la Frontera Sur. gabriela.palacios@unicach.mx



Temporada de papausas

Annona macrophyllata: una delicia tropical

YESICA GUADALUPE ACERO-CRUZ

CLAUDIA AZUCENA DURÁN-RUIZ

IVÁN DE-LA-CRUZ-CHACÓN

ALMA ROSA GONZÁLEZ-ESQUINCA

Con el inicio de la lluvia, los huertos, jardines y patios de las casas del sur-sureste mexicano se llenan de flores y frutos, en particular, en la cúspide de la estación lluviosa, entre septiembre y octubre, el árbol de papausas, nos ofrece sus frutos maduros, dulces, coloridos y aromáticos. En los mercados formales o en las vendimias citadinas, es notoria que la temporada de papausas ha llegado.

Desde los albores de su aparición, el humano aprendió a reconocer en la naturaleza elementos útiles para sobrevivir y mejorar su calidad de vida. Dentro de los recursos que más emplean se encuentran las plantas, y aunque son un grupo numeroso, hay algunas que destacan por su importancia económica, medicinal y social.

La familia Annonaceae es un grupo antiguo de plantas, tiene una distribución principalmente tropical, aunque algunas se encuentran en zonas templadas. Varias de sus especies se cultivan. Las llamadas comúnmente anonas constituyen un amplio género y han sido apreciadas desde tiempos prehispánicos por el sabor, aroma y valor nutritivo de sus frutos [1].

Entre las anonáceas más cultivadas destacan la guanábana y la chirimoya, en cambio, la papausa casi siempre se encuentra en los solares de la gente de campo, es escasamente cultivada. Conocida científicamente como *Annona macrophyllata* Donn. Sm, es una especie cuyo lugar de origen no está claro, pudiera ser el sureste de México, Guatemala o El Salvador; es conocida también como papauce, ilama, ilama zapote, ilamazapotl (en lengua náhuatl), izlama, hilama, zapote de vieja, anona de castilla, anona caribe o anona rosada [2, 3].

Es una planta que se comercializa localmente, presenta variaciones en el color de la pulpa de su fruto, diferenciándose las variedades blanca y rosa, su sabor es comparable a los de otras anonas de mayor importancia comercial como la chirimoya, el saramuyo y la guanábana. Son árboles generalmente pequeños de hasta 8.5 m de altura, mientras que su tronco no sobrepasa los 25 cm de diámetro, puede tener más de 50 frutos por árbol, mismos que poseen una forma oval con protuberancias pronunciadas con un peso de entre 500 a 900 g [1].

Es posible encontrarla de forma silvestre, creciendo principalmente en climas cálidos donde se alterna entre las temporadas de lluvia y de seca; junto con otras anonas, son importantes componentes de la selva baja caducifolia permitiendo la restauración del paisaje, flora y fauna locales debido a sus bajos requerimientos de agua y nutrimentos que le permiten crecer y fructificar en condiciones contrastantes de lluvia y estiaje [4].



Figura 1. Flores y fruto de papausa (*Annona macrophyllata*). En la imagen superior derecha se puede observar a la flor en su fase masculina. Acervo fotográfico del Laboratorio de Fisiología y Química Vegetal de la UNICACH.

Además de su importancia como fruta, la papausa es reconocida por su empleo en la medicina tradicional; indígenas y campesinos emplean las hojas, cogollos (brotes tiernos de hojas), cortezas y frutos inmaduros para combatir piojos y chinches, tratar padecimientos como la diarrea, catarro, inflamaciones, dolor muscular, luxaciones y fracturas [3]; estas propiedades pueden ser explicadas por los diversos compuestos químicos presentes en sus raíces, tallos, hojas y semillas.

Desde hace 25 años en el Laboratorio de Fisiología y Química Vegetal, del Instituto de Ciencias Biológicas, de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH) se han desarrollado investigaciones orientadas al aislamiento e identificación de moléculas conocidas como metabolitos secundarios y a la determinación de las actividades biológicas de algunas plantas de la familia Annonaceae, entre ellas la papausa, con la finalidad de entender su metabolismo secundario, su actividad biológica y también para validar con las herramientas de la ciencia su uso tradicional. Al mismo tiempo explicar el papel que desempeñan sus metabolitos en la naturaleza y comprender cómo su distribución, cantidad y expresión durante el desarrollo se modula de acuerdo con las interacciones que esta planta mantiene con otros organismos, como bacterias, hongos e insectos y con los factores externos como el agua, el clima, el suelo y la luz [5].

Los extractos orgánicos y las moléculas aisladas de los diferentes órganos de *A. macrophyllata* presentan actividades tóxicas contra microorganismos e insectos que causan daños a la salud o a los cultivos, colocando a la papausa como una especie con alto potencial biotecnológico. Se destaca por sus actividades: antiproliferativa sobre líneas celulares como las Hela derivadas del cáncer cérvico-uterino y las SW-480 del cáncer colorectal [6]; antifúngica contra hongos fitopatógenos (*Rhizopus stolonifer*) [7]; antibacteriana sobre bacterias causantes de enfermedades respiratorias (*Staphylococcus aureus*), gastrointestinales (*Bacillus subtilis*) [8]; su actividad insecticida frente a la mosca mexicana de la fruta (*Anastrepha ludens*) [9] y las hormigas arrieras (*Atta mexicana*) [10].

También se ha descubierto que sus semillas producen una gran cantidad de aceite cuya proporción de ácidos grasos saturados e insaturados puede originar usos comestibles o como biodiesel [11].

Las investigaciones realizadas en el campo han registrado que muchos insectos se relacionan con la papausa por las características de sus flores, particularmente arañas, escarabajos y orugas son asiduos visitantes florales, algunos de estos son responsables de la polinización y por ende de la formación de los frutos, otros se alimentan de ellas o capturan sus aromas para atraer a sus parejas, algunos más las utilizan como sitio de caza o nichos de “luna de miel” para copular [12]. También se ha documentado que una avispa barrenadora (*Bephratelloides cubensis*) es capaz de cumplir casi todo su ciclo de vida en el interior de las semillas, lo que de alguna manera la ha convertido en la plaga principal de las anonas [13].

La papausa forma parte de nuestra flora nativa, sus usos tradicionales y potencial biotecnológico, así como su importancia ecológica, son argumentos suficientes para abogar para su conservación y aprovechamiento sustentable.

Referencias

- [1] Julián-Loaza, A. P., Santos-Sánchez, N. P., Valadez-Blanco, R., Sánchez-Guzmán, B. S., & Salas-Coronado, R. (2011). Chemical composition, color, and antioxidant activity of three varieties of *Annona diversifolia* Safford fruits. *Industrial Crops and Products*, 34(2), 1262–1268. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.06.012>
- [2] González-Trujano, M. E., Navarrete, A., Reyes, B., Cedillo-Portugal, E., & Hong, E. (2001). Anticonvulsant properties and bio-guided isolation of palmitone from leaves of *Annona diversifolia*. *Planta Medica*, 67(2), 136–141. <https://doi.org/10.1055/s-2001-11504>
- [3] Luna-Cazáres, L. M., & González-Esquinca, A. R. (2008). Actividad antibacteriana de extractos de *Annona diversifolia* Safford y *Annona purpurea* Mociño & Sessé ex Dunal. *Polibotánica*, (25), 121–125.
- [4] Monroy, R., Garduño-Pizaña, C., Colín, H., & Monroy-Ortiz, C. Etnobotánico de la llama (*Annona diversifolia* SAFF) en el municipio Juan R. Escudero. *Investigación Agropecuaria*, 6(2), 183–194.
- [5] González-Esquinca AR. (2016). Annonaceae: relevancia biológica de sus atributos químicos. *Lacandonia*, 10(2), 69–70.
- [6] Schlie-Guzmán, M., García-Carrancá, A., Gutiérrez-Jiménez, J., & Vidal-López, D. (2011). Administración *in vivo* de acetogeninas guiada por la concentración inhibitoria media *in vitro*. En A. R. González-Esquinca, L. Luna-Cazáres, J. Gutiérrez-Jiménez, M. A. Schlie-Guzmán, & D. Vidal-López (eds.), *Anonáceas: plantas antiguas, estudios recientes* (pp. 231–247). UNICACH.
- [7] De-la-Cruz-Chacón, I., Riley-Saldaña, C. A., & González-Esquinca, A. R. (2013). Secondary metabolites during early development in plants. *Phytochemistry Reviews*, 12, 47–64. <https://doi.org/10.1007/s11101-012-9250-8>
- [8] Luna-Cazáres, L. M., & González-Esquinca, A. R. (2010). Susceptibility of complete bacteria and spheroplasts of *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Salmonella typhi* to rolliniastatin-2. *Natural Product Research*, 24(12), 1139–1145. <https://doi.org/10.1080/14786410902836644>
- [9] González-Esquinca, A. R., Luna-Cazáres, L. M., Schlie-Guzmán, M. A., Chacón, I., Laguna Hernández, G., Flores Breceda, S., & Montoya Gerardo, P. (2012). *In vitro* larvicidal evaluation of *Annona muricata* L., *A. diversifolia* Saff. and *A. lutescens* Saff. extracts against *Anastrepha ludens* larvae (Diptera, Tephritidae). *Interciencia*, 4(37), 284–289.

- [10] Acuña-Castro, W., De la Cruz-Chacón, I., González-Esquinca, A. R. (2011). Actividad insecticida de *Annona diversifolia* frente a *Atta mexicana*. En A. R. González-Esquinca, L. Luna-Cazás, J. Gutiérrez-Jiménez, M. A. Schlie-Guzmán, & D. Vidal-López (eds.), *Anonáceas: plantas antiguas, estudios recientes* (pp. 259–273). UNICACH.
- [11] Reyes-Trejo, B., Guerra-Ramírez, D., Zuleta-Prada, R., Cuevas-Sánchez, J. A., Reyes, L., Reyes-Chumacero, A., & Rodríguez-Salazar, J. A. (2014). *Annona diversifolia* seed oil as a promising non-edible feedstock for biodiesel production. *Industrial Crops and Products*, 52, 400–404. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.11.005>
- [12] Llaven Albores, Y. E. (2018). Interacciones entre las flores y los visitantes florales de *Annona macrophyllata* Donn. Sm. Chiapas, México. [Tesis de Licenciatura no publicada]. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.
- [13] Durán-Ruiz, C.A., Cruz-Ortega, R., Zaldívar-Riverón, A., Zavaleta-Mancera, H.A., De-la-Cruz-Chacón, I., & González-Esquinca, A.R. (2019). Ontogenic synchronization of *Bephratelloides cubensis*, *Annona macrophyllata* seeds and acetogenins from Annonaceae. *Journal of Plant Research*, 132, 81–91. <https://doi.org/10.1007/s10265-018-01078-3>

Glosario

Actividad antifúngica. Capacidad de evitar el crecimiento de algunos tipos de hongos o provocarles la muerte.

Actividad antiproliferativa. Se caracteriza por la capacidad de impedir el crecimiento y la reproducción de células.

Hongos fitopatógenos. Corresponden a los hongos que son capaces de causar enfermedades a las plantas.

Líneas celulares. Conjunto de células idénticas que provienen de la multiplicación en laboratorio, éstas se adaptan para crecer y son empleadas en la investigación.

Solar. Terreno libre situado en la parte posterior de las casas y que se utiliza como huerto o para la cría de animales.

Información de los autores

Yesica Guadalupe Acero-Cruz*, Claudia Azucena Durán-Ruiz, Iván de-la-Cruz-Chacón, Alma Rosa González-Esquinca

Laboratorio de Fisiología y Química Vegetal. Instituto de Ciencias Biológicas, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Libramiento Norte Poniente 1150, col. Lajas Maciel, C.P. 29035. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

Maestría en Biodiversidad y Conservación de Ecosistemas Tropicales, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.

*yesica.acero@e.unicach.mx



Palo balsa

***Ochroma pyramidale*:**
un árbol de importancia para los lacandones
de la Selva Lacandona de Chiapas, México

KARINA ANTONIA TOLEDO-GONZÁLEZ

SAMUEL ISRAEL LEVY-TACHER

PEDRO ANTONIO MACARIO-MENDOZA

JOSÉ ARTURO DE NOVA-VÁZQUEZ

Dentro de las selvas mexicanas podemos encontrar a *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. que es un árbol pionero de rápido crecimiento nativo del continente americano [1], al que comúnmente se le conoce como "balsa". Pertenece a la familia de las malváceas, por lo que está emparentado de alguna manera con la planta del algodón, de los hibiscos y de las ceibas. El nombre de balsa fue asignado por los españoles cuando reconocieron que los indígenas americanos utilizaban a esta especie para construir pequeñas embarcaciones [2]. La especie tiene importancia cultural y económica, ya que la madera obtenida de la balsa es de interés comercial a nivel mundial, debido a la alta resistencia y baja densidad de su madera [3].

En México, en el estado de Chiapas, desde 1993 se han realizado investigaciones en la Selva Lacandona con relación a la restauración y rehabilitación ecológica, así como en la recuperación del conocimiento ecológico tradicional, donde este árbol juega un papel determinante. Para los lacandones tradicionales, este árbol es una especie clave en el aprovechamiento agrícola de su selva, pues les permite acortar el periodo de descanso de sus terrenos, promover la recuperación de los niveles de materia orgánica del suelo y controlar el crecimiento de plantas invasoras en las milpas (S. L. Levy-Tacher, comunicación personal, 15 de enero de 2015). En particular, se ha reconocido la capacidad de este árbol para favorecer y acelerar el desarrollo sucesional, el establecimiento de las especies intermedias y tardías.

En México, los lacandones habitantes de la Selva Lacandona utilizan este árbol para la pronta recuperación de sus achuales (vegetación secundaria). En la comunidad de Lacanjá Chansayab, ubicado en el municipio de Ocosingo, Chiapas, los campesinos lacandones reconocen dos variantes de *Ochroma* y los distinguen por presentar una serie de diferencias morfológicas y fenológicas. Los campesinos lacandones nombran estas variedades con base en el color de los peciolo de las hojas como chak chujum (rojo) y sak chujum (blanco), y que pueden corresponder a *O. pyramidale* en su variedad típica y lo que algunos autores consideraban *O. pyramidale* var. *bicolor* (Rowlee) Brizicky, actualmente se conoce que son sinónimos [4]. Posiblemente estas variedades identificadas por los lacandones se deben a factores del clima y de su ubicación geográfica que modifican ciertos aspectos morfológicos.

Dentro de las características morfológicas que ayudan a distinguir estas variedades taxonómicas se menciona el tamaño y la forma de los frutos, la cantidad de semillas por fruto, la tasa de crecimiento de los árboles, la forma de la copa, el color del peciolo y de las hojas, la tasa de germinación, la densidad de la madera, la altura total del árbol, la longitud del ciclo de vida y la época de floración [5] (cuadro 1 y figura 1).

Cuadro 1. Características biológicas y morfológicas distintivas entre dos variedades del palo balsa (*Ochroma pyramidale*) (Levy-Tacher com. pers; observación directa)

Atributos	Características	
	<i>O. pyramidale</i> variedad típica	<i>O. pyramidale</i> var. bicolor
Ciclo de vida	< de 15 años	> de 15 años
Altura total	< 20 m	> 20 m
Forma del tallo	Curvado	Recto
Densidad de la madera	Alta	Baja
Diámetro a la altura del pecho (DAP)	< de 70 cm	Hasta 160 cm
Forma de la copa	Irregular	Redonda
Pubescencia de las hojas	Escasa	Abundante
Peciolo	Rojo y corto 10-30 cm	Blanco y largo 20-35 cm
Época de floración	Febrero-abril	Diciembre-febrero
Flores	Grandes, color blanco a beige 20-25 cm	Pequeñas, color blanco 10-20 cm
Frutos	Grandes, color café, con menor pubescencia, muchas semillas 20-25 cm	Pequeños, color café claro, muy pubescentes, pocas semillas 10-20 cm
Semillas	Pequeñas, color café Tamaño de 1-2 mm Peso promedio de 5.9 mg	Grandes, color café claro Tamaño de 1-3 mm Peso promedio de 7.1 mg

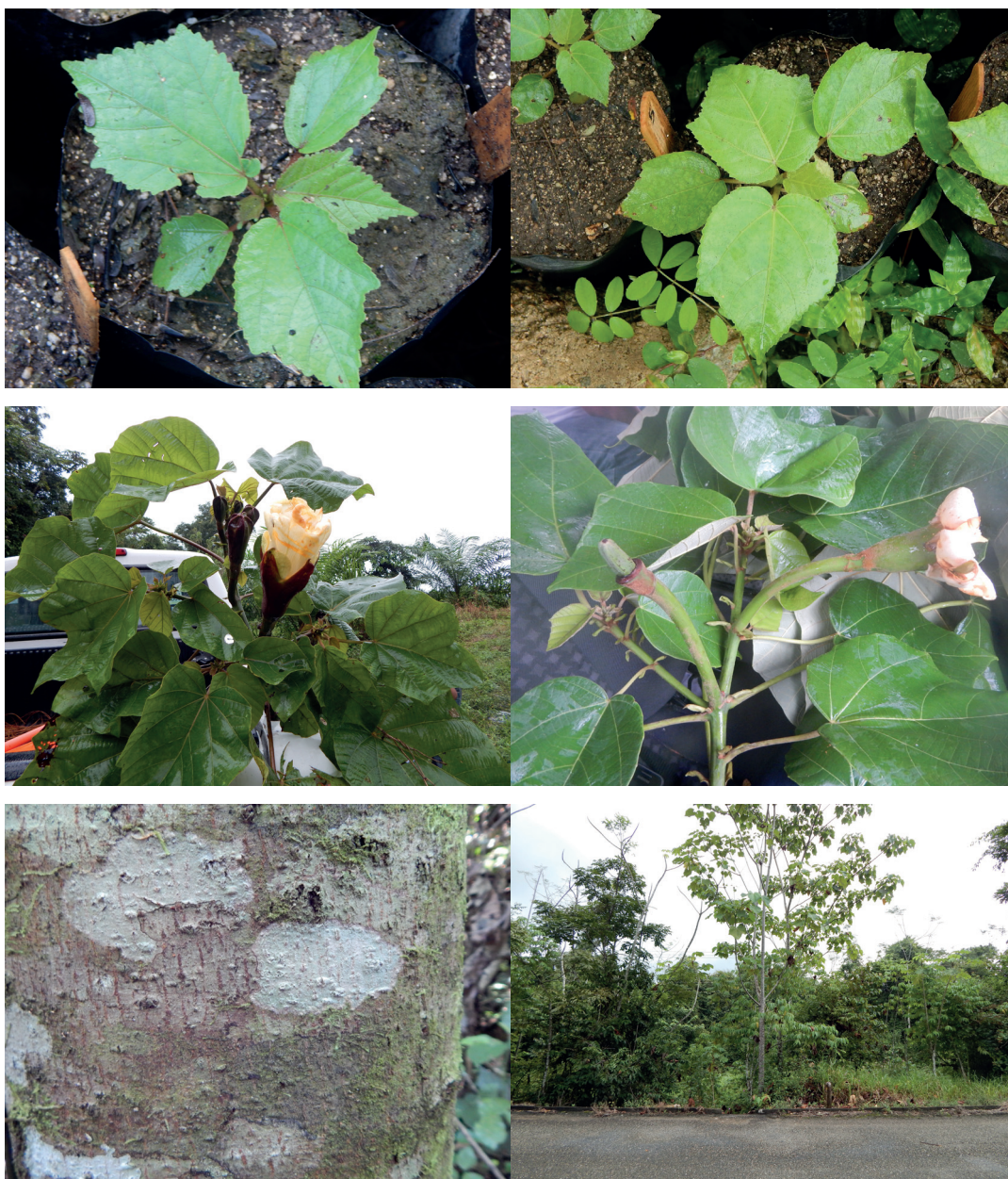


Figura 1. Características biológicas y morfológicas distintivas entre dos variedades del palo balsa (*Ochroma pyramidale*). En las imágenes de lado izquierdo se observan la plántula, la flor y el árbol de *Sak chujum*; las fotografías de la derecha muestran la plántula, la flor y la corteza del tronco de la variedad llamada *Chak chujum*.

Consejos para cultivar el palo balsa

Las semillas mejoran su porcentaje de germinación si se les remoja unos segundos en agua hirviendo. Su crecimiento es mejor en suelos con buen drenaje y alto contenido de materia orgánica.

Referencias

- [1] Douterlungne, D., Levy-Tacher, S. I., Golicher, D. J., & Dañobeytia, F. R. (2010). Applying indigenous knowledge to the restoration of degraded Tropical Rain Forest clearings dominated by bracken fern. *Restoration Ecology*, 18(3), 322–329. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2008.00459.x>
- [2] González-Osorio, B., Cervantes, X. M., Torres, E. N., Sánchez, C. F., & Simba, L. (2010). Caracterización del cultivo de balsa (*Ochroma pyramidale*) en la provincia de los ríos. Ecuador. *Ciencia y Tecnología*, 3(2), 7–11.
- [3] Iglesias, J., Valencia, R., Buitron, G., Pérez, A., Cevallos, D., Santiana, J., & Armijos, C. (2008). Germinación de semillas y sobrevivencia temprana de plántulas de Balsa (*Ochroma pyramidale*): ¿crecen sus plántulas mejor en el suelo de origen? [presentación]. XXXII Jornadas Nacionales de Biología, Loja, Ecuador.
- [4] Sandi, C., & Flores, E. M. (2010). *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex. Lam.) Urb. En J. V. Vozzo (ed.), *Manual de Semillas de Árboles Tropicales* (pp. 571-573). USDA; Forest Service.
- [5] Tropicos, Missouri Botanical Garden. (2013). *Ochroma pyramidale*. Consultado el 2 de mayo de 2016. <http://www.tropicos.org/NameSearch.aspx?name=Ochroma&commonname=>

Información de los autores

Karina Antonia Toledo-González^{1*}, Samuel Israel Levy-Tacher², Pedro Antonio Macario-Mendoza³, José A. De Nova-Vázquez⁴

¹Laboratorio de Fisiología y Química Vegetal. Instituto de Ciencias Biológicas, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Libramiento Norte Poniente 1150, col. Lajas Maciel, C.P. 29035 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

²Departamento de Conservación de la Biodiversidad, El Colegio de la Frontera Sur. Carretera Panamericana y Periférico Sur S/N. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México. C.P. 29290. Correo-e: slevy@ecosur.mx

³Departamento de Agricultura, Sociedad y Ambiente. El Colegio de la Frontera Sur. Avenida Centenario, km 5.5. Chetumal, Quintana Roo, México. C.P. 77014. Correo-e: pmacario@ecosur.mx

⁴Instituto de Investigación de Zonas Desérticas. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Altair núm. 200 Colonia del Llano. San Luis, San Luis Potosí, México. C.P. 78377. Correo-e: arturo.denova@uaslp.mx

Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural, El Colegio de la Frontera Sur.

*karina.toledo@e.unicach.mx



Chak ma'ax

Sapranthus campechianus: un recurso de las selvas secas mexicanas con propiedades inhibitorias contra patógenos agrícolas

EDUARDO ALEJANDRO CHONG-RODRÍGUEZ

IVÁN DE-LA-CRUZ-CHACÓN

Las plantas tienen diminutos enemigos letales, entre ellos los virus, bacterias y hongos. Particularmente, algunos hongos pueden enfermar alguna o varias partes de la planta, llevándola incluso a la muerte. Los hongos son responsables de más de la mitad de las enfermedades vegetales. El uso de sustancias químicas ha sido una de las estrategias más efectivas para combatir el crecimiento de los hongos patógenos, estas sustancias provienen de fuentes naturales o del ingenio químico en el laboratorio. Se busca que estas sustancias sean potentes contra los patógenos pero inofensivas para el ambiente y el humano.

En esa búsqueda, biólogos y químicos descubrieron que todas las plantas emiten pequeñas moléculas a las que se les ha dado el nombre de metabolitos especializados, dado que su formación sucede en momentos y sitios especiales de su crecimiento y desarrollo. También se les conoce como metabolitos secundarios o productos naturales y son el motivo por el cual nos gusta la vainilla, el café y el olor de las flores o el por qué a algunos les disgustan los brócolis, los ajos y las cebollas o por qué hay plantas que matan o curan [1].

Las plantas producen de forma natural estas sustancias para escapar, tolerar o evitar condiciones de crecimiento desfavorables, para contrarrestar el ataque de enemigos (plagas, herbívoros y otras plantas) o para atraer organismos benéficos (polinizadores por ejemplo). Es una estrategia que se ha estado perfeccionando durante miles de millones de años y es un reflejo de la fisiología de la planta para responder a los desafíos que enfrenta [2].

Las anonáceas son un grupo de plantas tropicales antiguas, populares por sus deliciosas frutas, entre ellas, la chirimoya, la guanábana, la papaya, el saramuyo y la anona. Estas plantas generan un tipo especial de compuestos químicos de defensa llamados alcaloides bencilisoquinolínicos que impiden el crecimiento de hongos y bacterias (figura 1). Los alcaloides son moléculas con al menos un átomo de nitrógeno en su estructura [2].

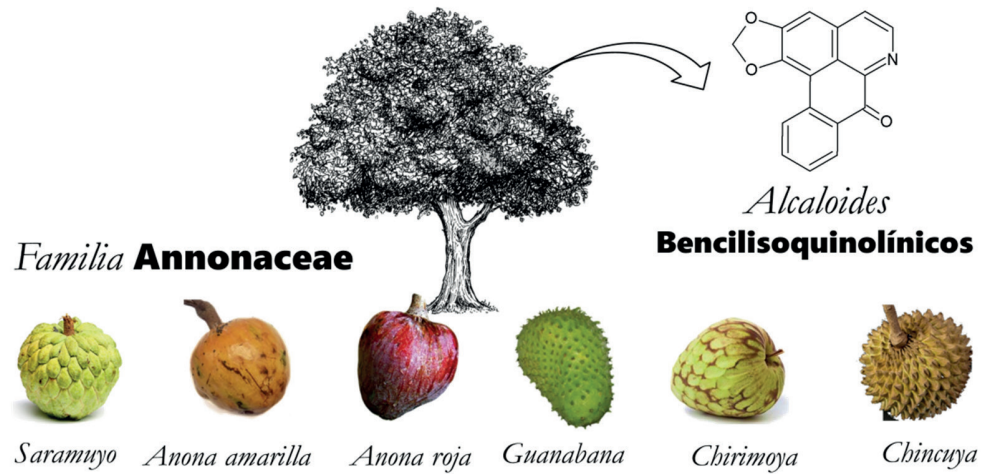


Figura 1. Algunas especies conocidas de la familia Annonaceae son comestibles.

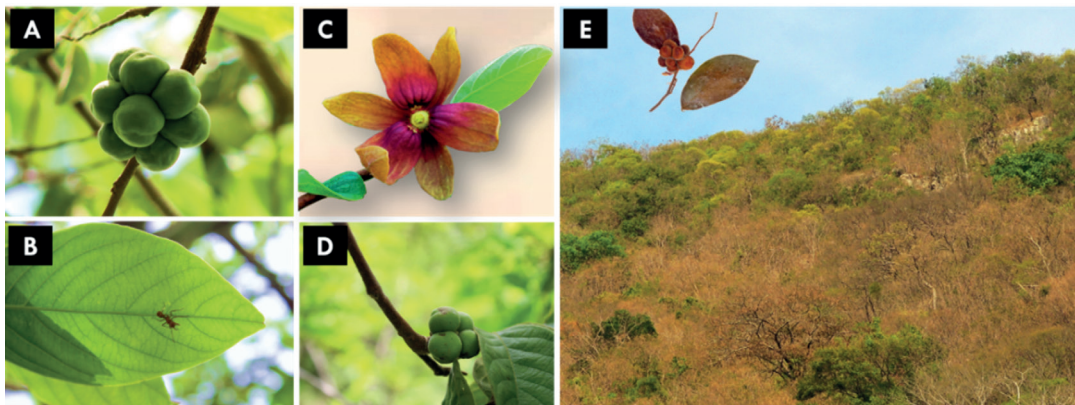


Figura 2. *Sapranthus campechianus*. Se observan los frutos inmaduros (A), las hojas (B), las flores (C), los tallos (D) y la Selva Baja Caducifolia donde habitan (E).

Un recurso prometedor de las selvas tropicales mexicanas

La especie *Sapranthus campechianus* es una anonácea silvestre poco conocida de las selvas secas del sureste mexicano, es prácticamente endémica de la región mesoamericana. No tiene nombre común en español, en lengua maya se le conoce como chak ma'ax, poochil y sak éelemuy [3].

Los árboles adultos de esta especie llegan a medir desde 2 hasta 10 m de alto, a diferencia de otras anonáceas son más recientes evolutivamente (desde 14 hasta 16 millones de años). Los tallos tienen una corteza grisácea a dorada, que es utilizada para leña por los habitantes de algunas comunidades mayas de la península de Yucatán en México. Sus hojas son de forma elíptica o en forma de lágrima, las jóvenes presentan vellosidades en la parte de abajo; como muchas especies de la selva seca, durante la temporada de sequía se le pueden ver prácticamente sin follaje. Las flores son solitarias, al inicio sus pétalos son verdes, después amarillos y finalmente de color marrón, la floración sucede en abril y mayo (finalización de la temporada de sequía), mientras que su

fructificación ocurre de junio a noviembre (inicios de las primeras lluvias). Tiene frutos agrupados de color verde cuando están inmaduros (figura 2) y amarillos grisáceos o negros cuando están maduros, los cuales suelen ser alimento para pájaros, tlacuaches, jabalíes y tepezcuintles.

Sapranthus campechianus produce moléculas que controlan el crecimiento de hongos fitopatógenos. Los resultados de dos años de estudio con esta planta, señalan que en sus raíces, tallos y hojas hay metabolitos que inhiben el crecimiento de los hongos que causan las enfermedades de la mancha foliar del maíz (*Curvularia lunata*), la antracnosis del aguacate (*Colletotrichum gloeosporioides*) y el marchitamiento del jitomate (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopercisi*) (figura 3). Los hallazgos también indican que las raíces tienen una mayor diversidad de compuestos (alcaloides) incluyendo a los de mayor potencia que tienen una eficacia igual o superior a algunos fungicidas comerciales usados en la agricultura.

El fitopatógeno que ataca al jitomate fue el más afectado por las moléculas de la anonácea, cuatro alcaloides fueron catalogados como candidatos para seguirse estudiando, uno de ellos (llamado liriodenina) fue capaz de interrumpir el crecimiento de los hongos en condiciones de laboratorio y en experimentos en invernaderos con plantas de jitomate (figura 4). Este estudio también demuestra que *Sapranthus* produce sus alcaloides antifúngicos de forma variable durante el año, particularmente, durante la temporada de lluvias produce un mayor número y cantidad de antifúngicos y aunque por ahora se sabe que la estacionalidad afecta esta variación, aún quedan por conocer otros factores que modulen su producción en los tejidos de la planta.

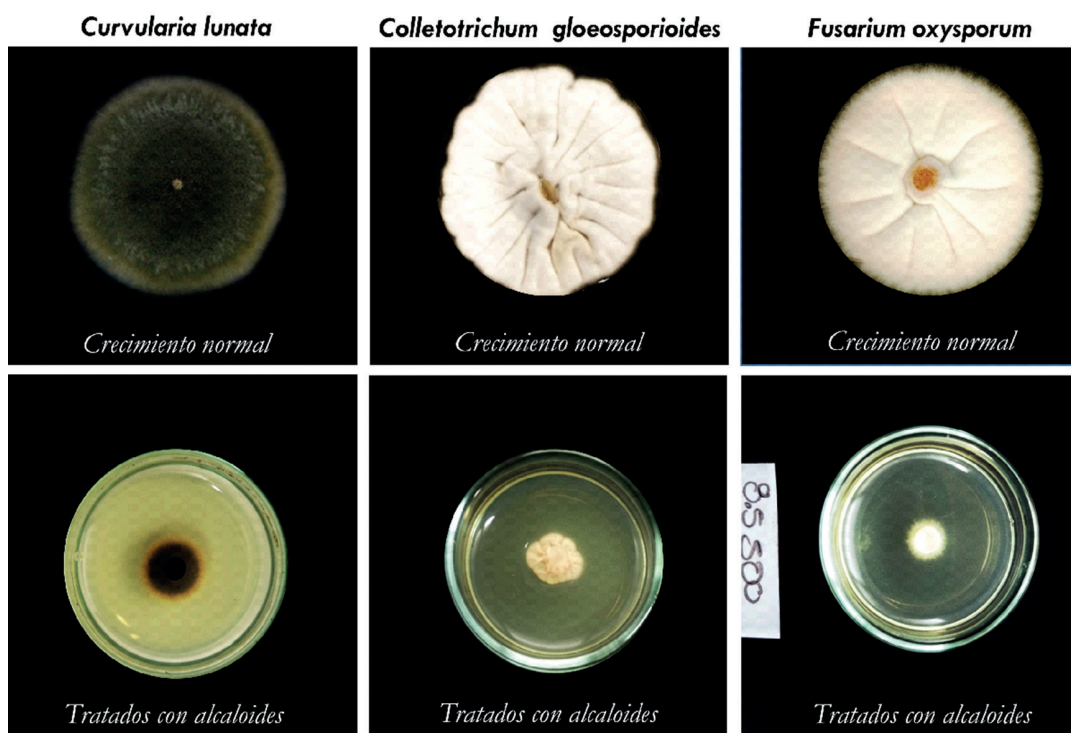


Figura 3. Inhibición del crecimiento de hongos por los alcaloides de *S. campechianus*. Compare el crecimiento reducido del hongo cuando es alimentado con alcaloides vegetales.

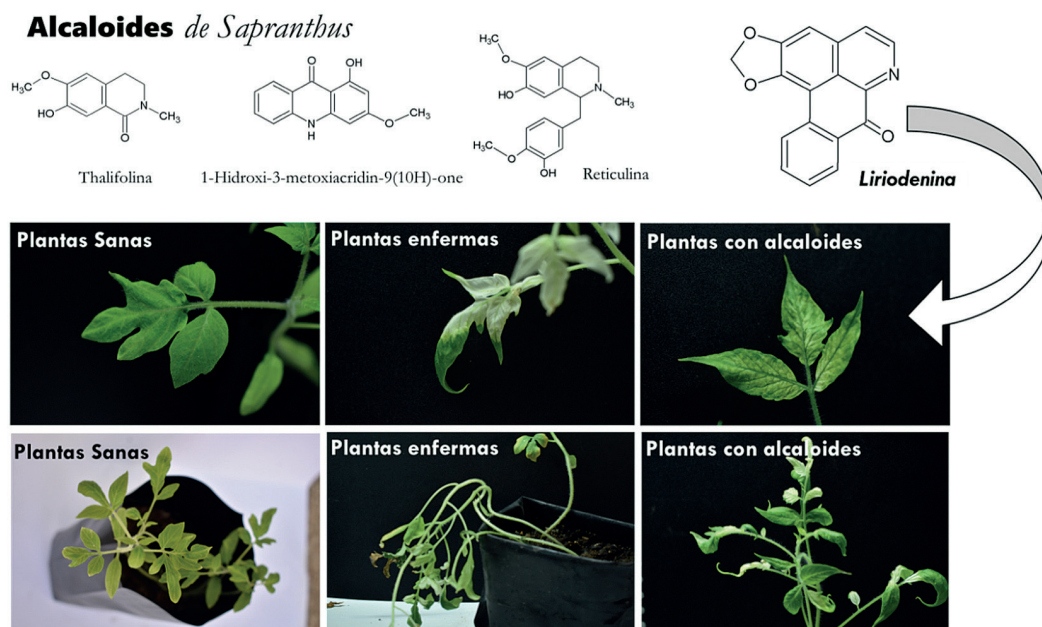


Figura 4. Evidencias del control de la enfermedad del marchitamiento del jitomate con el alcaloide liriodenina.

Consideraciones finales

Esta investigación científica señala la importancia de estudiar los recursos naturales de las selvas secas tropicales cuya diversidad química ofrece soluciones a problemas ambientales y agrícolas. Aunque estos resultados parecen prometedores aún queda el reto por conocer de qué manera actúan estos compuestos al interior de los patógenos plagas, cómo producir a gran escala los alcaloides antifúngicos, si son tóxicos para el ambiente y la importancia para la planta, además de lo que parece obvio, la defensa contra hongos.

Referencias

- [1] González-Esquinca, A. R., De-La-Cruz-Chacón, I., & Castro-Moreno, M. (2016). En A. L. Anaya, F. J. Espinosa-García, & Reigosa-Roger. *Ecología química y alelopatía: avances y perspectivas* (pp. 69-128). Plaza y Valdés Editores; Universidad Nacional Autónoma de México.
- [2] González-Esquinca, A. R., De-La-Cruz-Chacón, I., Castro-Moreno, M., Orozco-Castillo, J. A., & Riley-Saldaña, C. A. (2014). Alkaloids and acetogenins in Annonaceae development: biological considerations. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 36(spe1), 01-16. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452014000500001>
- [3] Herbario CICY, Unidad de Recursos Naturales. (2010). Flora de la Península de Yucatán: *Sapranthus campechianus* (Kunth) Standl. https://www.cicy.mx/sitios/flora%20digital/ficha_virtual.php?especie=701

Glosario

Endémica. De acuerdo a Biodiversidad Mexicana de la CONABIO, son organismos endémicos, en este caso plantas, aquellos que sólo habitan en un territorio determinado, puede ser endémica de México, de algún estado, de alguna montaña, lago o río, en este caso *S. campechianus* solo habita en la región mesoamericana, en la región del sur de México y países de Centroamérica.

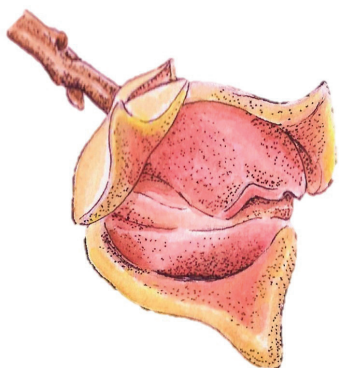
Información de los autores

Eduardo Alejandro Chong-Rodríguez*, Iván de-la-Cruz-Chacón

Laboratorio de Fisiología y Química Vegetal. Instituto de Ciencias Biológicas, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Libramiento Norte Poniente 1150, col. Lajas Maciel, C.P. 29035 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

Maestría en Biodiversidad y Conservación de Ecosistemas Tropicales. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.

*eduardo.alejandro.chong@gmail.com



La chincuya

Annona purpurea:

Una fruta tropical con tesoros químicos y biológicos

KARINA ANTONIA TOLEDO-GONZÁLEZ

ALMA ROSA GONZÁLEZ-ESQUINCA

CHRISTIAN ANABÍ RILEY-SALDAÑA

RODOLFO SALAS-LIZANA

En Mesoamérica existe una diversa variedad de plantas nativas y *Annona purpurea* se encuentra silvestre o semicultivada en huertos familiares, produce frutos comestibles y tiene propiedades medicinales [1]. Es un árbol de 4 a 10 m de altura, presenta hojas de 12 a 30 cm de largo por 6 a 14 cm de ancho. Las flores se encuentran separadas y son grandes, los pétalos exteriores son amarillos y los interiores purpuras o rosas. Los frutos son redondos, de 15 a 20 cm de diámetro, con protuberancias en forma de picos y una pulpa muy fibrosa, aromática y de color naranja. Las semillas son numerosas, de unos tres centímetros de largo por dos centímetros de grosor [2]. El árbol o su fruto son comúnmente conocidos como sincuya, chincuya, sencuya, sincuyo, cabeza de muerto, soncoya, suncuyo y matacuy [3]. En Yucatán se le conoce con los nombres mayas de “Pox”, “Chakoop” y “Polbox” [4]. Esta planta fue clasificada anteriormente con otros nombres científicos como: *Annona involucrata* Baill, *A. manirote* Kunth y *A. prestoei* Hemsli [5].

La chincuya habita en bosques y matorrales húmedos o secos, a menudo en ambientes secundarios [4]. Desde el nivel del mar hasta los 1, 200 metros de altitud, es muy rara en altitudes superiores [3]. Su distribución es tropical, comprendiendo los países de Belice, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Panamá y Venezuela [5]. En México se ha reportado su presencia en los estados de Chiapas, Colima, Jalisco, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Tabasco, Yucatán y Veracruz [5].

La chincuya es una especie de particular interés desde el punto de vista químico, ya que produce diversas moléculas conocidas como metabolitos secundarios, algunos muy característicos de la familia Annonaceae como las acetogeninas y los alcaloides. Algunos de estos compuestos tienen propiedades biológicas entre ellas las antimicrobianas, antifúngicas, antiparasitarias, citotóxicas, antitumorales e insecticidas [6]. Estos metabolitos están presentes en diferentes etapas de la vida de la planta, en las semillas, las plántulas o en las plantas adultas, así como en diferentes órganos o estructuras vegetales: hojas, tallos y raíces. Su distribución en la planta responde a interacciones bióticas (plantas, insectos y microorganismos, entre otros) y/o abióticas (agua, luz, nutrientes, temperatura, CO₂).

En el Laboratorio de Fisiología y Química Vegetal del Instituto de Ciencias Biológicas de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH), se han realizado estudios con esta plan-

ta desde dos aristas: la fitoquímica y la fisiología. En la primera se han encontrado que esta planta produce metabolitos secundarios, de manera particular los alcaloides y las acetogeninas, en varios tejidos quizá como un mecanismo de defensa a sus depredadores; que en árboles adultos hay una variación estacional en la producción (número y cantidad) de alcaloides con propiedades para inhibir el crecimiento de hongos plaga; y que extractos de la planta tienen la capacidad de detener el crecimiento de bacterias patógenas al humano.

En tanto que los estudios fisiológicos por su lado han descubierto que sus semillas “duermen” durante cuatro a seis meses después de que caen de los frutos y que es posible “despertarlas” y que germinen si se les remoja en agua con sustancias llamadas reguladores vegetales [7].

Actualmente se está investigando la riqueza y abundancia de alcaloides y acetogeninas que se producen durante el desarrollo temprano -cuando la semilla da origen a una plántula- y como la planta modifica o no sus defensas químicas frente a tres hongos fitopatógenos llamados *Colletotrichum gloeosporioides*, *Curvularia lunata* y *Rhizopus stolonifer*.

Aunque muchos de los compuestos reportados hasta el momento en la chincuya, también se encuentran en otras anonas [8], aún no se sabe ¿por qué y para qué? la especie los produce, pero sí que algunos tienen propiedades útiles para el humano, por ello y para dar respuesta es importante continuar con los trabajos sobre las propiedades medicinales e insecticidas de metabolitos de la chincuya.



Figura 1. Frutos, pulpa, semillas y plántulas en crecimiento de chincuya (*Annona purpurea*).

Referencias

- [1] Luna-Cazáres, L. M., & González-Esquinca, A. R. (2015). Actividad antibacteriana de extractos de *Annona diversifolia* y *Annona purpurea* Mociño & Sessé ex Dunal. *Polibotánica*, 1(25), 121–125.
- [2] Zamora, N., Ocampo, M., & Murillo, F. (2000). Especies de Costa Rica. <http://darnis.inbio.ac.cr/FMPro?-DB=UBIpub.fp3&-lay=WebAll&-Format=/ubi /detail. html&-Op=bw&-id=1365&-Find>
- [3] Orellana Polanco, A. D. (2014). *Catálogo de frutales nativos de Guatemala* (pp. 11–14). Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos; Gobierno de Guatemala.
- [4] Stanley, P. C., & Steyermark, J. A. (1946). *Flora of Guatemala* (Vol. 24. Parte IV). Fieldiana Botany; Chicago Natural History Museum.
- [5] Tropicos, Missouri Botanical Garden. (2019). *Annona purpurea*. <http://www.tropicos.org>.
- [6] Bermejo, A., Figaderé, B., Zafra-Polo, M. C., Barrachina, I., Estornell, E., & Cortes, D. (2005). Acetogenins from Annonaceae: recent progress in isolation, synthesis and mechanisms of action. *Natural Products Report*, 22, 269–303.
- [7] Ferreira, G., De-La-Cruz-Chacón, I., & González-Esquinca, A. R. (2016). Overcoming seed dormancy in *Annona macrophyllata* and *Annona purpurea* using plant growth regulators. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 38(3), e-234. <https://doi.org/10.1590/0100-29452016234>
- [8] González-Esquinca, A. R., De-la-Cruz-Chacón, I., Castro-Moreno, M., Orozco-Castillo, J. A., & Riley-Saldaña, C. A. (2014). Alkaloids and acetogenins in Annonaceae development: biological considerations. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 36(1), 1–16. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452014000500001>

Glosario

Acetogeninas. Metabolitos secundarios considerados como el grupo más potente de inhibidores del complejo I mitocondrial.

Alcaloides. Metabolitos secundarios de tipo nitrogenado.

Antimicrobianas. Que combate los microbios o evita su aparición.

Antiparasitaria. Que combate los parásitos o evita su aparición.

Antitumorales. Eficaz contra los tumores.

Citotóxicas. Son agentes o sustancias que dañan o matan a las células o los tejidos.

Colletotrichum gloeosporioides. Hongo, agente causa de la enfermedad de la antracnosis

Curvularia lunata. Hongo, afecta a plantas y animales.

Estiaje. Nivel más bajo o caudal mínimo que en ciertas épocas del año tienen las aguas de un río, estero, laguna, etc., por causa de la sequía.

Estrés. Reacción ante una situación adversa que afecta a la planta fisiológica o bioquímicamente.

Fitopatógenos. Organismo, en general microorganismo, que genera enfermedades en las plantas a través de disturbios en el metabolismo celular

Interacciones químicas. Respuesta a una interacción, caracterizada por la defensa química. Ejemplo: Interacción planta-hongo fitopatógeno.

Mesoamérica. Región cultural del continente americano que comprende la mitad meridional de México.

Nativa. Perteneciente o relativo al país o lugar natal.

Reguladores vegetales. Sustancias que actúan sobre el desarrollo de las plantas y que, por lo general, son activas a concentraciones muy pequeñas.

***Rhizopus stolonifer*.** Hongo fitopatógeno cosmopolita, capaz de crecer y desarrollarse en una amplia variedad de especies.

Toxicidad. Grado de efectividad de una sustancia tóxica.

Variación estacional. Variación periódica y predecible de la misma con un periodo inferior o igual a un año.

Información de los autores

Karina Antonia Toledo-González^{1*}, Alma Rosa González-Esquinca¹, Christian Anabí Riley-Saldaña¹, Rodolfo Salas-Lizana²

¹Laboratorio de Fisiología y Química Vegetal. Instituto de Ciencias Biológicas, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Libramiento Norte 1150. Col. Lajas Maciel. C.P. 29035. Tuxtla Gutiérrez, México.

²Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. Avenida Universidad 3000, Ciudad Universitaria 04510, Coyoacán, Ciudad de México, México.

Doctorado en Ciencias en Biodiversidad y Conservación de Ecosistemas Tropicales, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.

*karina.toledo@e.unicach.mx

Las praderas

¿Por qué su deterioro es dañino para la biodiversidad?



TERESITA DE JESUS CASTRO CASTILLO
RENÉ PINTO RUIZ
ALEJANDRA MARTÍNEZ SALINAS
FRANCISCO GUEVARA HERNÁNDEZ
DEB RAJ ARYAL
MANUEL ALEJANDRO LA O ARIAS
MAURICIO ENOCH OCAÑA-NÁÑEZ

Las praderas son ecosistemas conformados principalmente por pastos (familia Poaceae), razón por la cual también se conocen como pastizales, pero también pueden incluir algunas leguminosas (familia Fabaceae o Leguminosae). Pueden tener un origen natural y estar ubicados entre 1100 a 2500 metros sobre el nivel del mar o inducidos y ubicarse en cualquier zona de México; brindan diversos servicios ambientales, es decir, benefician a las personas que pueden realizar en ellas múltiples actividades como el pastoreo, la recolección de leña o plantas medicinales; además de que pueden ser el refugio o sitio de alimentación de animales silvestres, así como almacenes de carbono y agua [1]. Aunque han demostrado que poseen gran cantidad de especies, muchas de ellas endémicas (que solo habitan en ese lugar, estado o país) no se les valora y no se prevé su uso sustentable, es decir un uso consciente y pensado para que beneficien a las futuras generaciones y continuamente son sometidos a procesos agresivos humanos como el pastoreo excesivo y la quema [2].

El sitio elegido para el estudio es un área de protección de recursos naturales (APRN) conocida como La Frailescana localizada en los municipios: Ángel Albino Corzo, La Concordia, Jiquipilas y Villaflores, en el estado de Chiapas, México. La Frailescana funciona como zona de conectividad entre las Reservas de la Biosfera El Triunfo, La Sepultura, El Ocote y Volcán Tacaná [3].

Esta área natural al igual que muchas otras en el país, busca conservar sus recursos naturales, sin embargo, varias poblaciones que la rodean realizan acciones productivas y formas de vida que en ocasiones amenazan la conservación de la biodiversidad, por lo que se deben buscar formas que mantengan el equilibrio entre ambas: es decir la conservación sin frenar el desarrollo.

La cría de vacas y borregos se practica en áreas abiertas, en grandes extensiones, ocasionalmente separadas por cercas rústicas y rara vez se practica la rotación de las áreas de alimentación. Cuando esto ocurre por largo tiempo las áreas dedicadas al pastoreo se deterioran y dejan de tener la suficiente cantidad y calidad de plantas comestibles, algunas áreas incluso dejan de tener pasto. Esta situación puede generar que el suelo se seque, se agriete o endurezca tanto que impida la

filtración del agua, de tal forma que el deslizamiento del agua de la lluvia o el paso del viento causen pérdidas de suelo y provoquen un deterioro más grave, llamado erosión [3]. Este deterioro o degradación tiene repercusiones graves desde el punto de vista económico ya que, en el afán de recuperar la capacidad de esta pradera, los ganaderos gastan en comprar nuevos pastos o abandonan el lugar, con lo que existen posibilidades de que busquen otra área para realizar esa actividad.

Conocer cuánto suelo se degrada a nivel regional es importante porque ayuda a los gobiernos para la toma de decisiones en la creación de leyes y reglamentos, así como para determinar cuáles son las acciones de capacitación y educación que deben brindarse a la población para que puedan realizar sus actividades productivas sin dañar ni acabar con todo lo que la naturaleza le brinda.

Una Tesis Doctoral de la Universidad Autónoma de Chiapas, evalúa en su primera etapa la degradación de praderas en la APRN La Fraileskana, se realiza en los dos polígonos más grandes del área natural protegida y se encontró que casi el 88% de la superficie analizada para esta APRN presenta algún grado de degradación, lo cual es más alto que el 70% que reporta la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) para las praderas de Latinoamérica, considerando que esto ya es bastante grave [4].

El análisis a nivel local aplicado a tres ejidos del municipio de Villa Corzo, de importancia para la conservación del APRN La Fraileskana, mostró degradación por erosión de sus áreas de praderas en grados distintos: 1.7% para el ejido La Nueva Unión, 4.1% para el ejido Ignacio Zaragoza y 25% para el ejido San Marcos.

Aunque los porcentajes son menores que a nivel regional, el hecho de que el grado de degradación en las praderas sea desde leve hasta muy alta hace evidente la amenaza que tiene esta región en la pérdida de la productividad de estas áreas. Sin embargo, los sitios con bajo porcentaje de degradación muestran la posibilidad de que la gestión o el manejo que los productores dan a sus potreros, tales como las bajas cantidades de animales pastoreando por hectárea (2 vacas por hectárea) o según las condiciones a lo largo del tiempo o debido a las condiciones ambientales y económicas puede estar dando como resultado una regeneración del ecosistema que, aunque lenta, está en curso según lo plantean algunos autores [5].

A nivel regional la situación se presenta de gran riesgo, a nivel local muy de cerca con la gente, aún se puede dar un proceso de capacitación y motivación, para que unido a los estudios se contribuya a identificar las oportunidades de encausar la actividad ganadera hacia formas menos dañinas de producción que no pongan en riesgo la conservación de la biodiversidad de esta importante área natural protegida.



Figura 1. Praderas dedicadas al pastoreo en el área natural protegida La Frailesca que muestran daños en el suelo (imagen a la derecha) y praderas en el área natural protegida con tendencia a la degradación (imagen a la izquierda).

Referencias

- [1] Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2020). Ecosistemas. <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/pastizales>.
- [2] Martorell, C., Zepeda, V., Martínez-Blancas, A., García-Meza, D., & Pedraza, F. (2017). A diversity world record in a grassland at Oaxaca, Mexico. *Botanical Sciences*, 95(1), 1–7. <https://doi.org/10.17129/botsci.689>
- [3] Rincón Castillo, A. (2018). *Sistemas integrados agrosilvopastoriles y sus efectos en las propiedades químicas y físicas de los suelos*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.
- [4] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2019). Salvar nuestros suelos: Encontrar formas de detener la erosión. <http://www.fao.org/global-soil-partnership/resources/highlights/detail/es/c/1194383/>
- [5] Teague, R., & Kreuter, U. (2020). Managing Grazing to Restore Soil Health, Ecosystem Function, and Ecosystem Services. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 534187. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.534187>

Glosario

Degradación de suelo. Cambio en la salud del suelo resultando en una disminución de la capacidad del ecosistema para producir bienes o prestar servicios para sus beneficiarios.

Polígonos. Área o zona del territorio que delimita el área de estudio.

Erosión. El proceso de desgaste de la superficie terrestre como consecuencia del impacto de acciones geológicas, climáticas o por la actividad del ser humano (como la agricultura, la deforestación, expansión de las ciudades).

Información de los autores

Teresita de Jesús Castro Castillo^{1*}, René Pinto Ruiz¹, Alejandra Martínez Salinas², Francisco Guevara Hernández¹, Deb Raj Aryal¹, Manuel Alejandro La O Arias¹, Mauricio Enoch Ocaña-Náñez³

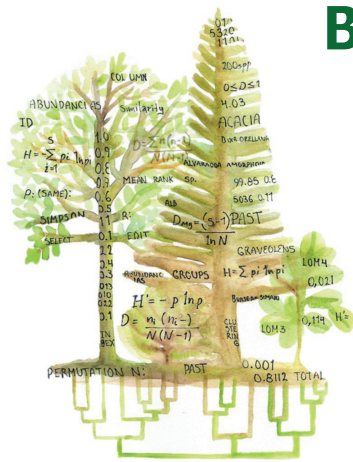
¹Universidad Autónoma de Chiapas.

²Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

³Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.

Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Sustentabilidad, Universidad Autónoma de Chiapas.

*teresita.castro@unach.mx



Biodiversidad en bosques tropicales

Las matemáticas también explican la naturaleza: una guía práctica para el uso de datos botánicos

EFRAÍN AGUIRRE CORTÉS
GRISelda ESCALONA SEGURA

Los bosques tropicales, también conocidos como selvas, son el hogar de una inmensa cantidad de organismos, que cuando los estudiamos, nos permiten observar cómo están organizados y cómo es la dinámica que los mantiene como comunidad. Entre los seres vivos más estudiados están los árboles, los cuales son fáciles de observar y estudiar ya que no pueden desplazarse, por lo tanto, podemos medir su crecimiento a través del tiempo y el espacio y así saber cuánto carbono consumen e incluso con las matemáticas adecuadas, se pueden hacer cálculos y proyecciones de las dimensiones que sus tallos tendrán.

El conjunto de poblaciones, es decir las comunidades arbóreas que coexisten en las selvas de la península de Yucatán, México, pueden tener hasta 200 especies de árboles en una hectárea [1]. Entre los varios tipos de vegetación que existen en México, las selvas medianas son las de mayor presencia en la región sur del país, cuentan con la presencia de árboles entre 15 y 30 m de altura, mientras que las selvas bajas, tienen árboles de menos de 15 m. La mayor parte de las selvas peninsulares se encuentran en distintas fases de regeneración debido a fenómenos naturales y humanos denominadas frecuentemente como disturbios. Los huracanes y los incendios son la principal fuente de disturbio natural, mientras que la deforestación es el principal disturbio humano [2, 3].

Las matemáticas son la herramienta ideal para saber cómo estos fenómenos impactan sobre las comunidades arbóreas, para ello debemos inicialmente comprender que la biodiversidad es la diversidad de especies (de plantas en este caso) que viven en un espacio determinado, incluyendo su variabilidad genética, los ecosistemas de los cuales forman parte y las regiones en donde se ubican estos ecosistemas [4]. Todos esos factores influyen en cómo está constituido cada espacio con sus especies en la naturaleza.

En particular, los estudios de las comunidades arbóreas utilizan habitualmente dos componentes para conocer su biodiversidad: a) la riqueza, es decir el número de especies de árboles en un sitio y b) la abundancia relativa, es decir la proporción de cada especie de árbol en el sitio [5].

Uno de los aspectos que menos se divulga en la ciencia, es el cómo los científicos deducen conclusiones o hacen predicciones de todos los datos que recolectan en un laboratorio o en el

campo. Todo ello proviene del tan conocido método científico esa herramienta o senda lógica que ha conducido a un conocimiento sólido y robusto de la realidad.

El presente documento pretende mostrar una guía sencilla del paso a paso sobre el uso de programas computacionales para estudiar la biodiversidad en bosques tropicales, también busca ser una ayuda inicial para la cuantificación de la biodiversidad de árboles en una comunidad o sitio de estudios, las pruebas matemáticas que las validan y las que permiten explicar cómo funcionan un ecosistema o pronosticar qué sucederá con ellas.

Para todo ello inicialmente deben realizarse censos de vegetación. Los censos reúnen los datos de cada árbol en la comunidad que se organizan en filas y columnas en una hoja de cálculo electrónica, y los matemáticos de la biología o los biólogos matemáticos, según se quiera ver, le llaman a esto, matrices o bases de datos. Este conjunto de datos biológicos incluye obligatoriamente dos datos básicos: la identidad del árbol (identidad taxonómica) y la unidad de muestreo (área de estudio). Con las matrices de datos se generan análisis y se calculan indicadores biomatemáticos de cada especie, por ejemplo, cuál es la especie más importante para la comunidad, la más común, la de mayor altura o diámetro. Esto es esencial para comparar estudios sobre comunidades arbóreas en diferentes partes del mundo o en distintos años.

Esta guía práctica fue generada para utilizar programas computacionales de uso libre y sistemas operativos habituales con la finalidad de interpretar y presentar los resultados de un estudio con una comunidad de árboles:

La guía se presenta en cuatro pasos fundamentales:

1. Orden y homogeneización (unidades, lenguaje) de los datos taxonómicos
2. Selección de las variables de análisis
3. Análisis de patrones generales
4. Interpretación y presentación de resultados

Es importante considerar dos aspectos previos *a)* cada proyecto debe tener una pregunta, hipótesis y diseño de trabajo particular. *b)* La *n* (es decir el número de sitios o cuadrantes que se estudian) y el tipo de muestra (en un tiempo o en un espacio determinado) debe estar bien definida. Por tanto, debemos considerar los alcances y limitaciones que nos ofrecen nuestros datos.

El paso número 1. Requiere una decisión basada en el tipo, número de datos y sitios que hemos trabajado. Una vez que tenemos definidos nuestros datos y hemos hecho nuestra primera matriz de datos original, verificamos y etiquetamos las especies (identificación con un nombre). Para ello se sugieren algunos sitios de internet con informaciones útiles y adicionales a las consultadas en campo, con expertos, guías locales y en publicaciones especializadas.

1. The Plant List: Esta base de datos en la web cuenta con las identidades taxonómicas y familias más actualizadas, indicando nombres aceptados o sinónimos. Debe utilizarse un solo nombre, una vez decidida la identidad obtenida. www.worldfloraonline.org
2. GBIF (Global Biodiversity Information Facility): Esta base de datos (para cualquier grupo taxonómico), presenta imágenes, proyectos asociados a las especies, distribución geográfica, entre otros datos. Es útil para discernir entre especies cuando no se está seguro de su presencia en alguna región. www.gbif.org

3. El Herbario del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., (CICY): Este sitio para toda la Península de Yucatán, México, ofrece nombres comunes en castellano, maya así como sinonimias, cuando no se cuenta con el nombre científico. Es útil cuando existe discrepancia local en la determinación taxonómica. <https://www.cicy.mx/unidad-de-recursos-naturales/herbario/colecciones>

En el paso 2. Aquí tendremos una matriz de datos (“base”) con sitios en las columnas y especies en las filas o viceversa. Ambos se pueden intercalar con la función “transponer” en las hojas de cálculo. La matriz base no se modifica. Se sugiere sea guardada con distintos nombres y a su vez, en cada archivo con nombre distinto y se realicen los análisis en hojas del mismo archivo. El análisis básico que se presentará aquí es la tabla dinámica. La estructura se presenta en la figura 2.

En el paso 3. En este se utilizan los resultados del paso 2 y se agregan en uno de los programas más utilizados en trabajos de biología y ecología: PAST 4.03 [6], aunque existen versiones previas más simples, ésta última permite análisis sencillos y sólidos para la interpretación y presentación de los datos. En esta guía se presenta un conjunto de datos etiquetados por grupo para distintos sitios en los cuales se enlista la abundancia de las especies registradas. Es muy importante mencionar que la base ilustrativa de esta guía es la abundancia, porque a partir de esta 1) se convierten los valores en datos de presencia o ausencia y 2) se usa la misma estructura para colocar altura, diámetro, área basal, etc.

En el paso 4. Tenemos los análisis con parámetros estadísticos habituales como R^2 , valores de significancia, gráficas, coeficientes de correlación; que nos indican qué tanto se relacionan nuestros datos, índices de similitud, entre otros. En la figura 2 se muestra el resultado obtenido para el análisis de similitud (ANOSIM), basado en abundancias, la cual es una prueba de múltiples variables, de una vía, con base en las distancias del índice de Bray Curtis, así como su representación gráfica, mediante el árbol de similitud del análisis de ordenación “cluster clásica” multivariada. Los resultados pueden ser manejados en hojas de cálculo de Excel para las gráficas y presentaciones finales.

En el ejemplo que ofrecemos, el patrón general más evidente, con base en los árboles de similitud, nos muestra una distribución diferencial de los sitios de muestreo. La interpretación de los resultados permite relacionar la ubicación de los sitios de muestreo con las condiciones contrastantes de suelo, topografía y disponibilidad de agua sobre un gradiente ambiental del sur de la península de Yucatán, México. Estas condiciones permiten el establecimiento, supervivencia y crecimiento diferencial de especies arbóreas que caracterizan a las selvas medianas y bajas inundables de esta región en el sureste de México.



Figura 1. Diversidad de bosques tropicales, especies a muestrear para la base de datos y equipo para hacerlo.

Referencias

- [1] Negreros-Castillo, P., Cámara-Cabrales, L., Devall, M. S., Fajvan, M. A., Mendoza, M. A., Mize, C. W., & Navarro-Martínez, A. (2014). *Silvicultura de las selvas de caoba en Quintana Roo, México: Criterios y recomendaciones*. Comisión Nacional Forestal.
- [2] Islebe, G., Sánchez-Sánchez, O., Váldez Hernández, M., & Weissenberger, H. (2015). Distribution of Vegetation Types. En G. A. Islebe, S. Calmé, J. L. León-Cortés, & B. Schmoock (Eds.), *Biodiversity and Conservation of the Yucatán Peninsula* (pp. 39-53). Springer International Publishing.
- [3] De Jong, B. (2013). Spatial distribution of biomass and links to reported disturbances in tropical lowland forests of southern Mexico. *Carbon Management*, 4(6), 601-615.
- [4] Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2020). ¿Qué es la biodiversidad? https://www.biodiversidad.gob.mx/biodiversidad/que_es.html
- [5] Magurran, A. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing.
- [6] Hammer, O., Harper, T., & Ryan, P. D. (2007). *PAST-Paleontological Statistics software package*. (versión 3.16) [software]. <https://folk.uio.no/ohammer/past>.

Información de los autores

Efraín Aguirre Cortés*, Griselda Escalona Segura

Departamento de Conservación de la Biodiversidad. El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Campeche, México.

Doctorado en Ciencias en Ecología y Desarrollo Sustentable.

*efaguirre@ecosur.edu.mx

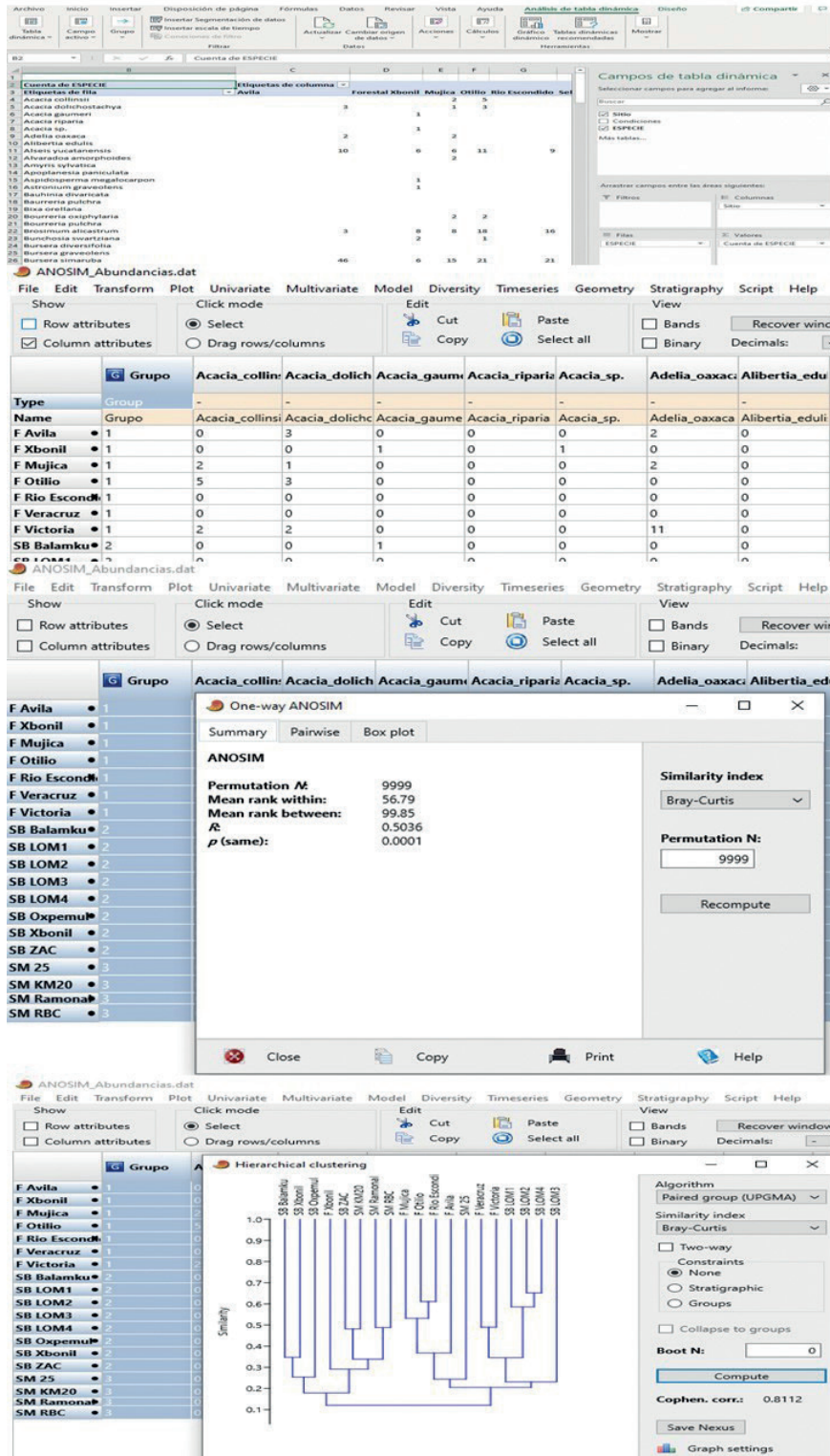


Figura 2. Resumen de trabajo computacional con datos biológicos. a) matrices de datos con especies y sitios; b) traslado al programa PAST; c) análisis de similitud; d) árbol de similitud.



Monos araña

Ateles geoffroyi: el reto de su estudio en las selvas tropicales

ANJA HUTSCHENREITER

FILIPPO AURELI

DENISE SPAAN

México es el país más al norte del continente americano en donde se pueden encontrar monos. En este lugar habitan tres especies: dos corresponden a monos aulladores (*Alouatta pigra*, *Alouatta palliata*) y uno es el mono araña de Geoffroy (*Ateles geoffroyi*) (figura 1). Durante un paseo por las selvas de la península de Yucatán es más común encontrar al mono araña.

Los monos araña tienen un papel muy importante en las selvas tropicales: la dispersión de semillas [1]. Ellos viajan largas distancias en búsqueda de comida que consiste principalmente en frutos maduros de árboles como del ramón (*Brosimum alicastrum*), zapote (*Manilkara zapota*), álamo (*Ficus ovalis*) y otros. Comen los frutos en un sitio y se desplazan a otros para comer o descansar, donde defecan y dispersan las semillas de los frutos comidos en sitios previos. Mientras hay varios animales que hacen lo mismo para especies de árboles con semillas pequeñas, los monos araña son de los pocos animales que dispersan semillas grandes. Entonces son jardineros importantes de la selva debido a que contribuyen a su mantenimiento y regeneración.

A pesar de su importancia para el ecosistema, el mono araña de Geoffroy está en peligro de extinción. Tan en peligro, que recientemente se declaró una de las 25 especies de primates en mayor peligro a nivel mundial [2]. ¿Por qué? Para contestar esta pregunta, basta observar los hábitats restantes de los monos araña de Geoffroy en la península de Yucatán. La Riviera Maya es la parte costera entre Cancún y Tulum, y recibe más de tres millones de turistas internacionales anualmente que buscan disfrutar de las playas edénicas del caribe. Esta región se caracteriza por la expansión del turismo masivo y el crecimiento de las áreas urbanas. En los últimos años, estos fenómenos se han expandido de la costa hacia el interior, afectando a las selvas tropicales [3]. Las atracciones turísticas desarrolladas en la selva ofrecen aventuras en cuatrimotos o la visita a los cenotes típicos de la región. Operadores turísticos llevan a los turistas en autobuses a las zonas arqueológicas como Chichén Itzá y Cobá. Se construyen nuevos hoteles y carreteras donde antes había selva (figura 1). Todo lo anterior resulta en la pérdida y fragmentación del hábitat de muchos animales que habitan la selva, entre ellos los monos araña. Las selvas se están convirtiendo en espacios compartidos entre humanos y monos, y aún no sabemos cómo la presencia de los humanos afecta el bienestar de los monos.

Nuestro equipo está investigando los efectos de todas estas amenazas potenciales en los mo-

nos araña. Esto requiere conocimiento de donde hay monos y cuántos de ellos hay. Es decir, que debemos conocer la distribución y abundancia de monos en cada área de estudio. Sin embargo, no es fácil encontrar monos en la selva (figura 1). Los monos araña viajan rápido y siempre por las copas de los árboles. Para encontrarlos desde el piso, hay que tener buenos ojos, oídos y unos músculos fuertes en el cuello para aguantar mirar hacia arriba por mucho tiempo. Aun así, uno no los encuentra frecuentemente. Por lo tanto, nuestro equipo se dedica también al desarrollo de nuevos métodos para facilitar la detección de monos araña en la selva. Por ejemplo, estamos experimentando con drones (figura 1) para buscar a los monos encima de las copas de los árboles.

Encontramos que es posible detectar a los monos con drones usando una cámara de espectro visible que se monta al dron, pero que es más fácil usando una cámara térmica, que detecta a los monos por su temperatura corporal [4]. También hemos usado grabadoras acústicas que captan todos los sonidos de la selva (figura 1), entre ellos las vocalizaciones de los monos araña. Este método se llama monitoreo pasivo acústico y se desarrolló con éxito en las últimas décadas para el monitoreo de diversos animales [5]. La idea es sencilla: si en una grabación de la selva se escucha un grito de mono, eso quiere decir que al menos un mono estaba presente en este lugar durante la grabación. Si no se escucha ni un mono en varias grabaciones del mismo lugar, se asume que los monos no estaban presentes. La grabadora puede grabar por horas, días, semanas, incluso meses. Para analizar estos datos colectados, ya existen programas digitales que ayudan a identificar y reconocer las vocalizaciones de ciertas especies en las grabaciones de manera semiautomática, así que el investigador no tendrá que gastar demasiadas horas escuchando las grabaciones tomadas en la selva.

Gracias a esta nueva tecnología logramos detectar a los monos en una manera más eficiente que hace unos años. Cuando conocemos la distribución de los monos en un área de estudio, podemos relacionar diferentes factores con su presencia: factores ambientales, como la abundancia de árboles de alimentación en un lugar, y factores relacionados con las actividades humanas, como el número de turistas. Con este conocimiento podemos evaluar si la convivencia entre monos y humanos en las selvas tropicales puede ser viable al largo plazo, y recomendar estrategias apropiadas para la conservación de los monos.

Recientemente encontramos que es más probable encontrar monos en lugares con mayores niveles de actividad humana. Los resultados nos sorprendieron mucho, aunque sabemos que los monos araña tienen un alto potencial de adaptarse a cambios en su ambiente. Es importante mencionar que las actividades humanas en el área de este estudio son de bajo impacto y también la densidad de humanos es baja, lo cual facilita la convivencia. Es posible que los monos no perciben a los humanos como una amenaza, y que hasta encontraron ventajas al estar cerca de nosotros. Una posible ventaja es que a sus depredadores, como el jaguar (*Panthera onca*), no les gusta acercarse a los humanos. Aún son solo sospechas, pero sabemos con seguridad que las selvas tropicales, y por consecuencia el hábitat del mono araña, están cambiando. La perturbación humana es inevitable, pero haremos los mejores esfuerzos para estudiar sus efectos en la fauna nativa y averiguar cómo conservarla.

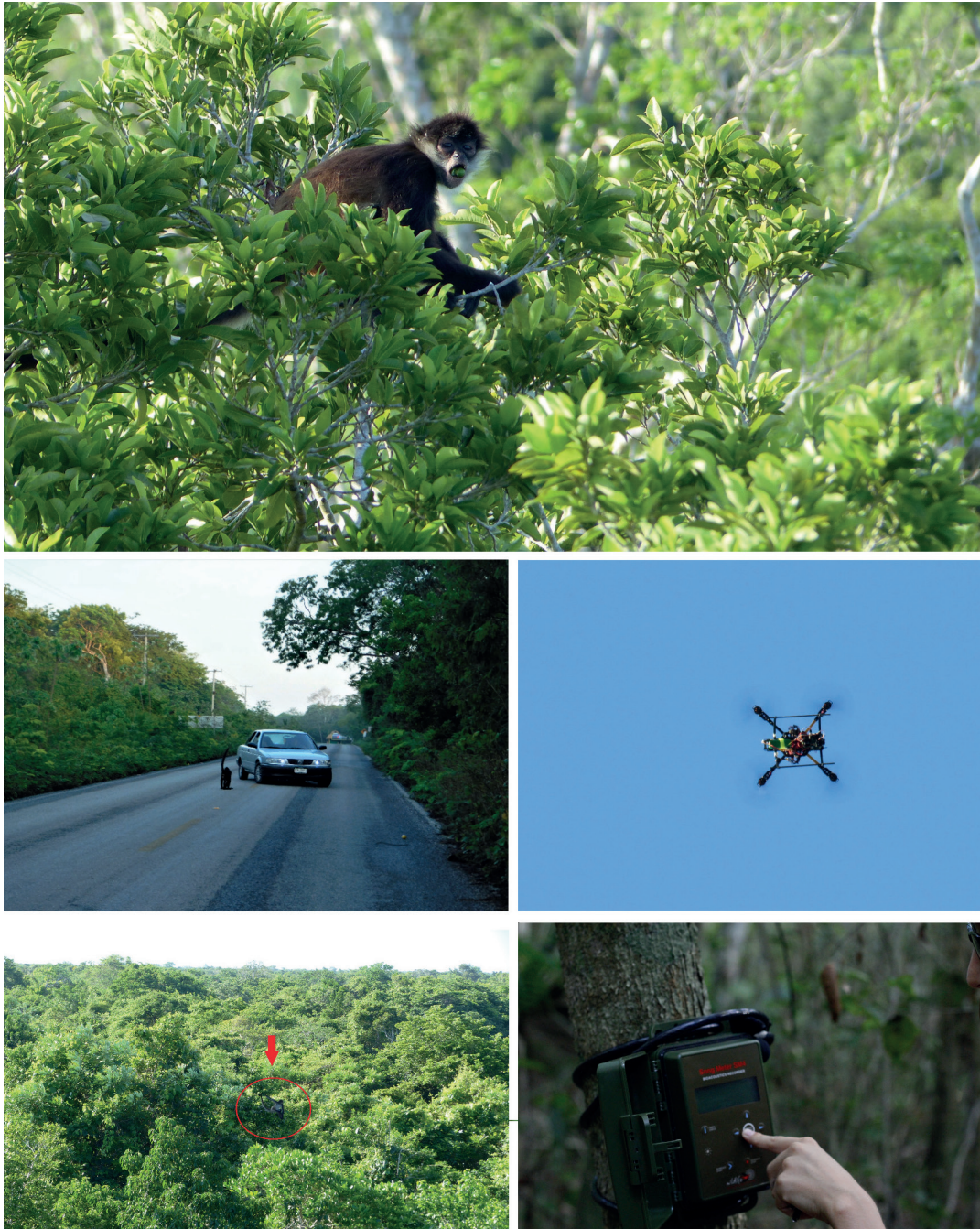


Figura 1. Observación y detección de monos araña en las selvas tropicales de la península de Yucatán. Imagen superior: un mono araña de Geoffroy. Foto: Anja Hutschenreiter. Imagen central izquierda: la construcción de carreteras es una de varias amenazas para los monos araña en la península de Yucatán. Foto: A. Hutschenreiter. Imagen central derecha: drones que facilitan la búsqueda de los monos araña en las copas de los árboles. Foto: Denise Spaan. Imagen inferior izquierda: no es fácil encontrar a los monos en la vegetación densa de las selvas tropicales. Foto: A. Hutschenreiter. Imagen inferior derecha: grabadoras acústicas que colgamos en los árboles de la selva para detectar a los monos araña a través de sus vocalizaciones. Foto: Edgar Vázquez.

Glosario

Espectro visible. Se refiere al espectro electromagnético que el ojo humano es capaz de percibir. Las cámaras de espectro visible captan e interpretan los colores tal y como nosotros los vemos. Por otro lado, las cámaras multispectrales, como las cámaras térmicas, son capaces de captar frecuencias afuera del espectro visible, como el infrarrojo.

Vocalizaciones. La comunicación acústica entre animales funciona a través de sus vocalizaciones. Cada especie tiene su propio repertorio de tipos de sonidos, y cada sonido tiene una función particular. Estos tipos de sonidos se llaman vocalizaciones. Un canto de apareamiento, una llamada de alarma o un aullido para marcar el territorio son ejemplos de diferentes vocalizaciones.

Referencias

- [1] Dew, J. L. (2008). Spider monkeys as seed dispersers. En C. J. Campbell (Ed.), *Spider monkeys: Behavior, ecology and evolution of the genus Ateles* (pp. 155-182). Cambridge University Press.
- [2] Méndez-Carvajal, P. G., Rodríguez, M. E., Pozo Montuy, G., Chaves, O. M., Ponce, G., Rodríguez-Beitia, B. A., & Portillo-Reyes, H. (2019). Central American spider monkey *Ateles geoffroyi* (Kuehl 1820). En C. Schwitzer, R. A. Mittermeier, A. B. Rylands, F. Chiozza, E. A. Williamson, D. Byler, S. Wich, T. Humle, C. Johnson, H. Mynott, & G. McCabe (Eds.), *Primates in Peril: The world's 25 most endangered primates 2018–2020* (pp. 98-101). IUCN SSC Primate Specialist Group; International Primatological Society; Global Wildlife Conservation; Bristol Zoological Society.
- [3] Ellis, E. A., Romero Montero, J. A., & Hernández Gómez, I. U. (2017). Deforestation Processes in the State of Quintana Roo, Mexico. *Tropical Conservation Science*, 10(2), 194–203. <https://doi.org/10.1177/1940082917697259>
- [4] Spaan, D., Burke, C., McAree, O., Aureli, F., Rangel-Rivera, C. E., Hutschenreiter, A., Longmore, S. N., McWhirter, P. A., & Wich, S. A. (2019). Thermal infrared imaging from drones offers a major advance for spider monkey surveys. *Drones*, 3(2), 34–52. <https://doi.org/10.3390/drones3020034>
- [5] Gibb, R., Browning, E., Glover Kapfer, P., & Jones, K. E. (2019). Emerging opportunities and challenges for passive acoustics in ecological assessment and monitoring. *Methods in Ecology and Evolution*, 10(2), 169–185. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13101>

Información de los autores

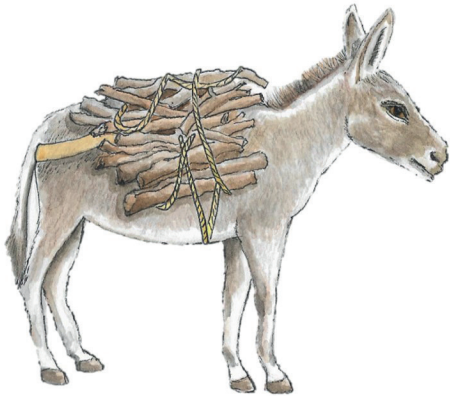
Anja Hutschenreiter*, Filippo Aureli, Denise Spaan

Instituto de Neuroetología, Universidad Veracruzana, Av. Dr. Luis Castelazo Industrial de las Ánimas, Rubí Ánimas, 91190 Xalapa-Enríquez, Veracruz, México.

ConMonoMaya A.C., Km 5.4 Carretera Chemax-Cobá, 97770 Chemax, Yucatán, México.

Doctorado en Neuroetología, Universidad Veracruzana.

*a.hutschenreiter@gmx.net



El burro doméstico

Equus asinus:

Una especie fundamental para la producción agropecuaria sustentable en México

EDUARDO EZEQUIEL ROBLEDO-REYES

JAIME OLIVARES-PÉREZ

MARIANO HERNÁNDEZ-GIL

SAUL ROJAS-HERNÁNDEZ

LUIS MIGUEL CAMACHO DÍAZ

MOISÉS CIPRIANO-SALAZAR

ALEJANDRO CÓRDOVA-IZQUIERDO

Introducción

Según los datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO por sus siglas en inglés), México ocupa el quinto lugar en población de burros a nivel mundial con un total de tres millones de ejemplares [1]. En el país, encontramos a estos animales desde el segundo viaje de Cristóbal Colón, en donde comenzó su crianza como animales de trabajo para satisfacer las exigencias de los conquistadores en la producción agrícola que se necesitaba en el Nuevo Mundo. Actualmente, el empleo de estos animales es una práctica habitual como medio de transporte, carga, trabajo agropecuario y demás tareas cotidianas en el medio rural, y en menor frecuencia en el urbano. Sin embargo, la introducción de nuevas tecnologías, ha disminuido considerablemente la producción de estos animales; no obstante, estos cambios modernos en la producción agropecuaria afectan considerablemente el medioambiente y pone en riesgo la sustentabilidad agropecuaria. Conocer la importancia del burro doméstico, es fundamental para comprender la necesidad de brindar a estos animales un manejo adecuado encaminado a mejorar sus condiciones de bienestar, y así mismo, cuidar el medioambiente con una producción agropecuaria sustentable [2].

Origen del burro

El burro doméstico, cuyo nombre científico es *Equus asinus*, pertenece a la familia Equidae, la cual incluye a los caballos (*Equus caballus*), mulas (*E. mulus*), burdéganos (*E. hinnus*) y cebras (*E. quagga*, *E. zebra* y *E. grevyi*). La familia Equidae apareció en América hace 60 millones de años aproximadamente. El primer ancestro conocido es llamado "Hyracotherium", emigró hacia Europa y Asia por el estrecho de Bering dispersándose y dando origen a las especies y razas que hasta hoy

se conocen. El descendiente directo del burro emigró hasta África y ahí adquirió las características anatómicas y conductuales que lo identifican como especie [3].

El burro como animal de trabajo

Los burros son animales muy resistentes para realizar actividades como carga, transporte y otros trabajos relacionados con la producción agropecuaria. Tienen una larga vida y gran resistencia, además su mantenimiento es menos costoso que otros animales debido a su fácil manejo, por eso son preferidos por los productores de escasos recursos. Son animales inteligentes, cautelosos, amistosos e interesados en aprender, por lo que son de crucial importancia económica en los países en desarrollo. Pueden trabajar durante largas horas y tienen muy pocos problemas de salud [4].

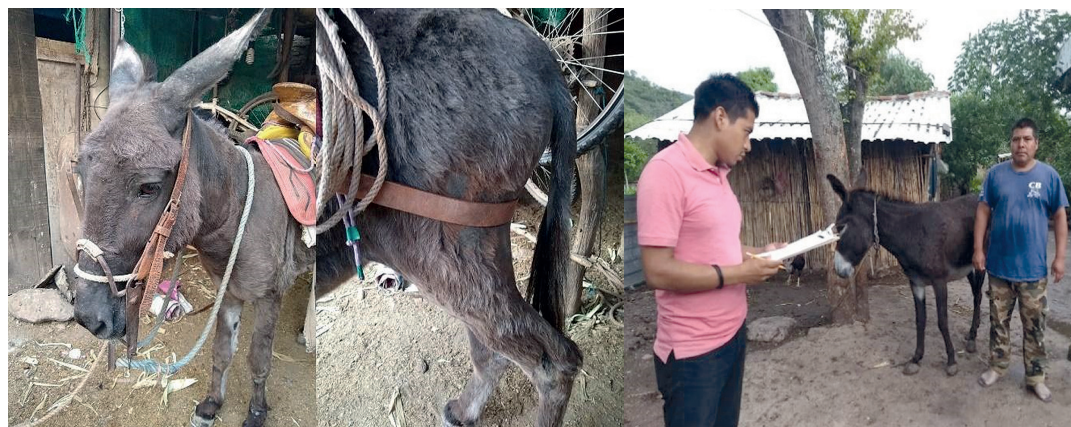


Figura 1. Lesiones ocasionadas en la piel de un burro por correas y arneses mal diseñados. Alojamiento del burro en un puesto de amarre.

Los burros son animales utilizados para el trabajo agropecuario debido a su resistencia y habilidad para laborar en terrenos escabrosos por periodos prolongados; sin embargo, durante su jornada de trabajo sufren de incomodidad por un diseño y ajuste inadecuado de los arneses utilizados (figura 1); ya sea por el desgaste del mismo, o por la imposibilidad económica de los propietarios que no pueden sustituir el arnés por uno ideal. La mayoría de estos animales son alojados en puestos de amarre (figura 1) que les permiten moverse con libertad e interactuar con otros de su misma especie, no obstante, están expuestos a los factores ambientales como el sol o la lluvia, incluso corren el riesgo de enredarse o lesionarse con las cuerdas que los amarran. Su alimentación es a base de forraje mezclada con desperdicios caseros y esporádicamente complementada con alimento comercial, con una frecuencia desde 2 hasta 3 veces al día; lo que podría no afectar su rendimiento considerando que los burros tienen la capacidad de digerir con mayor facilidad forrajes de mala calidad y mantener la ingesta cuando están privados de agua por periodos prolongados; sin embargo, es necesario brindarles una dieta adecuada a su especie, edad, estado productivo y al trabajo que realizan.

Algunos propietarios descuidan la salud de los burros, gran parte de ellos no los desparasitan ni les brindan atención veterinaria, es necesario que los burros tengan revisiones veterinarias frecuentes y cuenten con un programa adecuado de medicina preventiva para prevenir y tratar las afecciones que presenten. Las afecciones de mayor frecuencia son lesiones en piel, locomotoras, respiratorias, digestivas y lesiones oculares, lo que puede disminuir o imposibilitar al animal de realizar su trabajo adecuadamente.

El burro en la producción agropecuaria sustentable

Recientemente la producción agropecuaria se ha caracterizado por implementar tecnologías con la capacidad de facilitar el trabajo de una manera más rápida y eficaz; sin embargo, todos estos sistemas motorizados tienen efectos negativos en contra de la naturaleza al degradar la tierra, reducir la biodiversidad, contribuir al cambio climático y deforestación. El objetivo principal de la producción agropecuaria sustentable es generar productos pecuarios y agrícolas para satisfacer las necesidades económicas, sociales, culturales y ambientales de la generación actual, sin poner en riesgo la satisfacción de las mismas necesidades de las generaciones futuras. Por lo cual, es fundamental implementar iniciativas que favorezcan los sistemas dependientes de este tipo de animales para reducir las consecuencias negativas de los sistemas modernos. Sin embargo, es necesario implementar prácticas de manejo encaminadas a mejorar las condiciones de bienestar animal y al mismo tiempo crear conciencia de la interconexión entre el bienestar del animal, el bienestar humano y el medio ambiente.

Referencias

- [1] Organización De Las Naciones Unidas Para La Agricultura Y La Alimentación. (2010) La situación de los recursos zoológicos mundiales para la alimentación y agricultura. <http://www.fao.org/3/a12505/a1250500.htm>
- [2] Robledo, E., Olivares, J., Hernández, M., Rojas, H., Camacho, L., Cipriano, M., & Villa, A. (2020). Management and welfare of working equids in the Guerrero state. *Revista Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 7(2), e2333.
- [3] Carbot, C. (2014). Registros Paleontológicos del caballo en América: Origen y evolución del género *Equus*. En M. Márquez (ed.), *La gesta del caballo en la historia de México* (pp. 23-33). UNAM.
- [4] Hameed, A., Tariq, M., & Asim, Y. (2016). Assessment of welfare of working donkeys and mules using health and behavior parameters. *Journal of Agricultural Science and Food Technology*, 2(5), 69-74.

Información de los autores

Eduardo Ezequiel Robledo-Reyes^{1*}, Jaime Olivares-Pérez¹, Mariano Hernández-Gil², Saúl Rojas-Hernández¹, Luis Miguel Camacho-Díaz¹, Moisés Cipriano-Salazar¹ y Alejandro Córdova-Izquierdo³

¿QUÉ Y CÓMO ESTUDIAMOS LAS ESPECIES QUE HABITAN EL TRÓPICO?

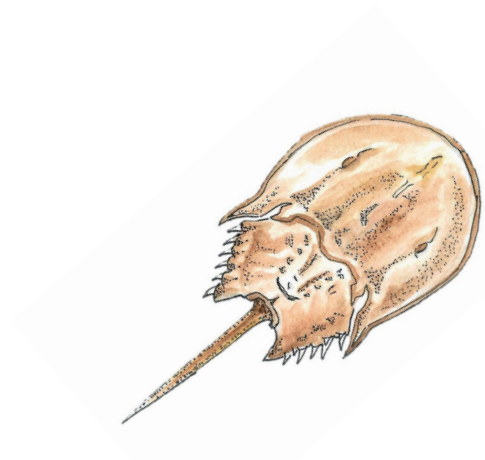
¹Maestría en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local. Universidad Autónoma de Guerrero, km 2.5, carr. Iguala-Tuxpan. Iguala, Guerrero.

²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. Av. Universidad. Col. UNAM. Ciudad Universitaria. CDMX.

³Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia–Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. Calz. del Hueso 1100, col. Villa Quietud. C.P. 05960, Coyoacán, CDMX. México.

Maestría en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local, Universidad Autónoma de Guerrero.

*eroblede@uagro.mx



Cacerolita de mar

Limulus polyphemus: una especie en peligro de extinción en México

MARÍA MARCELA CIMÉ RUIZ

¿Qué es?

La cacerolita de mar, cuyo nombre científico es *Limulus polyphemus*, también conocida como cangrejo herradura o mex (pez araña) en lengua maya, es un animal invertebrado de hábitos bentónicos, es decir que habita en el fondo del mar [1]. Sus nombres comunes están asociados a su aspecto en forma de cacerola, a una herradura de caballo o una araña. Su cuerpo está compuesto por un caparazón duro llamado exoesqueleto, posee una larga cola denominada telson que, aunque luce amenazante, no es utilizada para defensa sino para mejorar su desplazamiento en el fondo marino [2] (figura 1). Las hembras miden alrededor de 42 cm de longitud y pueden llegar a pesar entre uno y dos kilogramos, mientras que los machos son más pequeños y miden entre 32 cm y pueden pesar medio kilogramo.

¿Dónde habita?

La cacerolita de mar se distribuye exclusivamente en Norteamérica, se le puede encontrar en la costa Atlántica de los Estados Unidos y en las costas de la Península de Yucatán, específicamente desde la bahía de Ascensión en Quintana Roo hasta Isla Aguada en Campeche [3, 4]. Habita en aguas poco profundas con fondos fangosos y arenosos, como lagunas costeras, manglares, bahías y estuarios, ya que ahí encuentran refugio y alimento como almejas, caracoles, cangrejos y gusanos [2]. Migran únicamente hacia las playas arenosas para su reproducción (figura 2), siendo las playas de anidación el hábitat más importante para su conservación, ya que en ellas depositan sus huevos.

¿Qué amenazas enfrenta?

La principal amenaza que enfrentan las poblaciones de la cacerolita de mar en la Península de Yucatán es el deterioro de sus hábitats, principalmente las playas de anidación, como resultado de la construcción de sitios de recreación en la zona costera (restaurantes y hoteles), situación que ha reducido sus poblaciones en los últimos años [4], seguida de la extracción clandestina para carnada de pulpo [5], captura accidental en las redes de pesca, daños por acción humana (figura 3), erosión de las playas e indiferencia de la comunidad. Razón por la cual, en México, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) la ha incluido en la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010)

bajo la categoría de especie *En Peligro de Extinción (P)*, además de estar en la categoría de Vulnerable (VU) de la Lista Roja de La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

¿Qué se está haciendo para conservar a la especie?

Dado que las costas de la Península de Yucatán representan el único hábitat para la cacerolita de mar en todo el territorio mexicano, distintas instituciones se han dado a la tarea de estudiar aspectos como la dinámica poblacional de la especie, el impacto de las actividades antropogénicas sobre la población, su capacidad como bioindicador ambiental, además de divulgar la importancia de la especie (figura 4).

El Instituto Tecnológico de Chetumal forma parte del proyecto *Estudio multidisciplinario para el uso sustentable de Limulus polyphemus en la Península de Yucatán* financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). El proyecto se ha enfocado en el monitoreo y estudio de la dinámica poblacional de la cacerolita de mar, el cual comprende el estudio de las variaciones que experimenta una población a través del tiempo y el espacio, con la finalidad de contribuir con la conservación de la especie. Siendo uno de sus principales retos la protección de sus hábitats, principalmente las playas de anidación.

Como parte de dicho proyecto tuve la oportunidad de realizar la tesis de maestría sobre la dinámica poblacional de la cacerolita de mar en las costas de Champotón, Campeche, en cuatro playas (Icahao, km 155, km 148 y Flamenco). En este estudio, realizado durante casi un año de muestreo (desde marzo de 2019 hasta febrero de 2020), se logró identificar a las playas Icahao y la playa del km 155 como playas de anidación, sitios que las cacerolitas de mar ocupan para depositar sus huevos, acontecimiento que ocurre principalmente durante las noches, en las fases de luna nueva y luna llena. Estos resultados representan el primer paso para la conservación de la cacerolita de mar en las costas de nuestro país.



Figura 1. Cacerolita de mar.



Figura 2. Hábitat de la cacerolita de mar: playa arenosa (imagen izquierda) y reproducción (imagen derecha).



Figura 3. Amenazas por acción humana: daños en el cuerpo (imagen izquierda) y patas enredadas en cordel de pesca (imagen derecha).



Figura 4. Trabajo de campo durante el monitoreo de la cacerolita de mar en las costas de Champotón, Campeche.

Referencias

- [1] Walls, E., Berkson, J., & Smith, S. (2002). The horseshoe crab, *Limulus polyphemus*: 200 million years of existence, 100 years of study. *Fisheries Science*, 10(1), 39–73. <https://doi.org/10.1080/20026491051677>
- [2] García-Franco J, Martínez M. La cacerolita de mar. <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/2013-06-05-10-34-10/17-ciencia-hoy/1078-la-cacerolita-de-mar>
- [3] Smith, D., Brockmann, H., Beekey, M., King, T., Millard, M., & Zaldivar-Rae, J. (2017). Conservation status of the American horseshoe crab, (*Limulus polyphemus*): A regional assessment. *Fish Biology and Fisheries*, 27(1), 135–175. <https://doi.org/10.1007/s11160-016-9461-y>
- [4] Zaldivar-Rae, J., Sapién-Silva, R., Rosales-Raya, M., & Brockmann, H. (2009). American horseshoe crabs, *Limulus polyphemus*, in Mexico: Open possibilities. En J. Tanacredi, M. Botton, & D. Smith (Eds.), *Biology and conservation of horseshoe crabs* (pp. 97–113). Springer.
- [5] Sandoval-Gío, J., Ortiz-León, H., Rosas-Correa, C., & Correa-Valdez, T. (2016, 15-18 de noviembre). *Disminución de las poblaciones de cacerolita de mar Limulus polyphemus en la Reserva Río Lagartos, Yucatán: Una perspectiva socioeconómica* [presentación]. 21° Encuentro Nacional sobre Desarrollo Regional en México, Yucatán, México. Disponible en: <http://ru.iiec.unam.mx/3350/1/271-Presentacion.pdf>

Glosario

Invertebrado. Animal que carece de columna vertebral y de un esqueleto interno.

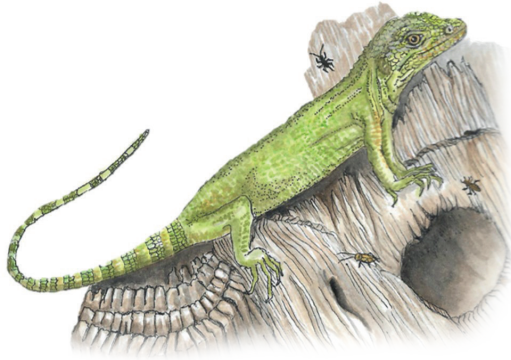
Información de los autores

María Marcela Cimé Ruiz

División de Estudios de Posgrado e Investigación. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Chetumal. Av. Insurgentes núm. 330. Co. David Gustavo Gutiérrez. C.P. 77013. Chetumal, Quintana Roo, México.

Maestría en Manejo de Zona Costera, Instituto Tecnológico de Chetumal.

*maria_cime_ruiz@hotmail.es



La iguana negra

Ctenosaura pectinata: la alimentación de sus crías con especies comerciales de insectos

JUAN FRANCISCO ALARCÓN-HENAO

La iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) pertenece al género más diverso de la familia Iguanidae, es un grupo de lagartos escamosos, el cual cuenta con 11 representantes en el territorio mexicano. Esta iguana es una especie endémica de México, y desde 1994 se considera como especie amenazada debido a su prolongada explotación (fuente de carne, usos medicinales, bisutería, adornos y mascota) y la destrucción de su hábitat.

Habita en buena parte del territorio mexicano, desde el norte del estado de Sinaloa hasta el Istmo de Tehuantepec, principalmente en los estados de Durango, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Morelos, Guerrero, Puebla, Oaxaca, Zacatecas y Chiapas; en esos estados ocupa las regiones de selva mediana subperennifolia y selva baja caducifolia [1].

Para la protección y conservación de especies amenazadas o con algún grado de protección se han establecido Unidades de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre (UMAS), donde su objetivo es la promoción de esquemas alternativos de producción compatibles con el cuidado del ambiente. Asimismo, se ha buscado crear oportunidades de aprovechamiento que sean complementarias con otras actividades productivas convencionales como la agricultura, la ganadería y la silvicultura [2]. Bajo este marco de aprovechamiento la crianza de iguana en cautiverio es una realidad si se considera un plan de manejo con técnicas apropiadas, el tamaño y la calidad de los hábitats adecuados, además del conocimiento de los hábitos y necesidades que requiere este lagarto para llevar a cabo su reproducción, crecimiento y sobrevivencia [3].

De forma particular, la nutrición de la iguana negra es una necesidad importante dado su explotación desordenada, por ello, se busca la mejora de su crecimiento y desarrollo dentro de los criaderos. Se sabe que las crías de la iguana negra presentan una alimentación totalmente insectívora en la naturaleza. Sin embargo, diversos investigadores han ofrecido diferentes alimentos a las iguanas, como: concentrado para conejos y aves, algunos vegetales: tulipacho (*Hibiscus sp.*), coliflor (*Brassica oleracea*), alfalfa, (*Medicago sativa*) y jitomate (*Lycopersicon esculentum*), e insectos: grillos de la familia Gryllidae, chapulines de la familia Tettigoniidae, larvas de mariposa de la familia Papilionidae y pupas de mosco (*Notonecta unifasciata*) [4].

Se ha reconocido a los insectos como una alternativa rica en proteínas, grasas y con cantidades adecuadas de vitaminas y minerales [5] resultando adecuados en la elaboración de dietas para animales en cautiverio. No obstante, estos alimentos aún no se producen dentro de las instalacio-

nes dedicadas a la crianza y reproducción de iguana negra, por tanto, el presente trabajo incluyó la crianza de insectos para la elaboración de dietas.

Bajo este contexto se ofrecieron dietas con base en tres especies comerciales de insectos grillos (*Acheta domestica*), larvas de tenebrio (*Tenebrio molitor*) y cucarachas runner (*Shelfordella tartara*) con el fin de contrastar su uso con la dieta de maíz y soya que tradicionalmente se le ofrece a la iguana.

Durante ocho meses se reprodujeron las especies de insectos en las instalaciones del Centro de Conservación y Reproducción de Iguanias en la Universidad del Mar en Oaxaca UMAR (CE-COREI-UMAR), posteriormente fueron procesados en forma de harina y ofrecidos en forma de dietas a las crías de iguana para su crecimiento. Al final de un periodo alimenticio de cuatro meses se observó que las dietas de insectos más beneficiosas para el peso, la longitud hocico cloaca y el consumo fueron las harinas hechas de grillo y cucaracha, especialmente las cucarachas fueron más consumidas que la dieta a base de maíz y soya, logrando incrementar el peso y la longitud (desde hocico hasta la cloaca) de la iguana.

En este trabajo se propone a la cucaracha *Shelfordella tartara* como componente de la dieta de la iguana negra en cautiverio para una mejora en su crecimiento.





Figura 1. Ejemplares adultos de iguana negra (*Ctenosaura pectinata*). Ejemplar macho (en frente) y hembra (al fondo). Jaulas de malla metálica (50 x 50 cm) para las crías. Acercamiento de una jaula adecuada para la vida de crías en cautiverio, en ella se observa una iguana joven mostrando su color verde en esa etapa.

Referencias

- [1] Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. (2019). *CoP18. Prop 2019*. https://cites.org/eng/com/cop/18/inf/index.php?fbclid=IwARoa9_444c4nxeUcKeLrpAlF7rGUvmWlcq5vHyPvUfEZKzNuGXUfKL5VcGU

- [1] Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2016). Oaxaca: Aportaciones al programa sectorial 2007-2012. Gobierno Federal; Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- [3] Morales, S. T. (2007). Legislación, registro de UMA. En J. L. Arcos García (Eds.), *Memorias y Resúmenes en extenso X Reunión Nacional sobre iguanas* (pp. 26–32). Subcomité técnico para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de las iguanas de México.
- [4] Arcos, G. J. L., & López, P. R. (2009). La iguana negra. Fundamentos de reproducción, nutrición y manejo. Universidad del Mar.
- [5] Liu, J., Xu, S., Liu, H., Zhang, Y., Li, G., & Qiu, G. (2017). Exploitation and utilization of insect protein feed resources. *Agricultural Sciences & Technology*, 18(3), 469–472.

Glosario

Longitud hocico cloaca. Medida de longitud utilizada en la medición de reptiles la cual requiere que el ejemplar esté en su espalda sobre una superficie plana mientras se mide de forma recta desde la punta del hocico hasta la abertura de la cloaca.

Selva baja caducifolia. Ecosistema vegetal que se encuentra en forma espaciada mayoritariamente en las costas del Pacífico Mexicano. Se reconocen por poseer árboles menores de 15 metros (baja) y durante la época de secas el 75% de estos perderá sus hojas (caducifolia).

Selva mediana subperennifolia. Ecosistema vegetal de menor extensión comparado con la selva baja caducifolia, se reconocen por el tamaño medio de sus árboles (15-30 m) y durante la época de secas el 25 al 50% de estos perderán sus hojas (subperennifolia).

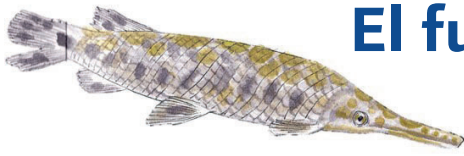
Silvicultura. Grupo de actividades relacionadas al cultivo, cuidado y explotación de los diferentes tipos de bosques.

Información de los autores

Juan Francisco Alarcón-Henao

Universidad del Mar, Campus Puerto Escondido. Puerto Escondido, Mixtepec, Juquila, Oaxaca, México, C.P. 71980.

Maestría en Manejo de Fauna Silvestre, Universidad del Mar.
jufralhe@zicatela.umar.mx



El futuro del pejelagarto y la tenguayaca

Impacto del cambio climático sobre
la distribución de peces dulceacuícolas

JONATHAN DE JESUS SAUZ-SÁNCHEZ
MERCEDES ANDRADE-VELÁZQUEZ
ROCÍO RODILES-HERNÁNDEZ
MANUEL MENDOZA-CARRANZA

Los peces son uno de los recursos naturales más importantes de los ecosistemas dulceacuícolas tropicales, ya que son utilizados como alimento y tienen valor comercial y cultural para las poblaciones humanas. Asimismo, algunas especies tienen diversas funciones ecológicas como ser depredadores o presas en las cadenas tróficas. Por tanto, la reducción de las poblaciones de peces puede tener repercusiones sociales, económicas y ambientales.

El sureste mexicano se caracteriza por su alta riqueza hídrica y natural, no sólo reúne gran parte de la biodiversidad terrestre, sino que también alberga una considerable diversidad de peces dulceacuícolas [1]. No obstante, se reconoce un alto grado de vulnerabilidad socioeconómica y riesgo climático en esta región [2]. Los efectos del cambio climático se traducen en impactos tanto en sistemas humanos como en ecosistemas.

El cambio climático modifica los patrones de distribución de los peces dulceacuícolas. Varios estudios señalan que el aumento de la temperatura y disminución de la precipitación están reduciendo las áreas de distribución de muchas especies de peces dulceacuícolas. En el futuro, se espera que los impactos se intensifiquen debido a que el ser humano no ha logrado adecuar los sistemas económicos y productivos (energía, alimento, entre otros) donde impere el cuidado del ambiente [3]. Como consecuencia del impacto del cambio climático, muchas especies de peces dulceacuícolas sufrirán cambios en sus áreas de distribución.

Te imaginas... ¿cómo los científicos pueden saber "cuál será el impacto del cambio climático" sobre los peces dulceacuícolas en el futuro? y ¿para qué sirve conocer esta información?

Los modelos de nicho ecológico son mapas en los cuales se observan las áreas donde existen las condiciones ambientales idóneas (preferencias ambientales) para que una especie pueda habitar. Todas estas áreas en conjunto forman un mapa de distribución futura posible (figura 1A). Estos modelos pueden utilizarse para saber cuáles podrían ser los efectos del cambio climático sobre la distribución de los peces dulceacuícolas [4].

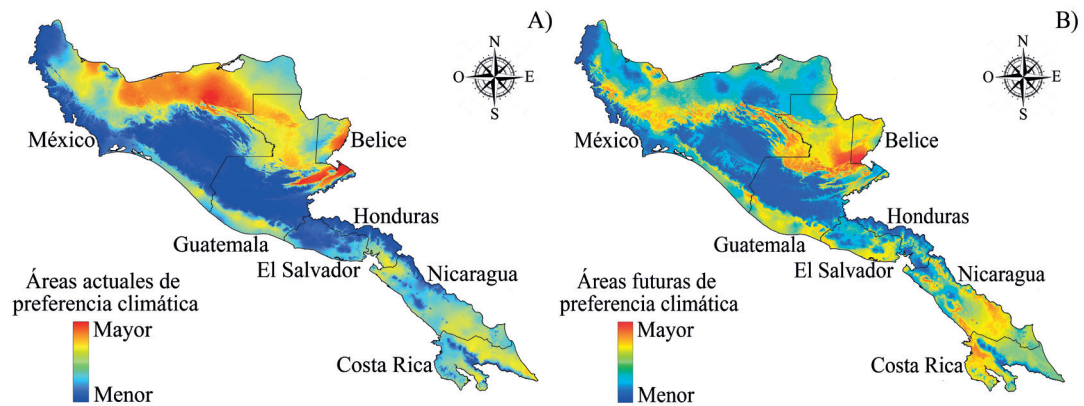


Figura 1. A) Ejemplo de un mapa de distribución potencial del pejelagarto y B) ejemplo del impacto del cambio climático sobre sus áreas de distribución. Las zonas rojas y azules son sitios de mayor y menor preferencia climática, respectivamente. Autor: Jonathan J. Sauz-Sánchez.



Figura 2. Se utiliza un Sistema de Posicionamiento Global (GPS) para el registro de coordenadas del lugar donde se observó la especie de interés. Autor: Jonathan J. Sauz-Sánchez.

Como primer paso, es necesario tener registros históricos de la distribución de las especies y conocer sus preferencias climáticas. Posteriormente, se debe conocer el comportamiento futuro de las variables climáticas (temperatura, precipitación, entre otras), mediante proyecciones de escenarios bajo cambio climático. Esta última información está disponible gracias a las investigaciones que realizan diferentes laboratorios alrededor del mundo. Entonces, las preferencias ambientales de las especies se proyectan bajo condiciones climáticas futuras y se determinan los probables cambios de distribución en las siguientes décadas.

Predecir los efectos del cambio climático sobre la biodiversidad dulceacuícola podría ayudarnos a dimensionar los riesgos y sus impactos y así desarrollar medidas de mitigación y adaptación para enfrentar este fenómeno antes de que tenga consecuencias graves para las especies.

Para desarrollar esta investigación, se seleccionaron dos especies de peces dulceacuícolas de importancia económica y cultural para el sur de México y norte de Centroamérica: el pejelagarto (*Atractosteus tropicus*) y la tenguayaca (*Petenia splendida*). Ambas especies son depredadores tope en la cadena trófica, por lo que, regulan las poblaciones de otras especies de peces [1, 5]. Estas especies se encuentran en hábitats tropicales cuyas condiciones climáticas son cálidas y húmedas-subhúmedas [1]. Además, y no menos importante, la distribución de estas dos especies está restringida a una región donde se prevé que el cambio climático impacte fuertemente.

Esta investigación mostró que las preferencias climáticas del pejelagarto potencialmente aumentarán debido al cambio climático en zonas de la cordillera centroamericana (figura 1B), es decir, el pejelagarto se beneficiaría del aumento de la temperatura derivada del cambio climático. En menor cantidad, se predijo una reducción de áreas donde actualmente existen condiciones ambientales idóneas para la tenguayaca contrario a lo que sucederá con el pejelagarto. Esta pérdida de áreas de distribución está relacionada con la disminución de la precipitación que sufrirá el río Usumacinta ubicado entre Tabasco y Chiapas en el futuro. El aumento de áreas idóneas podría conllevar a la expansión de las áreas de distribución del pejelagarto hacia mayores altitudes (montañas arriba). Por otro lado, las zonas donde se predijo la pérdida de áreas de distribución de ambas especies, las poblaciones de peces deben aclimatarse o migrar para que no desaparezcan. Cabe mencionar que los cambios de patrones de distribución podrían afectar los ingresos económicos de las familias pesqueras y derivar en cambios en la cadena trófica, tal como el aumento de las poblaciones de presas.

Concluimos que el cambio climático afectará de diferentes maneras a los peces dulceacuícolas del sureste mexicano y norte de Centroamérica. Los peces dulceacuícolas con preferencias climáticas similares a las del pejelagarto podrían aumentar sus áreas de distribución en el futuro, mientras que los peces que tengan preferencias similares a la tenguayaca perderían parte de sus áreas de distribución. No obstante, es necesario evaluar a cada especie para saber qué pasará con ellas en el futuro. Estos resultados permitirán tomar decisiones informadas y realizar acciones de adaptación y conservación de estas especies. Las investigaciones futuras deben evaluar si las predicciones de áreas perdidas coinciden con sitios de reproducción y/o de crianza para las especies de peces dulceacuícolas.

Referencias

- [1] Miller, R. R. (2009). *Peces dulceacuícolas de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad; Sociedad Ictiológica Mexicana A.C.; El Colegio de la Frontera Sur; Consejo de los Peces del Desierto México-Estados Unidos.
- [2] Andrade-Velázquez, M., & Medrano-Pérez, O. R. (2020). Precipitation patterns in Usumacinta and Grijalva basins (southern Mexico) under a changing climate. *Revista Bio Ciencias*, 7, e905.
- [3] Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G. K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., & Midgley, P. M. (Eds.). (2013). *Climate Change. The physical science basis. Con-*

tribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Intergovernmental Panel On Climate Change; Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>

- [4] Peterson, A. T., Soberón, J., Pearson, R. G., Anderson, R., Martínez, E., & Nakamura, M. (2011). *Ecological niches and geographic distributions*. Princeton University Press.
- [5] Méndez, A., García, M. E., & Lozano, L. (2011). Sistemática del pez *Petenia splendida* (Perciformes: Cichlidae) en el lago Petén Itzá, Guatemala. *Revista de Biología Tropical*, 59(3), 1205–1216.

Glosario

Cadena trófica. Término del griego “throphe”: alimentar; se refiere al proceso de transformación y transferencia de nutrientes y energía a través de un conjunto de organismos, donde cada uno es presa y depredador de otro.

Ecosistemas dulceacuícolas. Cuerpos de agua dulce como ríos, lagunas, lagos, arroyos, etcétera.

Especies dulceacuícolas. Especies que habitan y realizan sus funciones vitales en cuerpos de agua dulce.

Nicho ecológico. Rango de condiciones ambientales (temperatura, precipitación, vegetación, entre otras) en las cuales una especie puede existir, reproducirse y mantener poblaciones a través del tiempo.

Precipitación. Vapor de agua condensado que se precipita al suelo en distintas formas como nieve, granizo, rocío y agua de lluvia.

Proyección climática. Estado posible futuro de variables climáticas bajo ciertas condiciones del sistema tierra, estas se conocen como escenarios.

Información de los autores

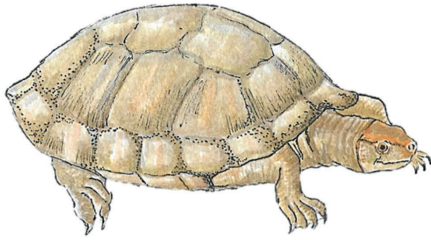
Jonathan de Jesús Sauz-Sánchez^{1*}, Mercedes Andrade-Velázquez², Rocío Rodiles-Hernández³, Manuel Mendoza-Carranza¹

¹Departamento de Ciencias de la Sustentabilidad. Grupo de Investigación en Manejo Integral de Cuencas y Zonas Costeras. El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Villahermosa. Carretera a Reforma km. 15.5, ranchería Guineo, 2a. Sección. C.P. 86283. Villahermosa, Tabasco, México.

²Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología–Centro del Cambio Global y La Sustentabilidad, A. C. (CCGS), calle Centenario del Instituto Juárez S/N, col. Reforma, C.P. 86080, Villahermosa, Tabasco, México.

³El Colegio de la Frontera Sur, Unidad San Cristóbal. Carretera Panamericana y Periférico sur s/n, barrio de María Auxiliadora C.P. 29290, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México.

Maestría en Ciencias en Manejo de Recursos Naturales y Desarrollo Rural, El Colegio de la Frontera Sur. *jjsauzs@gmail.com



Tortuga blanca

Dermatemys mawii

Las Unidades de Manejo para la Conservación
de la Vida Silvestre en Tabasco

MANUEL IGNACIO GALLARDO ÁLVAREZ

JULIA MARÍA LESHER GORDILLO

CLAUDIA ELENA ZENTENO RUIZ

Desde tiempo prehispánico, las tortugas dulceacuícolas han sido un recurso natural importante para los mexicanos, principalmente en el estado de Tabasco. Hasta hoy, los tabasqueños consideran a las tortugas como parte fundamental de su gastronomía, además de fabricar con sus restos (caparazones y huesos) una variedad de utensilios e instrumentos musicales, los cuales son empleados en las fiestas locales [1].

No obstante, el uso y consumo por parte de las diferentes comunidades de Tabasco de las tortugas dulceacuícolas ha sido tan elevado, que varias especies han disminuido drásticamente sus poblaciones, entre ellas las de la tortuga blanca, *Dermatemys mawii* (figura 1). Esta tortuga, es originaria de Mesoamérica y es la última representante viva de la familia Dermatemydidae. La conservación de este quelonio es muy importante, debido a que su extinción no solo representaría la pérdida de una especie, sino de toda una familia taxonómica. Esta especie era muy abundante en el área donde vive, que incluye a los países de Guatemala, Belice y el sureste de México; sin embargo, las acciones humanas como la caza para su consumo, el tráfico ilegal así como la destrucción de su hábitat han causado que *D. mawii* se encuentre entre las 25 tortugas de agua dulce más amenazadas en el mundo [2].

Por lo tanto, debido a la grave situación de extinción en la que se encuentra esta tortuga, en 1978, se fundó en el municipio de Nacajuca, Tabasco la primera granja dedicada a la reproducción de esta especie en cautiverio [3]. Pero fue hasta 1997 cuando en México se funda el Sistema Nacional de Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (SUMA), dentro del cual se estableció que la crianza en confinamiento se realizaría en sitios denominados Unidades de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre (UMA). Desde su creación, las UMA han sido muy importantes, debido a que promueven un esquema alternativo para el uso racional, ordenado y planificado de la vida silvestre además de permitir implementar manejos con fines de conservación.



Figura 1. Ejemplar reproductor de tortuga blanca (*Dermatemys mawii*) perteneciente a una UMA del estado de Tabasco.



Figura 2. Recolecta y procesamiento de tejidos de la tortuga blanca. Imagen superior izquierda: captura de las tortugas blancas utilizando la técnica de arrastre. Imagen superior derecha: toma de muestra biológica. Imagen inferior izquierda: extracción de material genético (ADN). Imagen inferior derecha: análisis genético mediante técnicas de amplificación de ADN.

Hasta el 2017 se tenía registro en México de 11, 722 UMA, de las cuales, 94 se dedican a la reproducción de tortugas de agua dulce; cabe mencionar que la mayoría de estos lugares se encuentran en el sureste del país. Adicionalmente, 37 UMA reproducen a la tortuga blanca, de ellas 17 se ubican en el estado de Tabasco. En general, las UMA han logrado reproducir con éxito a diferentes especies de tortugas como la hicoetea (*Trachemys spp*), tortuga almizclera chopontli (*Claudius angustatus*), tres lomos (*Staurotypus triporcatus*) y a la tortuga blanca. Este éxito se debe a que las UMA han desarrollado la tecnificación y el sistema de reproducción adecuado para cada especie, lo que ha permitido producir un elevado número de crías que han sido aprovechadas de manera sustentable. Por ejemplo, entre 2009-2018, la SEMARNAT reportó un aprovechamiento de 2, 054 individuos de la tortuga blanca, de los cuales 309 fueron exportados a países como China, Francia y Japón. En

términos monetarios, estas exportaciones representaron una derrama económica de 52,530 dólares, considerando que cada individuo de *D. mawii* se compra aproximadamente en 170 dólares [4].

Aún con el éxito que representa el nacimiento en cautiverio de crías de tortuga blanca, las UMA presentan dificultades que han impedido cumplir con el objetivo de reintroducción de individuos a vida libre. Entre las dificultades se encuentran la falta de comunicación entre los sectores políticos, sociales y científicos, objetivos de manejo poco claros, escaso mantenimiento de las instalaciones, inadecuado manejo de los procesos administrativos, falta de capacitación del personal a cargo de la UMA, así como descuidos en el adecuado control de parámetros biológicos importantes, como la calidad de agua, calidad en la dieta alimentaria en cautiverio y excesivo número de ejemplares por estanque por citar algunos ejemplos. De igual manera, existe un vacío de información sobre el origen geográfico y la diversidad genética de los individuos fundadores. El tener esta información es importante, porque permitiría implementar un manejo genético en las colonias cautivas, para evitar problemas genéticos como la endogamia, exogamia, fijación de alelos deletéreos y la pérdida de diversidad genética por acción de la deriva génica [5].

Debido a la falta de información sobre la diversidad genética en los individuos fundadores de tortuga blanca en las UMA, durante mi trabajo doctoral determinamos esta diversidad genética en tres diferentes UMA del estado de Tabasco y las comparamos con poblaciones silvestres de esa misma región geográfica. Las UMA seleccionadas fueron: A) La Granja de Tortugas del Estado de Tabasco, la cual es la UMA más antigua que reproduce la especie en México y que tiene la colonia cautiva más grande de tortuga blanca en México (> 800 individuos); B) UMA La Encantada, la cual cuenta con la segunda colonia más grande e importante dentro del estado de Tabasco; y C) la UMA CICEA, la cual es un sitio dedicado a la investigación y conservación de la especie y pertenece a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, la máxima casa de estudio del estado. Los resultados obtenidos, mostraron que las UMA resguardan una diversidad genética ligeramente superior que las poblaciones silvestres de Tabasco, siendo la UMA La Encantada, la que mayor diversidad genética resguarda. De igual forma, los resultados demostraron que los individuos fundadores están genéticamente separados de las poblaciones de vida libre de la región tabasqueña, por lo que es posible que estos organismos procedan de una región geográfica diferente (figura 2).

Los resultados obtenidos servirán para establecer un plan de manejo genético, que permita transmitir de una mejor manera la diversidad genética que resguardan las colonias fundadoras de tortugas en cada UMA. También, los resultados permitieron entender cuáles sitios geográficos son los más adecuados para proponer el regreso de tortugas a sitios silvestres (reintroducciones) y en cuáles localidades es necesario realizar capturas de individuos con el fin de tener una mejor caracterización de los rasgos genéticos de la tortuga blanca de la región de Tabasco. Finalmente, este estudio es un ejemplo de cómo la genética molecular es una ciencia muy útil para completar la información que se tiene en los programas de reproducción en cautiverio, lo que permite mejorar los programas de conservación existentes.

Referencias

- [1] Guevara-Chumacero, M., Pichardo Fragoso, A., & Martínez Cornelio, M. (2017). La tortuga en Tabasco: Comida, identidad y representación. *Estudio de la Cultura Maya*, 49, 97e122. <https://doi.org/10.19130/iifl.ecm.2017.49.758>

- [2] Macip-Ríos, R., Ontiveros, R., López-Alcaide, S., & Casas-Andreu, G. (2015). The conservation status of the freshwater and terrestrial turtles of Mexico: a critical review of biodiversity conservation strategies. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86(4), 1048–1057. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2015.09.013>
- [3] León, C. (1989). Quelonicultura en Tabasco. Técnica Pesquera. *Revista de la Pesca Mexicana*, XXII, 8–13.
- [4] Dirección General de Vida Silvestre & Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2018, 24-26 de octubre). *Aprovechamiento sustentable de tortugas en México. Aspectos normativos para su comercio nacional e internacional* [Presentación]. Taller de capacitación trinacional sobre comercio y aplicación de la legislación ambiental en apoyo del comercio lícito y sustentable de tortuga, Florida, Estados Unidos.
- [5] Williams, D. A., & Osentoski, M. F. (2007). Genetic considerations for the captive breeding of tortoises and freshwater turtles. *Chelonian Conservation and Biology*, 6(2), 302–313. [https://doi.org/10.2744/1071-8443\(2007\)6\[302:GCFTCB\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2744/1071-8443(2007)6[302:GCFTCB]2.0.CO;2)

Glosario

Alelos deletéreos. Secuencia genética que pueden reducir la supervivencia de un individuo.

Amplificación de ADN. Aumento en el número copia de un fragmento particular de ADN.

Deriva génica. Mecanismo evolutivo que selecciona los genes que pasarán a la siguiente generación de una forma aleatoria.

Endogamia. Cruza entre individuos que genéticamente pertenecen a una misma familia o linaje.

Exogamia. Cruza entre individuos que se encuentran genéticamente no emparentados y que conduce a una descendencia cada vez más diversa.

Individuos fundadores. Individuos que constituyen la primera población dentro de una UMA, donde todos sus integrantes son adultos y cuentan con la madurez sexual para reproducirse. La cruce entre estos individuos dará origen a las siguientes generaciones.

Pool genético. Cantidad completa de genes que posee una población.

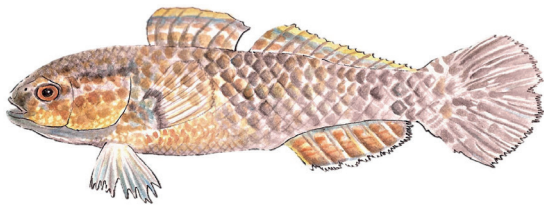
Quelonio. Término o sinónimo en singular con el cual se puede referir a las tortugas.

Información de los autores

Manuel Ignacio Gallardo Álvarez*, Julia María Leshner Gordillo, Claudia Elena Zenteno Ruiz

Centro de Investigación para la Conservación y Aprovechamiento de los Recursos Tropicales (CICART),
División Academia de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Doctorado en Ecología y Manejo de Recursos Tropicales, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
*m_i_gallardo_a@outlook.com



Hueva de naca

Dormitator maculatus

un recurso de alto valor gastronómico,
pero vulnerable

CLAUDIA A. DÁVILA-CAMACHO

ITZEL GALAVIZ-VILLA

FABIOLA LANGO-REYNOSO

MARÍA DEL REFUGIO CASTAÑEDA-CHÁVEZ

CECILIA QUIROGA-BRAHMS

JESUS MONTOYA-MENDOZA

La naca es un pez comercialmente importante del Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz, México, su nombre científico es *Dormitator maculatus* (figura 1) y se pesca únicamente durante su temporada de reproducción, entre los meses de septiembre y octubre [1, 2].

Cuando los peces maduros ingresan a la laguna en grandes cardúmenes, su captura se vuelve más sencilla y, en consecuencia, la especie es sobreexplotada y vulnerable. Su pesca representa una valiosa fuente de ingresos para los pescadores del lugar. Además, la naca es un pez de importancia ecológica, por ser el alimento principal de otras especies con valor comercial más alto como el robalo y pargo en el Golfo de México [3, 4].

Pérdida de hábitat

En general, se consumen solo las gónadas maduras de las hembras, conocidas como “hueva”, el resto del organismo y los machos se desechan dentro del Sistema Lagunar de Alvarado, donde también se descargan aguas residuales domésticas y agroindustriales; esto disminuye la calidad del agua y los sedimentos de la laguna. Aunada a esta contaminación la pérdida del manglar por deforestación es otro grave problema ecológico, por lo que esta especie y otras más, se enfrentan a la búsqueda de zonas de crianza que reemplacen este ecosistema.

La naca habita en ríos y lagunas costeras, en agua dulce y salobre a lo largo del Océano Atlántico Occidental. Se han hecho evaluaciones de su población y en diferentes zonas la han clasificado como especie amenazada desde preocupación menor hasta altamente vulnerable [5]. Sin embargo, no se puede generalizar, ya que las poblaciones de peces dependen de las condiciones ambientales de cada sistema acuático.

Al realizar un análisis de la captura de naca de los últimos años en el Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz, además de escasa información sobre la especie, se ha observado una disminución importante. Para contribuir al conocimiento de la misma se realizó un análisis de la variación de

sus características biológico-reproductivas y de su relación con los factores ambientales, con la finalidad de proponer aspectos básicos para su cultivo con un objetivo comercial o de repoblación (cuadro 1).

Se encontró que varias particularidades del pez se incrementan en la temporada de reproducción. Por ejemplo, el análisis del ovario bajo el microscopio mostró que la mayoría de sus células se desarrollan al mismo tiempo, cuya maduración sucede en cinco fases: I) inmaduro, II) desarrollo, III) capacidad de desove, IV) regresión y V) regeneración. El crecimiento y el desarrollo de la naca, aumenta durante la temporada de lluvias, a una temperatura ambiente de 27°C y con un periodo de 12 horas luz y 12 horas de oscuridad (cuadro 1).

Cuadro 1. Características biológico-reproductivas de la naca en la Laguna de Alvarado, Ver.

Talla promedio (longitud total del pez)	10.14 cm
Peso promedio	16.52 g
Talla mínima de madurez sexual	Machos= 8.41 cm y hembras= 8.21 cm
Proporción de sexos	Julio a octubre, 1 hembra por cada 2 machos (1H: 2M) Noviembre a junio, 1 hembra por cada macho (1H: 1M)
Tipo de crecimiento	Alométrico, es decir, el aumento de peso es proporcionalmente mayor al incremento de longitud.
Grado de bienestar del organismo	Machos K= 1.52 en el mes de septiembre Hembras K= 1.56 en el mes de octubre

El reto

Es importante establecer las condiciones adecuadas para el manejo sustentable de la naca, proponer pautas para su aprovechamiento integral, mantener las poblaciones naturales de este importante recurso pesquero y coadyuvar en la conservación de su hábitat natural. Así como desarrollar tecnología para su producción en cautiverio, ya que es una especie que puede ser cultivada. Con ello sería posible seguir degustando exquisitos platillos tradicionales preparados con la hueva de naca (figura 2).

Referencias

- [1] Ayala-Pérez, L. A., Ramos Miranda, J., Flores Hernández, D., Sosa López, A., & Martínez Romero, G. E. (2015). *Ictiofauna marina y costera de Campeche*. Universidad Autónoma de Campeche, Instituto EPOMEX, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.
- [2] Chávez-López, R., Franco-López, H., Montoya-Mendoza, J., Corro, F. T., & López, P. N. (1994). *Características biológicas de la naca *Dormitator maculatus* en la laguna de Alvarado, Veracruz* [ponencia]. X Simposio Internacional de Biología Marina, Baja California, México. <http://investigacion.izt.uam.mx/ocl/VERACRUZ/Lalvarado2.doc>
- [3] Rodríguez-Varela, A. C., Cruz-Gómez, A., Torres-Rodríguez M. A. (1992, 24-27 noviembre). *Análisis de la abundancia del ictioplancton de las familias Gobiidae y Eleotridae en seis sis-*

temas estuarinos del Estado de Veracruz [ponencia]. III Congreso Nacional de Ictiología, Morelos, México.

- [4] Nordlie, F. G. (2012). Life-history characteristics of eleotrid fishes of the western hemisphere, and perils of life in a vanishing environment. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 22(1), 189–224. <https://doi.org/10.1007/s11160-011-9229-3>
- [5] Aiken, K. A., Van Tassell, J., Pezold, F., Tornabene, L., & Bouchereau, L. (2015). *Dormitator maculatus*. The IUCN Red List of Threatened Species e.T185972A179664. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-2.RLTS.T185972A82652388.en>

Glosario

Cardumen. Conjunto de peces generalmente de la misma especie que se desplazan juntos.

Gónadas (hueva). Glándulas genitales masculinas o femeninas, en las que se desarrollan las células reproductoras (gametos: óvulos o espermatozoides).

Manejo sustentable. Es el uso y protección de los recursos naturales, que permite su recuperación para mantenerlo por largo tiempo.

Manglar. Ecosistema formado por diferentes especies de árboles típicos de aguas en zonas costeras, latitudes tropicales y subtropicales, que brindan diferentes servicios ambientales.

Información de contacto

Claudia A. Dávila-Camacho^{1*}, Itzel Galaviz-Villa¹, Fabiola Lango-Reynoso¹, María del Refugio Castañeda-Chávez¹, Cecilia Quiroga-Brahms², Jesús Montoya-Mendoza¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Boca del Río (ITBOCA). Km 12 Carretera Veracruz-Córdoba, Boca del Río, Veracruz, 94290. México.

²Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO). Avenida Ejército Mexicano 106, col. Exhacienda Ylang Ylang, Boca del Río, Veracruz, 94298. México.

Doctorado en Ciencias en Acuicultura, Tecnológico Nacional de México.

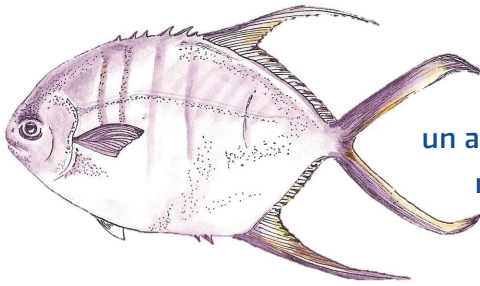
*dclaudia89@gmail.com



Figura 1. Ejemplar de pez naca.



Figura 2. En la imagen inferior izquierda se observan las gónadas separadas del resto del organismo. La hueva de las hembras representa en promedio el 16% del peso total del pez. En la imagen derecha se observa la riqueza gastronómica de la hueva de naca servida en un platillo tradicional.



La palometa *Trachinotus rhodopus*:

un aporte sobre el crecimiento de este recurso marino en las costas de Guerrero y Oaxaca

SHIRLEY STEPHANY SALAS VILLALOBOS

JUAN VIOLANTE GONZÁLEZ

En el litoral de Guerrero se estima que la pesca ribereña está conformada por más de 100 especies de peces de escama, agrupadas en 32 familias. Las familias más representadas en las capturas son Lutjanidae (8 especies), Haemulidae (14 especies), Carangidae (13 especies), Serranidae y Scombridae (3 especies cada una). Dentro del grupo de los carángidos, el género *Trachinotus* ha sido el segundo mejor representado en cuanto a número de especies, de las cuales, la más abundante ha sido *Trachinotus rhodopus* [1] (figura 1). Esta especie es conocida como palometa o pámpano rayado en el estado de Guerrero, México. La palometa es capturada por pescadores ribereños agrupados en unas 31 cooperativas, distribuidas en 3 regiones: Costa Grande (21 cooperativas), Acapulco (5 cooperativas) y Costa Chica (5 cooperativas).

Los volúmenes de captura de la palometa por región variaron en el 2009, entre las 1.3 toneladas (Acapulco) y las 8.5 toneladas (Costa Grande). De acuerdo con datos de captura reportados para el estado de Guerrero en el 2009, el volumen de captura total de la palometa fue del orden de las 13.84 toneladas, siendo la décimo octava especie más importante y ubicándose como la cuarta especie dentro del grupo de los carángidos en ese año [2].

Debido a su importancia económica, en las costas del Pacífico mexicano se han realizado estudios para el desarrollo de la biotecnología de su cultivo. No obstante, aún se desconocen aspectos básicos sobre su crecimiento y desarrollo, información que puede ser relevante para la regulación de su pesquería y para el conocimiento de su biología.

Biología y distribución

Este es un pez costero de hábitos nocturnos que suele frecuentar aguas salobres protegidas como bahías, estuarios y lagunas costeras con fines de alimentación. La distribución de *Trachinotus rhodopus* abarca desde el sur de California (Estados Unidos de América) hasta Perú, incluidas las islas de Cocos, Malpelo y Galápagos. Esta especie presenta una dieta variada ya que se alimenta de anélidos (invertebrados en forma de gusano), sipuncúlidos, moluscos y crustáceos, por lo que es considerado como un pez de naturaleza alimentaria generalista [3].

Importancia de la relación longitud-peso

Generalmente, la caracterización del crecimiento en los peces se realiza de manera indirecta, con base en mediciones de longitud y peso, utilizadas en la relación longitud-peso, a partir del empleo de un coeficiente matemático de alometría. La estimación de estos coeficientes alométricos permite evaluar la evolución de la proporción entre la longitud y el peso en los peces.

De esta manera, las relaciones longitud-peso son valores importantes que aportan información fundamental sobre las estrategias de crecimiento, estado nutricional y reproducción de las especies, por lo que constituyen indicadores relevantes del estado de explotación del recurso. Además, los análisis comparativos entre la relación longitud-peso son la base de estudios biológicos enfocados al manejo de las actividades pesqueras, ya que permiten determinar el tipo de crecimiento en poblaciones de peces, tanto a lo largo del tiempo como entre diferentes localidades.

Colecta y datos biométricos

Con el fin de determinar la variación espacial y temporal en el crecimiento de *Trachinotus rhodopus*, por medio de capturas comerciales se recolectó un total de 482 ejemplares en las localidades de Zapotalito, Oaxaca (193 ejemplares), Acapulco (235 ejemplares) y Puerto Vicente, Guerrero (54 ejemplares) desde el año 2017 hasta el 2019. La longitud total en centímetros, se obtuvo empleando un ictiómetro convencional. El peso total se determinó utilizando una balanza digital, así como una báscula de reloj para los ejemplares de mayor peso. El sexo de los peces se determinó mediante la observación de las características de las gónadas.

La relación longitud-peso se estimó mediante un modelo matemático de regresión potencial que relaciona una medida lineal (talla) con una de volumen (peso) de acuerdo con la ecuación: $W = aL^b$, en donde, W es el peso total del pez en gramos, a es una constante de regresión, L es la longitud total en centímetros y b es el coeficiente de crecimiento de la regresión.

Se considera crecimiento isométrico si b es igual a 3 (cuando el peso y longitud crecen en la misma proporción con el tiempo); si b es mayor a 3, el crecimiento se considera alométrico positivo (crecimiento en peso) y alométrico negativo si b es menor a 3 (crecimiento en longitud).

Crecimiento de *Trachinotus rhodopus*

La longitud total de los peces examinados osciló entre los 19 hasta 48 cm, con una talla promedio de 26.4 cm, siendo más grandes en la localidad de Acapulco, Guerrero. Las tallas y pesos registrados para *Trachinotus rhodopus* presentaron variaciones tanto espaciales como temporales, exhibiendo un patrón de crecimiento alométrico negativo (crecimiento en longitud). Este tipo de crecimiento se mantuvo durante los tres años de muestreo: 2017 ($b = 2.71$), 2018 ($b = 2.94$) y 2019 ($b = 2.92$), tanto para machos y hembras de las tres localidades estudiadas (figura 2).

En otras costas del Pacífico mexicano también se ha registrado el mismo patrón de crecimiento para *Trachinotus rhodopus*. En las costas de Colima se reportó un crecimiento alométrico negativo ($b = 2.64$) para esta especie durante el año 2003 [4]. De manera similar, en la costa sur de Jalisco entre 1998 y 2000 esta especie mostró un mayor crecimiento en longitud que en peso ($b = 2.93$) [5].

Aunque de manera general estos ejemplares pueden presentar un mayor crecimiento en longitud, es recomendable continuar con estudios sobre la biología de *Trachinotus rhodopus* en otras localidades del Pacífico mexicano, para determinar si los resultados de la presente investigación, pueden ser aplicados a la misma especie en otros sitios aún no examinados.

Sin duda esta investigación señala la importancia de estudiar los recursos naturales acuáticos ya que la información sobre la relación longitud-peso de la palometa, no solo aporta información relevante sobre su biología, sino también puede contribuir en busca de soluciones a problemas relacionados con la regulación y su aprovechamiento pesquero ideal.

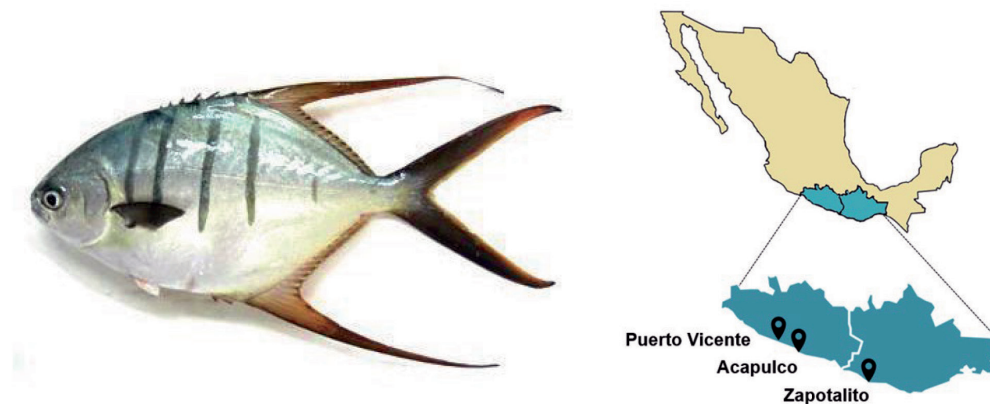


Figura 1. *Trachinotus rhodopus*, localización de las áreas de estudio para su captura.

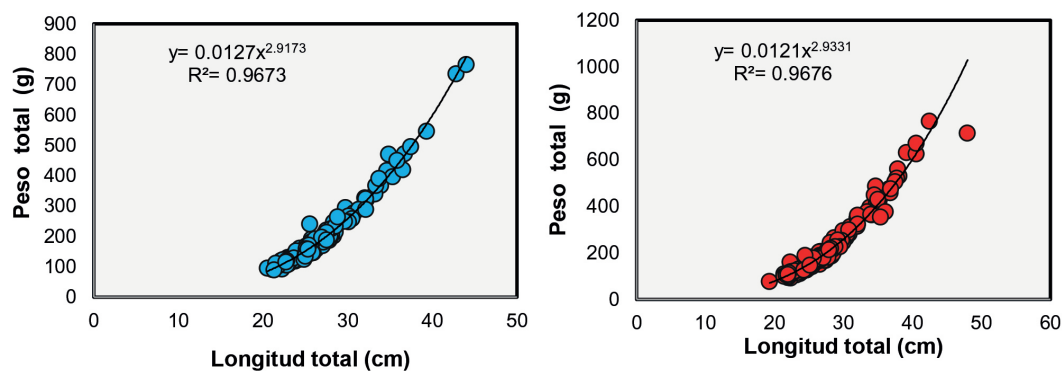


Figura 2. Relación longitud-peso en *Trachinotus rhodopus*, machos (izquierda y en azul) y hembras (derecha y en rojo), considerando todas las localidades y periodos de muestreo. Se puede observar la variación en tamaño (desde 20 hasta 45 cm) y peso (desde 100 hasta 800 gramos).

Referencias

- [1] Rojas-Herrera, A. A, Granados-Amores, E., Violante-González, J., Palacios-Salgado, D. S., & Gil-Guerrero, J. S. (2011). Diversidad de peces de la Bahía de Acapulco y zonas costeras adyacentes, Guerrero, México. En J. C. Chávez-Comparan & J. Mimbela- López (eds.), *Avances sobre investigaciones marinas y acuícolas sobre el Pacífico Tropical Mexicano* (pp. 28–54). Universidad de Colima.

- [2] Flores-Garza, R., Flores-Rodríguez, P., & García-Ibáñez, S. (2009). *Implementación de las acciones de ordenamiento de la pesca en aguas marinas del estado de Guerrero (Informe Final)*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación; Universidad Autónoma de Guerrero.
- [3] Danemann, G. (1993). Características generales de la dieta de la palometa, *Trachinotus rhodopus* (Perciformes: Carangidae). *Revista de Biología Tropical*, 41(3), 811–815.
- [4] Espino-Barr, E., Cruz-Romero, M., & García-Boa, A. (2003). *Peces marinos con valor comercial de la costa de Colima, México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad; Instituto Nacional de Pesca.
- [5] Lucano-Ramírez, G., Ruiz-Ramírez, S., Rojo-Vásquez, J. A., & Franco-Gordo, C. (2005, 4 de octubre). *Aspectos biológicos de Trachinotus rhodopus Gill, 1863, colectado en la costa sur de Jalisco, México* [póster]. XVIII Congreso Nacional de Zoología, Nuevo León, México. <http://www.fcb.uanl.mx/cnz18/Memoria-xviii-cnz-vo2a.pdf>

Glosario

Agua salobre. Se llama agua salobre al agua que tiene más sal disuelta que el agua normal de ríos y lagos, pero menos que el agua de los océanos.

Alometría. Se refiere a los cambios de dimensión relativa de las partes corporales de un organismo, correlacionados con los cambios en el tamaño total.

Anélidos. Componen un filo animal de organismos invertebrados que están presentes en todo tipo de hábitats y que se caracterizan por tener un cuerpo en forma de gusano compuesto de segmentos divididos por anillos.

Estuario. Área costera donde el agua dulce que fluye de los ríos y corrientes de agua se mezcla con el agua salada del océano, bahías, lagunas y canales.

Ictiómetro. Es un aparato que permite cuantificar la longitud de los peces. Puede emplearse en el campo, con peces vivos o anestesiados, o en el laboratorio, sobre ejemplares fijados. Consiste en dos placas lisas dispuestas perpendicularmente, a modo de escuadra.

Isométrico. Un crecimiento de tipo isométrico se puede definir, cuando dos características como peso y longitud, crecen en la misma proporción con el tiempo.

Regresión. El objetivo de un modelo de regresión es tratar de explicar la relación que existe entre una variable dependiente y un conjunto de variables independientes.

Sipuncúlidos. Son un grupo de anélidos marinos y con el cuerpo no segmentado.

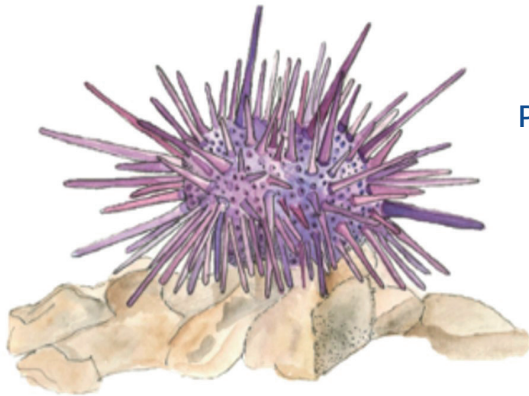
Información de los autores

Shirley Stephany Salas Villalobos*, Juan Violante González

Laboratorio de Ecología Acuática. Facultad de Ecología Marina, Universidad Autónoma de Guerrero.

Maestría en Recursos Naturales y Ecología, Universidad Autónoma de Guerrero.

*dahmer26@hotmail.com



Erizo de mar

Permanencia de los erizos en los mares tropicales ante un océano cambiante

MARÍA LUISA RODRÍGUEZ-MEDELLÍN

JULIA PATRICIA DÍAZ-MARTÍNEZ

FRANCISCO BENÍTEZ-VILLALOBOS

Las actividades diarias de los humanos, por pequeñas que sean, causan contaminación, poniendo en peligro la flora y fauna del planeta. El impacto en la zona continental también se ve reflejado en los océanos, sin embargo, esta situación ha sido poco estudiada.

El incremento de las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) hacia la atmósfera, derivadas de las actividades antropogénicas, procede desde el inicio de la revolución industrial y se ha acelerado en los últimos años. Estas emisiones junto con otros gases de efecto invernadero como el metano, ozono y algunos plaguicidas contribuyen al aumento de la temperatura atmosférica, este calor permanece atrapado principalmente entre las capas inferiores de la atmósfera y las capas superficiales del océano, provocando lo que conocemos como calentamiento global [1]. El aumento en la temperatura del planeta puede documentarse, entre otros sitios, en el Océano Pacífico Oriental Tropical, donde se localiza la costa de Oaxaca, aquí la temperatura del agua de mar más alta registrada durante el verano es de 29.5°C , sin embargo, en los años en los que se percibe el efecto de El Niño-Oscilación del Sur (ENSO por sus siglas en inglés) la temperatura aumenta hasta un grado (30.5°C), lo cual parece poco, pero provoca graves problemas ambientales [2].

Del mismo modo, a medida que aumenta la cantidad de emisiones de CO_2 hacia la atmósfera, se genera una mayor difusión de este gas hacia el océano, lo que afecta el equilibrio químico del sistema de carbono del medio marino, resultando en una disminución del pH en el agua de mar, lo que se conoce como acidificación del océano, el cual tiene graves repercusiones en los organismos marinos considerando que se encuentran adaptados a pH menos ácidos [3].



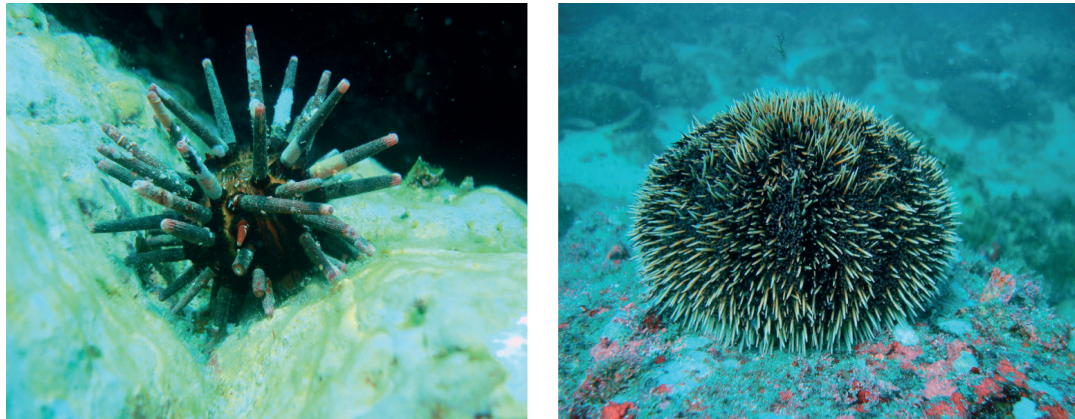


Figura 1. Algunas especies de erizos de mar que habitan la costa de Oaxaca. Imagen izquierda página anterior: erizo rosa (*Toxopneustes roseus*); imagen derecha página anterior: erizo morado (*Echinometra vanbrunti*); imagen inferior izquierda: erizo lápiz (*Hesperocidaris asteriscus*); imagen inferior derecha: erizo viejito (*Tripneustes depressus*).

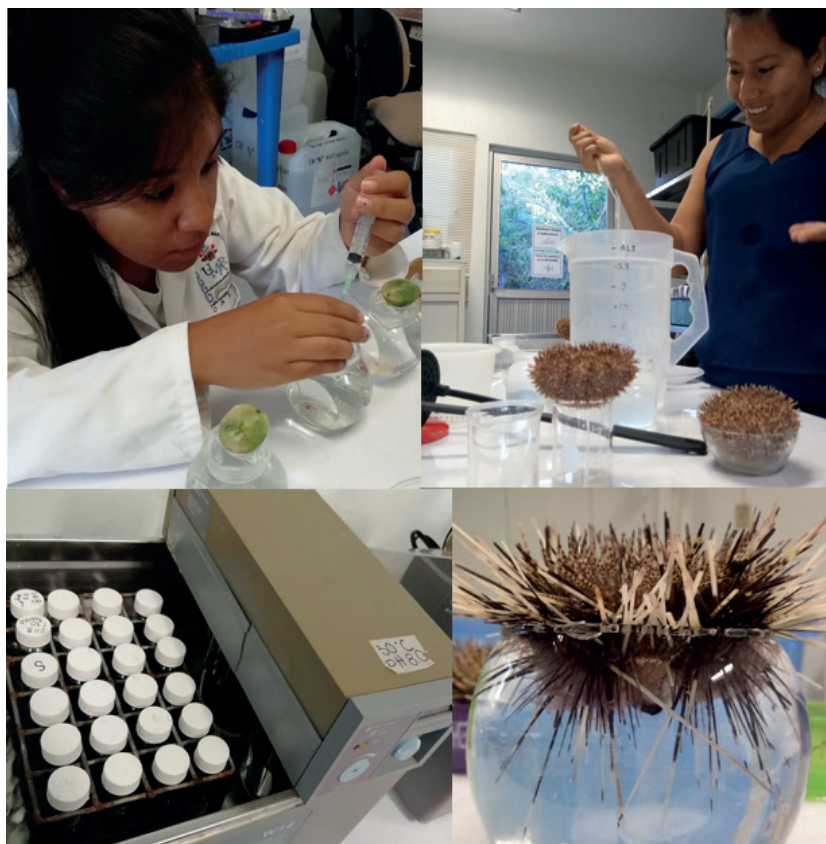


Figura 2. Trabajo de laboratorio realizado en la Universidad del Mar en Oaxaca. Imagen superior izquierda: inducción al desove de gametos del erizo irregular *Rhyncholampas pacificus*; imagen superior derecha: preparación de jarras de cultivo para embriones de erizo *Toxopneustes roseus*; imagen inferior izquierda: diseño experimental para embriones de erizos con diferentes tratamientos de temperatura elevada y acidificación del agua; imagen inferior derecha: recolección de gametos del erizo *Astropyga pulvinata*.

La escala del pH se basa en la cantidad de iones H^+ del medio, un pH inferior a 7.0 se considera que es ácido, uno de 7.0 es neutro y un pH por encima de 7.0 se toma como básico. En la superficie de los océanos el pH varía normalmente entre 8.0 y 8.3, de manera tal que los organismos marinos han evolucionado en un medio marino con este margen de pH.

Sabemos que el cambio climático continúa y se ha demostrado sus efectos en el ecosistema terrestre, pero conocemos muy poco sobre cómo el calentamiento y la acidificación del agua afectan los océanos y las especies que los habitan. Dentro de los habitantes del océano más comunes, abundantes y ecológicamente importantes se encuentran los erizos de mar, animales invertebrados exclusivos de ambientes marinos. Estos organismos son directamente afectados por los cambios en el agua, por lo que para los erizos de mar resulta un desafío fisiológico que altera sus procesos biológicos como la respiración, el crecimiento y la reproducción, entre otros.

Algunos estudios han evaluado los efectos del calentamiento y acidificación del agua de mar sobre los procesos fisiológicos de los erizos en etapas tempranas, como la fecundación, el desarrollo embrionario y el desarrollo larvario. De acuerdo con los resultados de estos estudios, la acentuación en alguno de estos procesos puede contrarrestar el efecto del otro, o los efectos de ambos procesos pueden sumarse y potencializar las consecuencias negativas o positivas en los procesos fisiológicos de los organismos [4].

Fecundación en los erizos de mar

La fecundación de los erizos de mar, como la de otros invertebrados marinos, se realiza de manera externa, liberando los óvulos y espermatozoides al agua, donde ocurre la fusión de los mismos. Estos animales no necesitan del cuidado de los padres durante su desarrollo embrionario y larval. En su fase de larva son diminutos organismos en forma de "pirámide" que se encuentran cerca de la superficie y forman parte del plancton. Cuando los descendientes alcanzan la etapa de juvenil, son similares a un adulto con su forma esférica con espinas y se dirigen al fondo marino, donde continúan el resto de su vida.

Durante el proceso de reproducción los erizos de mar liberan miles (en ocasiones millones) de óvulos y espermatozoides de forma simultánea, que después de la fecundación darán origen a cientos de larvas, pero solo un número reducido llega a convertirse en un erizo adulto. Todo lo anterior evidencia que el éxito de la fecundación es clave en el mantenimiento y perpetuación de las poblaciones de erizos. La fecundación puede ser afectada por el incremento de la temperatura y la acidificación del mar, ya que los óvulos y espermatozoides son extremadamente vulnerables a estos cambios en el medio. Un fallo en el éxito de fecundación compromete la permanencia de las poblaciones locales, desencadenando cambios significativos en la comunidad de los ambientes que estas especies habitan y en consecuencia modificaciones importantes en el funcionamiento de los ecosistemas marinos (figura 1).

Futuro incierto de los erizos de mar en zonas tropicales

Con el objetivo de generar conocimiento e implementar estrategias de conservación de los erizos de mar se han comenzado a realizar las primeras investigaciones sobre los efectos del aumento de la temperatura y acidificación del agua de mar sobre el proceso de fecundación de los erizos en zonas tropicales.

Es probable que las poblaciones del erizo rosa (*Toxopneustes roseus*) que habitan la costa de Oaxaca vivan muy cerca de su límite térmico por lo que el aumento en la temperatura del océano representa una amenaza para su supervivencia, así como la de otras especies de erizos que son compañeras de hábitat [5]. No obstante, la mayoría de estas especies se caracterizan por tener una amplia distribución en el pacífico americano lo que les proporciona ventajas al estar adaptados a diferentes regiones geográficas.

El aumento en la temperatura del agua de mar provoca serios problemas en las poblaciones de erizos, por ejemplo, las poblaciones tropicales podrían extinguirse localmente al no responder exitosamente a temperaturas más altas, mientras que las poblaciones de sitios templados se verían sometidas a condiciones similares a las de la zona tropical permitiéndoles una mayor supervivencia, a este proceso se le conoce como tropicalización de la zona templada. Por lo tanto, la distribución geográfica de algunas especies de erizos podría modificarse restringiéndose a la zona templada, mientras que las poblaciones tropicales actuales tenderían a desaparecer.

Aunque en México existen algunas instituciones que se encargan de generar conocimiento sobre el ciclo del Carbono en las diferentes regiones de los mares mexicanos y su efecto en el cambio climático, también es importante generar investigaciones que propicien información directa sobre la respuesta de los organismos que habitan estos mares, estudiados mediante experimentos tanto en su hábitat como en laboratorio (figura 2). Se requiere obtener conocimiento acerca de la respuesta fisiológica de los organismos marinos al cambio en las variables ambientales que son determinantes para su reproducción y desarrollo, lo cual incluye límites de tolerancia, deficiencias y alteraciones, así como los cambios resultantes en la estructura poblacional y comunitaria.

Referencias

- [1] Bindoff, N. L., Cheung W. W. L., Kairo J. G., Arístegui J., Guinder V.A., Hallberg R., Hilmi N., Jiao N., Karim M.S., Levin L., O'Donoghue S., Purca Cuicapusa S.R., Rinkevich B., Suga T., Tagliabue A., & Williamson, P. (2019). Changing ocean, marine ecosystems, and dependent communities. In H. O. Pörtner, D. C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, & N.M. Weyer (Eds.), *Special report on the ocean and cryosphere in a changing climate* (pp. 447-558). The Intergovernmental Panel on Climate Change.
- [2] López-Pérez, A., Guendulain-García, S., Granja-Fernández, R., Hernández Urraca, V., Galván-Rowland, L., Zepeta-Vilchis, R., & López-López, D. (2019). Reef community changes associated with the 2009–2010 El Niño in the southern Mexican Pacific. *Pacific Science*, 70(2), 175–190. <https://doi.org/10.2984/70.2.4>
- [3] Chapa-Balcorta, C., Hernandez-Ayon, J.M., Durazo, R., Beier, E., Alin, S.R., & López-Pérez, A. (2015). Influence of post-Tehuano oceanographic processes in the dynamics of the CO₂ sys-

- tem in the Gulf of Tehuantepec, Mexico. *Journal of Geophysical Research Oceans*, 120(12), 7752–7770. <https://doi.org/10.1002/2015JC011249>
- [4] Byrne, M., & Przeslawski, R. (2013). Multistressor impacts of warming and acidification of the ocean on marine invertebrates life histories. *Integrative and Comparative Biology*, 53, 582–596. <https://doi.org/10.1093/icb/ict049>
- [5] Mejía-Gutiérrez, L. B., Benítez-Villalobos, F., & Díaz Martínez, J. P. (2019). Effect of temperature increase on fertilization, embryonic development and larval survival of the sea urchin *Toxopneustes roseus* in the Mexican south Pacific. *Journal of Thermal Biology*, 83, 157–164. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2019.05.011>

Glosario

Efecto invernadero. Proceso en el que el calor emitido por la superficie terrestre es absorbido por determinados gases atmosféricos y es irradiado en todas las direcciones. Parte de esta radiación es devuelta hacia la superficie terrestre y la atmósfera inferior, lo cual resulta en un incremento de la temperatura superficial media.

El Niño- Oscilación del Sur (ENSO). Es un patrón climático que consiste en la oscilación de los parámetros meteorológicos del Pacífico ecuatorial cada cierto número de años. Presenta dos fases opuestas, una de calentamiento y lluvias en el Pacífico americano conocido como el fenómeno de *El Niño* y la otra fase de enfriamiento llamada *La Niña*. Esta oscilación de la temperatura es oceánica y atmosférica y trae grandes consecuencias climáticas en gran parte del mundo.

Plancton. Conjunto de organismos, generalmente diminutos, que comúnmente tienen capacidad limitada de desplazamiento autónomo y son transportados de una manera relativamente pasiva por el movimiento del agua.

Información de los autores

María Luisa Rodríguez-Medellín^{1*}, Julia Patricia Díaz-Martínez², Francisco Benítez-Villalobos³

¹Posgrado en Ecología Marina, Universidad del Mar, Campus Puerto Ángel, Ciudad Universitaria S/N, 70902, San Pedro Pochutla, Oaxaca, México.

²Instituto de Recursos, Universidad del Mar, Campus Puerto Ángel, Ciudad Universitaria S/N, 70902, San Pedro Pochutla, Oaxaca, México.

³Instituto de Recursos, Universidad del Mar, Campus Puerto Ángel, Ciudad Universitaria S/N, 70902, San Pedro Pochutla, Oaxaca, México.

Maestría en Ciencias: Ecología Marina, Universidad del Mar.

*quizas.marilu@gmail.com



Aves de la Salina Grande

Variación estacional de la comunidad
de aves de la Isla Mujeres, Quintana Roo

ALEXIS ERNESTO MATOS-CAN
ROBERTO CARLOS BARRIENTOS-MEDINA
JORGE NAVARRO-ALBERTO
ROSILUZ CEBALLOS-POVEDANO

Las aves son uno de los grupos más vistosos y llamativos dentro de las comunidades animales, desempeñan roles fundamentales para el buen funcionamiento de los ecosistemas, como la dispersión de semillas, el control de plagas y la polinización de ciertas plantas. En el mundo, existen alrededor de 10, 800 especies de aves y ocupan una gran cantidad de hábitats [1].

A pesar de la importancia ecológica de las aves, muchos de los sitios donde se distribuyen están desapareciendo rápidamente, poniendo en riesgo a miles de especies alrededor del mundo. Aunque las causas pueden ser variadas, uno de los principales factores que influyen en la pérdida de hábitat, es la creciente urbanización en pueblos y ciudades.

La pérdida de estos espacios ha hecho que los remanentes de vegetación que se encuentran dentro de las zonas urbanizadas (parques, áreas verdes o de esparcimiento) desempeñen un papel fundamental para la conservación, tanto de especies residentes como migratorias que utilizan estos sitios como áreas de descanso, refugio y alimentación [2].

La Salina Grande de Isla Mujeres es un humedal urbano que antiguamente tenía una conexión directa con el mar y que en la actualidad ha quedado inmerso dentro de un área altamente urbanizada de la isla [2]. Por su ubicación, representa un sitio importante para las aves que se distribuyen en esa zona, ya que les provee alimento, refugio, descanso y áreas de anidamiento (figura 1). A pesar de la importancia de este humedal para las aves urbanas de Isla Mujeres, aún no se han realizado estudios que permitan conocer el número real de especies que utilizan la salina en las diferentes épocas climáticas [3].



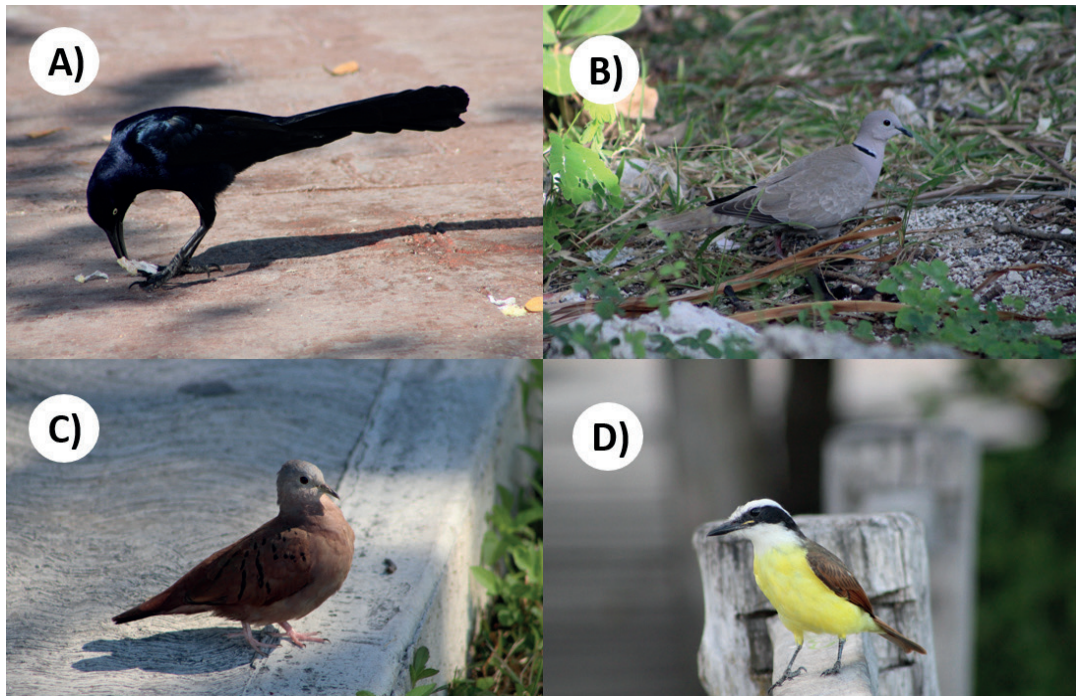


Figura 1. Imagen izquierda: Salina Grande de Isla Mujeres Quintana Roo. Figuras central y derecha: aves asociadas a ambientes urbanizados: A) Zanate mayor, B) Paloma turca de collar, C) Tortolita canela, D) Luis Bienteveo.

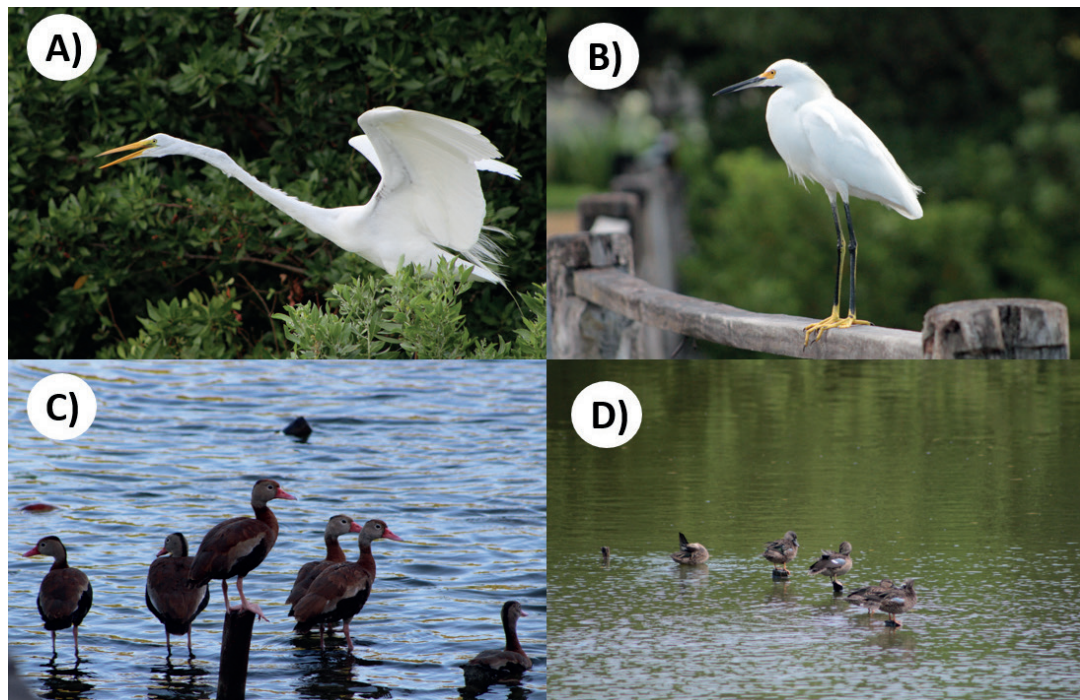


Figura 2. Aves acuáticas de la Salina Grande: A) Garza blanca, B) Garza dedos dorados, C) Pijije alas blancas, D) Cerceta alas azules.

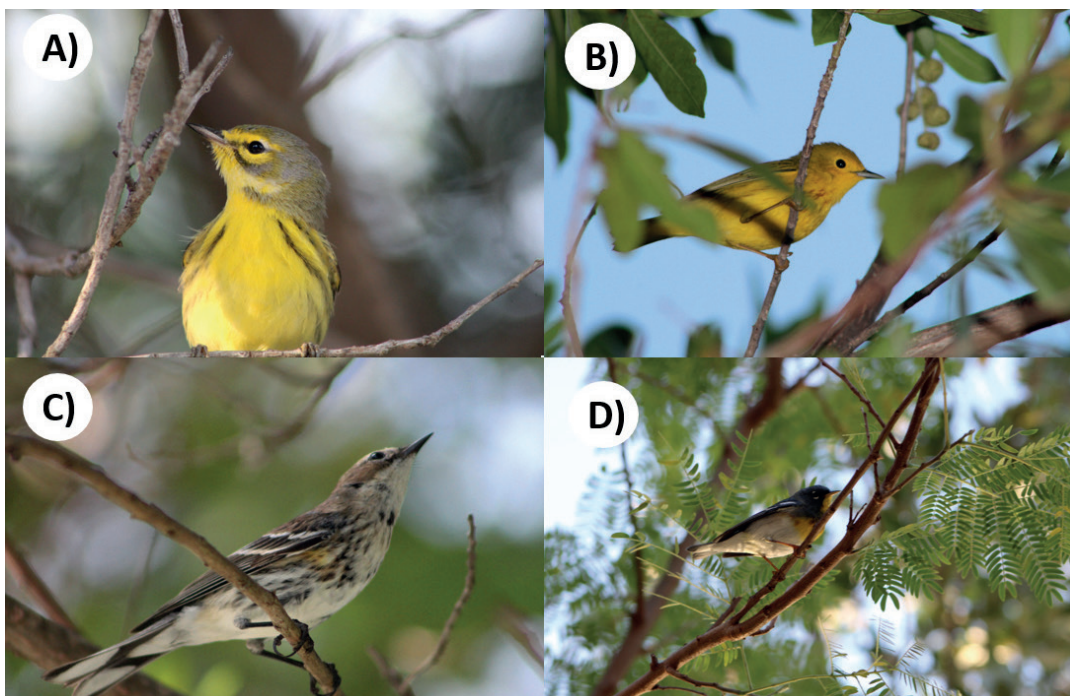


Figura 3. Chipes (familia Parulidae): A) Chipe de pradera, B) Chipe amarillo, C) Chipe rabadilla amarilla, D) Chipe pecho manchado.

Diversidad de aves

Mediante observaciones directas en el sitio, se han registrado 56 especies de aves que utilizan la Salina Grande de Isla Mujeres de forma permanente o en alguna época en específico, 18 de estas especies son residentes ya que utilizan la salina durante todo el año, este es el caso del zanate Mayor, la paloma de alas blancas, la tortolita canela y la gallineta frente roja (figura 1). Veintinueve especies son terrestres como las palomas, zanates, el ceniztonle tropical, el carpintero chejé y el tirano pirirí. Las otras 27 están asociadas a ambientes acuáticos costeros o de interiores; las más vistosas son el pelicano café, la fragata tijereta y la gaviota reidora.

La mayoría de las especies (23) son típicas de ambientes urbanizados, ya que toleran la presencia de los seres humanos, así como los disturbios y ruidos propios de las ciudades. Entre estas especies, las más comunes son el zanate mayor, la paloma alas blancas, la paloma turca de collar y el luis bienteveo (figura 1).

Otro grupo muy importante es el de las garzas (8 especies), las más abundantes son la garcita verde, la garza dedos dorados y la garza tricolor. Otras especies acuáticas abundantes son los cormoranes, las gaviotas y las fragatas (figura 2).

También podemos encontrar especies poco comunes o difíciles de observar en este tipo de sitios, como el águila pescadora, la anhinga americana y el avetoro menor.

Variación estacional

La diversidad de aves en la Salina Grande no es igual durante todo el año, ya que hay 18 especies residentes, 21 especies migratorias de invierno, 14 especies que tienen tanto individuos residentes como migratorios y tres especies transeúntes [4]. Esto hace que haya una variación en el número de especies y sus abundancias en las diferentes épocas climáticas del año: *nortes*, secas y lluvias.

La época de *nortes* es donde se pueden observar un mayor número de especies. En esta época las aves migratorias están representadas por 21 especies que se encuentran en la salina principalmente en la temporada de invierno, entre los meses de octubre y marzo. Entre estas especies sobresalen los chipes (14 especies), que son aves de tamaño pequeño y muy activas, se les puede observar moviéndose velozmente entre las ramas de los árboles y mangles que se encuentran alrededor de la salina (figura 3).

Un grupo interesante que llega a las aguas de la salina durante la temporada de *nortes* es el conformado por dos especies de patos. Los más abundantes, con grupos de más de 40 individuos, son las cercetas alas azules, las cuales permanecen todo el día dentro de la salina. Además, también se puede observar la llegada de los pijijes alas blancas, los cuales aparecen en grupos de hasta 15 individuos.

Tanto en la temporada de seca como la de lluvias se registraron 30 especies, sin embargo, la abundancia de aves es mucho mayor en la temporada de secas. Esto se debe principalmente a que, durante esta temporada, la salina ofrece un sitio con vegetación abundante donde las aves pueden refugiarse de las altas temperaturas además de la disposición permanente de agua.

Importancia de la Salina Grande para las Aves

La Salina Grande de Isla Mujeres es un hábitat importante para las aves residentes y migratorias. El mayor número de especies migratorias sugiere que es un sitio de gran valor, donde las aves pueden descansar y alimentarse mientras migran hacia el sur del continente.

Para las aves residentes, la salina les ofrece un sitio de refugio, descanso, alimentación y anidación. Se pudo observar a especies como el cormorán neotropical, el cormorán orejón y la garza dedos dorados alimentándose de los peces (familia Cichlidae) que habitan en la salina. Además, se observaron nidos y polluelos de la gallineta frente roja, la paloma de alas blancas, la paloma turca de collar y la tortolita canela.

Es necesario continuar con los monitoreos de las aves que utilizan la Salina Grande de Isla Mujeres, como parte de los esfuerzos para diseñar planes de manejo adecuados que permitan conservar la salina y su biodiversidad.

Referencias

- [1] Gill, F., & Donsker, D. (2018). IOC World Bird List. Volumen 8.1. Consultado el 17 de octubre de 2018. <http://www.worldbirdnames.org/>.

- [2] Estevo, C., Nagy-Reis, M., & Silva, W. (2017). Urban parks can maintain minimal resilience for Neotropical bird communities. *Urban Forestry & Urban Greening*, 27, 84–89. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.06.013>
- [3] Ceballos, R., Urbina, M., & Sandoval, E. (2016). Prácticas socioambientales y actividades económicas en las salinas de Isla Mujeres. En Z. Moreno (ed.), *Memorias del congreso internacional Estudios en organizaciones públicas, privadas y sociales en América Latina y el Caribe* (pp. 232–246). Red Académica Internacional Estudios Organizacionales en América Latina, el Caribe e Iberoamérica.
- [4] Barrientos-Medina, R., & Ceballos-Povedano, R. (2019). Aves urbanas, la biodiversidad no visible de Isla Mujeres. *Ecofronteras*, 23(66), 26–29.
- [5] MacKinnon, B. (2017). *Sal a pajarear Yucatán (guía de aves)*. (2.ª ed.). La Vaca Independiente.

Glosario

Urbanización. Según la Real Academia Española, urbanización es el proceso de urbanizar, definido como acondicionar una porción de terreno y prepararlo para su uso urbano, abriendo calles y dotándolas de luz, pavimento y demás servicios.

Nortes. Se le denominan nortes a las condiciones meteorológicas caracterizadas por vientos intensos y fríos cuya dirección predominante es del norte-noreste y que afectan amplias regiones del territorio mexicano.

Salina. Según la Real Academia Española es el establecimiento donde se beneficia la sal de las aguas del mar o de ciertos manantiales, cuando se ha evaporado el agua.

Humedal. Extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros.

Información de los autores

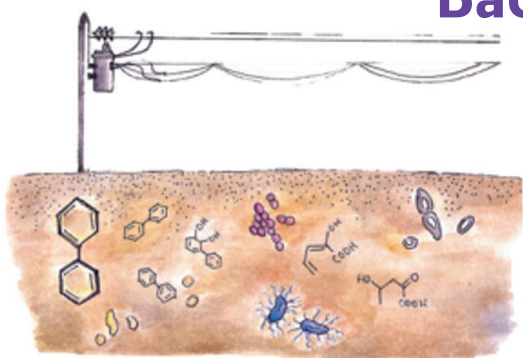
Alexis Ernesto Matos-Can^{1*}, Roberto Carlos Barrientos-Medina¹, Jorge Navarro-Alberto¹, Rosiluz Ceballos-Povedano²

¹ Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Departamento de Ecología Tropical, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán.

² Departamento de Economía y Negocios, Universidad del Caribe. Manzana 1, Lote 1, SM. 78, Esq. Fracc. Tabachines, Cancún, Quintana Roo, México. C.P. 77528.

Maestría en Ciencias en Manejo y Conservación de Recursos Naturales Tropicales, Universidad Autónoma de Yucatán.

*alexmat_777@hotmail.com



Bacterias curadoras de suelos intoxicados

Estudio de la diversidad y abundancia de comunidades bacterianas resistentes a los bifenilos policlorados con futuro para la biorremediación

ADALBERTO ZENTENO ROJAS
REINER RINCÓN ROSALES

Las bacterias, esos bichos tan pequeños que solo alcanzan a verse con los microscopios, son los organismos más abundantes en el planeta; y no, no todos son tan malos como nos lo han hecho creer, además de causar enfermedades en plantas y animales, también son parte de ciertos alimentos procesados con altos niveles nutricionales, como los lactobacilos que nos proporcionan el yogur, el queso y la mantequilla. Incluso, hay bacterias que tienen la cualidad de transformar compuestos orgánicos tóxicos en compuestos menos agresivos, usadas mediante una técnica biológica llamada biorremediación cuyo fin es convertir ambientes contaminados a su condición natural.

¿Qué son los bifenilos policlorados (BPCs)?

Actualmente, se han detectado efectos adversos por el uso de compuestos químicos que de cierta forma contaminan a nuestro ambiente, independientemente de sus beneficios. Los compuestos contaminantes más importantes se encuentran clasificados como Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP) que hasta el 2012 se integraban por doce sustancias químicas con características tóxicas, bioacumulables y persistentes [1]. Dentro de esta clasificación se encuentran los bifenilos policlorados (BPC), sustancias altamente tóxicas para varios organismos, incluyendo los seres humanos (figura 1). Los BPC fueron sintetizados en escala masiva desde 1920 hasta 1970 para ser utilizados en la industria eléctrica, ya que fueron parte fundamental del funcionamiento de interruptores, capacitores, balastos y sobre todo transformadores de luz, utilizándolos como sustancias dieléctricas donde funcionaban como aislantes térmicos.

Durante los años de mayor producción, el volumen de estos compuestos superó los mil millones de toneladas, actualmente se reconoce que hay un nivel alto de contaminación por BPC en el medio ambiente, debido al derrame de equipos que lo contenían y por su capacidad de permanecer por largos periodos de tiempo en diferentes ecosistemas [2].

Por la dificultad de su eliminación mediante métodos físicos y químicos como la incineración o la transformación química, se han buscado alternativas biológicas de bajo costo que permitan eliminarlos de los ecosistemas contaminados [3]. Los procesos de biorremediación cuentan con estrategias importantes que aprovechan los recursos naturales, como el uso de ciertos microorganismos que tienen la capacidad de sobrevivir en ambientes contaminados y que debido a procesos y mecanismos bioquímicos transforman a varios de estos compuestos tóxicos a sustancias inofensivas para el ambiente y la salud humana [4].

Técnicas moleculares de identificación bacteriana

Existen técnicas moleculares de laboratorio que ayudan a identificar las características genéticas de microorganismos y a reconocer los beneficios de las comunidades involucradas en diferentes fenómenos biológicos. Para el proceso de biorremediación por microorganismos, es importante reconocer e identificar genéticamente a bacterias que sobreviven en sitios contaminados para que se utilicen en el saneamiento de esos lugares.

Nuestros trabajos en el Tecnológico Nacional de Tuxtla Gutiérrez, se han centrado en la búsqueda de bacterias con capacidad para eliminar bifenilos policlorados desde sitios contaminados. Mediante secuenciación de genes particulares, que son evolutivamente conservados, hemos analizado las comunidades bacterianas que forman parte de la biodiversidad microbiana de sitios contaminados con BPC comparándolas con las comunidades bacterianas presentes en ambientes cercanos a los sitios, pero sin contaminación. Hemos encontrado que existen diferencias importantes en la cantidad y tipo de bacterias, medidas con índices matemáticos que las diferencian o emparentan con sus ancestros más antiguos. Por mencionar algunos hallazgos, hemos identificado que las *acidobacterias* (bacterias que suelen sobrevivir en suelos ácidos) y los *firmicutes* (bacterias en forma de bacilos) son más numerosos en los sitios con BPC, mientras que las *proteobacterias* y *actinobacterias* son menos frecuentes (figura 2); lo cual no es más que un reflejo de la naturaleza bioquímica y metabólica de cada grupo bacteriano, que les proporciona la habilidad de asimilar y posiblemente degradar los BPC utilizándolos como fuente de energía.

Además de las características físicas y químicas de los sitios de contaminación que son muy importantes para el desarrollo de las comunidades bacterianas. También contamos con una colección de bacterias cultivadas a partir de muestras de suelo con BPC que hemos analizado tanto física como genéticamente y clasificado en los géneros *Burkholderia* sp., *Cupriavidus* sp., *Acinetobacter* sp., *Comamonas* sp., entre otros (figura 3). Estas cepas son de vital importancia para su aplicación en procesos de bioaumentación (enriquecimiento), que corresponde a una estrategia de biorremediación usada en sitios contaminados, donde bacterias previamente seleccionadas por sus capacidades de transformación de contaminantes como los BPC se siembran en los sitios contaminados, aumentando la cantidad de las bacterias en ese sitio. Las bacterias ayudan al resto de la comunidad bacteriana nativa (original) para la asimilación de los BPC o de algún producto de degradación procedente del metabolismo de la cepa sembrada, ayudando al saneamiento e inocuidad del ecosistema.

Se sabe que las bacterias más eficientes en la eliminación de BPC cuentan con un complejo de proteínas (enzimas) llamadas dioxigenasas. Estas enzimas desintegran los anillos de seis átomos

de carbono de los BPC (ruta metabólica, figura 1) a moléculas de sólo dos átomos (acetilo) [5]. Por ello el criterio más importante para seleccionar bacterias útiles en la biorremediación de BPC, es que tales microorganismos cuenten con genes para la producción de enzimas dioxigenasas.

Por tanto, nuestras bacterias se convierten en protagonistas importantes para ser estudiadas en procesos de biorremediación, específicamente mediante técnicas de bioestimulación, tanto de manera *in situ* (en los lugares contaminados) y *ex situ* (en pruebas de laboratorio), que permitan deducir las rutas metabólicas probables que utilizan estos microorganismos en la eliminación de BPC y magnificar su uso en diferentes ambientes contaminados.

Referencias

- [1] Altschul, S. F., Gish, W., Miller, W., Myers, E. & Lipman, D. (1990). Basic local alignment search tool. *Journal of Molecular Biology*, 215(3), 403–410. [https://doi.org/10.1016/S0022-2836\(05\)80360-2](https://doi.org/10.1016/S0022-2836(05)80360-2)
- [2] Furukawa, K., & Fujihara, H. (2008). Microbial degradation of polychlorinated biphenyls: Biochemical and molecular features. *Journal of Bioscience Bioengineering*, 105(5), 433–449. <https://doi.org/10.1263/jbb.105.433>
- [3] Lopera, E. & Aguirre, J. (2006). Purification of mineral insulating oil contaminated with polychlorinated biphenyls (PCB's). *Dyna*, 73, 75–88.
- [4] Horváthová, H., Lászlóvá, K., & Dercová, K. (2018). Bioremediation of PCB-contaminated shallow river sediments: the efficacy of biodegradation using individual bacterial strains and their consortia. *Chemosphere* 193: 270–277. <http://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.11.012>
- [5] Seeger, M. (2010). Genetics of Biphenyl Biodegradation and Co-Metabolism of PCBs. In K. N. Timmis (Ed.), *Handbook of hydrocarbon and lipid microbiology* (pp. 1179–1199). Springer.

Información de los autores

Adalberto Zenteno Rojas*, Reiner Rincón Rosales

Laboratorio de Ecología Genómica. Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

Doctorado en Ciencias de los Alimentos y Biotecnología, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

*adzer.89@hotmail.com

¿QUÉ Y CÓMO ESTUDIAMOS LAS ESPECIES QUE HABITAN EL TRÓPICO?

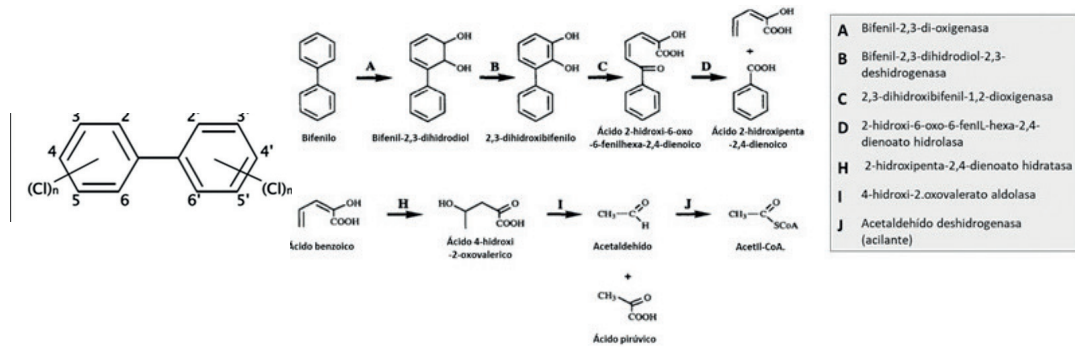


Figura 1. La estructura química general de los bifenilos policlorados consta de dos anillos bencénicos y varios átomos de cloro (imagen a la izquierda). La degradación de estos compuestos sucede mediante reacciones bioquímicas donde proteínas especializadas (enzimas dioxigenasas) realizan la degradación a compuestos más sencillos.

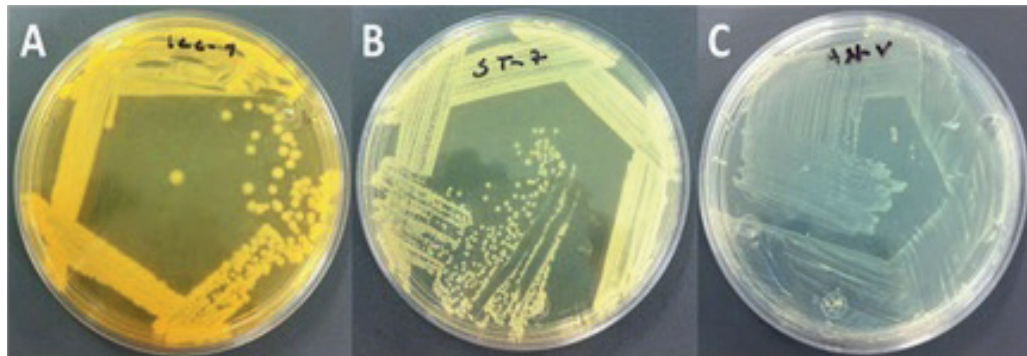


Figura 2. La imagen ilustra una muestra extraída de la colección microbiológica del laboratorio del Tecnológico Nacional de Tuxtla Gutiérrez, en ella se observan bacterias creciendo en medios de cultivo con moléculas de Bifenilos policlorados como fuente de carbono: A) *Burkholderia* sp. B) *Acinetobacter* sp. C) *Comamonas* sp.

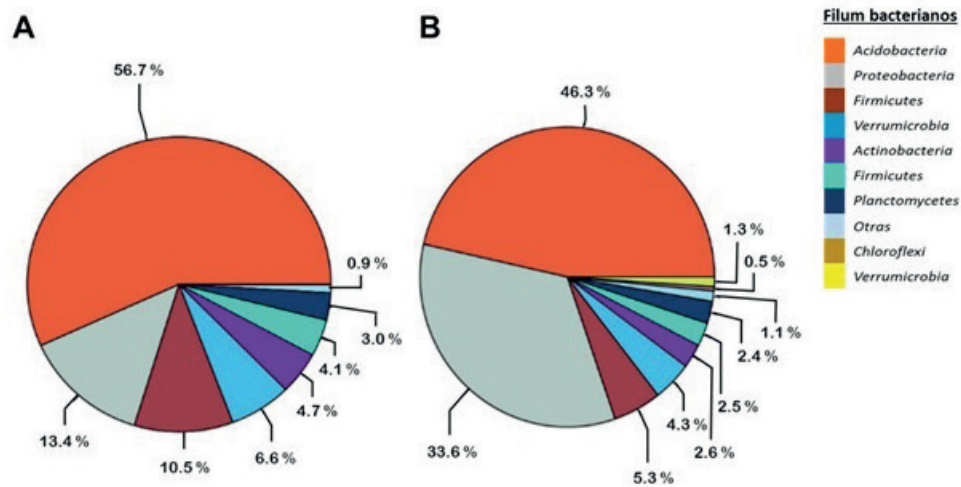
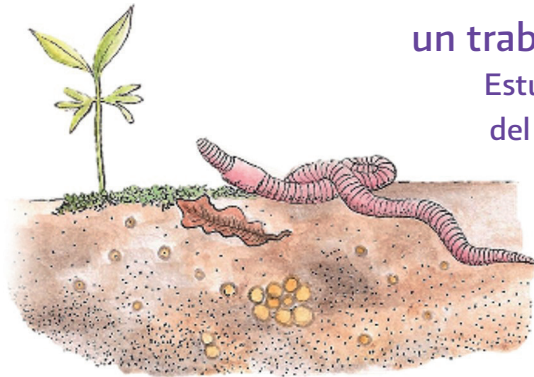


Figura 3. Comparación de las comunidades bacterianas (tipo y cantidad de bacterias) identificadas mediante técnicas genéticas entre un suelo contaminado con bifenilos policlorados por el derrame de un transformador eléctrico (A) y una comunidad sana (B).



El abono: un trabajo de lombrices y microbios Estudio de bacterias en lixiviados derivados del vermicompostaje de desechos animales

ROCÍO DEL PILAR SERRANO RAMÍREZ
VÍCTOR M. RUIZ VALDIVIEZO
NANCY RUIZ LAU
JOAQUÍN A. MONTES MOLINA

En el planeta existen una multitud de organismos vivos con características diferentes: las plantas, los humanos y otros animales, estamos clasificados como organismos pluricelulares compuestos de millones de células que interactúan para nuestro funcionamiento biológico. También existen los organismos unicelulares, como las bacterias que están compuestas por una sola célula en donde se llevan a cabo todos los mecanismos biológicos para su reproducción y desarrollo. La interacción de este tipo de organismos entre sí es muy favorable para el funcionamiento de los diferentes ecosistemas naturales. Por ejemplo, en el sistema digestivo de los seres humanos existen millares de bacterias como los *Lactobacillus* que funcionan a favor de la digestión de alimentos y la absorción de nutrientes por las células del hombre e impiden el crecimiento de bacterias tóxicas para el cuerpo. Este mismo fenómeno se repite con muchos otros organismos. Las lombrices de tierra son saneadoras importantes de ecosistemas naturales, cuentan con bacterias dentro de su sistema digestivo que le ayudan a la elaboración del abono orgánico a partir de la degradación de los desechos animales o vegetales.

El uso de desechos animales como alternativa para la prevención de contaminación ambiental

Durante la descomposición de los desechos animales generados por la actividad ganadera, es común que se liberen olores desagradables y diversos problemas ambientales por la presencia de microorganismos en los residuos, que son dañinos para la salud humana [1]. Por ello, existen ciertas actividades que ayudan al reciclaje de estos desechos animales. Dentro de estas actividades se encuentra el compostaje y vermicompostaje (uso de lombrices de tierra) donde la interacción entre lombrices y bacterias actúan de manera simultánea descomponiendo y estabilizando los residuos animales. Durante estos procesos biológicos se produce un líquido con altos niveles nutrimentales, a los cuales se les denomina lixiviados y humus de lombrices [2].

Actualmente, los lixiviados son vistos como alternativas viables que pueden suplir a los fertilizantes sintéticos que son usados en exceso en la agricultura, ya que contienen elementos químico-

cos importantes como el fósforo y el nitrógeno útiles para el crecimiento de plantas [3]. Además, los lixiviados de lombrices contienen mayor proporción de bacterias benéficas que indican que los desechos animales utilizados en el vermicompostaje fueron estabilizados ya sea por el aumento de bacterias beneficiosas y la disminución o eliminación de bacterias tóxicas para el humano. Por esta razón, en el Tecnológico Nacional de Tuxtla Gutiérrez nos hemos enfocado en conocer las comunidades bacterianas y las características de los lixiviados producidos por el vermicompostaje de desechos animales, usando a la lombriz *Eisenia foetida* (figura 1) en excretas de vaca y conejo como principales residuos animales.

Los lixiviados y sus beneficios bacterianos

La lombriz de tierra *Eisenia foetida* a través de sus procesos digestivos para la asimilación de diferentes nutrimentos absorbidos desde el suelo y los desechos animales tienen la capacidad de transformar compuestos orgánicos muy grandes en compuestos mucho más pequeños. La transformación de material orgánico constituido de moléculas con muchos átomos de carbono, hidrógeno y oxígeno a estructuras con pocos carbonos tiene la finalidad de aprovechar la energía para su crecimiento. Este proceso hace que el material orgánico sea más fácilmente digerible para las bacterias que se encuentran en su sistema digestivo y para las bacterias que provienen de los desechos animales. En el proceso de vermicompostaje tanto las lombrices como las bacterias que se encuentran en el proceso consumen los nutrimentos aportados por el suelo y los desechos. En ese proceso mutualista (acción de lombrices y bacterias) las características físicas como el pH, la conductividad eléctrica y la temperatura, así como las características químicas (contenido de carbono, nitrógeno, fósforo, entre otros) son cambiantes durante el proceso biológico. Por ello, las comunidades bacterianas tanto de las lombrices como del suelo y de los desechos animales cambian por efecto directo de la disminución de nutrimentos y de los cambios físicos y químicos. Por lo tanto, el uso de diferentes desechos animales provoca que existan una variedad de comunidades bacterianas en el proceso de vermicompostaje y que los efectos de aumento o disminución de bacterias al final del proceso sean distintos. Las comunidades bacterianas en los lixiviados como subproducto del proceso de vermicompostaje demuestran un reflejo directo sobre las bacterias de los desechos utilizados.

Durante nuestros experimentos, evaluamos las comunidades bacterianas de los lixiviados producidos en el vermicompostaje de excreta de vaca y de conejo, después de 30 días encontramos que las bacterias predominantes fueron las del género *Proteobacteria* y *Chlorobi*, mientras que disminuyó el contenido de *firmicutes* a donde pertenecen bacterias consideradas como tóxicas para el humano (figura 2). Esto nos indicó que una vez que las excretas son expulsadas por los animales de ganadería, la descomposición es completamente controlada por las bacterias que dependen en gran medida del tipo de excreta animal [4].

Por ello, el uso del vermicompostaje sugiere una buena práctica para el reciclaje de materia orgánica como las excretas animales, ya que son viables para reducir la abundancia de bacterias dañinas. Este proceso también ayuda a suplir a los fertilizantes inorgánicos que son tóxicos para la salud humana y aumentan la inocuidad y nivel nutrimental de los alimentos generados a partir de estos.



Figura 1. Lombriz de tierra *Eisenia foetida* utilizada en el vermicompostaje.

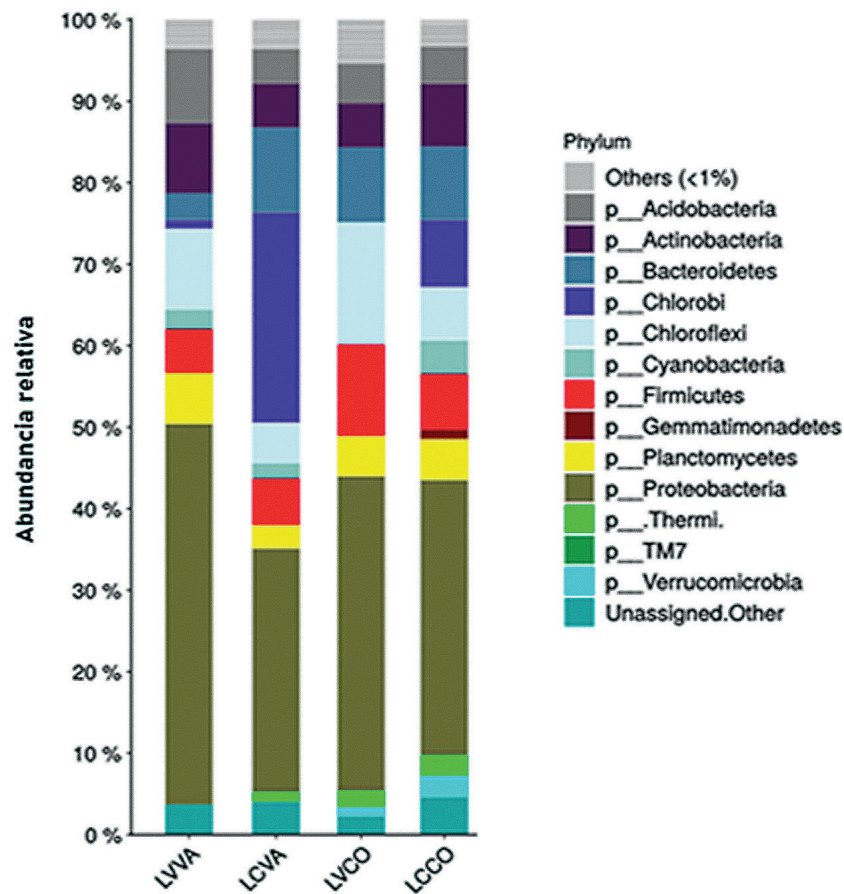


Figura 2. Diversidad de bacterias identificadas en lixiviados de vermicompostas de vaca y de conejo.

Referencias

- [1] Lv, B., Xing, M., & Yang, J. (2018). Exploring the effects of earthworms on bacterial profiles during vermicomposting process of sewage sludge and cattle dung with high-throughput sequencing. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(13), 12528–12537. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1520-6>
- [2] Gutiérrez-Miceli, F. A., García-Gómez, R. C., Rincón-Rosales, R., Abub-Archila, M., Olivia-Llaven, M. A., Cruz, M., & Dendooven, L. (2008). Formulation of a liquid fertilizer for sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) using vermicompost leachate. *Bioresource Technology*, 99(14), 6174–80. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.12.043>
- [3] Romero-Tepal, E. M., Contreras-Blancas, E., Navarro-Noya, Y. E., Ruiz-Valdiviezo, V. M., Luna-Guido, M., Gutiérrez-Miceli, F. A., & Dendooven, L. 2014. Changes in the bacterial community structure in stored wormbed leachate. *Journal of Molecular Microbiology and Biotechnology*, 24(2), 105–113. <https://doi.org/10.1159/000357915>
- [4] Aira, M., Olcina, J., Pérez-Losada, M., & Domínguez, J. (2016). Characterization of the bacterial communities of casts from *Eisenia andrei* fed with different substrates. *Applied Soil Ecology*, 98, 103–111. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2015.10.002>

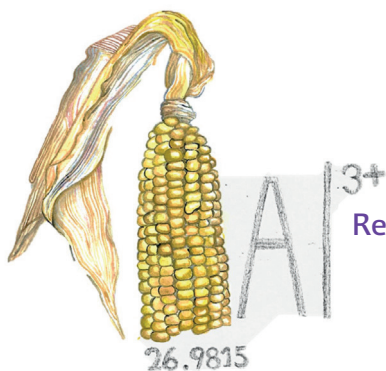
Información de los autores

Rocío del Pilar Serrano Ramírez*, Víctor M. Ruiz Valdiviezo, Nancy Ruiz Lau, Joaquín A. Montes Molina

Laboratorio de Biotecnología Vegetal. Instituto Nacional de México, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

Doctorado en Ciencias de los Alimentos y Biotecnología, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

*rocko_0049@hotmail.com



Maíz creciendo en suelos metálicos

Respuesta del maíz híbrido a la toxicidad por aluminio y al uso de tecnologías agroecológicas

ROSA MARÍA MARTÍNEZ-TAGUA

FRANCISCO GUEVARA-HERNÁNDEZ

LUIS ALFREDO RODRÍGUEZ-LARRAMENDI

EMILIO HERASTO AGUILAR-VÁZQUEZ

El maíz es uno de los cereales más cultivados en el mundo y el más representativo de México por su importancia económica, social y cultural [1]. Sin embargo, su producción actualmente presenta algunas limitantes, una de ellas es crecer sobre todo en suelos ácidos, provocada por la toxicidad del aluminio (en su forma de ión Al^{3+}).

En México hay más de 14 millones de hectáreas con suelo ácido, Chiapas es uno de los estados con mayor territorio con presencia de aluminio. El 20% de los suelos de la Frailesca Chiapaneca presentan problemas de acidez y alta saturación de Al^{3+} por el uso inadecuado de fertilizantes nitrogenados, lo que genera efectos negativos para las plantas. Existen tecnologías agroecológicas que podrían mitigar los efectos que el Al^{3+} provoca en suelos ácidos. Dos de ellas son el uso de microorganismos benéficos que incrementan la exploración de las raíces y el otro es el empleo del compuesto llamado ácido salicílico que contribuye en la regulación del crecimiento de las plantas.

El objetivo de la investigación que aquí se relata fue evaluar la respuesta del maíz híbrido (P4082W) a la toxicidad causada por el aluminio y al uso de tecnologías agroecológicas.

¿Cómo se hizo el experimento?

La investigación se llevó a cabo en dos fases, en la fase I se determinó la concentración a la cual el Al^{3+} es tóxico para las plántulas de maíz. En la fase II se evaluó si el maíz cultivado con microorganismos benéficos y ácido salicílico toleraba la toxicidad del aluminio.

La primera fase se realizó en la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH) y la segunda fase, en la parcela Fracción Veracruzana, ambos ubicados en el municipio de Villa Corzo, Chiapas. Para este estudio se utilizaron semillas de maíz híbrido (P4082W) previamente esterilizadas con solución de cloro (hipoclorito de sodio) al 5% durante 10 minutos.

Para la primera fase, las semillas fueron colocadas por 24 horas en mezclas líquidas de Al^{3+} en varias concentraciones desde 0 hasta 7 ppm (partes por millón). Posteriormente, las semillas se

sembraron en charolas germinadoras utilizando sustrato inerte y a los 20 días después de la germinación se realizó el muestreo de las variables de respuestas.

En la segunda fase, 120 semillas se expusieron a la concentración tóxica de Al^{3+} obtenida de la primera fase (6 ppm), de ellas un grupo de semillas se inocularon con microorganismos benéficos (Micorrizas y *Azospirillum*), otro grupo de semillas se sumergieron por una hora con ácido salicílico (0.01 mM) y un último grupo de semillas se inocularon con microorganismos y se sumergieron en ácido salicílico, estos tratamientos se realizaron por cada concentración (0 y 6 ppm de Al^{3+}). Después, la siembra se realizó en macetas.

En cada experimento se colocaron pruebas testigo que consistieron en semillas sumergidas durante 24 horas en agua destilada con pH de 4.0 y después sembradas.

¿Qué respuestas se midieron en el maíz?

Para la fase I se midieron: área foliar (AF), número de hojas (NH), contenido de clorofila (CC), materia seca aérea (MSA) y materia seca de la raíz (MSR). Con las dos últimas variables se calculó la longitud específica de la raíz (LER), relación materia seca de la raíz/foliar (R/F) y fracción de la materia seca de la raíz (FMR) y foliar (FMF). Para la fase II las variables medidas fueron: altura de planta (AP), fluorescencia de la clorofila (FC), NH, CC, MST, MSH, MSR, MSP, R/F, FMR y FMF.

Los experimentos se diseñaron al azar, lo que significa que las plántulas fueron escogidas sin premeditación. Para interpretar los datos se realizaron análisis estadísticos que permiten confiar en las respuestas obtenidas. Para la fase I, se realizó un análisis de varianza y comparación de promedios a través de la prueba estadística de Tukey ($p \leq 0.05$) y para la fase II, un análisis factorial de componentes principales mediante análisis multivariado en el programa computarizado STATISTICA versión 8.0.

¿Cómo respondió el maíz?

Nuestros resultados en la fase I indican que varias características del maíz (contenido de clorofila, número de hojas, materia seca aérea, relación materia seca de la raíz/foliar, fracción de la materia seca de la raíz y foliar) no se vieron afectadas por la toxicidad del aluminio, sin embargo, la raíz y la planta presentan mayor biomasa a medida que crecieron en suelos con cantidades menores de 6 ppm de Al^{3+} . El tamaño de las hojas disminuyó en concentraciones altas (6 ppm de Al^{3+}) y la longitud de la raíz decreció con 7 ppm de Al^{3+} . Estos resultados no coinciden con otros estudios en los que se ha dicho que el Al^{3+} , a 1 ppm o menos favorece el crecimiento de hojas, la acumulación de materia seca en las raíces, así como la cantidad de clorofilas en plántulas de maíz [2].

En la fase II las variables número de hojas, altura de planta y fluorescencia de la clorofila, tienden a aumentar con el uso de los microorganismos benéficos. El uso de ácido salicílico y microorganismos benéficos presentan una tendencia positiva para las variables de diámetro del tallo, fracción de la materia seca de la raíz y materia seca de la raíz. La interacción de ácido salicílico y microorganismos benéficos presentan efectos positivos para las variables de contenido de clorofila, materia seca del tallo y la planta. Los resultados concuerdan con Aguilar (2015) quien menciona que las micorrizas ayudan a mejorar el crecimiento de las plantas y el *Azospirillum* potencia este desarrollo.

Como conclusión el Al^{3+} presenta toxicidad por encima de 6 ppm para el maíz híbrido (P4082W), sin embargo, la presencia conjunta de microorganismos benéficos (Micorrizas y *Azospirillum*) y la molécula del ácido salicílico es una buena sinergia (mezcla) para el crecimiento de las plantas y ayudan a disminuir los efectos del estrés causado por el Al^{3+} .

Referencias

- [1] Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios. (2018, 23 de agosto). Maíz grano cultivo representativo de México. <https://www.gob.mx/aserca/articulos/maiz-grano-cultivo-representativo-de-mexico?idiom=es>
- [2] Romero, E., Grajales, A., Rodríguez, A. L., Salas, M. A., & Gordillo, A. (2017). Efecto del Aluminio sobre el crecimiento y contenido de clorofila en plántulas de maíz (*Zea maíz L.*). *Congreso Mesoamericano de Investigación UNACH*, 9(4), 1165–1169.
- [3] Aguilar, R. (2015). *Implementación de micorrizas y Azospirillum brasilense en agricultura sustentable del estado de Morelos*. Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

Glosario

Agua destilada. Se denomina agua destilada a toda agua que haya sido sometida a un riguroso proceso de destilación, el cual se realiza con el objetivo de eliminar las impurezas.

Aluminio. Es el décimo tercer elemento de la tabla periódica, de símbolo Al. Se considerada uno de los materiales más abundantes en la superficie terrestre, representando el 8% de la corteza total.

Biomasa. Cantidad de productos obtenidos por la fotosíntesis, susceptible de ser transformados en combustible útil para el hombre y expresada en unidades de superficie y de volumen.

Imbibición. Es la toma de agua por parte de la semilla seca, sin importar si ésta se encuentra viable o no.

Inocular. Es una práctica que busca lograr la adherencia efectiva de un alto número de microorganismos sobre la superficie de las semillas.

Maíz híbrido. Es resultado de la mejora genética de la especie mediante la cruce de dos líneas con características deseables.

Partes por millón. Es una unidad de medida de concentración que mide la cantidad de unidades de sustancia que hay por cada millón de unidades del conjunto.

Sinergismo. Acción de dos o más causas cuyo efecto es superior a la suma de los efectos individuales.

Toxicidad. Es la capacidad de una sustancia química de producir efectos perjudiciales sobre seres vivos, sistemas de biológicos, órganos, tejidos, células, etc.

Información de los autores

Rosa María Martínez-Tagua^{1*}, Francisco Guevara-Hernández¹, Luis Alfredo Rodríguez-Larramendi², Emilio Herasto Aguilar-Vázquez ¹

¹Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad Autónoma de Chiapas. Carretera Ocozocoautla–Villaflores km. 84.5. C.P. 30470. Villaflores, Chiapas.

²Facultad de Ingeniería. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Carretera Villa Corzo–Ejido Monterrey km. 03. 30520. Villa Corzo, Chiapas.

Maestría en Ciencias en Producción Agropecuaria Tropical.

*martineztagua@hotmail.com

Álbum científico

Este álbum está pensado como un ejercicio mental y de reflexión, en el que puedes leer datos sobresalientes acerca de las especies mencionadas en este libro. Las figuras recortables de las páginas siguientes coinciden con las sombras dentro de los recuadros, te invitamos a llenarlos y a descubrir qué especies habitan el trópico y cómo las estudiamos.

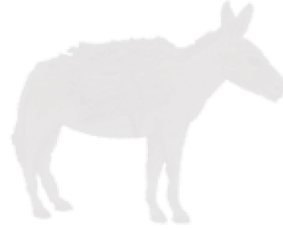
Es araña, pero no tiene tela. Animal que está en peligro de extinción, es una de las 25 especies de primates en mayor peligro de desaparecer.



Parte del ciclo de vida de este insecto está ligado al interior de un fruto.



México es el quinto país con mayor cantidad de estos animales, pertenece al género *Equus*.



Árbol pionero de rápido crecimiento que se usa para la recuperación de los acahuales.



Cereal que forma parte fundamental de la dieta de los mexicanos, se cultivan cerca de 59 variedades.



Son plantas que pueden almacenar agua en "minicisternas"; viven sobre los árboles y dan hogar a artrópodos pequeños y medianos.



Plantas que no tienen clorofila, se aferran a otras plantas para sobrevivir y robar nutrientes.



Árbol que crece en climas cálidos y produce frutos dulces y coloridos durante la estación lluviosa.



Reptil endémico de México. Cuando es pequeña es de color verde, y de color negro cuando es adulta.



La cultura maya le puso nombre a esta particular especie que produce moléculas que controlan el crecimiento de hongos que enferman a las plantas.



Animal de hábitos nocturnos que frecuenta agua salobre (aquella que tiene más sales disueltas que el agua dulce, pero menos que el agua de mar).



Moléculas tóxicas difíciles de descomponer sin ayuda de organismos microscópicos.



Pez muy apreciado en tabasco y depredador tope de los ríos.



Animal cuya supervivencia depende de la conservación de las playas, se encuentra en peligro de extinción.



Árbol particular de México con resinas aromáticas que se usa desde tiempos ancestrales.



El aumento en la temperatura del océano representa una amenaza para la supervivencia de este animal. ¡Si! es un animal.



Animal que habita bajo tierra, las bacterias en su intestino descomponen moléculas tóxicas.



Pez que habita en aguas dulces y salobres, con la "hueva" de las hembras se preparan deliciosos platillos.



Las selvas de la Península de Yucatán, pueden tener hasta 200 especies de árboles en una hectárea.



En México hay más de 14 millones de hectáreas con suelos ácidos.



Sitio de refugio y alimento de animales silvestres, está conformado principalmente por pastos.



Hay cerca de 40 Unidades de Manejo Ambiental que se dedican a la reproducción de este quelonio. Un reptil de paso "despacito".



Insectos que comenzaron a practicar la agricultura 70 millones de años antes que los humanos.

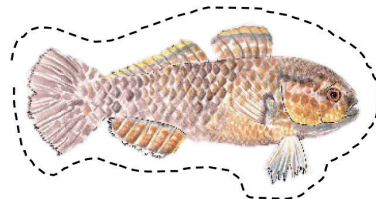
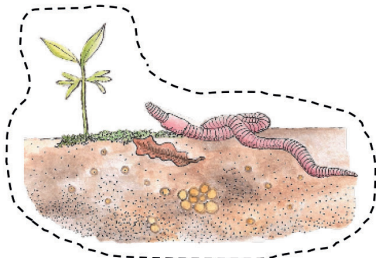
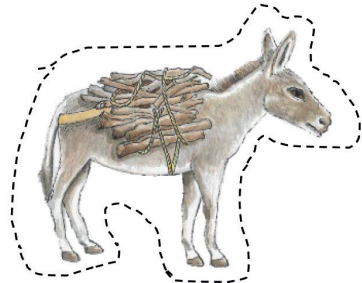
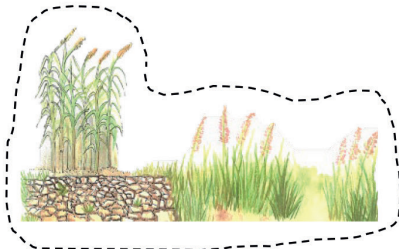
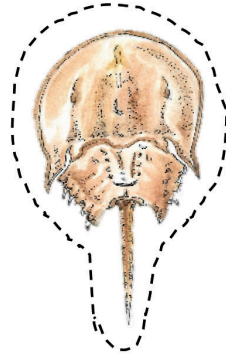
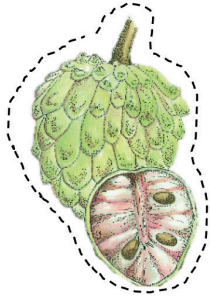
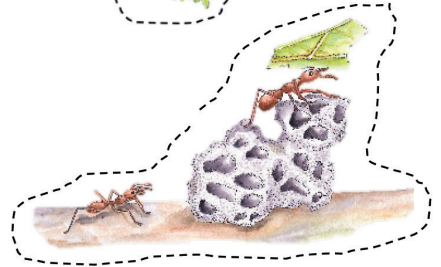
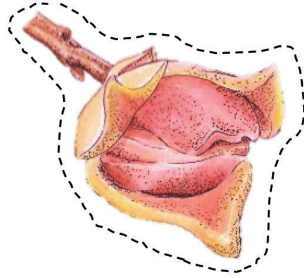
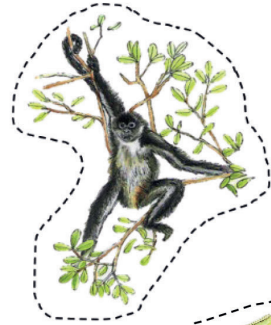
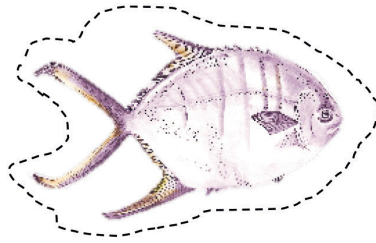
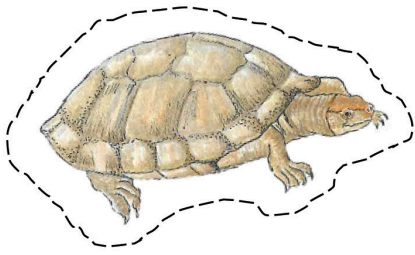


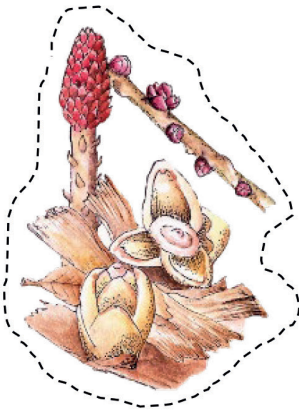
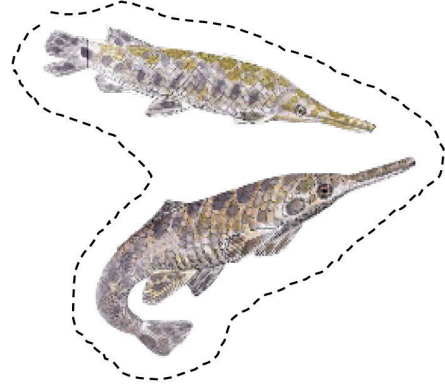
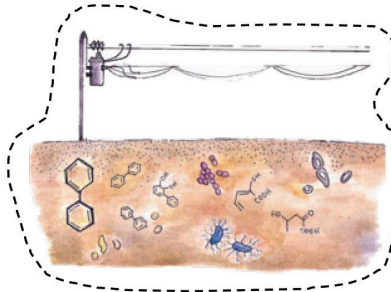
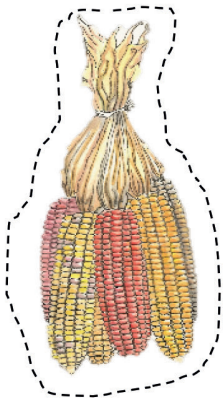
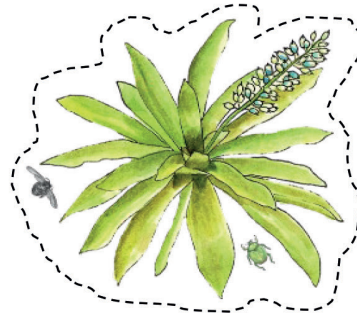
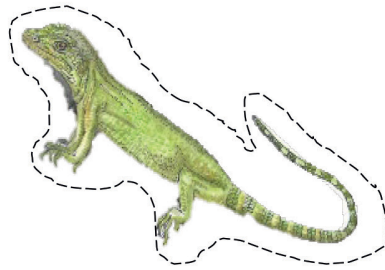
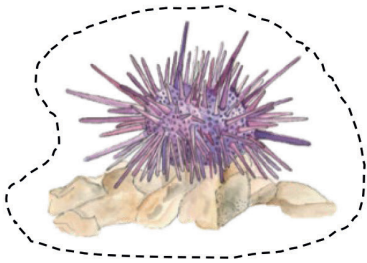
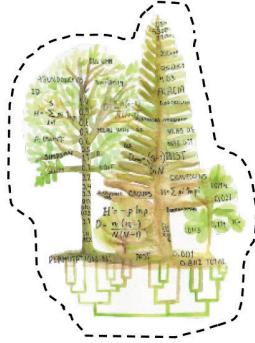
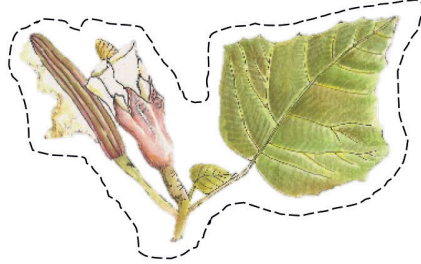
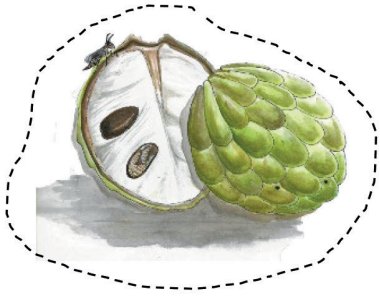
Planta que produce frutos comestibles y moléculas que inhiben bacterias, hongos y virus.



Es uno de los grupos más vistosos y llamativos con alrededor de 10, 800 especies.







Símbolos técnicos utilizados en algunas notas

Para temperatura

°C= grados Celsius

Para unidades de longitud

mm= milímetros

cm centímetros

m= metros

km= kilómetros

Para unidades de tiempo

h= hora

s= segundo

Para unidades matemáticas

%= porcentaje

>= mayor que

<= menor que

Para Unidades químicas

pH= potencial o concentración de iones de Hidrógeno

ADN= ácido desoxirribonucleico

ppm= partes por millón

Rectoría

Mtro. Juan José Solórzano Marcial
RECTOR

Dra. Magnolia Solís López
SECRETARÍA GENERAL

Mtro. Rafael de Jesús Araujo González
SECRETARIO ACADÉMICO

Lic. Víctor Manuel Moreno Constantino
ABOGADO GENERAL

Lic. Enrique Pérez López
DIRECTOR GENERAL DE EXTENSIÓN UNIVERSITARIA

Mtro. Ricardo Hernández Sánchez
INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

**Colección
Jaguar**



UNICACH

*¿Qué y cómo estudiamos las especies
que habitan el trópico?*

Se terminó de imprimir durante el mes de junio de 2021 en MM&R digital S. A. de C. V., Teléfono: (55) 56-88-60-85, Naucalpan de Juarez, Estado de México, con un tiraje de 200 ejemplares. El diseño tipográfico estuvo a cargo de Salvador López Hernández, la corrección de Luciano Villarreal Rodas. El cuidado de la edición fue supervisada por la Oficina Editorial de la UNICACH, durante el rectorado de Mtro. Juan José Solórzano Marcial

La Ciencia puede ser contada de diversas formas, desde aquellas intrincadas y elegantes maneras en las revistas especializadas científicas, en las que cualquier investigador sueña publicar sus hallazgos desde los principios en los que se imaginó descubrir la cura para todos los males o reencontrar una especie que se consideraba extinta o incluso un nuevo bicho en la selva tropical del sur. También existe la posibilidad de explicar sus argumentos filosóficos, matemáticos, médicos, eléctricos o biológicos a un público conocedor en un congreso de renombre mundial, algunos llamados Platón, Albert, Nicola, Marie, Lynn y Antonio lo hicieron tantas veces.

Pero la Ciencia, sus hallazgos, métodos, equivocaciones, objetos y objetivos de estudios, puede ser relatada de otra manera, cuya tentativa es acercarse a personas que no están en el día a día de las investigaciones científicas o que aun no pero un día sí, el privilegio de generar ciencia. Esta otra cara de la luna se llama Divulgación Científica y es hacer que un hecho, una idea, un descubrimiento, llegue a muchas personas en un lenguaje más simple.

Cerca de cincuenta programas de posgrado en México tienen como objeto de estudio la biodiversidad, muchos de ellos apoyados por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología del Gobierno de México. En estos posgrados se estudian bacterias, protistas, hongos, plantas y animales para conocer sus historias de vida, para saber el grado del peligro de perderlos y qué sucedería si esto ocurriera. También se diseñan estrategias para su conservación o aprovechamiento sustentable.

Esta pequeña obra tiene el propósito de divulgar las investigaciones que se desarrollan en estos posgrados. Las historias están contadas por quienes serán en breve los artificios de la nueva ciencia, alumnos de Maestría o Doctorado que estudian la biodiversidad de la región sur-sureste de México.

Esperamos que el libro llegue a cada rincón donde habitan las especies que aquí se relatan y que todo aquel que lo lea, comprenda lo relevante de los estudios sobre la biodiversidad de este país.

Hay cosas que te ayudan a vivir, la ciencia es una de ellas.

