



CIENCIAUANL

Revista de divulgación científica y tecnológica
de la Universidad Autónoma de Nuevo León



- Refugios artificiales para murciélagos en NL
- Un vistazo al sistema de cannabinoides
- Insectos entomófagos contra plagas agrícolas



Año 26,
Número 120
julio - agosto 2023



Una publicación bimestral de la Universidad Autónoma de Nuevo León

Dr. Santos Guzmán López
Rector

Dr. Juan Paura García
Secretario general

Dr. Juan Manuel Alcocer González
Secretario de investigación científica y desarrollo tecnológico

Dr. Guillermo Elizondo Riojas
Director Ciencia UANL

Melissa Martínez Torres
Editora

Consejo Editorial

Dr. Sergio Estrada Parra (Instituto Politécnico Nacional, México) /
Dr. Miguel José Yacamán (Universidad de Texas, EUA) / Dr. Juan Manuel Alcocer González (Universidad Autónoma de Nuevo León, México) /
Dr. Bruno A. Escalante Acosta (Instituto Politécnico Nacional, México)

Redes y publicidad: Jessica Martínez Flores Asistente administrativo: Claudia Moreno Alcocer
Diseño: Orlando Javier Izaguirre González Portada: Francisco Barragán Codina
Correctora de inglés: Georgina Cerda Salvarrey Webmaster: Mayra Silva Almanza
Corrección: Luis Enrique Gómez Vanegas Servicio social: Ángela Michel Ibarra Ayala

Ciencia UANL Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Año 26, N° 120, julio-agosto de 2023. Es una publicación bimestral, editada y distribuida por la Universidad Autónoma de Nuevo León, a través de la Dirección de Investigación. Domicilio de la publicación: Av. Manuel L. Barragán 4904, Campus Ciudad Universitaria, Monterrey, N.L., México, C.P. 64290. Teléfono: + 52 81 83294236. Editora responsable: Melissa Martínez Torres. Reserva de derechos al uso exclusivo No. 04-2021-060322550000-102. ISSN impreso: 2007-1175 ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor; ISSN-E y Licitud de Título y Contenido: en trámite. Registro de marca ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial: 1437043. Impresa por: Serna Impresos, S.A. de C.V., Vallarta 345 sur, Centro, C.P. 64000, Monterrey, Nuevo León, México. Fecha de terminación de impresión: 3 de julio de 2023, tiraje: 1,400 ejemplares.

Las opiniones y contenidos expresados en los artículos son responsabilidad exclusiva de los autores y no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Prohibida su reproducción total o parcial, en cualquier forma o medio, del contenido editorial de este número.

Publicación indexada al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, LATINDEX, CUIDEN, PERIÓDICA, Actualidad Iberoamericana, Biblat.

Impreso en México
Todos los derechos reservados
© Copyright 2023

revista.ciencia@uanl.mx

Ciencia UANL

COMITÉ ACADÉMICO

CIENCIAS DE LA SALUD

Dra. Lourdes Garza Ocañas
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS EXACTAS

Dra. Ma. Aracelia Alcorta García
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS AGROPECUARIAS

Dra. María Julia Verde Star
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS NATURALES

Dr. Rahim Foroughbakhch Pournavab
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS SOCIALES

Dra. Veronika Sieglin Suetterlin
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Dra. María Idalia del Consuelo Gómez de la Fuente
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS DE LA TIERRA

Dr. Carlos Gilberto Aguilar Madera
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

COMITÉ DE DIVULGACIÓN

CIENCIAS DE LA SALUD

Dra. Gloria María González González
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS EXACTAS

Dra. Nora Elizondo Villarreal
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS AGROPECUARIAS

Dr. Hugo Bernal Barragán
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS NATURALES

Dr. Marco Antonio Alvarado Vázquez
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS SOCIALES

Dra. Blanca Mirthala Taméz Valdés
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Dra. Yolanda Peña Méndez
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS DE LA TIERRA

Dr. Héctor de León Gómez
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

ÍNDICE

6 EDITORIAL

8 CIENCIA Y SOCIEDAD



Refugios artificiales para murciélagos en Nuevo León como una acción de conservación

A. Nayelli Rivera-Villanueva, Samantha Dalai-López P.

16 OPINIÓN



Un vistazo al sistema de cannabinoides

Elda Josefina Robles Sierra, Brenda González Hernández

24 EJES



Necrosis hepatopancreática aguda en camarón: prevención y alternativa terapéutica

Karla Alejandra Soto Marfileño, Lucio Galaviz Silva

31 SECCIÓN ACADÉMICA

32

Importancia de los insectos entomófagos y microorganismos entomopatógenos para el manejo agroecológico de plagas y enfermedades agrícolas

Sinue I. Morales-Alonso, Norma Zamora-Avilés

41

Se requieren dos para bailar tango: interacción de dos aminoácidos de Antennapedia con TFIIIE β para el desarrollo de patas en *Drosophila*

Claudia Altamirano-Torres, Carolina Hernández-Bautista, Diana Reséndez Pérez

48 CIENCIA DE FRONTERA



Herramientas de la ecología para la recuperación de conocimientos tradicionales. Entrevista a la doctora Angélica Camacho Cruz

María Josefa Santos Corral

58 SUSTENTABILIDAD ECOLÓGICA

Una mirada a Gaia, el planeta Azul

Pedro César Cantú-Martínez



CIENCIA EN BREVE

66

De imitadores, descubrimientos y calentamiento global

Luis Enrique Gómez Vanegas



COLABORADORES

76

120

EDITORIAL

*Melissa del Carmen Martínez Torres

La investigación en Ciencias Naturales desempeña un papel fundamental en nuestra comprensión y conocimiento del mundo que nos rodea. El presente número, el 120, correspondiente a los meses de julio y agosto, aborda una serie de trabajos que versan sobre los otros seres vivos con los que compartimos planeta.

En Ciencia y sociedad, Nayelli Rivera-Villanueva y Samantha Dalái López nos muestran "Refugios artificiales para murciélagos en Nuevo León como una acción de conservación", en el que nos enseñan cómo podemos comprender mejor el ecosistema y las interacciones entre

los murciélagos y su entorno, lo que nos invita a tomar decisiones empáticas para proteger la biodiversidad y preservar los hábitats de estos mamíferos voladores.

En la sección de Opinión expandiremos nuestros conocimientos sobre la *Cannabis* spp. y su funcionamiento en nuestro cuerpo, con el artículo "Un vistazo al sistema de cannabinoides", de Brenda González Hernández y Elda Josefina Robles Sierra.

En nuestra columna de Ejes, Karla Alejandra Soto Marfileño y Lucio Galaviz Silva abordan la necrosis hepatopancreática aguda, causada por

la bacteria *Vibrio parahaemolyticus*, una grave afectación en los camarones que se ha convertido en una preocupación importante para la industria acuícola, especialmente en las regiones donde se cultiva este crustáceo en grandes cantidades, en el artículo "Necrosis hepatopancreática aguda en camarón: prevención y alternativa terapéutica".

Para Ciencia de Frontera, María Josefa Santos entrevista a la doctora Angélica Camacho, una destacada investigadora que ha dedicado su estudio y trabajo a la preservación de bosques templados como "Herramientas de la ecología para la recuperación de conocimientos tradicionales", en la cual ahondan en el papel crucial de éstos para la conservación de la biodiversidad, la regulación climática, la provisión de servicios ecosistémicos y el sustento de comunidades locales.

Pedro Cantú-Martínez, en su sección Sostenibilidad ecológica, echa "Una mirada a Gaia, el planeta azul", a partir de la hipótesis propuesta por James Lovelock en la década de 1970, según la cual, la Tierra es un sistema autorregulado y autónomo en el que los organismos vivos y los

componentes no vivos interactúan para mantener y regular las condiciones óptimas para la vida en el planeta.

Para profundizar, en la sección Académica tenemos dos propuestas: "Importancia de los insectos entomófagos y microorganismos entomopatógenos para el manejo agroecológico de plagas y enfermedades agrícolas", de Sinue I. Morales Alonso y Norma Zamora-Avilés, y "Se requieren dos para bailar tango: interacción de aminoácidos de Antennapedia con TFIIIE β para el desarrollo de patas en *Drosophila*", de Claudia Altamirano-Torres, Carolina Hernández-Bautista y Diana Reséndez-Pérez.

Finalmente, les invitamos a leer nuestro noticiero científico a cargo de Luis Enrique Gómez, quien nos actualizará sobre las novedades en ciencia y tecnología.

Esperamos disfruten y amplíen sus conocimientos sobre este tema tan importante para la preservación de la Tierra. Además de apreciar la compleja belleza de la naturaleza mediante herramientas para abordar los desafíos actuales y futuros que enfrenta nuestra sociedad.

DESCARGA AQUÍ NUESTRA VERSIÓN DIGITAL



*Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México. Contacto: melissa.martinezt@uanl.mx

Refugios artificiales para murciélagos en Nuevo León como una acción de conservación

A. Nayelli Rivera-Villanueva*, Samantha Dalai-López P.**

DOI: <https://doi.org/10.29105/cienciauanl26.120-1>

Los murciélagos son el segundo orden de mamíferos más diverso en el mundo, sólo después de los roedores. Existen más de 1,400 especies y representan cerca de 20% de toda la diversidad en el planeta. Esta gran variedad se ve reflejada en los distintos hábitos alimenticios que poseen y en los servicios ambientales que brindan, como el control de poblaciones de insectos, la polinización de plantas, la dispersión de semillas para la regeneración de bosques tropicales, entre otros (Kunz *et al.*, 2011; Frick *et al.*, 2020; Cirranello y Simmons, 2022).

De estos servicios ambientales, la supresión de insectos es especialmente benéfica para las poblaciones humanas. Por ejemplo, el control de

* Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México.

** Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, México.

Contacto: nallely.riverav@gmail.com

plagas en la agricultura ayuda a evitar la aplicación de agroquímicos. Además, también ayudan a controlar poblaciones de insectos vectores de enfermedades para el humano, como los mosquitos. Algunos cálculos estiman que la ausencia de murciélagos en Norteamérica podría ocasionar pérdidas económicas de más de 3.7 billones de dólares/año en camagrícolas. Por ejemplo, una colonia de 150 individuos de *Eptesicus fuscus* consume alrededor de 1.5 millones de insectos al año, interrumpiendo los ciclos de vida de algunas plagas agrícolas (Boyles *et al.*, 2011).

Por otro lado, los murciélagos frugívoros (que se alimentan principalmente de frutos) y polinectarívoros (que se alimentan de néctar y polen), contribuyen a la polinización de muchas plantas de importancia ecológica, económica y cultural como los agaves, cactus columnares, mangos, plátanos y pitayas. Y también contribuyen a la dispersión de semillas de plantas cruciales para la regeneración de ecosistemas tropicales y semitropicales. A nivel global polinizan cerca de 528 especies, y en América son responsables de la dispersión de semillas de al menos 549 (Kunz *et al.*, 2011).

A pesar de su importancia, esta familia enfrenta graves amenazas para su conservación, como la pérdida de hábitat, el Cambio Climático y la matanza indiscriminada. Además, existe un déficit de información sobre las tendencias poblacionales de muchas variedades. Por estas razones, 80% de los grupos a nivel mundial requieren acciones de conservación o mayor investigación (Frick *et al.*, 2020).

Frente a este escenario, se han realizado diversas intervenciones para su conservación. Una que se destaca, especialmente en ecosistemas antropizados, es la instalación de refugios artificiales de madera, también conocidos como “bat boxes” o “casitas para murciélagos”, que les permiten tener presencia en donde la disponibilidad de guaridas es baja, como en ecosistemas urbanos y en campos agrícolas.

Las madrigueras artificiales, además de brindar un espacio para estos mamíferos, representan un beneficio para la sociedad gracias a los servicios ambientales que brinda su presencia. De acuerdo con la iniciativa *Conservation Evidence*, en la cual se compilan intervenciones humanas a nivel mundial que poseen evidencia de ser positivas para la biodiversidad, la instalación de *bat boxes* es una acción altamente efectiva y recomendada para su conservación (Sutherland *et al.*, 2021).

Los proyectos de refugios artificiales en entornos urbanizados ofrecen la oportunidad de acompañarse con educación ambiental, dando a conocer las especies de estos mamíferos voladores presentes y los beneficios que otorgan (Lear, 2017). Incluso pueden ser puntos de atracción turística y educativa, como es el caso de los instalados en la Universidad de Florida, Estados Unidos (Pennisi *et al.*, 2004).

Otro beneficio es que pueden servir como alternativa cuando éstos son excluidos de edificios por diversos motivos (Alberico *et al.*, 2004; Pennisi *et al.*, 2004). La colocación de éstos en casos de exclusión no asegura que serán ocupados en todos los casos, pero son una elección recomendada cuando dicha acción es necesaria (Brittingham y Williams, 2000; Hoffmaster *et al.*, 2016; Relcom, s.f.).

La exclusión de murciélagos puede ocurrir, por ejemplo, cuando son considerados como molestia por las personas que ocupan la edificación. Esta consideración puede deberse a prejuicios, como miedo al deterioro de materiales, a la presencia de olores o ruidos considerados desagradables, entre otros motivos (Relcom, s.f.). Otras situaciones en las que puede ser deseable una exclusión es cuando hay posibilidad de interacciones directas humano-murciélago, como sería el caso

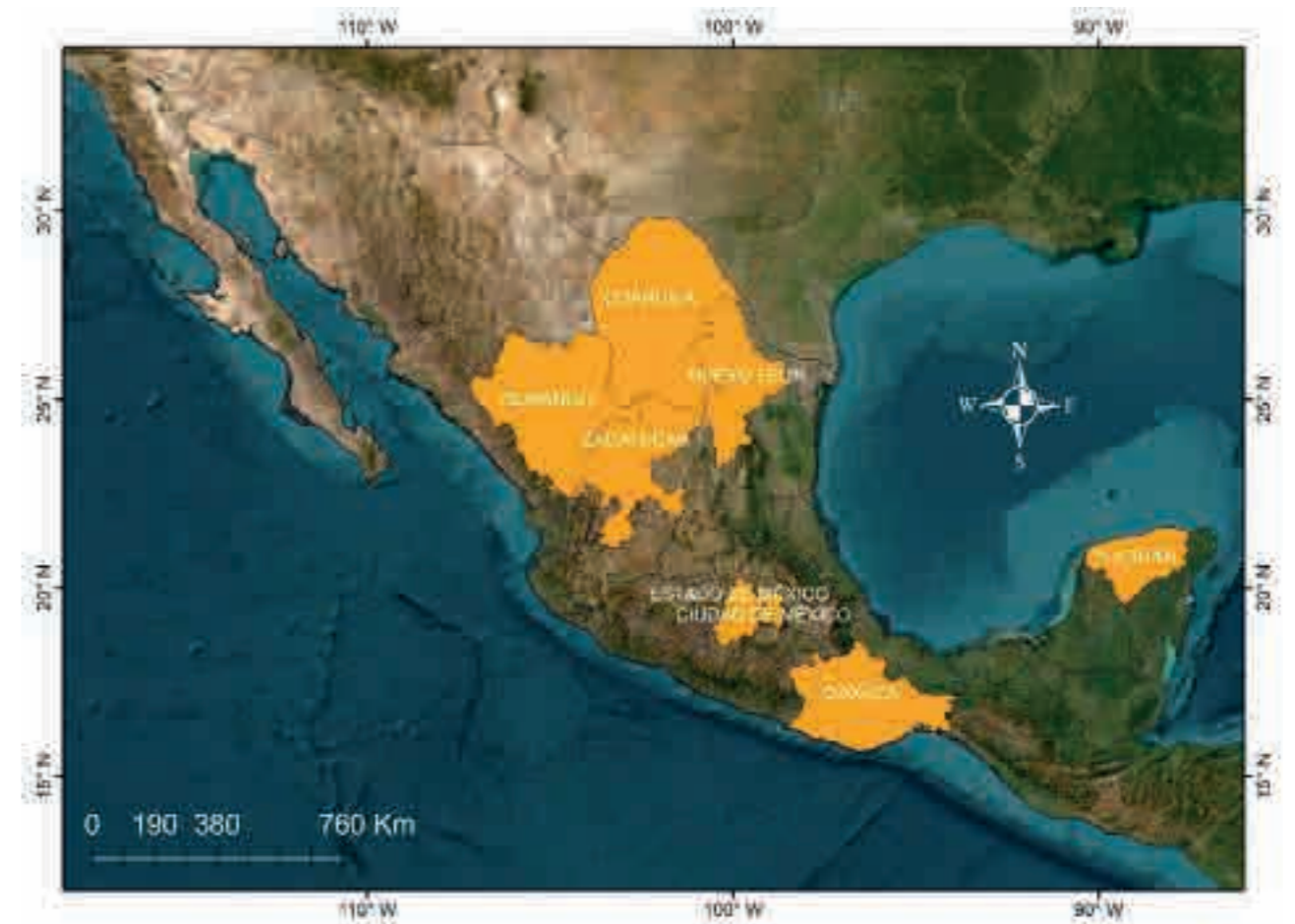


Figura 1. Estados donde se han instalado nidos artificiales para murciélagos en México.

de su presencia al interior de casas, restaurantes, hospitales y dentro de salones de clase (Alberico *et al.*, 2004; Pennisi *et al.*, 2004). Es importante resaltar que al ser los animales silvestres, siempre se debe buscar mantener una distancia entre éstos y el humano, por la seguridad y bienestar, tanto de los animales como de las personas.

En América, los esfuerzos de instalación de *bat boxes* se han concentrado en Estados Unidos y Canadá (Ruegger, 2016; Tillman, Bakken y O’Keefe, 2021). Y en otras partes del mundo, como el área mediterránea de Europa (Lourenço y Palmeirim, 2004; Bideguren *et al.*, 2019) y Australia (Ruegger, 2019). Por esta razón, existen vacíos de información sobre la eficiencia de éstos para las clases que se distribuyen

en México, así como de las condiciones ambientales que prefieren los individuos dentro de las guaridas (temperatura y humedad). Esto resalta la importancia de crear información local que sirva para acciones de conservación de las especies.

Debido a tales vacíos de información, y a la importancia que posee la conservación, un pequeño grupo de mujeres especializadas comenzó el proyecto más grande del país sobre refugios artificiales para estos mamíferos (Rivera-Villanueva y Reyes-Ochoa, 2021). El proyecto BUM o Biodiversidad Urbana de México, con sede en Nuevo León, comenzó con la fabricación de éstos en 2017, y a la fecha se han instalado más de 135 en ocho estados de México.

El 85% (115) se ha instalado en Nuevo León (figura 1), principalmente en áreas urbanas de los municipios de Guadalupe, Monterrey y San Pedro Garza García, pero también en los estados de Coahuila, Durango, Zacatecas, Estado de México, Ciudad de México, Oaxaca y Yucatán (Rivera-Villanueva y Reyes-Ochoa, 2022; BUM, 2022).

De acuerdo con la distribución potencial en el país, y con la ubicación de las *bat box* en Nuevo León, se determinó una posible ocupación de al menos 17 especies. La determinación de éstas se realizó a partir de la búsqueda en bibliografía sobre los grupos que poseen distribución en el estado (Ceballos y Arroyo-Cabralles, 2012) y poseen registros de ocupación de refugios artificiales en otras áreas de estudio (Rueegger, 2016) (tabla I).

De los tipos potenciales identificados, la mayoría son insectívoros, por lo que su importancia ecológica y económica en los ecosistemas urbanos y agrícolas analizados está ligada al control de poblaciones de insectos. Después de identificarlas, se procedió a compararlas con la riqueza de murciélagos registrada en los alrededores de los refugios instalados. Para determinar las especies presentes en las zonas aledañas, se han realizado monitoreos mediante capturas con redes de niebla (Rivera-Villanueva y Reyes-Ochoa, 2022; BUM, 2022). De esta forma se ha registrado la presencia de nueve grupos en los alrededores de las madrigueras (tabla II). Es importante resaltar que las capturas han sido realizadas por biólogos especialistas, siguiendo las recomendaciones del Grupo Especialista de Murciélagos (BSG por sus siglas en inglés) de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza,

para evitar la transmisión de enfermedades de humano a animal, como el uso de cubrebocas y guantes durante la captura. Además, se cuenta con permiso de colecta de Semarnat (SGPA/DGVS/03820/22) para realizar dichas actividades.

El 100% del registro coincide con las potenciales, aunque no se han capturado todas, de acuerdo a Rueegger (2016), como *Antrozous pallidus*, *Desmodus rotundus* y *Perimyotis subflavus*. Para más detalles revisar tabla II.

Otras actividades que se han realizado incluyen los eventos de la “Murci-Semana México”, en conjunto con la *Bat Conservation International*, el *US Forest Service*, la Asociación Mexicana de Mastozoología A.C., Murciélagos de Tlaxcala y Ecoydes, A.C. Los eventos se llevan a cabo durante la última semana de octubre y el objetivo es difundir la importancia de estos mamíferos, además de realizar acciones de conservación en todo el país. En el caso de Nuevo León, el BUM participó en la “Murci-Semana 2022” realizando un taller de construcción de refugios, donde con apoyo de la sociedad civil se montaron 30 casitas. De acuerdo a las dimensiones, se brindará resguardo potencial para más de 3,000 ejemplares en áreas urbanas (Tuttle *et al.*, 2013).

Éstos son algunos de los primeros pasos que se han tomado en pro de la conservación bajo esta iniciativa. Sin embargo, aún falta investigar el éxito de ocupación, los factores que influyen en éste de manera local, entre muchas otras preguntas que el equipo sigue analizando. Por ello, este proyecto se plantea como una actividad a largo plazo, ya que la ocupación de estos refugios puede ser tardada y puede tomar desde meses hasta años; esto se debe a que los individuos tienen que localizarlos de manera natural y considerarlos como posible escondite (Rueegger, 2016; Rivera-Villanueva y Reyes-Ochoa, 2022).

Sumado a esto, no se les puede obligar a ocuparlos, por lo que para incrementar las posibilidades de éxito de las casitas es necesario considerar varios factores. En primer lugar, las características físicas: como tamaño, ventilación y color, ya que afectan a la temperatura y humedad interna. Los murciélagos prefieren refugios que estén por debajo de los 40°C, pues temperaturas superiores a éstas (<40°C) son peligrosas para ellos, cuando se alcanzan se consideran eventos de calentamiento excesivo que pueden causar la muerte de miles de individuos. Por estas razones es necesario llevar un monitoreo constante y a largo plazo.

Tabla I. Especies potenciales a ocupar los refugios artificiales en Nuevo León.

<i>Aeorestes cinereus</i>	<i>Antrozous pallidus</i>	<i>Dasypterus xanthinus</i>
<i>Desmodus rotundus</i>	<i>Eptesicus fuscus</i>	<i>Idionycteris phyllotis</i>
<i>Lasionycteris noctivagans</i>	<i>Myotis auriculus</i>	<i>Myotis californicus</i>
<i>Myotis ciliolabrum</i>	<i>Myotis thysanodes</i>	<i>Myotis velifer</i>
<i>Myotis yumanensis</i>	<i>Nycticeius humeralis</i>	<i>Parastrellus hesperus</i>
<i>Perimyotis subflavus</i>	<i>Tadarida brasiliensis</i>	

Tabla II. Especies capturadas en los alrededores de los refugios artificiales instalados en Nuevo León.

Especies
<i>Aeorestes cinereus</i>
<i>Eptesicus fuscus</i>
<i>Dasypterus xanthinus</i>
<i>Dasypterus intermedius</i>
<i>Myotis californicus</i>
<i>Myotis velifer</i>
<i>Myotis yumanensis</i>
<i>Parastrellus hesperus</i>
<i>Tadarida brasiliensis</i>

Además de la instalación de guaridas artificiales, el colectivo BUM ha realizado eventos de educación ambiental y talleres comunitarios sobre construcción e instalación con el fin de seguir aumentando el número en Nuevo León. A través de estas acciones, la sociedad civil se involucra en la conservación y aprende sobre su importancia mientras cambia la percepción sobre estos animales, convirtiéndose en defensores de la biodiversidad.



En segundo lugar, es necesario considerar las características de la instalación y del área donde se realizará: como la altura, cercanía a cobertura vegetal, presencia de depredadores, cercanía a cuerpos de agua y horas de sol directo (Rueegger, 2016). Estas pueden afectar la preferencia de un escondite por la facilidad de encontrarlo, así como por la cercanía a recursos alimenticios.

Debido a los requerimientos, dicha actividad necesita de monitoreo y seguir las recomendaciones antes y durante el momento de la instalación, de lo contrario se afectará la probabilidad de ocupación. Con esto en mente, y con asesoría de expertos, toda la sociedad puede involucrarse en tal actividad para apoyar directamente a la conservación, teniendo en cuenta que la paciencia es el requisito principal.

A cinco años del comienzo de este proyecto, aún existen muchas acciones a tomar y preguntas que contestar. Desde la recopilación de información importante como cuál es el tiempo promedio de ocupación, las especies y abundancia de individuos por *bat box*, hasta la determinación de los diseños y características ambientales necesarias para una ocupación más exitosa. Esta información es clave para poder llevar a cabo acciones de conservación efectivas basadas en evidencia científica, así como para permitir el crecimiento de dicho proyecto.

La elaboración de casitas, las actividades y talle-

res de educación ambiental que se brindan año con año forman parte de un vínculo entre la investigación científica, la sociedad civil y el gobierno. Afortunadamente, el interés de la sociedad civil por la conservación es cada vez mayor y desde el inicio de este proyecto más de 100 personas han colaborado directamente en la construcción, mientras que más de 1,200 han asistido a las distintas actividades educativas que se han realizado, por lo que esperamos que el interés siga aumentando.

CONCLUSIÓN

A pesar del gran esfuerzo y apoyo que se ha recibido en la construcción e instalación de casitas por parte del gobierno y la sociedad civil, aún quedan bastantes acciones por realizar y preguntas por contestar. El siguiente paso es realizar monitoreos más sistematizados con el fin de conocer el tiempo de ocupación, así como la temperatura y humedad interna que prefieren. Asimismo, se busca seguir realizando actividades de sensibilización sobre la importancia que poseen los murciélagos para los ecosistemas y la sociedad, como el control de insectos plaga, polinización y dispersión de frutos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todos los voluntarios que han apoyado el proyecto de construcción e instalación de refugios.

REFERENCIAS

- Alberico, M., Saavedra-R., C.A., y García Paredes, H. (2017). Criterios para el diseño e instalación de casas para murciélagos: Proyecto CPM (Cali, Valle del Cauca, Colombia). *Actualidades Biológicas*. 26(80):1-7.
- Bideguren, MG., López-Baucells, A., Puig-Montserrat, X., *et al.* (2019). Bat boxes and climate change: testing the risk of over-heating in the Mediterranean region. *Biodiversity and Conservation*. 28(1):2135.
- Biodiversidad Urbana de México. (2022). *Datos de instalación de refugios artificiales para murciélagos en México*. Reporte Interno Biodiversidad Urbana de México. Sin publicar.
- Boyles, J.G., Cryan, P.M., McCracken, G.F., *et al.* (2011). Economic importance of bats in agriculture. *Science*. 332(6025):41-42.
- Brittingham, MC., y Williams, L.M. (2000). Bat boxes as alternative roosts for displaced bat maternity colonies. *Wildlife Society Bulletin*. 197-207.
- Ceballos, G., y Arroyo-Cabrales, J. (2012). Lista actualizada de los mamíferos de México 2012. *Revista Mexicana de Mastozoología*. 2(2):27-80.
- Cirranello, A., y Simmons, N. (2022). *Bat Species of the World: A taxonomic and geographic database*. Disponible en: <https://batnames.org/>
- Kunz, T.H., Braun de Torrez, E., Bauer, D., *et al.* (2011). Ecosystem services provided by bats. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1223(1):1- 38.
- Lear, K. (2017). *Campus Sustainability Grant Report. Build It and They Will Come: Building Bat Houses and Creating Habitat for Bat Conservation and Awareness*. University of Georgia.
- Lourenço, S.I., y Palmerim, J.M. (2004). Influence of temperature in roost selection by *Pipistrellus pygmaeus* (Chiroptera): relevance for the design of bat boxes. *Biological Conservation*. 119(2):237-243.
- Pennisi, L.A., Holland, S.M., y Stein, TV. (2004). Achieving bat conservation through tourism. *Journal of Ecotourism*. 3(3):195-207.
- Red Latinoamericana y del Caribe para la Conservación de Murciélagos (Relcom). (s.f.). *Protocolo de expulsión de murciélagos*. Disponible en: <https://www.relcomlatinoamerica.net/images/PDFs/PROTOCOLO.pdf>
- Rivera-Villanueva, A.N., y Reyes-Ochoa, K.D. (2022). Una nueva casa para los dueños de la noche: refugios artificiales para murciélagos. *Therya ixmana*. 1(1):18-19.
- Rueegger, N. (2016). Bat Boxes-A Review of Their Use and Application, Past, Present and Future. *Acta Chiropterologica*. 18(1):279-299.
- Rueegger, N. (2019). Variation in summer and winter microclimate in multi-chambered bat boxes in Eastern Australia: Potential eco-physiological implications for bats. *Environments-MDPI*. 6(2):1-19.
- Sutherland, W.J., Dicks, L.V., Petrovan, SO., *et al.* (2021). *What Works in Conservation*. Cambridge, UK: Open Book Publishers.
- Tillman, F.E., Bakken, G.S., y O'Keefe, J.M. (2021). Design modifications affect bat box temperatures and suitability as maternity habitat. *Ecological Solutions and Evidence*. 2(4):1-12.
- Tuttle, M.D., Kiser, M., y Kiser, S. (2004). *The bat house builder's handbook*. Bat Conservation International y University of Texas Press.

Descarga aquí nuestra versión digital



Un vistazo al sistema de cannabinoides

Elda Josefina Robles Sierra*, Brenda González Hernández*

<https://orcid.org/0000-0003-4870-1378> <https://orcid.org/0000-0001-5638-4689>

DOI: <https://doi.org/10.29105/cienciauanl26.120-2>



*Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México.
Contacto: brenda.gonzalezhn@uanl.edu.mx

Existen tres tipos de cannabinoides, su estudio ha estado íntimamente relacionado entre sí, por lo que en ocasiones es difícil hablar de unos sin mencionar a los otros. Los primeros en ser descubiertos fueron los fitocannabinoides, que vienen de la planta *Cannabis* spp. (Linneo, 1753).

Después de este descubrimiento se identificaron receptores que modulan la respuesta al uso del cannabis, lo cual fue apoyado con el diseño de lo que ahora conocemos como cannabinoides sintéticos.

Finalmente se encontraron los endocannabinoides, sustancias parecidas a las dos anteriores, pero producidas por el propio organismo (figura 1). La historia de estas sustancias es amplia y es un proceso que lleva por lo menos 60 años y continúa avanzando.

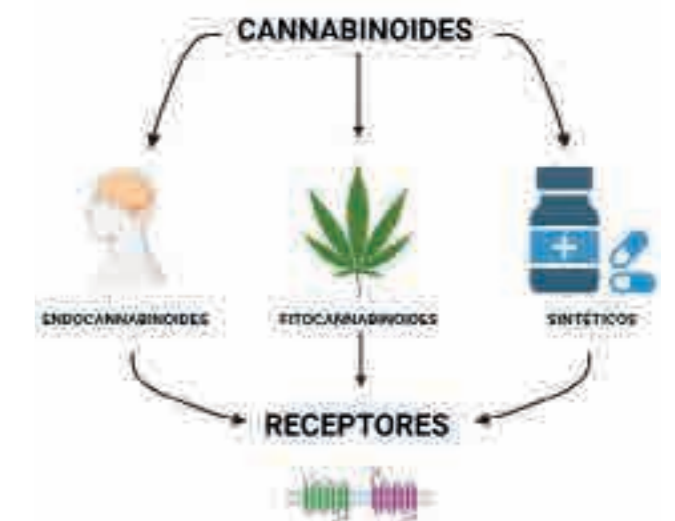


Figura 1. Tipos de cannabinoides y receptores con los que interactúan (fuente: elaboración propia).

HISTORIA

El cannabis es una planta herbácea anual dioica, es decir, que nace y muere dentro de un mismo año y que tiene flores femeninas y masculinas, pertenece a la familia de las cannabáceas; es pariente directo del lúpulo, planta que provee a la cerveza su sabor y aromas característicos. Aunque es una planta polémica en épocas modernas, cuenta con una historia de domesticación tan antigua como el trigo o el maíz que data del 10,000 aC. (Feitas, 2022). Su domesticación implica la selección de plantas con ciertas características deseables, en el caso de la cannabis fueron sus fibras; de acuerdo con estudios paleobotánicos, el proceso de domesticación comenzó en Asia (Li, 1978) y se ha cultivado durante milenios para la fabricación de textiles, cuerdas, redes de pesca y papel, además del aprovechamiento de sus semillas como alimento y para la obtención de aceite. Hasta la fecha se sigue aprovechando de esta manera, pero también se han sumado usos modernos como los bioplásticos y biocombustibles (Rehman *et al.*, 2021).

Por otro lado, el uso medicinal también puede ser considerado milenario; la medicina tradicional china fue pionera en su uso de acuerdo con la farmacopea más antigua del mundo, la *Pen-ts'ao ching*, publicada en el primer siglo de nuestra era (Zuardi, 2006).

Su uso se extendió de manera global a lo largo de los siglos como analgésico, anticonvulsivante, tranquilizante, entre otras indicaciones (Hand *et al.* 2016), pero no fue sino hasta 1753 que se inició su estudio con rigor científico al ser descrita por Carlos Linneo en su libro *Species plantarum*, el punto de partida de la sistemática botánica actual.



Más de un siglo después, al final del XIX, en la Universidad de Cambridge se aisló el cannabinol (Wood *et al.*, 1896), el primer cannabinoide en obtenerse de forma pura, y aunque al principio su estructura no se identificó de manera correcta y se creía que era altamente tóxico, fue el primer acercamiento al conocimiento de las moléculas activas de la planta que hasta la fecha siguen en investigación.

ENDOCANNABINOIDES

El sistema endocannabinoide (SEC) es un mecanismo regulador que se encuentra en el sistema nervioso central (figura 2) y tejidos periféricos de cordados, es decir, animales que tienen columna vertebral, como los reptiles, aves y mamíferos. Este sistema consta de ligandos endógenos o endocannabinoides y una serie de enzimas especializadas para la síntesis y degradación de estas moléculas. Desde sus diferentes componentes, este sistema se perfila como un prometedor blanco terapéutico para diversos padecimientos.

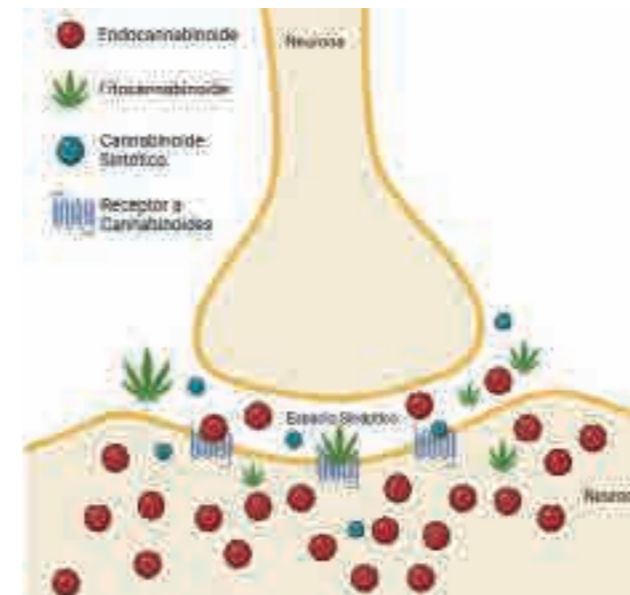


Figura 2. Esquematación del efecto de los diferentes tipos de cannabinoides en las neuronas (fuente: elaboración propia).

El sistema endocannabinoide (SEC) contribuye a la regulación del comportamiento motor, la memoria y el aprendizaje, las respuestas sensoriales, autonómicas y neuroendocrinas. Tiene funciones

neuromoduladoras e inmunomoduladoras (Salzet *et al.*, 2000). Los endocannabinoides más estudiados son la anandamida y el 2-araquidonoilglicerol (2-AG) (figura 3), sin embargo, se han descrito por lo menos 13 (Pertwee, 2017).

Para este sistema se reconocen dos receptores, el CB1 y CB2 (Grotenhermen, 2005), la enzima de degradación más conocida para éstos es la hidrolasa de amidas de ácidos grasos (FAAH), de importancia terapéutica porque puede ser inhibida por el fitocannabinoide cannabidiol, aumentando los niveles de endocannabinoides y potenciando sus funciones.

FITOCANNABINOIDES

Actualmente se reconocen como tal los compuestos terpenofenólicos de 21 carbonos mayormente presentes en las flores femeninas del cannabis, a la fecha se estima que existen 120 distintos (ElSohyl *et al.*, 2017), de los cuales menos de 10% tienen la capacidad de actuar sobre el cuerpo humano.

El tetrahidrocannabinol (THC) es el más conocido (figura 3), sin duda tiene potencial terapéutico, pero es el que le confiere a la planta su naturaleza psicoactiva, por lo que su consumo puede resultar perjudicial para el usuario en diferentes formas.

Éste también es relevante debido a que las pruebas de dopaje que buscan detectar el uso de marihuana están diseñadas para identificar sus metabolitos. Las concentraciones de THC también se utilizan para clasificar las variedades de la planta dentro de la ley, la tolerancia en los niveles de esta molécula puede ser diferente dependiendo del país, pero, en general, cuando están debajo de 0.3% se considera cannabis no psicoactivo o

cáñamo industrial, y cuando los niveles están por encima de este número se le considera cannabis psicoactivo o marihuana (Aguar *et al.*, 2022).

Después del THC, el más popular es el cannabidiol (CBD) (figura 3), dado que no es psicoactivo y ejerce efecto neuromodulador e inmunomodulador en el organismo (Peyravian *et al.*, 2020; Singla *et al.*, 2021), tiene un potencial terapéutico como analgésico, ansiolítico, anticonvulsivo, antidepresivo y antiinflamatorio (Izzo, 2009; Silvestro *et al.*, 2020).

El CBD también es el más aceptado. En 2017, la Organización Mundial de la Salud determinó que: “El cannabidiol, molécula no psicoactiva de la planta *Cannabis sativa* L, no es una sustancia peligrosa, por el contrario, cuenta con un alto potencial terapéutico”, esta declaración fue la conclusión de la Reunión del Comité de Expertos en Farmacodependencia (World Health Organization, 2018). Un año después, la FDA aprobó el fármaco Epidiolex®, un extracto botánico de CBD grado farmacéutico, para el tratamiento de epilepsias de difícil control.

Asimismo, dentro del espectro de cannabinoides con potencial terapéutico destacan el cannabigerol (CBG), cannabinol (CBN), cannabicromeno (CBC) (figura 3), tetrahidrocannabivarina (THCV), cannabidivarin (CBDV) y ácidos como el tetrahidrocannabinólico (THCA) y el cannabidiólico (CBDA) (Turner, 2017), aunque no se profundizará en sus propiedades, es importante mencionar que también se están investigando y muestran resultados prometedores.

Algunos de éstos han sido poco estudiados por su baja concentración dentro de la planta, sin embargo, cuentan también con la capacidad de modular funciones fisiológicas.

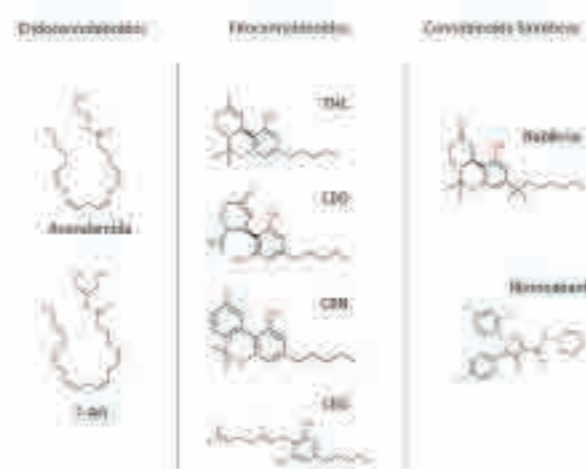


Fig. 3 Ejemplos de estructuras moleculares de los diferentes cannabinoides (fuente: elaboración propia).

CANNABINOIDES SINTÉTICOS

Las primeras investigaciones del sistema endocannabinoide estuvieron íntimamente ligadas con el descubrimiento de los fitocannabinoides y han sido posibles gracias al desarrollo de cannabinoides sintéticos (Ho, 2019) generados en laboratorios con fines médicos y de investigación, como mapear la ubicación de receptores y su función dentro del sistema.

En los usos terapéuticos se han desarrollado análogos de fitocannabinoides y moléculas totalmente nuevas, entre los medicamentos más importantes está la nabilona (figura 3), un análogo del THC, que se prescribe como analgésico y para controlar náuseas y vómito en personas con cáncer.

Otro medicamento importante es el Rimonabant®, un antagonista selectivo del receptor CB1 que se prescribía como supresor del apetito y que estuvo disponible de 2006 a 2008. Sin embargo,

debido a que se registraron muchos reportes de depresión y pensamientos suicidas en sus consumidores, se retiró del mercado. Este acontecimiento se sumó a la evidencia que sustenta que el sistema endocannabinoide está implicado en la regulación del estado de ánimo.

El fracaso del Rimonabant® no ha sido el único desatino que se ha suscitado alrededor de los cannabinoides sintéticos, en los últimos años, su uso con fines recreativos se ha convertido en un problema de salud pública. De acuerdo con el Instituto Nacional sobre el Abuso de Drogas de los Estados Unidos, éstos se rocían sobre materia seca y triturada de plantas para así poder fumarlos, se venden como “marihuana sintética” y pueden afectar el cerebro con mucha más potencia que la natural. Sus efectos reales pueden ser impredecibles y, en algunos casos, más peligrosos, llegando poner en peligro la vida de una persona (NIDA, 2011).

CONCLUSIÓN

El cannabis y el ser humano se han acompañado por miles de años, por lo que es importante continuar realizando investigación científica multidisciplinaria para favorecer la correcta toma de decisiones de los usuarios, los profesionales de la salud y los legisladores. La investigación preclínica establece las bases para conocer los usos potenciales de esta planta y las reacciones del sistema endocannabinoide como blanco terapéutico; es necesario escalar hacia los estudios clínicos para poder utilizar estas sustancias en dosis adecuadas y así contribuir en el tratamiento como coadyuvante en padecimientos dentro de un contexto de medicina basada en evidencias.



REFERENCIAS

- Aguiar, F.C.D.S.P., y Rocha, E.D. (2022). Facing the Forensic Challenge of Cannabis Regulation: A Methodology for the Differentiation between Hemp and Marijuana Samples. *Brazilian Journal of Analytical Chemistry*. 9(34):162-176. Doi: 10.30744/brjac.21793425.AR-42-2021
- ElSohly, M.A., Radwan, M.M., Gul, W., et al. (2017). Phytochemistry of *Cannabis sativa* L. *Prog. Chem. Org. Nat. Prod.* 103:136. Doi: 10.1007/9783319-45541-9_1
- Freitas, H. (2022). Medical Cannabis-A Historical Perspective. *Preprints*, 2022040054. Doi: 10.20944/preprints202204.0054.v1
- Grotenhermen, F. (2005). Cannabinoids. *Current Drug Targets-CNS & Neurological Disorders*. 4(5):507530. Doi: 10.2174/156800705774322111
- Hand, A., Blake, A., Kerrigan, P., et al. (2016). History of medical Cannabis. *J Pain Manage*. 9:387394.
- Ho, T.C., y Tius, M.A. (2019). *Synthesis of Classical/Nonclassical Hybrid Cannabinoids and Related Compounds. In Cutting-Edge Organic Synthesis and Chemical Biology of Bioactive Molecules*, Chapter 11. Springer, Singapore.
- Izzo, A., Borrelli, F., Capasso, R., et al. (2009). Non-psychotropic plant cannabinoids: new therapeutic opportunities from an ancient herb. *Trends Pharmacol. Sci.* 30(10):515-27. Doi: 10.1016/j.tips.2009.07.006
- Linnaeus, C. (1793). *Species Plantarum*. Vol. 1. London.
- Li, H.-L. (1974). An Archaeological and Historical Account of Cannabis in China. *Economic Botany*. 28(4):437-448.
- NIDA. (2011). Febrero 1. *Cannabinoides sintéticos (K2/Spice)-DrugFacts*. Disponible en: <https://nida.nih.gov/es/publicaciones/drugfacts/cannabinoides-sinteticos-k2spice> en 2022, September 20
- Pertwee, R.G. (2015). Endocannabinoids and their pharmacological actions. *Endocannabinoids*, 137. *Handbook of Experimental Pharmacology*. Vol. 231. Springer, Cham. Doi: 10.1007/9783319-20825-1_1
- Peyravian, N., Deo, S., Daunert, S., et al. (2020). Cannabidiol as a novel therapeutic for immune modulation. *ImmunoTargets and Therapy*. 9:131-140. Doi: 10.2147/ITT.S263690
- Rehman, M., Fahad, S., Du, G., et al. (2021). Evaluation of hemp (*Cannabis sativa* L.) as an industrial crop: A review. *Environmental Science and Pollution Research*. 28(38):5283252843. Doi: 10.1007/s11356-021-162645
- Salzet, M., Breton, C., Bisogno, T., et al. (2000). Comparative biology of the endocannabinoid system: possible role in the immune response. *European Journal of Biochemistry*. 267(16): 4917-4927. Doi: 10.1046/j.1432-1327.2000.01550.x
- Silvestro, S., Schepici, G., Bramanti, P., et al. (2020). Molecular targets of cannabidiol in experimental models of neurological disease. *Molecules*. 25(21):5186.
- Singla, R.K., Guimarães, A.G., y Zengin, G. (2021). Application of plant secondary metabolites to pain neuromodulation. *Frontiers in Pharmacology*. 11:623399.
- Turner, S.E., Williams, C.M., Iversen, L., et al. (2017). Molecular Pharmacology of Phytocannabinoids. *Progress in the Chemistry of Organic Natural Products*. Vol 103. Springer, Cham. Doi: 10.1007/9783319-45541-9_3
- World Health Organization. (2018). *Cannabidiol (CBD) Critical review report, expert committee on drug dependence. Expert Committee on Drug Dependence Fortieth Meeting*. Disponible en: https://www.who.int/docs/default-source/controlled-substances/whocbdreportmay2018-2.pdf?sfvrsn=f78db177_2
- Wood, T.B., Spivey, W.N., y Easterfield, T.H. (1896). XL.-Charas. The resin of Indian hemp. *Journal of the Chemical Society, Transactions*. 69:539546.
- Zuardi, A.W. (2006). History of Cannabis as a medicine: a review. *Braz J Psiquiatria*. 28(2):153-7. Doi: 10.1590/s1516-44462006000200015.

Descarga aquí nuestra versión digital





Ejes

EJES

Necrosis hepatopancreática aguda en camarón: prevención y alternativa terapéutica

Karla Alejandra Soto Marfileño*, Lucio Galaviz Silva*

DOI: <https://doi.org/10.29105/cienciauanl26.120-3>

*Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México.
Contacto: karla.sotomrfl@uanl.edu.mx

Hoy en día el camarón, tanto de captura como de criadero, es uno de los más importantes productos pesqueros comercializados internacionalmente. Se trata de uno de los crustáceos más consumidos a nivel mundial en todas sus presentaciones, desde cócteles o aguachiles hasta elegantes banquetes.



En México, debido a su alta demanda y consumo, se ha optado por el cultivo, en lugar de la captura. Esta práctica se ha convertido en una opción para pescadores tradicionales, quienes han puesto en marcha capacitaciones, tecnificación, utilización de centros de acopio y construcción y equipamiento de laboratorios (Conapesca, 2018). Seguro se preguntarán... ¿cómo es el cultivo del camarón? Se crían en grandes estanques de por lo menos un metro de profundidad (figura 1). El sitio suele estar en un estuario o cerca de la costa, para asegurar una fuente cercana de agua salobre o salada. Cuando se cría lejos de la costa se utilizan estanques artificiales, como una clase de “alberca” salada en la que son colocados bajo condiciones controladas para que puedan vivir.

Aunque la producción en el país ha aumentado y se obtienen grandes rendimientos respecto a su producción, el cultivo se ve afectado por diversos agentes infecciosos, como la enfermedad de necrosis hepatopancreática aguda, causada por la bacteria *Vibrio parahaemolyticus* (figura 2). Cabe destacar que el hepatopáncreas es un órgano de vital importancia en el sistema digestivo del camarón, ya



Figura 1. Granja La Atanasia, Cd. Obregón, Sonora (foto: Dr. Lucio Galaviz Silva).

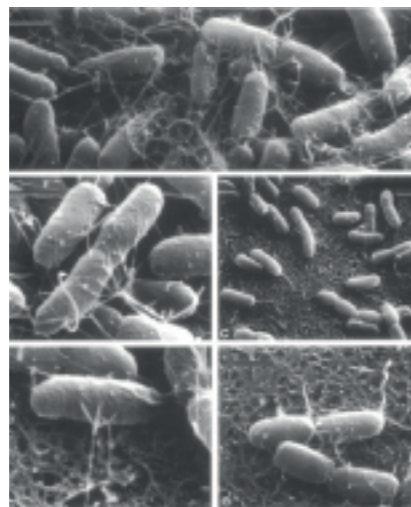


Figura 2. Micrografía electrónica de barrido de la bacteria *Vibrio parahaemolyticus* (Belas y Colwell, 1981).

que se encarga de funciones del metabolismo como la secreción y formación de enzimas que le ayudan a digerir y absorber carbohidratos, grasas y nutrientes provenientes del alimento que este crustáceo consume.

Algunos síntomas que se pueden observar en un camarón afectado por esta enfermedad son nado errático (en espiral), así como crecimiento reducido, el hepatopáncreas del animal se ve pálido o de color blanquecino (figura 3), además se puede observar un tamaño menor en comparación con ejemplares sanos; los camarones enfermos se van hasta el fondo del estanque. Este padecimiento resulta ser grave, en la mayoría de los casos 100% de los afectados muere en los primeros 30 días de cultivo (FAO, 2020).



Figura 3. Camarón blanco juvenil, el de la izquierda está infectado con *Vibrio* patógeno y el derecha está sano (FAO, 2020).

La necrosis hepatopancreática aguda se presentó por primera vez en México en 2013, causando pérdidas económicas por encima de los 118 millones de dólares; aunado a esto, también se observó una falta de respuesta a los antibióticos utilizados comúnmente para combatir enfermedades en granjas camaroneras, afectando profundamente a la industria del país, bajando la producción de 80 a 14 mil toneladas (Conapesca, 2018).

Teniendo en cuenta lo anterior, la pronta detección y el tratamiento oportuno es importante para evitar pérdidas económicas, por lo que se han buscado alternativas y estrategias para poder inhibir el crecimiento y establecimiento del patógeno en los estanques de cultivo.

De forma tradicional, para tratar esta enfermedad se utilizan antibióticos, sin embargo, los encargados de las granjas camaroneras han observado que la respuesta a los medicamentos administrados era poca o, en algunos casos, nula, por lo que los camarones tratados terminaban muriendo. Debido a esto, los acuicultores y científicos del ámbito comenzaron a pre-



Figura 4. Antibiograma realizado para determinar la sensibilidad de bacterias hacia ciertos antibióticos (Cercenado y Saavedra-Lozano, 2009).

guntarse el porqué esta falta de respuesta, y realizaron diversos experimentos para resolver esta incógnita.

Una de las técnicas que resolvió la duda fue el ya famoso antibiograma (figura 4), que consiste en sembrar, en una caja de Petri (un recipiente donde se colocan las bacterias en un medio de cultivo para su apto crecimiento), *Vibrio parahaemolyticus* con discos de papel impregnados con diferentes tipos de antibióticos. Pasando un tiempo, generalmente un día, se ven pequeños halos, zonas transparentes, si estas bacterias son sensibles al antibiótico, o bien, si no es así, hay ausencia de estas zonas. Después de realizar este estudio, los investigadores descubrieron que esta bacteria era resistente a varios de los antibióticos utilizados comúnmente como tratamiento para

combatirla; cabe aclarar que lo más recomendable es minimizar el uso de éstos, considerándolo como último recurso en operaciones de cultivo de camarón, así como cualquier tratamiento con antibióticos treinta días antes de realizar la cosecha, por lo cual se comenzaron a buscar alternativas a su uso.

Una de las alternativas que los científicos postularon fue el uso de probióticos. Pero, ¿qué son los probióticos?... Es común que escuchemos esta palabra en la televisión, o la veamos en anuncios, o en productos que consumimos normalmente, como el yogurt. Los probióticos son microorganismos benéficos, es decir, que no hacen daño cuando se consumen, que tienen como misión ayudarnos a combatir enfermedades, a mejorar la absorción de nutrientes, a lograr un equilibrio microbiano en la

ya famosa microflora intestinal, la cual debería en realidad ser conocida como microbiota intestinal, entre otros beneficios. El efecto que tienen en los camarones es similar al que tienen en nosotros, pero no sólo eso, también mejoran la calidad del agua donde se encuentran.

De los beneficios que brindan los probióticos a los camarones (figura 5) podemos mencionar que están relacionados con la modulación y estimulación del sistema inmune, es decir, los protegen de enfermedades por bacterias patógenas induciéndolo a responder y “sacar su línea de defensa” contra estas bacterias. Por otro lado, compiten con patógenos por sitios de unión al sistema gastrointestinal del camarón, previniendo que se establezcan y así evitan que éste se enferme. Otras bacterias probióticas producen moléculas que ayudan a eliminar a las patógenas, como *Lactobacillus sp.*, también consumido por nosotros, estas bacterias producen pequeñas moléculas que ayudan a combatir a patógenas, ácidos grasos y proteínas bactericidas, lo cual mejora la resistencia a enfermedades.

La competición por nutrientes es otro mecanismo utilizado por

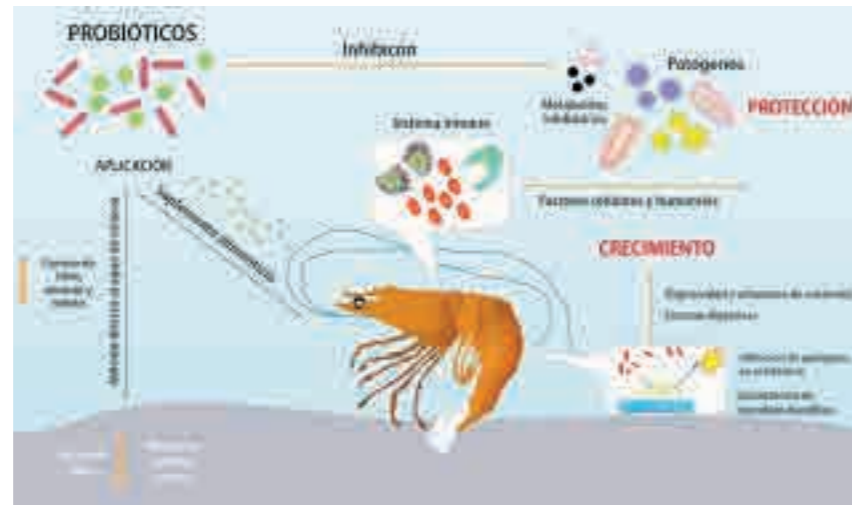


Figura 5. Mecanismos de acción probiótica en el camarón (Lazado *et al.*, 2015; traducción de los autores).

las bacterias probióticas. En este caso, hay bacterias que compiten contra patógenos por nutrientes esenciales para que puedan crecer y reproducirse, por ejemplo, el hierro, esencial para muchas funciones bacterianas, y lo que hacen los probióticos es crear un ambiente en el que no está disponible este elemento para las bacterias patógenas, siendo letal para ellas.

Finalmente, otro mecanismo que vale la pena mencionar es que los probióticos producen enzimas (proteínas que catalizan reacciones químicas en los seres vivos) digestivas, mejorando la digestibilidad o disponibilidad de los nutrientes del alimento y aprovechamiento de éste.

CONCLUSIONES

Actualmente hay diversos estudios enfocados en la búsqueda y formulación de alimento adicionado con probióticos, para de esta manera disminuir el uso de antibióticos, combatir enfermedades y mejorar el cultivo de camarón; además, como se mencionó anteriormente, para prevenir el desarrollo de bacterias multirresistentes a antibióticos. Así que la próxima vez que los consumas en coctel, empanizados o en aguachile... piensa que éstos son objeto de estudio en el mundo, en lo que respecta a las medidas de sanidad e inocuidad alimentaria durante el cultivo y prevención de enfermedades.

REFERENCIAS

- Cercenado, E., y Saavedra-Lozano, J. (2009). El antibiograma. Interpretación del antibiograma: conceptos generales (I). *Desde el Laboratorio a la Clínica*. 7(4):214-217.
- Conapesca. (2018). *Cultivo de camarón, producción acuícola de calidad*. Disponible en: <https://www.gob.mx/conapesca/articulos/cultivo-de-camaron-produccion-acuicola-de-calidad?idiom=es>
- FAO. (2020). *Shrimp acute hepatopancreatic necrosis disease strategy manual*. *Fisheries and Aquaculture Circular*. Disponible en: <https://www.fao.org/3/cb2119en/CB2119EN.pdf>
- Instituto Nacional de Pesca. (2018). *Acuicultura del Camarón Blanco*. *Acuicultura Comercial*. Disponible en: <https://>

- www.gob.mx/inapesca/acciones-y-programas/acuicultura-camaron-blanco-del-pacifico
- Lazado, CC., Lacsamana, J.I., y Caipang, C.M. (2015). Mechanisms of probiotic actions in shrimp: Implications to tropical aquaculture. In: Caipang, C.M.A., Bacano-Maningas, M.B.I., y Fagutao, F.F. (eds.). *Biotechnological Advances in Shrimp Health Management in the Philippines*. Kerala, India: Research Signpost.
- Noriega-Orozco, L., Acedo-Félix, E., Higuera-Ciapara, I., *et al.* (2007). Pathogenic and non pathogenic *Vibrio* species in aquaculture shrimp ponds. *Rev Latinoam Microbiol*. 49(3-4):60-67.
- Parker, R. (1974). Probiotics, the other half of the antibiotic story. *Anim. Nutr. Health*. 29:4-8.
- Belas, M.R., y Colwell, R.R. (1981). Scanning electron microscope observation of the

- swarming phenomenon of *Vibrio parahaemolyticus*. *Journal of Bacteriology*. 150(2):956-959.
- Roque, A., Molina-Aja, A., Bolan-Mejía, C., *et al.* (2001). In vitro susceptibility to 15 antibiotics of vibrios isolated from penaeid shrimps in Northwestern Mexico. *International Journal of Antimicrobial Agents*. 17(2001):383387.
- Sánchez-Ortiz, AC., Angulo, C., Luna-González, A., *et al.* (2016). Effect of mixed-Bacillus spp isolated from pustulose ark *Anadara tuberculosa* on growth, survival, viral prevalence and immune-related gene expression in shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Fish Shellfish Immunol*. 59:95-102.
- Verschuere, L., Rombaut, G., Sorgeloos, P., *et al.* (2000). Probiotic bacteria as biological control agents in aquaculture. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 64:655-671.

Descarga aquí nuestra versión digital



IMAGINARIA

La revista *CIENCIA UANL* te invita a publicar tus cuentos de ciencia ficción, dibujos, poemas, cómics o fotografías en la sección imaginaria, un espacio dedicado a las muestras artísticas.

Si estás interesado, manda un correo a esta dirección revista.ciencia@uanl.mx para mayor información



DI DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

SECCIÓN ACADÉMICA

SECCIÓN ACADÉMICA

Importancia de los insectos entomófagos y microorganismos entomopatógenos para el manejo agroecológico de plagas y enfermedades agrícolas

Se requieren dos para bailar tango: interacción de dos aminoácidos de *Antennapedia* con TFIIE β para el desarrollo de patas en *Drosophila*



Importancia de los insectos entomófagos y microorganismos entomopatógenos para el manejo agroecológico de plagas y enfermedades agrícolas

Sinue I. Morales-Alonso*, Norma Zamora-Avilés**

Orcid ID: 0000-0002-7300-5086 Orcid ID: 0000-0002-4502-0908

DOI: <https://doi.org/10.29105/cienciauanl26.120-4>

RESUMEN

El desequilibrio de agroecosistemas es uno de los problemas más importantes que afectan, desde luego, al sector agrícola. Las dificultades más recurrentes son: la incidencia de insectos plaga y malezas o microorganismos patógenos de plantas. Para contrarrestarlos es necesario conocer la biodiversidad que puede ayudar a disminuir los daños ocasionados por insectos, plantas o microorganismos patógenos. Por ejemplo, existen insectos parasitoides o depredadores que se han utilizado con éxito en México y el mundo, así como microorganismos antagonistas (bacterias, hongos etcétera) que son capaces de inhibir el crecimiento de otros microorganismos patógenos de plantas (hongos, bacterias), o bien, hay microorganismos que se utilizan con éxito en la actualidad como promotores de crecimiento vegetal (hongos micorrízicos y bacterias). La agrobiodiversidad en los agroecosistemas tiene como objetivo resarcir los daños causados por la agricultura convencional, logrando un equilibrio en la conservación de recursos presentes en éstos. En general, este artículo muestra la biodiversidad benéfica que puede encontrarse en los agroecosistemas, su efecto en cultivos y su acción como parte esencial de un manejo agroecológico.

Palabras clave: Insectos benéficos, agroecología, parasitoides, depredadores.

ABSTRACT

Agroecosystem imbalance is one of the most important problems affecting, of course, the agricultural sector. The most recurring difficulties are: the incidence of pest insects, weeds or plant pathogenic microorganisms. To counteract them, it is necessary to know the biodiversity that can help reduce the damage caused by insects, plants or pathogenic microorganisms. For example, there are parasitoid or predatory insects that have been used successfully in Mexico and the world, as well as antagonistic microorganisms (bacteria, fungi, etc.) that are capable of inhibiting the growth of other plant pathogenic microorganisms (fungi, bacteria). Or, there are microorganisms that are currently used successfully as plant growth promoters (mycorrhizal fungi and bacteria). Agrobiodiversity in agroecosystems aims to compensate for the damage caused by conventional agriculture, achieving a balance in the conservation of the resources present in said agroecosystems. In general, this article shows the beneficial biodiversity that can be found in agroecosystems, its effect on crops and its action as an essential part of agroecological management.

Keywords: *beneficial insects, agroecology, parasitoids, predators.*

El desabasto de alimentos primarios será siempre un tema recurrente y de gran interés en México y el mundo. En menos de veintiocho años, la población mundial llegará a los nueve mil millones de habitantes y la producción agrícola deberá incrementar hasta en 20% (Sosa y Ruíz, 2017). Para asistir el acceso físico, social y económico a alimentos necesarios para la alimentación individual, familiar y de la población (seguridad alimentaria) ha sido necesario establecer una agricultura convencional bajo un sistema conocido como monocultivos de manera extensiva e intensiva por más de sesenta años, iniciativa impulsada por el Dr. Norman Ernst Bourlaug y apoyada por el Gobierno Federal de México. Luego de la implementación de una serie de acciones para el mejoramiento fitogenético, el aumento importante en la productividad agropecuaria y de lograr una cobertura significativa en la oferta de alimentos, este paquete tecnológico fue adoptado por otros países.

Sin embargo, esta tecnología ha generado una serie de problemas a través del tiempo, como el cambio de uso de suelos, contaminación en el medio ambiente, pérdida de la biodiversidad, dependencia a agroquímicos, problemas a la salud humana, rendimientos bajos e incidencia de plagas más frecuentes y que persisten hasta hoy en día; por lo que especialistas en el área han pronosticado que para 2050 no se estará atendiendo la demanda de alimentos y se pasará de un estatus de seguridad alimentaria a inseguridad alimentaria.

Ante este contexto problemático, se han desarrollado nuevas propuestas para atender los diversos problemas derivados de la agricultura convencional y lograr de este modo una producción suficiente, sin causar efectos colaterales al medio ambiente, la biodiversidad y la salud humana. De manera integral a las prácticas agronómicas ya existentes, se ha iniciado la implementación de estrategias de conservación y mejoramiento del suelo, de uso de microorganismos (hongos y bacterias) mejoradores de suelo y promotores de crecimiento, de rotación de cultivos, de policultivos y de control agroecológico de enfermedades

y plagas. Estas propuestas están encaminadas a buscar una mejor armonía entre la agricultura y el ambiente.

La agroecología sobresale como enfoque principal en la agricultura, con el objetivo de resarcir los daños por la agronomía convencional de modo que se logre un equilibrio en la agrobiodiversidad y conservación de recursos presentes en los agroecosistemas, se estimule la capacidad de recuperación frente a situaciones adversas –propiedad a la que se denomina resiliencia– y, por consecuencia, exista un impacto socioeconómico y cultural.

En este sentido, uno de los problemas recurrentes y presentes desde los inicios de la agricultura, mencionado anteriormente, es de índole fitosanitario. Se trata del daño por insectos plaga, microorganismos patógenos y malezas en los agroecosistemas convencionales en México, el cual causa grandes pérdidas. Por ejemplo, *Diaphorina citri* causó la pérdida de hasta 50% en la producción citrícola (Senasica, 2019); una estrategia aplicada en automático por el productor ha sido recurrir al uso de insecticidas de síntesis química. Sin embargo, paralelo al uso de agroquímicos, se han implementado algunos métodos desde principios del siglo XX hasta la actualidad, como alternativas al uso de insecticidas químicos, por ejemplo:

- El control biológico, que consiste en el uso de insectos benéficos (depredadores o parasitoides) y microorganismos entomopatógenos para controlar plagas agrícolas, forestales y urbanas.
- Manejo integrado de plagas, cuyo objetivo principal radica en utilizar cualquier método de control o tipo de práctica, para establecer la sustentabilidad en el manejo rural.
- Manejo agroecológico de plagas y enfermedades (MAPE), este método es el de más reciente implementación e involucra a todos los anteriores. Incluye factores ecológicos, como conceptos y principios básicos para la gestión de siembras sostenibles, la

* Universidad La Salle Bajío, León, México. Contacto: smorales@lasallebajio.edu.mx

** El Colegio de la Frontera Sur, Agricultura, Sociedad y Ambiente, Chiapas, México. Contacto: normazam@gmail.com

cual, además, considera una parte crucial, la situación socioeconómica y cultural del sitio donde se aplica.

Sin embargo, para que el MAPE trabaje de manera armónica en un agroecosistema y cumpla su objetivo, debe existir una serie de recursos que den paso a diversos procesos biológicos dentro del sistema. Por lo tanto, la agroecología se debe entender de manera holística, ya que implica cualidades de sustentabilidad, estabilidad biológica, conservación de recursos, equidad y cultura, junto con el objetivo de lograr una mayor producción.

Bajo este contexto, la agroecología cuestiona siempre al monocultivo y todas las prácticas agronómicas que demanda este sistema de producción, y que gradualmente causan pérdidas de la agrobiodiversidad – variedad de organismos vivos que interactúan entre sí, así como con el agroecosistema en que se encuentran–, incluidos los insectos entomófagos y microorganismos entomopatógenos utilizados en el MAPE y dañando las interacciones tróficas de los procesos biológicos que realizan organismos productores, consumidores y descomponedores en los distintos nichos y niveles tróficos dentro del agroecosistema.

Insectos parasitoides, depredadores, o bien microorganismos como bacterias, hongos, actinomicetos y virus pueden ser capaces de generar interacciones y brindar un servicio ecológico al productor en los agroecosistemas. Por ejemplo, en los suelos existe una microfauna que desarrolla funciones como biocontroladores hacia fitopatógenos presentes en diversos sembradíos como el género *Bacillus* spp., *Trichoderma* spp. o *Pseudomonas* spp., o como promotores de crecimiento, por sus capacidades metabólicas de asimilar fuentes de carbono y de producir energía a partir de compuestos orgánicos e inorgánicos –y de esta manera contribuir en la fertilización del suelo y en la disposición de nutrientes para las

plantas– (figura 1). En este sentido, el presente artículo tiene como objetivo hacer una descripción de la importancia de la agrobiodiversidad de insectos y microorganismos utilizados como alternativa agroecológica en la protección de labranzas en los agroecosistemas.



Figura 1. Microorganismos benéficos en cultivos, *hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y **promotores del crecimiento vegetal (PCV) (*Trichoderma* spp.: Verma y Valero, 2007; *Pseudomonas* spp.: Otero-Osman *et al.*, 2020). *Bacterias fijadoras de nitrógenos (BFN) y **solubilizadoras de fósforo (BSF) (*Rhizobium* spp.: Sciencephotolibrary, 2022; *Azotobacter* spp.: Gospodaryov y Volodymyr, 2011; *Bacillus* spp.: Sanmukh Joshi, 2019; *Glomus*: Furrázula *et al.*, 2018).

Al respecto, existen microorganismos cuya acción como estimuladores de crecimiento ha sido demostrada, los cuales, desde luego, pueden propiciar la implementación en el manejo agroecológico de siembras de importancia agropecuaria. Por ejemplo, *Azospirillum* spp. ha demostrado tener efecto en raíces de numerosos pastos (silvestres y cultivados) y cereales tras detectar a) incremento en peso seco total, concentración de nitrógeno en follaje y grano, número total de espigas, espigas fértiles y mazorcas; b) floración y aparición de espigas más temprana; c) incremento en el

número de espigas y granos por espiga; d) plantas más altas e incremento en el tamaño de la hoja, y e) tasas de germinación más altas (De-Bashan *et al.*, 2007). *Bacillus amyloliquefaciens* puede llegar a incrementar la fijación del nitrógeno atmosférico e incremento de la germinación y el desarrollo de plántulas en lechuga (*Lactuca sativa*) (Villegas-Espinoza *et al.*, 2014). El género *Pseudomonas* spp. ha demostrado su efecto sobre lechuga, ayudando a la solubilización de roca fosfórica, incremento significativo de biomasa y de desarrollo de las plantas (Sánchez López *et al.*, 2014). Y *Bacillus subtilis* tiene un efecto antagonista sobre fitopatógenos como *Fusarium* sp., además de estimular el incremento de la longitud, peso radicular y peso fresco (Betancurt *et al.*, 2006)

LA AGROBIODIVERSIDAD Y SU PAPEL PARA EL CONTROL DE PLAGAS

La agrobiodiversidad se puede entender de dos formas: como variabilidad de los recursos fitogenéticos que contribuyen a la alimentación y a la agricultura, y de forma sistémica, englobando la diversidad completa de organismos que habitan en los paisajes agrícolas y asociados, incluso la biota.

Retomaremos la referencia a la “forma sistémica” para hacernos las siguientes preguntas: ¿qué entendemos por agrobiodiversidad y qué papel juega en el control de plagas agrícolas?

Partiremos de que existen dos grandes grupos de insectos utilizados como alternativa para el control de plaga dentro de la agrobiodiversidad, uno etiquetado como insectos entomófagos y el otro como microorganismos entomopatógenos. Ambos se encuentran de manera natural en los agroecosistemas, pero también pueden ser producidos artificialmente en condiciones de laboratorio y, posteriormente, ser liberados en los sistemas de cultivo.

Por ejemplo, en el suelo podemos encontrar una agrobiodiversidad importante de microorganismos: virus, bacterias u hongos clasificados como microfauna. También se encuentra mesofauna, que se compone de organismos invertebrados: gusanos, arañas, miriápodos e insectos. Las interacciones que ocurren con esta diversidad pueden ser benéficas o perjudiciales, esto dependerá de factores medioambientales: condición de suelo, presencia de plagas, malezas o microorganismos patógenos (figura 2).

Por otro lado, y atendiendo la segunda pregunta, iniciemos entendiendo el concepto de insecto plaga, éste causa algún daño a las plantaciones e impacta directamente la productividad. Algunas plagas de importancia económica en nuestro país son los pulgones (*Aphis* spp.) y la mosquita blanca (*Bemisia* spp.), que pueden atacar a solanáceas como papa, tomate, chile y algunas otras hortalizas; otro ejemplo más específico es el “picudo del chile” (*Anthonomus eugenii*), que consume el fruto de chile, todas éstas consideradas como plagas polífagas. También existen las plagas rizófagas, que se alimentan de raíces, como la gallina ciega (*Phyllophaga* spp.), que tiene mayor presencia en gramíneas; la mosca de la fruta (*Anastrepha* spp.), que consume mango, guayaba, entre otras, o el psílido asiático de los cítricos (*Diaphorina citri*), que se alimenta de la savia en árboles de cítricos.

Las malezas también causan impacto en la pérdida de cosecha y, debido a su facilidad de propagación y captación de nutrientes, debilitan las labores, lo cual se refleja en la productividad. La maleza puede ser alguna planta o un conjunto de éstas que crece en un lugar no deseado. Algunos ejemplos son las herbáceas o pastos (*Rottboellia cochinchinensis*), o bien, algunas parásitas (*Cuscuta indecora*, *Urochloa panicoides* o *Polygonum convolvulus*).

Por último, los fitopatógenos, que hacen referencia a hongos, bacterias, virus o nemátodos, que causan alguna enfermedad a la planta, mostrando efectos ne-

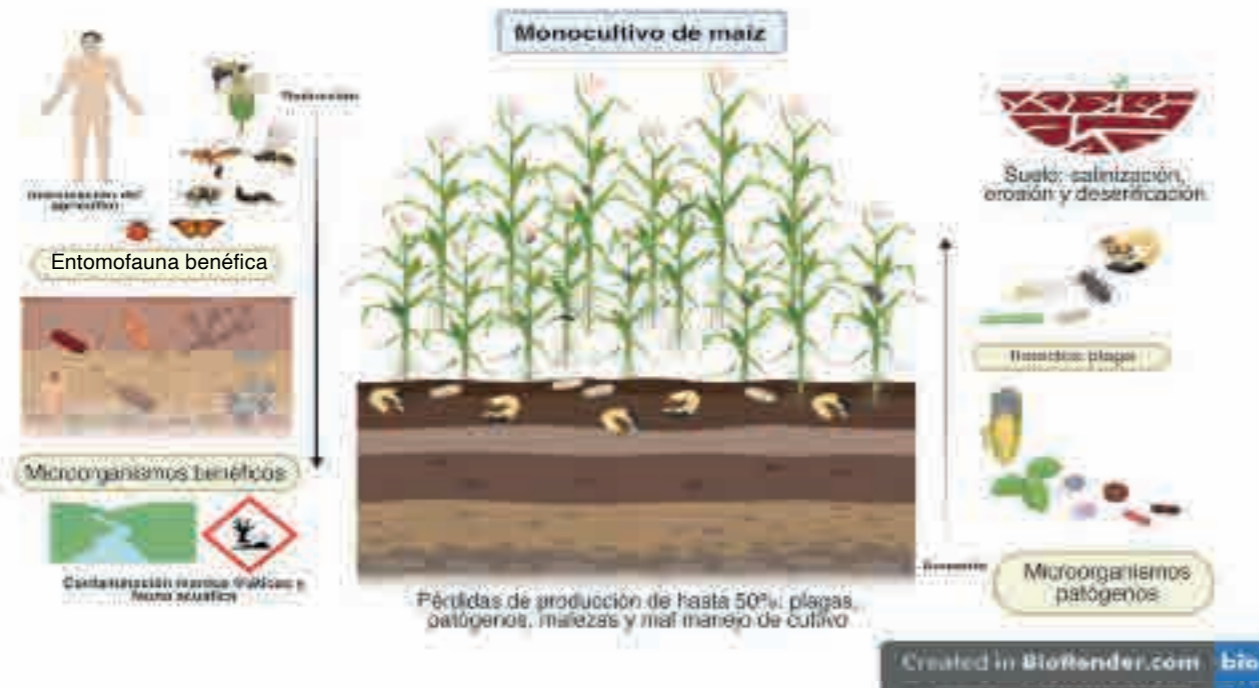


Figura 2. Problemas recurrentes en la intensificación de monocultivos de maíz (imagen: elaboración propia).

gativos en su estructura o su funcionamiento fisiológico y, por consiguiente, algún daño directo en la producción de cualquier sembradío. Los patógenos con mayor incidencia en los agroecosistemas de México son hongos, del género *Fusarium* spp., *Botritis* spp., *Phytophthora* spp., *Pestalotopsis* spp., entre otros.

MICROORGANISMOS ENTOMOPATÓGENOS

El uso de microorganismos es primordial en el manejo agroecológico de plagas, acción que se caracteriza por aprovechar la capacidad de estos agentes al causar una patogenicidad sobre el insecto plaga, entre estos encontramos bacterias, hongos, virus, entre otros. Lo interesante de estos agentes patógenos es su mecanismo de acción una vez que entran en contacto con el cuerpo del insecto o son ingeridos por el mismo.

Para comprender con mayor detalle la función de esta microfauna y su papel como controladores de insectos plaga, se describe a continuación:

- Bacterias. Deben ser tragadas por el insecto plaga porque su acción de daño sucederá en las células intestinales. Una vez en el sistema digestivo, la bacteria producirá y liberará toxinas en forma de cristales, éstos se activan al solubilizarse en el sistema digestivo, degradando las paredes intestinales y ocasionando la muerte celular del insecto.
- Hongos. Actúan por contacto sobre el cuerpo del insecto, la espora se adhiere a la cutícula del insecto, donde se dará la germinación y la formación del apresorio, con la consecuente penetración de la cutícula, el crecimiento lateral y la penetración en la epidermis. La fase final de acción del hongo consiste en la agregación de los hemocitos en el lugar de penetración fúngica, seguida de la fagocitosis de cuerpos hifales por células fagocitas del insecto, la propagación en

el hemocele, la transformación a cuerpo hifal, finalizando con la esporulación y germinación que, luego de atravesar la cutícula del insecto, culmina con la diseminación de las esporas, resultando en la muerte del insecto.

- Virus. Las larvas ingieren los cuerpos de inclusión virales (CIV), éstos se disuelven por el pH alcalino del intestino medio y liberan los viriones que atraviesan la membrana peritrófica. Los viriones liberan las nucleocápsides (NC) que se fusionan con la membrana de las células epiteliales del intestino y las infectan. Las NC se replican en el núcleo y salen de las células epiteliales en forma de viriones para infectar otras células, al final de la infección secundaria se forman nuevos CI que son liberados al ambiente cuando la larva muere y el tegumento se rompe (sucede una epizootia).

INSECTOS ENTOMÓFAGOS

Los insectos entomófagos, llamados también insectos benéficos, incluyen parasitoides y depredadores. La mayor parte de los parasitoides pertenecen al orden *Hymenoptera* (avispas) y, en menor proporción, al orden *Diptera* (moscas); en el caso de los depredadores, pertenecen a órdenes como *Coleoptera*, *Hemiptera*, *Neuroptera*, *Thysanoptera* y *Dermoptera*. Entre los beneficios que aportan se encuentra que son dispersores de polen, transmisores o vectores de entomopatógenos a poblaciones de insectos plaga. De esta forma generan infecciones naturales para el control natural de insectos y fungen como controladores naturales de otros insectos, puntualmente, de insectos plaga de importancia económica en la agricultura. Para comprender con mayor de-

talle el servicio ecológico que brindan, se abordará cada uno de estos grupos:

- Los parasitoides son insectos que, durante su etapa inmadura, huevo y larva, se desarrollan en el cuerpo de otro (lo llamaremos hospedero), y esta acción ofrece beneficios de control natural de plagas dentro de los agroecosistemas. El parasitismo se puede dar de manera interna (endoparasitoide) o externa (ectoparasitoide). El parasitoide causa la muerte sobre su insecto plaga hospedero al término de su etapa inmadura, emergiendo el adulto. En su etapa adulta, se alimenta de néctar y puede buscar nuevos insectos hospederos para seguir su ciclo de vida.
- Los depredadores son insectos que, al eclosionar del huevo, y con una respuesta innata, se dedican a alimentarse vorazmente de otros insectos (presa) al igual que en la etapa adulta. Lo interesante es que los hospederos o presas son mayoritariamente catalogados como plagas de importancia económica en el sector agropecuario.

Es importante mencionar que para que los microorganismos entomopatógenos o insectos entomófagos (enemigos naturales) logren su función y efectividad como reguladores de insectos plaga bajo el contexto de un MAPE, debe existir un manejo del agroecosistema con miras a la conservación y el crecimiento de una biota compleja asociada con el aumento de la biodiversidad vegetal. Algunas estrategias para lograr esto bajo el enfoque agroecológico serían:

1. Uso de composta, estiércol e integración de abono verde: la nutrición del suelo es un tema fundamental para la agricultura, el crecimiento óptimo de las plantas y, por consiguiente, una interacción equilibrada de los diferentes

niveles tróficos de los organismos vivos que se encuentren en los agroecosistemas. Comúnmente se utiliza estiércol de bovino y aporta nitrógeno, potasio y fósforo.

2. Estructurar sistemas agroforestales: esta práctica se refiere a la introducción de árboles a los agroecosistemas. Esta acción puede, desde luego, favorecer la agrobiodiversidad, ya que sirve de barrera ante adversidades ambientales o protección y como fuente de alimentación para los insectos benéficos, cuando los campos no se encuentran en la etapa adecuada para la plaga que el parasitoide o depredador requiere.
3. Barreras biológicas: son sistemas implementados alrededor o al interior de la parcela, utilizando plantas con propiedades para la atracción de polinizadores o enemigos naturales y repelencia a insectos plaga. Por una parte ayudan a que las plagas se alimenten de ellas antes que del cultivo de interés económico y, por otra, ayudan como reservorios de los enemigos naturales.
4. Reducir la labranza y hacer acciones de conservación de suelo: impactando positivamente en la microfauna presente en suelo, ya que su nicho se encuentra entre los tres y diez centímetros de profundidad del suelo, así como la conservación de zonas en torno al agroecosistema, con el fin de atraer depredadores o parasitoides de manera natural.
5. Rotación de semillas, esta acción ayuda a incrementar la agrobiodiversidad, pues cada cosecha puede atraer diferentes insectos benéficos y microorganismos entomopatógenos, así como irrumpir los ciclos biológicos de los insectos plaga o fitopatógenos.

6. Reducir el uso de agroquímicos restituye la agrobiodiversidad benéfica en los agroecosistemas induciendo un control biológico efectivo de plagas y contrarrestando el desarrollo de resistencia por parte de las plagas.

AVANCES HISTÓRICOS SOBRE EL USO DE LA AGROBIODIVERSIDAD EN MÉXICO

En México, la inclusión de herramientas para el manejo de plagas ha tenido impacto sobre los campos y la optimización en su producción. Por ejemplo, en 1900 se dieron los primeros pasos en la entomología, al nombrar la Comisión de Parasitología Agrícola con el fin de crear un grupo de expertos en la materia y monitorear la liberación de enemigos naturales para el control de la langosta en la península de Yucatán, México. Ahí mismo, en 1911, se aísla una bacteria de locústidos para experimentar en chapulines. De esto se infiere que desde entonces ya se indagaba sobre la diversidad de microorganismos y su función como controladores biológicos de plagas, lo que reafirma que la biodiversidad en los sistemas de producción agrícola favorece la funcionalidad adecuada del agroecosistema.

Con el paso del tiempo se le ha dado una dirección sistemática al uso de microorganismos, mediante su cultivo y reproducción, de manera intensiva, con el objetivo de realizar liberaciones o aplicaciones en distintas parcelas para controlar plagas o enfermedades que se han presentado de manera exponencial. De este modo ha sido posible contrarrestar el uso de plaguicidas catalogados como altamente tóxicos a la biodiversidad, salud humana o al medio ambiente.

INSTITUCIONES QUE SE HAN ENCAMINADO AL MANEJO AGROECOLÓGICO DE PLAGAS

A lo largo de este artículo hemos abordado la implementación de algunas herramientas que hacen que nos acerquemos a un manejo agroecológico de cultivos. El uso de microorganismos en México, desde 1990 hasta 2001, se había incrementado 21% en comparación con el uso de insecticidas químicos. Aun así, no se ha tenido un éxito total en lograr una resiliencia en los sistemas de siembra, por las características de los agroecosistemas y acciones antropogénicas.

Actualmente, en México se cuenta con plantas productoras de insectos o microorganismos benéficos, como en el Centro Nacional de Referencia de Control Biológico (CNRCB), coordinado por el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (Senasica), que a su vez pertenece a la Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV). Este centro, con ubicación en Tecmán, Colima, coadyuva con programas o campañas fitosanitarias en las que se promueve el uso de organismos benéficos como agentes de control biológico, fortaleciendo la sanidad de los cultivos vegetales. Asimismo, existe la presencia de iniciativas privadas, con la misión de implementar estas alternativas para la sanidad de los campos y el medio ambiente.

CONCLUSIÓN

Tanto las organizaciones gubernamentales, asociaciones civiles y productores, como la sociedad en general, deben impulsar la migración de una agricultura conven-

cional a una agroecológica en los agroecosistemas. Esto con el objetivo de que la agricultura que conocemos esté comprometida con el medio ambiente y sea más sensible socialmente; esté centrada no sólo en la producción, sino también en la sostenibilidad ecológica del sistema de producción y, desde luego, en la conservación de la agrobiodiversidad benéfica. Este enfoque proveerá información que conducirá a la conservación y crecimiento de una biota compleja de la agrobiodiversidad, hasta el punto en que funcione de manera efectiva en el agroecosistema.

REFERENCIAS

- Altieri, M.A., y Nicholls, C.I. (2017). Agroecology: a brief account of its origins and currents of thought in Latin America. *Agroecology and Sustainable Food systems*. 41:231-237.
- Astier, M., Perales-Rivera, H., Orozco-Ramírez, Q., et al. (2021). *Conservación de la agrobiodiversidad en México: propuestas y experiencias en el campo*. México: Conabio/Conanp.
- de-Bashan, L.E., Holguin, G., Glick, B.R., et al. (2007). Bacterias promotoras de crecimiento en plantas para propósitos agrícolas y ambientales. En: Ferrera-Cerrato, R., y Alarcón, A. (eds.), *Microbiología agrícola: hongos, bacterias, micro y macrofauna, control biológico, planta-microorganismo* (170-224). México: Editorial Trillas.
- Evans, W.E. (2016). Biodiversity, ecosystem functioning, and classical biological control. *Applied Entomology and Zoology*. 51:173-184.
- Gliessman, S. (2018). Defining agroecology. *Agroecology and Sustainable Food Systems*. 42:599-600.
- Marina Cotes, A. (2018). *Control biológico de fitopatógenos, insectos y ácaros*. Volumen 1. Agentes de control biológico. Colombia: Agro Sava.

Nicholls Estrada, C.I. (2008). *Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico*. Colombia: Universidad de Antioquia.

Restrepo, M.J., Ángel, D.I., y Martín, P.M. (2000). *Agroecología*. República Dominicana: Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, Inc. (Cedaf).

Rodríguez del Bosque, L.A., y Arredondo-Bernal, H. C. (2007). *Teoría y aplicación del control biológico*. México: Sociedad Mexicana de Control Biológico.

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. (2019). *Psílido asiático de los cítricos* (*Diaphorina citri*). México: Senasica-Dirección General de Sanidad Vegetal-Programa de Vigilancia.

Sosa-Baldivia, A., y Ruíz-Ibarra, G. (2017). La disponibilidad de alimentos en México: un análisis de la producción agrícola de 35 años y su proyección para 2050. *Papeles de Población*. 23(93): 207-230.

Sánchez-López, D.B., García-Hoyos, A.M., Romero-Perdomo, F.A., et al. (2014). Efecto de rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal solubilizadoras de fosfato en *Lactuca sativa* cultivar White Boston. *Revista Colombiana de Biotecnología*. 16(2):122-128.

Villegas-Espinoza, J.A., Rueda-Puente, E.O., Murillo-Amador, B., et al. (2014). Bacterias promotoras de crecimiento de plantas autóctonas y su efecto en *Prosopis chilensis* (Molina) Stunz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 5(6):1041-1053.

Descarga aquí nuestra versión digital



Se requieren dos para bailar tango: interacción de dos aminoácidos de Antennapedia con TFIIIE β para el desarrollo de patas en *Drosophila*

Claudia Altamirano-Torres*,
ORCID 0000-0001-5919-0660

Carolina Hernández-Bautista*,
ORCID 0000-0001-8576-4592

Diana Reséndez-Pérez*,
ORCID 0000-0002-4709-7677

DOI: <https://doi.org/10.29105/cienciauanl26.120-5>

RESUMEN

Las homeoproteínas dirigen el desarrollo embrionario de los organismos mediante la unión del homeodominio al DNA y su interacción con otras proteínas. Antennapedia (*Antp*) se encarga de formar patas y alas en el tórax e interactúa con TFIIIE β a través del homeodominio en *D. melanogaster*. En este trabajo mostramos que la interacción de únicamente dos aminoácidos de *Antp* con TFIIIE β son necesarios para la formación de patas. La función de estas interacciones contribuye al complejo y fascinante rompecabezas de la especificidad de los genes Hox en el control genético del desarrollo en *Drosophila*.

Palabras clave: desarrollo embrionario, *Drosophila*, homeoproteínas, regulación génica, interacción.

El desarrollo de los organismos inicia con una sola célula totipotente denominada cigoto, la cual rápidamente se segmenta en dos, cuatro, ocho, etcétera, para dar lugar a las células diferenciadas que constituirán los tejidos y órganos, culminando en un organismo completo. Las células formadas durante la segmentación se organizan y adquieren identidades específicas de acuerdo con su posición a lo largo de los distintos ejes corporales, es decir, establecen todos los tipos celulares que van a constituir los órganos y tejidos desde la cabeza hasta la parte más posterior del cuerpo; este proceso embrionario es conocido como morfogénesis (Gilbert y Barresi, 2016).

Una de las grandes interrogantes en biología del desarrollo es cómo las células totipotenciales pueden

ABSTRACT

Homeoproteins direct embryo development of organisms through homeodomain DNA-binding to DNA and protein-protein interactions. Antennapedia (Antp) directs leg and wing formation in the thorax and interacts with TFIIIE β via the homeodomain in D. melanogaster. Here we found that the interaction of two aminoacids of Antp with TFIIIE β are necessary for leg formation. The function of these interactions contributes to the complex and fascinating puzzle of Hox gene specificity in the genetic control Drosophila development.

Keywords: embryonic development, *Drosophila*, homeoproteins, genetic regulation, interaction.

convertirse en las miles de células diferenciadas requeridas en tiempo y forma precisos para integrar el cuerpo de un organismo. Para responder esta pregunta es necesario el uso de modelos experimentales que nos permitan diseccionar los pasos que, a nivel molecular, se requieren para la adquisición de destinos celulares y morfogénesis. La pequeña mosca de la fruta (*Drosophila melanogaster*) es un excelente modelo del desarrollo por su fácil manejo en el laboratorio y rápido ciclo de vida, pero principalmente porque estamos evolutivamente relacionados: los mismos genes que especifican su desarrollo también especifican el de los mamíferos, incluidos los humanos.

Un grupo de genes de particular importancia en el desarrollo son los genes homeóticos, que fueron

* Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México.
Contacto: diana.resendezpr@uanl.edu.mx

identificados por Walter Gehring y por Edward B. Lewis, este último galardonado con el Premio Nobel de Fisiología y Medicina en 1995. En *Drosophila*, estos genes codifican a las homeoproteínas que se encargan de especificar la identidad corporal a lo largo de un embrión, es decir, se encargan de que la cabeza se ubique en su lugar y tenga ojos, antenas y probóscide, o que en el tórax se formen patas y alas (Gehring, 1987). Se les considera reguladores maestros del desarrollo por su papel fundamental en la morfogénesis, controlando funciones celulares diversas como migración, morfología celular, proliferación, apoptosis y diferenciación (Cerdá-Esteban y Spagnoli, 2014). Estos genes no sólo se encuentran en la mosca, sino también en otros vertebrados como el humano, e inclusive microorganismos eucariotas como levaduras (Heffer y Pick, 2013).

Las homeoproteínas deben su nombre a que contienen un homeodominio (HD) de 60 aminoácidos que sirve como un sitio de unión al DNA y que les confiere función como factores transcripcionales, prendiendo o apagando genes específicos para construir patas, alas o cualquier otra estructura corporal, y especificar la posición en la que dichas estructuras deben ubicarse (Gehring *et al.*, 1995). Los HD están altamente conservados, es decir, su secuencia aminoácida es casi idéntica entre diferentes homeoproteínas y diferentes organismos, además, todas reconocen la misma secuencia en el DNA, planteando la denominada “paradoja Hox”: cómo proteínas tan similares son capaces de especificar de manera precisa identidades corporales tan diversas como la cabeza o las extremidades. Entre los modelos propuestos para explicar la especificidad funcional se encuentra la interacción de estas proteínas con otros factores de regulación transcripcional, estableciendo redes a través de una amplia variedad de interacciones proteína-proteína denominadas en conjunto interactoma Hox (Bobbola *et al.*, 2017).

Drosophila posee ocho homeoproteínas que especifican las características morfológicas de la cabeza, los tres segmentos torácicos y los ocho segmentos abdominales que conforman el cuerpo de la mosca. Específicamente, la homeoproteína Antennapedia (Antp) se encarga de dar identidad al segundo segmento torácico, donde promueve el desarrollo del segundo par de patas y las alas de la mosca (Cásares y Mann, 1998). Se sabe que Antp interacciona con diferentes factores transcripcionales, y de particular interés ha sido su interacción con miembros de la maquinaria basal como BIP2 o TFIIE β (Prince *et al.*, 2008; Baeza *et al.*, 2015). Recientemente, mediante ensayos de complementación bimolecular fluorescente (BiFC), determinamos que Antp interactúa con TFIIE β a través de los residuos 32 y 36 en la hélice 2 del HD en cultivo celular e *in vivo* (Altamirano-Torres *et al.*, 2018). La maquinaria basal es un grupo de factores transcripcionales que se encarga de reclutar la RNA polimerasa II para iniciar la transcripción de cualquier gen codificante y se encuentran y funcionan en todos los tejidos. Por el contrario, cada homeoproteína se encuentra en un tejido específico en el que inducirá la formación de estructuras corporales particulares.

La relación de las homeoproteínas con la maquinaria basal dada por interacciones proteína-proteína ha sido de gran importancia, ya que la regulación transcripcional ocurre principalmente sobre el ensamblaje de la maquinaria basal, y el estudio de estas interacciones nos permite ampliar el conocimiento sobre los mecanismos de especificidad funcional de las homeoproteínas. En nuestro laboratorio analizamos la interfase de interacción entre Antp y TFIIE β para determinar su importancia funcional durante el desarrollo de *Drosophila*, y encontramos que sólo dos aminoácidos de Antp son necesarios para que ocurra esta interacción y permita la transformación antena-pata.

DOS AMINOÁCIDOS ESPECÍFICOS DE ANTP SON NECESARIOS PARA LA INTERACCIÓN CON TFIIE β Y LA FORMACIÓN DE PATAS

Previamente, en el laboratorio analizamos la interacción proteína-proteína de Antp con TFIIE β mediante mutaciones en Antp para definir la región responsable de esta interacción (Altamirano-Torres *et al.*, 2018), y encontramos que el HD es la región de Antp que interacciona con TFIIE β . Como la estructura del HD consiste en tres hélices α (H1, H2 y H3), y debido a que la H3 es responsable de la unión al DNA, se analizó el papel de las hélices 1 y 2 en esta interacción. Los resultados obtenidos mostraron que la interacción depende únicamente de dos aminoácidos en la hélice 2 del HD. Estos resultados fueron validados usando la doble mutante Antp^{I32A-H36A}, en la que se sustituyó la isoleucina 32 y la histidina 36 de la hélice 2 por alaninas. El cambio por alanina se seleccionó debido a su carácter neutro y a su predicción para estructurarse en hélices α , lo que permitiría mantener la estructura del HD y neutralizar químicamente las posiciones 32 y 36 de la hélice 2. De esta manera, con la doble mutante, logramos establecer que la falta de los residuos 32 y 36 no permite la interacción de Antp con TFIIE β usando BiFC (figura 1A) (Altamirano-Torres *et al.*, 2018).

Para responder la pregunta de ¿qué función puede tener esta interacción en el desarrollo de la mosca y qué importancia tienen esos dos aminoácidos en la hélice 2 de Antp?, realizamos el análisis mediante la generación de moscas transgénicas y cruas genéticas. Con las cruas podemos dirigir

las proteínas de interés a cualquier tejido de la mosca y observar el efecto analizando el fenotipo producido. La presencia de las homeoproteínas en tejidos donde normalmente no se encuentran puede cambiar la identidad de manera dramática, cambiando un segmento por otro, lo que se conoce como transformaciones homeóticas.

Normalmente, Antp se encarga de formar patas en el tórax, pero cuando dirigimos esta proteína a las antenas, las transforma en patas, generando una mosca ¡con patas en la cabeza! (figura 1B). La transformación de antenas en patas es una función homeótica de Antp que utilizamos en el laboratorio para analizar su función ectópica y, además, definir la importancia de regiones proteicas, o como en este caso, la de los residuos 32 y 36 de la hélice 2 en la interacción Antp-TFIIE β y en la transformación antena-pata.

Con el uso de cruas genéticas expresamos Antp o la mutante doble (Antp^{I32A-H36A}) junto con TFIIE β de forma ectópica, específicamente en las antenas de la mosca. La interacción con TFIIE β causó una completa transformación de la antena, con estructuras características de una pata de insecto como fémur, tarso y uña (figura 1B). Sorprendentemente, cuando dirigimos a TFIIE β y la doble mutante Antp^{I32A-H36A} a la antena no ocurre la transformación antena-pata (figura 1C). Es importante mencionar que la expresión de TFIIE β por sí sola no tuvo ningún efecto en la transformación de la antena (Altamirano-Torres *et al.*, 2018), por lo que estos resultados claramente muestran que la interacción de Antp con TFIIE β es requerida para su función en la formación de patas ectópicas en la antena, y que la mutación de únicamente dos aminoácidos son clave para el correcto funcionamiento de Antp en *Drosophila*.

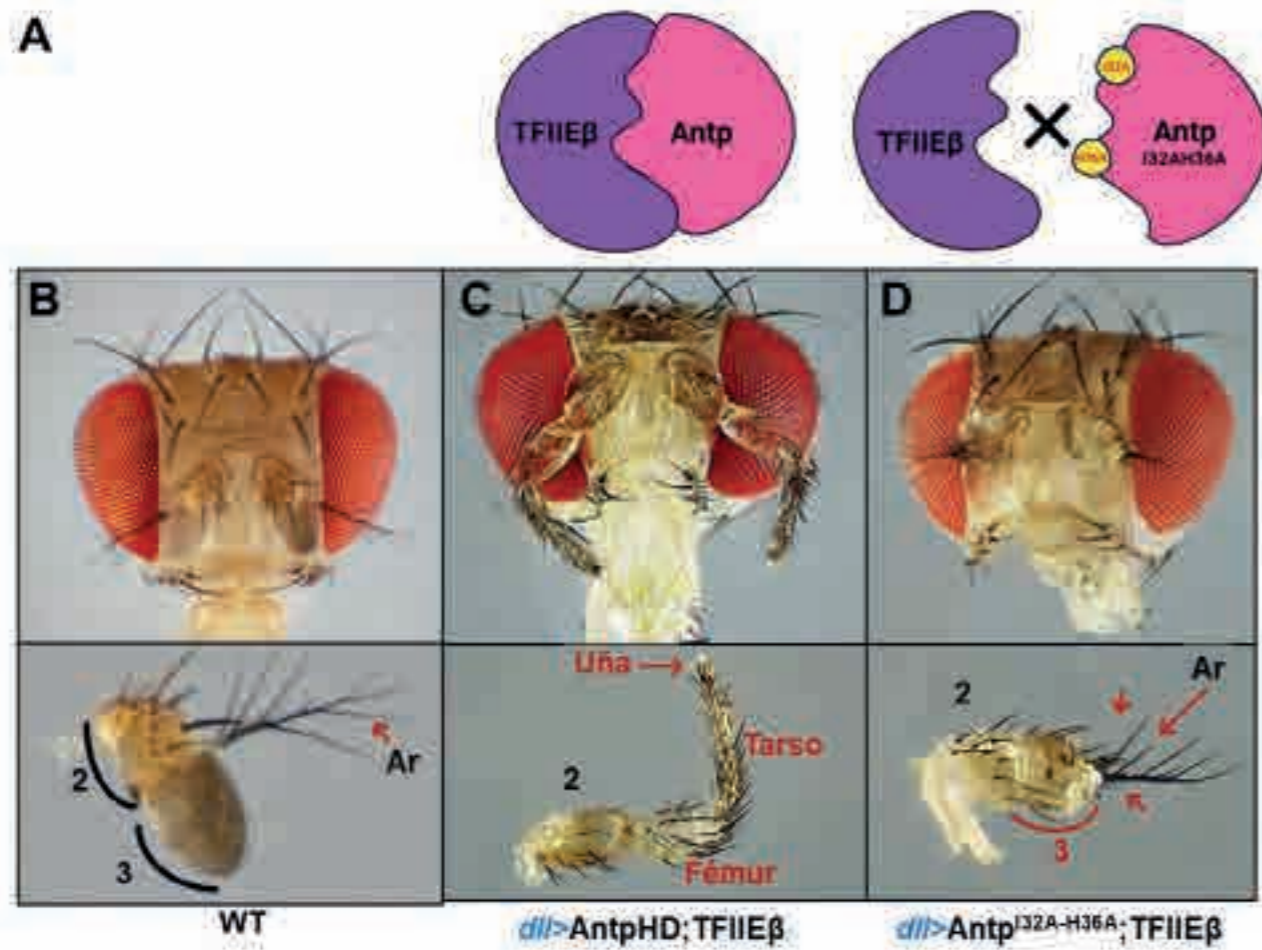


Figura 1. La interacción de Antp con TFIIE β es necesaria para la transformación de antenas en patas en *D. melanogaster*. Las proteínas de interacción AntpHD y TFIIE β se expresaron en la antena mediante cruces genéticas. A) Antp y TFIIE β interactúan a través de dos aminoácidos en la hélice 2 del HD de Antp. B) Antena normal (WT) de *Drosophila*. C) La interacción AntpHD-TFIIE β indujo la transformación homeótica completa de la antena en una pata. D) La coexpresión de la doble mutante AntpI32A-H36A y TFIIE β disminuyó drásticamente la transformación homeótica de la antena, con sólo un leve engrosamiento del tercer segmento. Los segmentos transformados se indican mediante líneas y leyendas en rojo (2, segundo segmento de la antena; 3, tercer segmento de la antena; Ar, arista).

Los resultados obtenidos concuerdan con los de otros laboratorios que han encontrado interacciones entre otros HD también con TFIIE β , o con otros factores transcripcionales como Med19 (Boube *et al.*, 2014). Dado que los residuos 32 y 36 en la hélice 2 de Antp están altamente conservados, y físicamente expuestos en la cara opuesta a la unión al DNA, éstos mismos podrían estar involucrados en la interacción de otras homeoproteínas con TFIIE β . Tales interacciones muestran de forma muy clara la función dual del HD para interactuar otras proteínas a través de la hélice 2, y unirse al DNA mediante la hélice 3.

Nuestros resultados sugieren que la interacción de Antp con TFIIE β contribuye a la regulación transcripcional que permite la actividad funcional de Antp, y surge la pregunta de cómo se lleva a cabo dicha regulación en conjunto con la maquinaria basal de transcripción. Sabemos que Antp se encarga de la formación de patas apagando genes de antena como Hth y Dll (Emerald *et al.*, 2003), así que la interacción de Antp con TFIIE β podría estar cooperando para el apagado de los genes de antena y el encendido de genes de pata (figura 2). Aunque es necesario llevar a

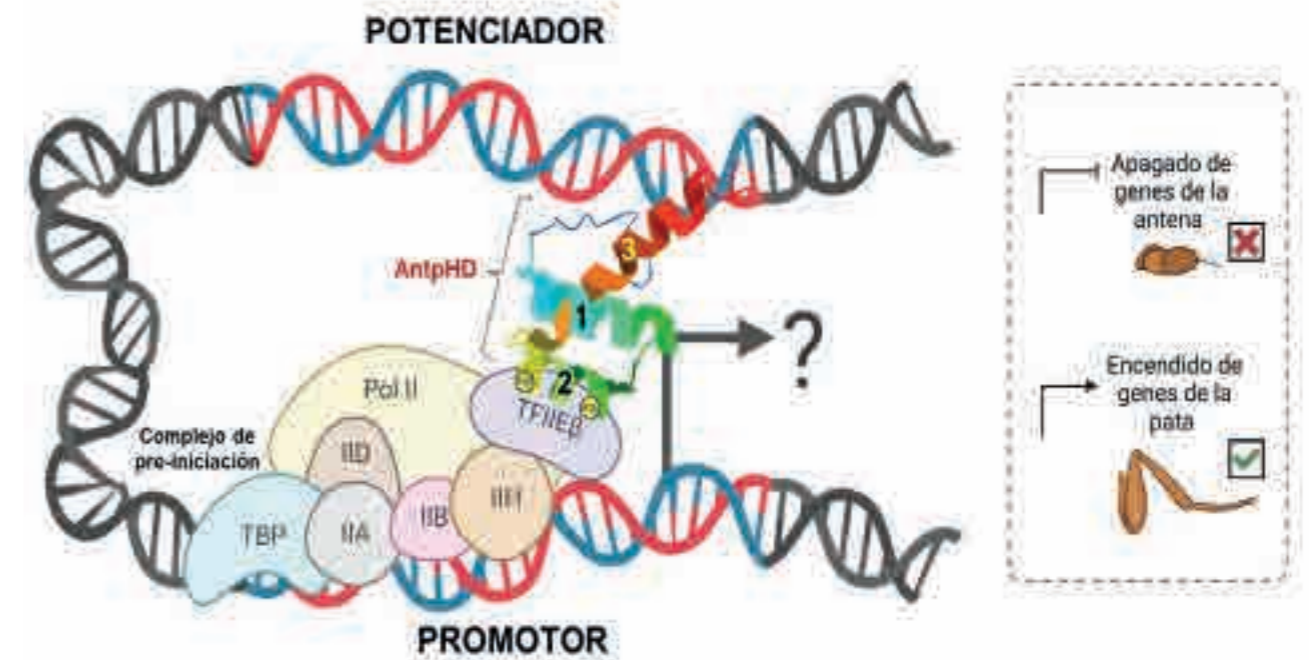


Figura 2. La interacción de Antp con TFIIE β a través de los aas 32 y 36 de la hélice 2 regula transcripción génica. La hélice 2 del HD de Antp interactúa con TFIIE β en la maquinaria basal de transcripción. Tal interacción podría, en primer lugar, servir como puente entre el promotor y el potenciador “enhancer” tejido-específico a los que Antp se une. Una vez dada, la interacción podría ser responsable de apagar a los genes de antena y encender los de pata para generar la formación de los apéndices en la mosca.

cabo más experimentos para definir con claridad el mecanismo molecular de acción de esta interacción durante la transcripción génica, nuestros resultados sientan las bases para estudiar a la hélice 2 del HD como una región clave de interacción con otras proteínas.

CONCLUSIONES

En este trabajo determinamos que la interacción Antp-TFIIE β es necesaria para la actividad funcional de Antp en la formación ectópica de patas en *Drosophila*, y que esta función depende únicamente de dos aminoácidos (32 y 36) en la hélice 2 del HD de Antp. En conjunto, nuestros resul-

tados contribuyen al complejo y fascinante rompecabezas de la especificidad de los genes Hox en la ejecución del control genético del desarrollo en *Drosophila*. Dada la alta conservación de las homeoproteínas, el estudio de estas interacciones y su función en *Drosophila* pueden ser extrapolados al desarrollo embrionario de otros organismos, incluido el humano.

REFERENCIAS

Altamirano-Torres, C., Salinas-Hernández, J.E., Cárdenas-Chávez, D.L., *et al.* (2018). Transcription factor TFIIE β interacts with two exposed positions in helix 2 of the Antennapedia homeodomain to control homeotic function in *Drosophila*. *Plos one*. 13(10):e0205905.

Baëza, M., et al. (2015). Inhibitory activities of short linear motifs underlie Hox interactome specificity *in vivo*. *Elife*. 4:e06034. <https://elifesciences.org/articles/06034>

Bobbola, N., y Merabet, S. (2017). Homeodomain proteins in action: similar DNA binding preferences, highly variable connectivity. *Curr Op in Genetics & Dev*. 43:1-8. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959437X16301265>

Boube, M., et al. (2014). *Drosophila melanogaster* Hox transcription factors access the RNA polymerase II machinery through direct homeodomain binding to a conserved motif of mediator subunit Med19. *PLoS Genetics*. 10(5):e1004303. <https://journals.plos.org/plosgenetics/article?id=10.1371/journal.pgen.1004303>

Brand, A.H., y Perrimon, N. (1993). Targeted expression as a means of altering cell fates and generating dominant phenotypes. *Development*. 118:401-415. <https://doi.org/10.1242/dev.118.2.401>

Casares, F., y Mann. RS. (1998). Control of antennal versus leg development in *Drosophila*. *Nature*. 392:723-726. <https://www.nature.com/articles/33706>

Cerdá-Esteban, N., y Spagnoli, F.M. (2014). Glimpse into Hox and tale regulation of cell differentiation and reprogramming. *Developmental Dynamics*. 243(1):76-87. <https://doi.org/10.1002/dvdy.24075>

Emerald, B.S., et al. (2003). Distal antenna and distal antenna related encode nuclear proteins containing pipsqueak motifs involved in antenna development in *Drosophila*. *Development*. 130:1171-1180. <https://doi.org/10.1242/dev.00323>

Gehring, W.J. (1987). Homeoboxes in the study of development. *Science*. 236:1245-1252. <https://science.sciencemag.org/content/236/4806/1245.long>

Gehring, W.J., et al. (1995). Homeodomain-DNA recognition. *Cell*. 78:211-223. [https://doi.org/10.1016/0092-8674\(94\)90292-5](https://doi.org/10.1016/0092-8674(94)90292-5)

Gilbert, S.F., y Barresi, M.J.F. (2016). *Developmental Biology*, 11th Edit. Sinauer Associates Inc.

Lewis, E.B. (1978). A gene complex controlling segmentation in *Drosophila*. *Nature*, 276(5688):565-570. <https://www.nature.com/articles/276565a0>

Prince, F., et al. (2008). The YPWM motif links Antennapedia to the basal transcriptional machinery. *Development*. 135:1669-1679. <https://doi.org/10.1242/dev.018028>

Descarga aquí nuestra versión digital



¿Quieres anunciarte con nosotros?, tenemos un espacio para ti

Si deseas promover tu negocio, tu marca o tus servicios, y hacer que investigadores, profesores y alumnos universitarios te tengan presente, te invitamos a formar parte de **CIENCIA UANL**, una publicación de circulación nacional con más de 20 años de historia.

Para mayores informes comunícate con nosotros al tel. (81) 8329-4000 ext. 6560, o bien al correo jessica.martinezf@uanl.mx o revista.ciencia@uanl.mx

Herramientas de la ecología para la recuperación de conocimientos tradicionales.

Entrevista a la doctora Angélica Camacho Cruz
María Josefa Santos Corral*

*Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.
Contacto: mjsantos@sociales.unam.mx

Angélica Camacho Cruz tiene una licenciatura en Biología por la Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, una maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural por el Colegio de la Frontera Sur y es doctora en Ecología y Medio Ambiente por la Universidad Complutense de Madrid. Su área de especialidad es la restauración y la conservación de bosques templados, así como la vinculación y difusión de conocimientos tradicionales desde la perspectiva socioecológica, temas sobre los que ha publicado artículos y libros, pero, sobre todo, en la última década ha hecho una gran labor de difusión sobre la importancia de la restauración de espacios, especies y tradiciones entre y de las comunidades chiapanecas. Desde 2008 es profesora de tiempo completo de la Universidad Intercultural de Chiapas. Actualmente es profesora visitante en la Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, Departamento El Hombre y su Ambiente.

¿Cuándo y cómo descubre su vocación por la investigación?

Fue justamente al cursar el X módulo de la Licenciatura en Biología. La Dra. Teresa Mier revisó el protocolo de investigación (sobre hongos micorrízicos) que formaba parte de la evaluación. De manera clara y con convicción dijo que el trabajo superaba las expectativas y era muestra de aptitudes para incidir en la investigación. En esos momentos me sentí halagada; sin embargo, no comprendía del todo el significado del trabajo que conlleva ser investigadora.

Aún recuerdo que cursé los últimos dos trimestres (módulos XI y XII) de la licenciatura con la Dra. Nuri Trigo Boix y el M. en C. Juan Manuel Chávez Cortés (†), quienes me impulsaron a continuar en el trabajo académico. Considero que ambos fueron los primeros mentores al comienzo de mi trayectoria en esa área. Lecturas, debates, viajes de estudio y la realización de los dos últimos proyectos fueron el motor principal para continuar mis estudios de posgrado.

Al término de la licenciatura, la Dra. Nuri (ahora gran amiga) me compartió el periódico *La Jornada*, donde se publicó la convocatoria para la 4ta. generación de la Maestría en Ciencias por El Colegio de la Frontera Sur.

Lo mejor fue que el proceso de selección (exámenes y entrevistas) fueron en la Ciudad de México. Esperé algunos meses para la resolución final y, en diciembre de 1996, me llamó el investigador con el cual ingresé al posgrado, momento que marcó el inicio de una extraordinaria amistad. El Dr. Mario González-Espinosa, desde entonces, se convirtió en mi nuevo mentor académico. De él he recibido apoyo y, sobre todo, extraordinario aprendizaje a lo largo de mi vida. Fue la otra persona que me dijo nuevamente que tenía habilidades para seguir en la investigación, motivo por el cual busqué ingresar a un doctorado en el extranjero.

Otro reto que me enorgullece al haber aplicado a cuatro Universidades (Austral en Chile, Quebec en Canadá, CapeTown en Sudáfrica y Complutense de Madrid) y haber sido aceptada para realizar mis estudios doctorales. Desde entonces me apasiona el proceso de la investigación científica. La observación, generación de preguntas, búsqueda de información, planteamiento de objetivos, desarrollo de metodologías para dar respuesta, analizar datos y difundir (a través de diferentes medios: foros, congresos, videos, artículos, impartición de clases) los resultados obtenidos es un gran motor que me apasiona.





¿Cómo pasa de la Biología a la difusión de conocimientos tradicionales?

Al término de la licenciatura continúe mis estudios de maestría y doctorado. Fue en 2008 cuando ingresé a impartir clases en la Universidad Intercultural de Chiapas, donde llegan jóvenes de varios pueblos originarios: tsotsiles, tseltales, ch'oles, t'jolabales, zoques, principalmente. El contenido de las asignaturas como Ecología, Recursos Naturales, Biodiversidad, no era atractivo para los estudiantes que provenían de diferentes regiones de Chiapas. Empecé a descubrir que ya venían con conocimientos empíricos sobre el tema, aunque no lo sabían y era complejo articularlos. Fue la convivencia cotidiana con diferentes comunidades y estar atenta a sus saberes lo que abrió la posibilidad de entrar en un diálogo que permitió mayor fluidez de los conocimientos. Al reconocer que también podía aprender de ellos logramos la asociación de los conceptos aprendidos en el aula con las prácticas cotidianas.

Lograr un entendimiento que construyera nuevos aprendizajes fue desafiante. A la par, el proceso de investigación aportó técnicas y herramientas para iniciar acercamientos para resolver problemas con diferentes grupos comunitarios, entre las que destaco las siguientes:

- Plantación de árboles navideños en parcelas de milpa (2010). Inició en una parcela de milpa de media hectárea, con una familia que se interesó en plantar árboles navideños. Cada árbol plantado fue producido desde semilla. Fueron varias las especies: *Pinus pseudostrobus*, *P. ayacahuite* (nativos) y *P. maximartinezii* (introducido). Después de dos o tres años, derivado de los buenos cuidados, fue un éxito y a los seis años comen-

zó a dar frutos económicos a la familia, ahora participan más familias que han adoptado esta nueva forma de producir y beneficiarse económicamente. Mantenemos relación de asesoría y proveer semilla para seguir plantando árboles.

- Plantación de leñosas y construcción de hornos para alfarería (2012). En el municipio de Amatenango del Valle, trabajamos con el grupo de mujeres que tuvieron la iniciativa de gestionar recursos para propagar especies leñosas útiles para la cocción de sus artesanías de barro. Años más tarde se consiguió financiamiento para construir hornos ahorradores de leña, así fueron construidos un total de 20 hornos en el mismo número de casas. Situación que representó 75% de ahorro de leña con respecto a la cocción de artesanías en hornos a cielo abierto.
- Estrategias y protocolos de restauración en la Rebitri (2013). En la Reserva de la Biosfera El Triunfo (Rebitri) iniciamos un proyecto de restauración de paisajes en cuatro ejidos: Monterrey, Toluca, Puerto Rico y Siete de Octubre, quienes produjeron 120 mil plantas de casi una veintena de árboles nativos. Un total de 125 hectáreas de bosque mesófilo fueron restauradas. El trabajo se retoma después de diez años y, actualmente, se ha visitado a los ejidatarios y parcelas para acordar la forma de seguir conservando este tipo de ecosistema donde habitan especies endémicas como el quetzal, el pavón y el jaguar.

- Textiles y Centro Interpretativo en Zinacantán (2017). Ya hace varios años hemos trabajado con grupos de mujeres artesanas en el municipio de Zinacantán, destacan dos iniciativas que han surgido de sus propios intereses. La primera propuesta tiene como propósito recuperar tintes naturales a partir de plantas nativas y mostrar el proceso a los turistas. La segunda es más ambiciosa, se trata de diseñar un Centro Interpretativo que incorpore diferentes elementos tradicionales de la cultura tsotsil: rescatar las plantas de algodón para la fibra, plantas tintóreas, utensilios de cocina, textiles tradicionales para fiestas importantes (como casamientos, etcétera), es decir, se trata de compartir con los visitantes gran parte la cosmovisión de la comunidad de Zinacantán.
- Centro Ecoturístico, ejido El Aguaje (2019). A través del interés del ejido, levantamos información de la flora y fauna presente en 1,300 hectáreas de bosque templado. Aquí era muy importante incidir en la capacitación de los encargados del Centro Ecoturístico.
- Plantas medicinales, Teopisca (2021). Durante el periodo de la pandemia, tuvimos la oportunidad de realizar este proyecto sobre plantas medicinales y comestibles, una alternativa de prevención y fortalecimiento inmunológico en los pueblos originarios de Los Altos de Chiapas, donde a través de recorridos en parcelas y bosques de tres comunidades: Balhuitz, Yaslumiljá y Chijilté, en el municipio de Teopisca, fueron registradas 69



especies nativas, que son utilizadas para enfermedades respiratorias, de articulaciones, abdominales y otras. El conocimiento está concentrado en los adultos y ancianos. La migración y desinterés de los jóvenes ha traído como consecuencia la pérdida de conocimientos tradicionales.

- Espacio intercultural (2024). Fue en 2019 que iniciamos el rescate de un espacio abandonado en la Universidad Intercultural de Chiapas, un invernadero sin ocupar por alrededor de ocho años, a cuatro años nuestro objetivo ha sido recuperar espacios, especies y tradiciones de diferentes comunidades mayas. Hemos producidos más de 10 mil plantas forestales, comestibles, medicinales, tintóreas y textiles. Esta experiencia ha involucrado a más de 30 estudiantes de servicio social y ocho docentes provenientes de diferentes disciplinas (antropólogos, sociólogos, biólogos, economistas). Los resultados más sobresalientes, además de la convivencia e intercambio de conocimientos son la donación de plantas a las comunidades que lo solicitan, recuperación de plantas de interés (tomatillo, algodón, chipilín), y la construcción cocina y sendero interpretativo para visitantes externos y la comunidad universitaria. En este proyecto obtuvimos, en 2021 y 2022, el primer lugar en la Fundación Educa con Escuelas por la Tierra, derivada de los trabajos de rescate y vínculo con estudiantes y comunidades.

Como se desprende de la descripción de los proyectos anteriores, la estrategia ha sido que las solicitudes vengan desde los diferentes grupos comunitarios; con la aplicación de ciencia básica y a través de metodologías participativas como talleres o medios de vida se ha logrado unir esfuerzos para resolver las problemáticas de la gente.

¿Cómo consigue la entrada a estas comunidades?

Al principio, durante los estudios de posgrado, a través de técnicos de campo que nos han asistido y apoyado en solicitar (en lengua originaria), principalmente, permisos para ingresar a los remanentes de bosque. Posteriormente ha sido a través de peticiones de los propios ejidatarios y familias campesinas, quienes han solicitado apoyo-guía en diferentes necesidades que se les presentan. De aquí se originan proyectos para los que buscamos financiamiento e iniciarlos. Lo enriquecedor es el trabajo colaborativo entre ambas partes: comunidad-academia.



En años recientes también se alimenta esta relación comunitaria a través de los estudiantes de licenciatura, con quienes tengo comunicación continua durante las clases que imparto. En general, el modelo de enseñanza-aprendizaje de la Universidad Intercultural de Chiapas se distingue por formar recursos humanos de manera integral: saber-saber, saber-hacer y saber-ser. De esta manera se contempla la realización de un proyecto integrador (PI) que equivale a 40% de la evaluación de cada asignatura. Es decir, todos los docentes debemos incorporar contenido, dar seguimiento y evaluar el PI, de ahí los estudiantes obtienen cuatro de diez puntos de la calificación que pueden alcanzar.

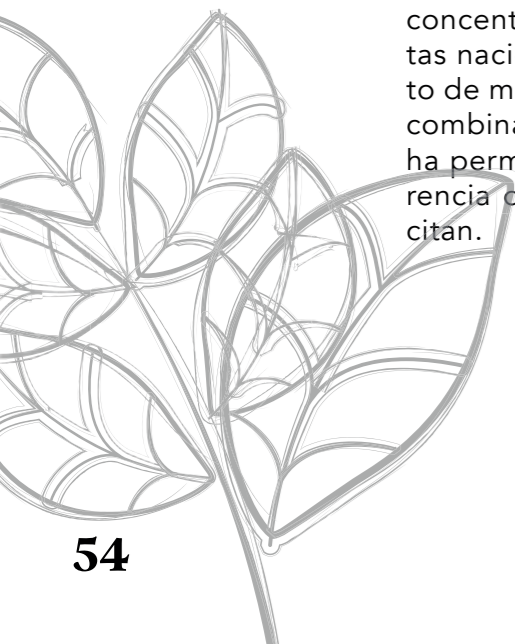
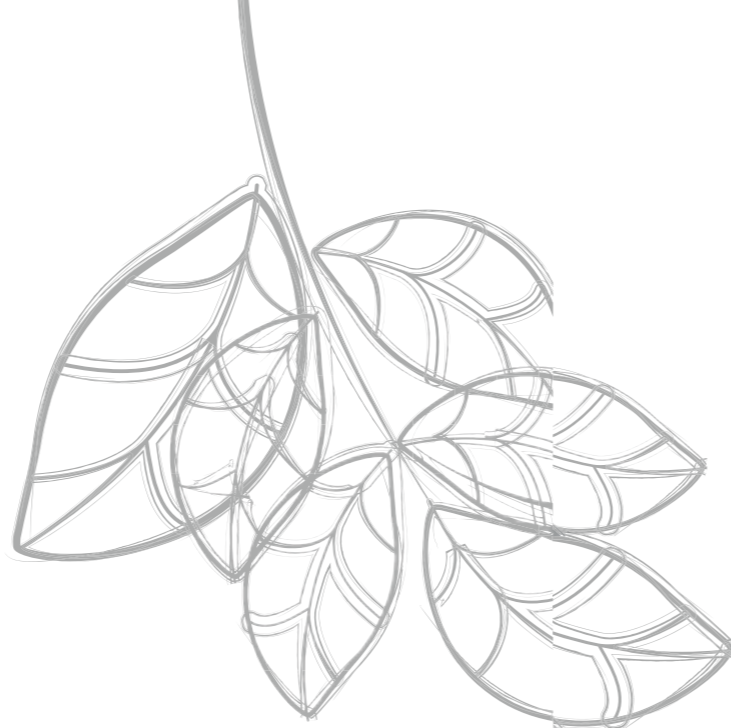
Este trabajo de investigación se nutre principalmente de datos registrados en el campo (saber-hacer). Visitan alguna comunidad de su elección (a veces recomendamos) para iniciar el proceso de investigación con temas relativos a su licenciatura. Los PI van en ascenso, en los primeros semestres son metodologías y resultados incipientes, conforme se acercan a los últimos semestres se nutre el trabajo con mayor investigación de campo y documental que promueve el trabajo de titulación. Derivado de lo anterior, surge interés de parte de los estudiantes para invitarnos a sus comunidades de trabajo (a veces coinciden con las de origen), esa es la otra forma de colaborar con diferentes grupos originarios. En varias ocasiones somos invitados a las comunidades y podemos dar seguimiento a inquietudes expuestas por la gente.

¿Qué herramientas le da la Biología para hacer esta difusión?

Justamente desde mis estudios de licenciatura me incliné por el área terrestre. Los bosques han sido mi área de mayor interés. En este sentido, el trabajo relacionado con la conservación de la biodiversidad, principalmente de las plantas, ha sido una vía para incidir en las relaciones comunitarias y el uso que le dan a los recursos naturales.

Desafortunadamente, en la UAM-X no se abordó el tema comunitario y tuve la falsa idea de que las áreas naturales protegidas eran los espacios de mayor interés para conservar. Sin embargo, la mayoría del territorio con diversos ecosistemas (bosques, selvas, manglares, ríos) se encuentra en custodia de diferentes grupos originarios, quienes hacen uso de los recursos naturales presentes. Fue hasta los estudios de maestría y doctorado que tuve acercamiento con ejidatarios dueños de bosques y, durante esos años, aún no comprendía la importancia de difundir el conocimiento científico a diferentes sectores de la sociedad civil.

Desde el ámbito académico la difusión se concentró en publicaciones en libros y revistas nacionales e internacionales. Al momento de mantener las relaciones comunitarias y combinarlas con actividades educativas me ha permitido alcanzar y concretar la transferencia de tecnologías hacia quienes lo solicitan.



¿Qué retos supone esta difusión -éticos, protección del conocimiento comunitario, explotación de éstos-?

Parece sencillo el trabajo de difundir los resultados obtenidos. Sin embargo, fue un gran desafío durante los primeros años, tecnicismos y metodologías complejas debían ser transformados a temas cotidianos y de fácil comprensión. Sin duda, la convivencia y trabajo colaborativo con los ejidatarios y comunidades me enseñaron cómo transmitir esos conocimientos obtenidos de manera científica. A través de pláticas informales, talleres, materiales didácticos, guías, videos, mapas, entre otras cosas, hemos logrado transferir gran parte de los resultados obtenidos de diferentes investigaciones.

Resalto un proyecto polémico sobre la bioprospección y biopiratería. Se trataba de coleccionar y analizar una serie de plantas que la gente reconoce tienen propiedades curativas, y en caso de encontrar alguna sustancia activa, los beneficios se distribuirían de manera equitativa entre los actores participantes (academia, comunidad, empresa). Esta situación no fue aceptada por las comunidades tsotsiles y tseltales con quienes se platicó. El proyecto no fue realizado y hoy en día desconocemos si alguna de esas especies aún prevalece, se extinguió o puede contener alguna sustancia activa para curar alguna enfermedad.

Con ello considero que debe existir común acuerdo, interés mutuo para realizar las investigaciones que ambas partes deseen. Actualmente, la mayoría de las comunidades están conscientes y convencidas de la importancia de los estudios, siempre y cuando tengan un beneficio directo en su vida.





¿Qué labores de vinculación ha hecho en la difusión de estos conocimientos?

Como mencioné anteriormente, el proceso de vinculación comunitaria es permanente, se trata de involucrarse de manera abierta con la gente, apoyar en labores cotidianas, consultar todo tipo de acciones. Para nosotros, establecer vínculos con las comunidades locales significa reconocer primero que ellos tienen conocimientos valiosos que complementan nuestra labor. De esta manera se fortalece la relación y ellos se sienten valorados, creando un apoyo mutuo y recíproco.

Organizamos talleres comunitarios participativos en los que compartimos conocimientos que hemos investigado. Asimismo, las caminatas y los transectos de identificación de especies son una herramienta idónea para difundir, retroalimentar y ratificar o cambiar posturas de manera colectiva. Las personas comparten sus saberes sobre nombres de plantas, usos, cualidades. Cantos de aves, festividades y rezos para siembras y cosechas son algunos otros conocimientos que nos comparten, y nosotros retroalimentamos con la información científica que desarrollamos.

La complementariedad se vuelve una práctica común y nos lleva a un buen entendimiento de diferentes fenómenos que ocurren en la naturaleza. Además, una cosa muy importante es el compromiso, que realmente te interese, no sólo buscar el beneficio de publicar el artículo, o sumar puntos para concursar por apoyos, sino realmente tener la convicción de apoyar al otro.

¿Qué le ha dado a la doctora Camacho la Universidad Intercultural de Chiapas (UNICH) y usted qué le ha dado a la institución?

La comunidad estudiantil y colegas de la UNICH me alimentan todos los días, diferentes formas de pensar, interpretar y dar respuesta a una realidad son parte de la gran enseñanza que me ha dejado. Actualmente no concibo una visión única ante un fenómeno, considero que existe una fuerte relación entre los recursos naturales y culturales que poseen los pueblos originarios. Nos platican de una bromelia (epífita, *Tillandsia guatemalensis* o *T. eazii*) y pareciera sólo de interés biológico o de conservación, cuando en realidad es también una especie sagrada para los pobladores.

O por ejemplo, lo que conocemos como milpa (asociación maíz-frijol-calabaza-chile), no es simplemente una parcela para obtener alimento, también posee elementos de la cosmovisión indígena al mantener rezos y prácticas culturales que provean de suficiente lluvia y eviten enfermedad a las familias. Es así que en la actualidad nos enfocamos en la investigación de diferentes procesos bioculturales presentes en cada comunidad.



Descarga aquí nuestra versión digital





Sustentabilidad Ecológica

Una mirada a Gaia, el planeta Azul

Pedro César Cantú-Martínez*

*Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México.
E-mail: cantup@hotmail.com

Hace cincuenta y tres años, en 1972, en Estocolmo, Suecia, se hacía un contraste del actuar de la sociedad humana frente a la biosfera, analizando los estragos e impactos ambientales que procedían del crecimiento poblacional y la contaminación proveniente de las actividades productivas, cuya finalidad era –y sigue siendo– satisfacer las demandas cada vez más aumentadas de una sociedad consumista y carente de conocimiento (Cantú-Martínez, 2015). Esto derivó en la concientización de que el mundo se erigía como una nave espacial, la cual se estaba vulnerando y era imperativo protegerla y preservarla para subsistir.

Ilustración: Ángela Michel Ibarra Ayala

La Tierra –como planeta– cuenta con alrededor de 4,500 millones de años, y a lo largo de este lapso ha tenido incesantes cambios de manera gradual, los cuales han permitido documentar cómo los “continentes se desplazaron; la placa de hielo creció y menguó; las temperaturas aumentaron y disminuyeron; surgieron especies, evolucionaron y se extinguieron” (Lovelock, 2009:10). Dando así una configuración particular al planeta capaz de dar y proporcionar sustento a las distintas formas de vida que conocemos, a las que Lovelock denomina como Gaia.

Sin embargo, en tan sólo una insignificante fracción de este tiempo, por ejemplo, la temperatura media de la superficie terrestre ha aumentado aproximadamente 0.8°C en los últimos 100 años, según los registros de temperatura que se remontan a finales del siglo XIX; y casi 0.6°C de este calentamiento tuvieron lugar en los pasados 30 años. Lo anterior se ha caracterizado tangiblemente por contar con niveles atmosféricos de bióxido de carbono por arriba de los umbrales convenientes, por la acidez de las aguas oceánicas y cuerpos de agua dulce, la alteración de las masas de vegetación, los volúmenes de aire contaminados, la pérdida de biodiversidad, la cantidad estratosférica de agua sucia y los millones de kilómetros cuadrados de suelo alterados, por nombrar algunas evidencias (Latour, 2020).

La génesis de todo lo anterior se encuentra en el avance de las fronteras urbanas e industriales que han irrumpido en la naturaleza, y no obstante la evidencia, aún se sigue discutiendo la actualidad de los vínculos existentes y sus efectos. Mientras tanto, se continúan multiplicando las acciones enfocadas a deteriorar el ambiente y comprometer el potencial del capital natural para las siguientes generaciones. Esto se torna relevante, ya que se ha observado paulatinamente que el planeta comienza a reaccionar a nuestras acciones imprudenciales. Es así que en el presente manuscrito abordaremos el origen del planeta azul, la teoría de Gaia, como la causa del agotamiento del planeta, para culminar con algunas consideraciones finales.

EL ORIGEN DE GAIA, EL PLANETA AZUL

La historia del planeta azul, Gaia –Tierra–, se remonta científicamente a la génesis del universo, el cual tuvo su origen hace 100 millones de años, en una condición en la que una gran cantidad de energía –a mayúsculas temperaturas– se expandió y se enfrió paulatinamente, formando así las estructuras que hoy en día denominamos galaxias (Portilla, 2011). Según datos, en una nebulosa solar se congregó inicialmente la masa que formó el sistema solar debido a una onda de expansión que se originó por una parte remanente de una supernova (Echeverri, 2020).

Por esto el trayecto de la conformación del planeta no está forjado a la medida del ser humano, quien sólo tiene una comprensión elemental de ésta y de otros aspectos relacionados con la existencia de la vida en ella; mientras tanto, los científicos tratan de explicar la existencia del planeta al que la humanidad nombra su morada. En este sentido, Verstappen (2019) comenta que el ser humano constantemente se ha cuestionado sobre el origen del planeta azul, pero particularmente cómo fue la génesis de la vida, la cual se estableció y se ha diversificado desde hace 3.5 millones de años. A la par, también ha representado una ardua labor el poder precisar qué es la vida, una tarea aún inconclusa; pero lo que sí sabemos es que la vida tiene sus fundamentos en mecanismos sumamente complejos y algunos no develados todavía.



El hecho de que la vida esté presente en la Tierra hace que se destaque de otros planetas en el universo observable de una manera especial. Todo inicia con las sustancias químicas que componen la vida, que en su generalidad tienen su origen en las entrañas del universo. De tal forma que la materia viviente está constituida por los mismos componentes que en alguna ocasión formaron átomos en las estrellas (Ortega-Gutiérrez, 2015). La base de todos los seres vivos está establecida por elementos distintos, pero de manera particular sólo algunos conforman 99% de la masa total: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, azufre, fósforo, calcio, magnesio, potasio y sodio (Watanabe, Martini y Ohmoto, 2000).

De esta manera, la formación de moléculas orgánicas en el medio espacial ha podido conducir a la aparición de planetas que sustenten la vida. No obstante, aunque la comunidad científica haya descubierto una gran cantidad de sistemas planetarios, la vida fuera de la Tierra, o al menos la vida simple o compleja, parece ser un acontecimiento muy raro.

Por otra parte, Gaia, el planeta azul, denominado así por la apariencia que tiene al ser visto desde el espacio, se sustenta en que la mayor parte de la superficie está cubierta por agua –es decir, dos terceras partes– que se alberga en los océanos, mares, lagos, ríos, pero también aquella otra existente en la atmósfera como vapor de agua (Casierra-Posada, 2017). De ahí el hecho de la gran relevancia de este líquido para la subsistencia de la química de la vida terrestre, un elemento imprescindible para el funcionamiento, evolución y prolongación de la existencia misma, tal como la conocemos hasta este momento.

La teoría de Gaia –que evoca la naturaleza– parte de los estudios que James Lovelock (1979) llevó a cabo sobre los mecanismos y procesos de carácter fisiológico que propiamente están regulados en nuestro planeta. Con estas investigaciones manifestó la posición de que la Tierra se erige como un organismo en el que todos los constituyentes físicos, químicos y biológicos son componentes de una vasta existencia que organizadamente cuenta con la fuerza vital que le permite constituirse en una entidad viviente con propiedades insospechadas.

De hecho, Lovelock (1979) determina que Gaia está constituida por distintas dimensiones: litósfera, hidrósfera, atmósfera y biosfera, que forman un

sistema orgánico autorregulado donde subsiste una retroalimentación permanente y vinculante, que se encarga de preservar el ambiente fisicoquímico de manera perfecta para sustentar la vida en el planeta. De hecho, esto tiene fundamento en la postura expresada por Monod (1970), quien refiere las cualidades que ostenta la vida en el planeta, y que se suscriben en su obra *El azar y la necesidad*.

En este libro, Monod (1970) detalla que en la naturaleza propia que da génesis a Gaia, existe la teleonomía, morfogénesis autónoma y finalmente la invariancia reproductiva. Siendo en primera instancia la teleonomía, la preexistencia de un propósito que se haya en la estructura íntima de sus componentes. En tanto, la morfogénesis autónoma refiere a las fuerzas internas que se conjugan en su seno y dan pie a su configuración. Mientras, la invariancia reproductiva da cuenta de la transmisión de aquellas cualidades e información a sus elementos constituyentes, para ajustarse en el tiempo y perpetuar la vida, es decir, vida que se organiza y se autoconstruye a sí misma.

A lo anterior habrá que agregar que la existencia de la teoría de Gaia también puede sostenerse al contemplarla como una unidad totalmente organizada que cuenta con una malla de múltiples procesos, interacciones y transformaciones que son capaces de crear y echar abajo sus propios elementos. A este mecanismo se le conoce como autopoiesis, y fue establecido por Varela, Maturana y Uribe (1974) en su artículo titulado “Autopoiesis: The organization of living systems, its characterization and a model”. Maturana y Varela (1994), tiempo después, indican que cuando se observa nacer un nuevo sistema, brota además el medio, señalado éste como la propiedad de complementariedad operacional que a manera de estrategia el sistema posee –en este caso Gaia– para llevar a cabo cambios de manera discreta, mientras su organización se mantiene en el ámbito de la cooperación, homeostasis y aprovechamiento de la materia y energía.

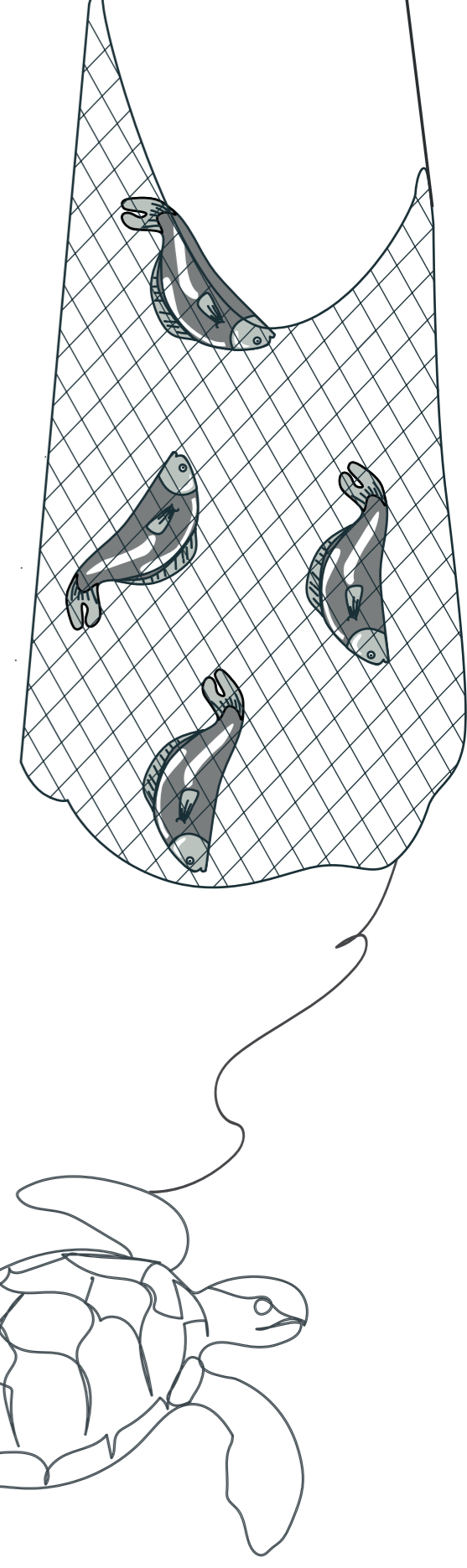
Es decir, el planeta, juntamente con sus elementos, actúa de forma organizada, autónoma y dotada de una capacidad excepcional para desconstruirse, construirse y reconstruirse, en otras palabras, reproducirse, para adecuarse a los constantes cambios. En vista de lo anterior, Gaia emanaría de los biotopos y biocenosis que conforman los diversos ecosistemas, y que se encuentran en una considerable simbiosis (De Castro, 2013).

GAIA SE AGOTA

A partir de la década de los setenta del siglo pasado, se estableció un amplio consenso del surgimiento de una crisis de carácter global que evidentemente deriva de otras dificultades bastante críticas que coexisten simultáneamente: económica, energética, alimentaria y, por supuesto, ambiental, y como se ha señalado, se trata de una crisis civilizatoria. Ésta es descrita por Bartra (2013:26) elocuentemente al indicar:

La humanidad enfrenta una emergencia polimorfa, pero unitaria. Una gran crisis cuyas sucesivas, paralelas o entrecruzadas manifestaciones conforman un periodo histórico de intensa turbulencia, una catástrofe cuyas múltiples facetas tienen, creo, el mismo origen y se retroalimentan, se entrecruzan; un estrangulamiento planetario.

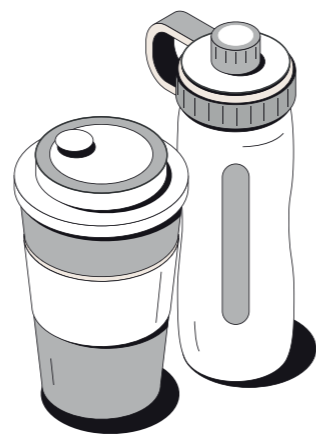
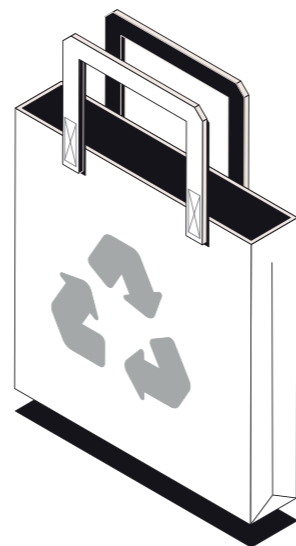
A lo que Lander (2020) agrega puntualmente, al señalar que se están echando abajo los medios que hacen viable la producción y reproducción de la vida en Gaia. Esta crisis de orden sistémica que se extiende globalmente ahonda las desigualdades y está promoviendo el trastorno climático, y ha originado una gran perplejidad sobre el futuro que nos depara. Esencialmente, porque ha quedado a la zaga todo escepticismo sobre el escenario que nos depara y las consecuencias que sobrevendrán. Entre los efectos que se cuantifican ahora tenemos el cambio climático, la pérdida de diversidad biológica, el debilitamiento de la capa de ozono en la estratosfera, la contaminación, la deforestación, entre otras condiciones que están mermando la biocapacidad de Gaia (Colomé y Valenzuela, 2020).



Debemos entender que la capacidad biológica a la que nos referimos es aquella que los sistemas naturales ostentan para generar los materiales necesarios para la subsistencia y equilibrio de Gaia, también se representa por la solvencia para asimilar los residuos producidos por las actividades productivas del ser humano y que están suscitando un gran impacto socioambiental, que augura un porvenir sombrío por el ecocidio que se está promoviendo. En este sentido, Wheeler (1971), desde la década de los setenta, interpretaba como una ecodestrucción que se generaba por la ambición de exiguos beneficios marginales; más adelante Broswimmer (2002) lo concibe como una visión pavorosa de efectos aglomerados de la crisis civilizatoria que están desencadenando una extinción masiva y pérdida de hábitat, y que es provocada por el propio ser humano.

Por otra parte, este ecocidio también es descrito por Valqui *et al.* (2021:12), y lo ilustran de la siguiente manera: “Esta destrucción planetaria revela la quiebra sistémica del metabolismo de seres humanos entre sí, y de éstos con la madre naturaleza, y por ende la aniquilación capitalista de la compleja unidad dialéctica de la humanidad y la madre naturaleza”. Aseverando además que se están vislumbrando de manera más tangible los escenarios del fin de la vida. Aspecto que Ramírez (2011:17) argumentó de la siguiente manera: “Tenemos la sospecha, y valga al menos como hipótesis, de que la respuesta humanista a nuestros desmanes resulta insuficiente, insustancial, quizás contradictoria, si no es que meramente ideológica”.

Estas reflexiones denotan cada vez más la alarmante y creciente desconfianza respecto al comportamiento del ser humano. Ya que a pesar del reconocimiento de las devastaciones llevadas a cabo sobre Gaia, éstas no se han frenado, por el contrario, se han intensificado.



CONSIDERACIONES FINALES

La promulgación de un desarrollo sustentable es hasta ahora meramente una quimera, ya que los estragos ambientales son dificultosamente resarcibles y la restauración de éstos es totalmente imposible e impensable en Gaia. Todo esto parece confirmar que las continuas reuniones internacionales donde se hace un dispendio de millones de dólares para congregarse académicos, científicos, acceder a conferencias y a la firma de acuerdos globales son meramente infructuosas.

Lo inverosímil de esta situación es que, no obstante que se cuenta con el conocimiento y el consenso internacional, persisten los modelos de vida humana depredadores sobre Gaia, por lo cual se está perdiendo la batalla para detener este camino que nos está conduciendo al suicidio ambiental, que debemos razonar como aquella acción en la cual el ser humano está destruyendo la vida de su entorno natural, la de sus semejantes y la suya propia con plena conciencia.

REFERENCIAS

- Bartra, A. (2013). Crisis civilizatoria. En: R. Ornelas (coord.). *Crisis civilizatoria y superación del capitalismo*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Broswimmer, F.J. (2002). *Ecocide. A Short History of the Mass Extinction of Species*. Sterling: Pluto Press.
- Cantú-Martínez, P.C. (2015). Ascenso del desarrollo sustentable. De Estocolmo a Río +20. *Ciencia UANL*. 18(75):33-39.
- Casierra-Posada, P. (2017). Planeta Agua en lugar de Planeta Tierra. *Pensamiento y Acción*. 23:103-111.
- Colomé, N.M., y Valenzuela, V.H. (2020). Ecología política y crisis civilizatoria: una revisión necesaria para el debate sociomediambiental. *Utopía y Praxis Latinoamericana*. 25(9):70-80.
- De Castro, C. (2013). En defensa de una teoría Gaia orgánica. *Ecosistemas*. 22(2):113-118.
- Echeverri, M. (2020). El Planeta Azul: la Tierra. Disponible en: <https://www2.utp.edu.co/planetario/inicio/el-planeta-azul-la-tierra.html>

Lander, E. (2020). *Crisis civilizatoria. Experiencias de los gobiernos progresistas y debates en la izquierda latinoamericana*. Quito: FLACSO.

Latour, B. (2020). *La sfida di Gaia*. Milano: Meltemi Editore.

Lovelock, J. (1979). *Gaia. A new look at life on earth*. Oxford: Oxford University Press.

Lovelock, J. (2009). *La tierra se agota*. Barcelona: Ed. Planeta.

Maturana, H., y Varela, F. (1994). *De máquinas y seres vivos*. Santiago de Chile: Editorial Universitaria.

Monod, J. (1970). *El azar y la necesidad*. Barcelona: Ed. Orbis.

Ortega-Gutiérrez, F. (2015). El origen geológico de la vida: una perspectiva desde la meteorítica. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*. 18(1):71-81.

Portilla, J.G. (2011). El planeta tierra como un receptáculo de vida: ¿un planeta corriente o una rareza en el universo? *Acta Biol. Colomb.* 16(3):3-14.

Ramírez, M.T. (2011). *Humanismo para una nueva época. Nuevos ensayos sobre el pensamiento de Luis Villoro*. México: Siglo Veintiuno Editores.

Valqui, C., Manzano, M.A., Quintero, D.M., *et al.* (2021). Las Humanidades ante la crisis civilizatoria del Siglo XXI: una contribución crítica de la complejidad dialéctica. *Dialektika Revista de Investigación Filosófica y Teoría Social*. 3(6):11-24.

Varela, F.G., Maturana, H.R., y R. Uribe, R. (1974). Autopoiesis: The organization of living systems, its characterization and a model. *Biosystems*. 5(4):187-196.

Verstappen, H. (2019). El planeta Tierra y la humanidad. *Investigaciones Geográficas*. 100:1-9.

Watanabe, Y., Martini, J., y Ohmoto, H. (2000). Geochemical evidence for terrestrial ecosystems 2.6 billion years ago. *Nature*. 408:574-578.

Wheeler, H. (1971). Ecocatastrophe. En: C. Fadiman y J. White (eds.). *Ecocide and thoughts toward survival*. Santa Barbara: Center for the Study of Democratic Institutions.

Descarga aquí nuestra versión digital



De imitadores, descubrimientos y calentamiento global

LUIS ENRIQUE GÓMEZ VANEGAS*

*Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México.
 Contacto: luis.gomezv@uanl.mx

CIENCIA EN BREVE



Es bien sabido que en la naturaleza existen animales que pueden imitar los colores de su entorno, incluso el canto de otras especies. Lo que no se sabía es que los murciélagos de la especie *Myotis myotis* fueran capaces de copiar y utilizar el sonido de un insecto a voluntad para engañar a otros animales y beneficiarse de la situación.

Un tipo relativamente común de mimetismo es el de la especie

que ahuyenta a sus depredadores haciéndose pasar por otra más peligrosa, a la que éstos no atacan. Típicamente, el engaño se logra mediante la apariencia visual. Ahora, el equipo de la Universidad de Nápoles Federico II en Italia, ha descubierto el insólito caso de mimetismo acústico del murciélago *Myotis myotis*.

Esta especie imita con gran habilidad el zumbido de un insecto venenoso, concretamente

un avispon, para lograr que los búhos, depredadores habituales de ellos, desistan de intentar comerse los. Aunque el engaño no sea perfecto, ya que si el búho atacante se acerca lo suficiente o mira más detenidamente se dará cuenta de que el aspecto de su presa potencial no es el de un avispon, puede bastar para que el depredador prefiera no correr riesgos o pierda un tiempo vital que permita al murciélago escapar con éxito.

Los autores del estudio también han comprobado que los murciélagos de esta especie emiten el sonido de avispon cuando los humanos intentan atraparlos. Parece obvio, por tanto, que estos murciélagos recurren a esa estrategia cada vez que se sienten amenazados por un depredador potencial. El estudio, titulado “Bats mimic hymenopteran sounds to deter predators”, aparece en la revista académica *Current Biology* (fuente: Amazings).

Y ya que hablamos de amenazas, déjame contarte sobre una un equipo internacional de especialistas que ha evaluado el estado de conservación de la población de reptiles a nivel mundial.

Los expertos, del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (Conicet), de Argentina, y de otras

partes del mundo, han tomado los parámetros de la Unión Internacional de la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés), una organización no gubernamental que estableció una serie de criterios que permiten evaluar el estado de conservación de las especies, para estudiar datos e información específica de 10,200 variedades de reptiles y evaluaron que, de ese total, 1,829 se encuentran amenazadas.

Según el equipo, pese a la enorme diversidad, los reptiles están expuestos, en líneas generales y a gran escala, a peligros similares a los sufridos por otros grupos de vertebrados terrestres como aves y mamíferos. La destrucción del hábitat por la expansión agrícola, el desarrollo urbano, la introducción de especies invasoras y el tráfico de animales con fines comerciales se destacan entre las principales amenazas a

nivel global. Pero cada región tiene su particularidad.

Los resultados de la investigación, titulada “A global reptile assessment highlights shared conservation needs of tetrapods”, y publicada en *Nature*, ponen de relieve que, aunque se dispone de evaluaciones integrales del riesgo de extinción para aves, mamíferos y anfibios desde hace más de una década, hasta ahora los reptiles no habían sido estudiados bajo estos parámetros. Esta es la primera evaluación integral en la que se utilizan los criterios de la IUCN para esbozar el estado de situación a nivel mundial de los reptiles y que permitiría poder planear acciones futuras para ayudar a la conservación de las especies amenazadas (fuente: CONICET.CC BY 2.5 AR).

Uno de los reptiles que más miedo genera es la serpiente (niéguemelo), pero también algu-



nas dudas, por ejemplo, como no tienen oídos externos, muchos creemos que son sordas y que sólo pueden sentir las vibraciones a través del suelo y dentro de su cuerpo. En ese tenor, unos expertos han investigado hasta qué punto dicha percepción está limitada de ese modo. La investigación “Sound garden: How snakes respond to airborne and groundborne sounds”, que aparece en *PLoS ONE*, es la primera de su tipo usando serpientes no anestesiadas y capaces de moverse.

El equipo de la Universidad de Queensland, en Australia, empleó como sujetos de estudio a 19 ejemplares que representaron cinco familias genéticas de reptiles. Para el estudio reprodujeron un sonido que producía vibraciones en el suelo, y otros dos que sólo eran aéreos. De esta forma, pudieron probar ambos tipos de “audición”: la táctil, a través de las escamas del vientre de las serpientes, y la aérea, a través de su oído interno. Cada sonido se emitía en tres diferentes tonos, de uno en uno.

Los experimentos se realizaron en una habitación insonorizada, para que no llegasen ruidos indeseados del exterior. Los científicos observaron aten-



ta ser tan cautelosa como las otras que sí sufren habitualmente una fuerte amenaza de sus

tamente las reacciones de cada serpiente. Los resultados demuestran que, efectivamente, las serpientes reaccionan a las ondas sonoras transmitidas por el aire, eso significa que muy probablemente también perciben la voz humana.

Cabe aclarar que las reacciones concretas de las serpientes ante los sonidos dependían mucho de la especie a la que pertenecía cada una de ellas. La mayoría tendía a alejarse del sonido, con mayor o menor urgencia. Una, sin embargo, tendía a moverse hacia éste. Esta diferencia puede deberse a que esta última es de gran tamaño corporal y de hábitos nocturnos, y no suele ser víctima de depredadores, por lo que probablemente no necesi-

depredadores (fuente: NCYT).

Y si de descubrimientos se trata, pues aquí está éste: se ha hecho el primer registro de cierto parásito en el mundo, se trata de un nematodo hallado en las raíces y tierra circundante de un pasto endémico de la Pampa de Achala, una zona de las sierras de Córdoba en Argentina.

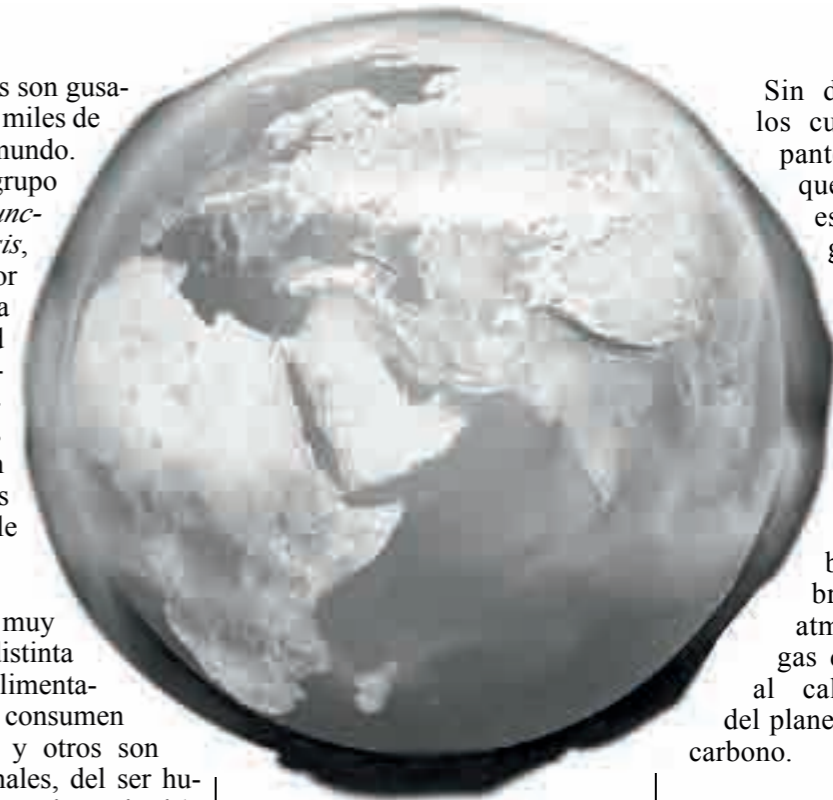
Un equipo de investigadores ha evaluado si el gusano recientemente caracterizado parasita cultivos como el trigo o el maíz, como lo hacen otras especies de la misma familia, y ha analizado su potencial riesgo para la actividad agrícola.



Los nematodos son gusanos redondos con miles de especies en el mundo. Dentro de ese grupo se inscribe el *Punctodera achalensis*, descubierto por una investigadora de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC). Según se trate, estos parásitos pueden ser microscópicos o visibles a simple vista.

Es un grupo muy diverso, con distinta modalidad de alimentación: algunos consumen microorganismos y otros son parásitos de animales, del ser humano (con importancia sanitaria), de insectos (benéficos, por su capacidad para controlar plagas) y de plantas (cultivos, ornamentales y nativas).

En el caso de los de plantas, por lo general invaden las raíces. En el lugar donde es atacada, la raíz pierde la capacidad de absorber agua y nutrientes. Eso puede ocasionar perjuicios graves, e incluso llegar a matarla. Algunos tipos pueden producir daños muy severos en la agricultura. El nematodo recientemente descubierto pertenece a esta clase que parasita vegetales, según el estudio “*Punctodera achalensis* n. sp. (Nematoda: Punctoderidae), a new cyst nematode from Argentina”, publicado en el *European Journal of Plant Pathology*, invade las raíces de una gramínea, una pastura endémica de la zona, y se alimenta del contenido celular. Al momento de su hallazgo no había



Sin duda las plagas en los cultivos son preocupantes, pero otra cosa que debe preocuparnos es el calentamiento global. De hecho, unos científicos han realizado simulaciones de química relacionada con el clima para evaluar el impacto de las emisiones oceánicas de compuestos halogenados (yodo, bromo y cloro) sobre el metano de la atmósfera, el segundo gas que más contribuye al calentamiento global del planeta tras el dióxido de carbono.

registros de su existencia en el mundo.

De acuerdo a la descripción del equipo de investigación, estos nematodos surgen de un huevo y las larvas ingresan a la raíz de la planta. En el caso de las hembras, a medida que se van alimentando adquieren una forma globosa, y al hacerse tan grandes, el extremo posterior del cuerpo sobresale del tejido radical y queda en contacto con el suelo. Es lo que se observa sobre la superficie de la raíz.

Mientras la hembra está viva es de color blanco o amarillento, pero cuando muere se torna marrón, la pared de su cuerpo se hace más resistente y se transforma en un quiste que en su interior puede contener entre 200 y 300 huevos (fuente: Argentina Investiga).

El trabajo es del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) en España, se titula “Reactive halogens increase the global methane lifetime and radiative forcing in the 21st century”, y aparece en *Nature Communications*. Los resultados de la investigación revelan que la emisión de yodo, bromo y cloro a lo largo del siglo ha incrementado el tiempo de vida y el efecto invernadero del metano entre 6 y 9%.

El metano es el gas reactivo de efecto invernadero más abundante. Sin embargo, a diferencia del dióxido de carbono (CO₂), sí tiene una química activa en la atmósfera. Los modelos de clima actuales subestiman el tiempo de vida del metano, indicando con ello que aún existen incertidumbres en sus procesos de emisión y eliminación de la atmósfera.

Los halógenos oceánicos se producen por la actividad biológica y las reacciones fotoquímicas en la superficie del océano, desde donde se transfieren a la atmósfera. Según los investigadores, el aumento de la concentración de metano debido a los halógenos a final de siglo será equivalente al aumento del metano en la atmósfera durante las últimas tres a cuatro décadas.

El estudio muestran que la inclusión de las emisiones y química de estos compuestos incrementa el tiempo de vida atmosférico del metano y, con ello, la brecha existente actualmente entre las estimaciones por modelo y las observaciones del tiempo de vida del metano en la atmósfera se reduce (fuente: CSIC).

Con esas noticias parece que ahora la misión de todos es protegernos del sol, porque cada día nos pega con más fuerza. Pero te has preguntado, ¿cómo se protegen las plantas? Una investigación revela cuál es la primera barrera de protección de los vegetales frente a la radiación ultravioleta.

La cutícula –la parte más externa de las plantas, que actúa como interfase entre ésta y el medio externo– tiene un papel relevante en la agricultura. Ya han sido demostradas sus propiedades hídricas, para evitar la pérdida de agua, o mecánicas, frente al agrietado de los frutos, así como su participación en la protección ante patógenos.

Científicos de la Universidad de Málaga (UMA) y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), en España, han dado un paso



más en su estudio, identificándola como la primera barrera de protección de las plantas frente a la radiación ultravioleta (UV), en concreto, ante la UV-B (entre 280 y 310 nanómetros) que, aunque representa sólo 2% de la luz solar incidente, es potencialmente nociva para las plantas, pudiendo dañar los tejidos e, incluso, alterar el material genético.

Con este estudio, “Radiationless mechanism of UV deactivation by cuticle phenolics in plants”, publicado en *Nature Communications*, se ha demostrado que la protección es ya mayor a 90% en la mayoría de los vegetales, gracias a la estructura de la cutícula y que esta defensa se debe, fundamentalmente, a unos compuestos fenólicos, denominados ácidos cinámicos, localizados a bajas concentraciones desde hace millones de años en la membrana cuticular.

Asimismo, en esta investigación se ha descrito el mecanismo de fotoprotección, evidenciando que se trata de un proceso de rotación a través de un doble enlace debilitado tras la absorción de la radiación UV, “extraordinariamente rápido” –con una duración de una billonésima de segundo–, además, cíclico, lo que permite mantener la protección a nivel cuticular de forma continuada (fuente: Universidad de Málaga).

Otras que también están sufriendo el calentamiento son las algas marinas, pues su distribución se está viendo afectada debido al aumento de la temperatura del mar, que entre otros factores está dañando el crecimiento de estos organismos y provocando desequilibrios en los ecosistemas marinos en las últimas décadas. En el estudio “A spatially-modelled snapshot of future marine

macroalgal assemblages in southern Europe: Towards a broader Mediterranean region?”, publicado en la revista *Marine Environmental Research*, los científicos han predicho los cambios que se producirán en las comunidades de macroalgas por culpa del cambio climático global. Este estudio pionero se centra en la zona marítima del litoral del mar Cantábrico, en España.

El principal resultado es que la costa cantábrica se parecerá más a la costa mediterránea, al aumentar la presencia de especies con una afinidad más meridional, es decir, más de aguas cálidas. En cambio, la costa de Galicia (España) mantendrá su comunidad, al menos durante un tiempo.

El efecto del cambio climático sobre la distribución de las especies ha sido objeto de muchas investigaciones recientes, pero el enfoque a nivel de comunidad sigue estando poco

estudiado. Por ello, esta investigación aplica por primera vez un modelo para predecir los cambios en las comunidades de macroalgas submareales en el norte de la península ibérica, desde Galicia hasta el País Vasco, bajo ciertos escenarios climáticos para dentro de cincuenta o cien años.

El grupo de investigación tiene claro que las algas son muy sensibles a cualquier variación ambiental producida por los efectos del cambio climático. Y, por lo tanto, podrían ser buenos indicadores de éste y de sus efectos en el resto de ecosistemas marinos (fuente: UPV/EHU).

Sin embargo, la preocupación no sólo es debajo del mar, también en tierra firme. De hecho, un estudio ha sacado a la luz una preocupante

anomalía en la tasa de muertes de árboles. Éstas son más abundantes desde la década de 1980 que antes. El fenómeno se ha detectado y medido en las selvas de un continente, pero probablemente esté ocurriendo en otros lugares.

El estudio, de la Universidad de Oxford en el Reino Unido, aparece en la revista *Nature*, bajo el título “Tropical tree mortality has increased with rising atmospheric water stress”. Según los autores, desde la década de 1980, la tasa de muerte de los árboles tropicales de las selvas de Australia ha sido mayor que la de antes, aparentemente debido a efectos climáticos nocivos. También han determinado que la tasa de mortalidad de esos árboles tropicales se ha duplicado en los últimos

35 años, a medida que el calentamiento global aumenta el poder de desecación de la atmósfera.

El deterioro de esos bosques reduce la biomasa y el almacenamiento de carbono, lo que deja libre más dióxido de carbono que, con su efecto invernadero, hace cada vez más difícil mantener las temperaturas globales por debajo de la máxima tolerable exigida por el Acuerdo de París, en el marco de las Naciones Unidas que establece las medidas a tomar para reducir las emisiones de gases con efecto invernadero y evitar que el calentamiento global sobrepase un umbral preocupante.

El equipo ha constatado que desde la década de 1980 los árboles viven alrededor de la mitad de tiempo, lo cual



es un patrón consistente en todas las especies y lugares de la región. Otras investigaciones en la región del Amazonas también sugieren que allí las tasas de mortalidad de los árboles tropicales están aumentando, pero la causa aún no está clara (fuente: Amazings).

Siguiendo con los árboles, te cuento que cada año, el mundo pierde unos 10 millones de hectáreas de bosque (una superficie del tamaño de Islandia) a causa de la deforestación. A ese ritmo, algunos científicos predicen que los bosques del mundo podrían desaparecer en 100 o 200 años.

Sin embargo, en un esfuerzo por ofrecer una alternativa respetuosa con el medio ambiente y que genere pocos residuos, investigadores del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), en Estados Unidos, han preparado una técnica para generar en el laboratorio material vegetal calificable como madera, lo que podría permitir “cultivar” un producto de este material, por ejemplo, una mesa, sin necesidad de talar y procesar la madera, etcétera.

Estos investigadores han demostrado que, ajustando ciertas sustancias químicas utilizadas durante el proceso de crecimiento,

pueden controlar con precisión las propiedades físicas y mecánicas del material vegetal resultante, como su rigidez y densidad.

En el estudio “Physical, mechanical, and microstructural characterization of novel, 3D-printed, tunable, lab-grown plant materials generated from *Zinnia elegans* cell cultures”, publicado en *Materials Today*, también demuestran que, mediante técnicas de bioimpresión en 3D, pueden cultivar material vegetal con formas y tamaños que no se encuentran en la naturaleza y que no pueden producirse fácilmente con los métodos agrícolas tradicionales.

La idea es cultivar estos materiales vegetales con la forma exacta que el objeto necesita, por lo que no es necesario realizar ninguna fabricación por sustracción *a posteriori*, lo que reduce la cantidad de energía empleada y la de residuos generados. Todo apunta a que la nueva técnica se podrá adaptar fácilmente para cultivar estructuras tridimensionales a gran escala en el ámbito industrial.

Aunque todavía está en sus inicios, esta línea de investigación y desarrollo

muestra que los materiales vegetales cultivados en laboratorio pueden ajustarse fácilmente para que tengan características específicas, lo que podría permitir algún día cultivar productos de madera con las características exactas necesarias para una aplicación concreta (fuente: NCYT).

Claro que es una buena noticia, como también lo es la siguiente. Ya vimos líneas arriba que estamos en tiempos complicados, la población

humana aumenta y el calentamiento global no sólo afecta los mares y las selvas, también reduce la productividad agrícola en bastantes zonas del mundo y cada vez es mayor la necesidad de hallar formas de expandir la agricultura más allá de su alcance geográfico actual, a fin de poder alimentarnos a todos.

La población de la Tierra está creciendo a tal punto que se estima que para 2050 habrá 10,000 millones de personas en el planeta. Al mismo tiempo, el cambio climático glo-

bal está provocando que un porcentaje nada desdeñable de tierra cultivable se seque, mientras que otras zonas han comenzado a perderse como consecuencia directa o indirecta de la subida del nivel del mar. Todo ello aumenta el interés por obtener cultivos agrícolas que toleren la sal en el suelo.

En la actualidad, cerca de 8% de la tierra cultivable del mundo ya no es utilizable para la agricultura debido a la contaminación por sal. Y más de la mitad de los países del mundo están afectados por este fenómeno. En Egipto, Kenia y Argentina no se puede cultivar trigo por ese motivo en una amplia extensión de tierra. Incluso en aquellas regiones de Asia donde el arroz es do-

minante, un cereal tolerante a la sal podría ser de gran ayuda para el futuro suministro de alimentos, y por doble partida, ya que éste requiere mucha menos agua que el arroz.

Al respecto, científicos de la Universidad de Gotemburgo, en Suecia, han desarrollado nuevas plantas de trigo que toleran suelos con mayores concentraciones de sal. Tras haber mutado un tipo de este cereal en Bangladesh, ahora tienen semillas que pesan tres veces más y que germinan casi el doble que la original.

Este trigo original, que crece en los campos cercanos a la costa de Bangladesh, tiene cierta tolerancia a la sal en los suelos, lo

que es importante cuando cada vez más tierras de cultivo en todo el mundo están expuestas al agua salada.

Al mutar las semillas de estos campos costeros, el equipo logró desarrollar unas 2,000 líneas de grano. Las 35 variaciones que mejor germinaron en diferentes experimentos de campo y laboratorio se plantaron en un invernadero automatizado en Australia. Allí se aplicaron diferentes concentraciones salinas a los suelos en los que habían sido plantadas. Esto ha permitido identificar al trigo mejor capacitado para ser productivo en suelos salados. El equipo identificó asimismo qué genes controlan la tolerancia a la sal en la planta (fuente: Amazing).

Descarga aquí nuestra versión digital





COLABORADORES

Brenda González Hernández

Psicóloga por la UASLP. Maestra en Neurociencias por la UNAM. Doctora en Neurobiología Celular y Molecular por el IPN. Mi área de estudio es el estado de ánimo (corteza prefrontal y frontal e hipocampo) y el control motor (ganglios basales), con su posible asociación con los fitocannabinoides y endocannabinoides. Profesora-investigadora de tiempo completo de la FCB y jefa de la carrera de Licenciado en Biotecnología Genómica. Responsable del servicio de Psicología y Pedagogía. Líder del cuerpo académico de Genómica y patología molecular, miembro regular de la Society for Neuroscience.

Carolina Hernández-Bautista

Biotecnóloga genómica y maestra en Ciencias, con orientación en Inmunobiología, por la UANL. Doctorante en Ciencias, con orientación en Inmunobiología, en la FCB-UANL. Su línea de investigación es el análisis de la actividad transcripcional de los complejos triméricos de Antp-TBP con TFIIIE β /Exd/Bip2 en cultivo celular e in vivo en *D. melanogaster*.

Claudia Altamirano-Torres

Bióloga, maestra y doctora en Ciencias, con orientación en Inmunobiología, por la UANL. Investigadora y profesora en la FCB-UANL. Su principal línea de investigación es la biología molecular y del desarrollo usando como modelo a la mosca de la fruta *Drosophila melanogaster*. Candidata del SNI.

Diana Reséndez-Pérez

Química bacterióloga parasitóloga, maestra en Biología Celular y doctora en Biología Molecular e Ingeniería Genética por la UANL. Tiene múltiples distinciones y ha realizado varias estancias de investigación en el Erasmus Medical Center en Rotterdam, Holanda, y en la Universidad de Basilea, Suiza. Profesora de tiempo completo, jefa del Departamento de Biología Celular y Genética, y subdirectora Académica de la FCB-UANL. Sus líneas de investigación son interactoma HOX en el desarrollo de *Drosophila*: expresión de genes Hox en cáncer; regulación génica mediante microRNAs en *Drosophila* y cáncer. Miembro de SNI, nivel II.

Elda Josefina Robles Sierra

Bióloga por la UANL. Colabora activamente con la Asociación Civil Por Grace. Cursa el octavo semestre del Doctorado en Ciencias, con orientación en Biotecnología, donde su tema de interés son los efectos antidepressivos del cannabidiol en un modelo animal.

Karla Alejandra Soto Marfileño

Licenciada en Biotecnología Genómica y maestra en Ciencias, con orientación en Microbiología, por la UANL. Doctorante en Ciencias, con orientación en Microbiología.

Lucio Galaviz Silva

Químico bacteriólogo parasitólogo. Maestro en Ciencias Biológicas y con especialidad en Parasitología y doctora en Microbiología por la UANL. Responsable del Laboratorio de Patología Molecular y Experimental de la FCB-UANL. Profesor titular A de tiempo completo.

Luis Enrique Gómez Vanegas

Licenciado en Letras Hispánicas por la UANL. Diplomado en periodismo científico por la FCC-UANL. Corrector de la revista Ciencia UANL y de Entorno Universitario, de la Preparatoria 16-UANL.

María Josefa Santos Corral

Doctora en Antropología Social. Su área de especialidad se relaciona con los problemas sociales de transferencia de conocimientos, dentro de las líneas de tecnología, cultura y estudios sociales de la innovación. Imparte las asignaturas de ciencia y tecnología para las RI en la Licenciatura de Relaciones Internacionales y Desarrollo Científico Tecnológico y su Impacto Social en la Maestría de Comunicación.

Melissa del Carmen Martínez Torres

Licenciada en Letras Hispánicas por la UANL. Editora responsable de la revista Ciencia UANL.

Nalleli Rivera Villanueva

Licenciada en Periodismo y Medios de Información por el ITESM. Actualmente estudia la Licenciatura en Biología en la UAY, su tema de interés son los murciélagos.

Norma Zamora-Avilés

Doctora en Ciencias Biológicas por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Posdoctorada en el Laboratorio de Inmunología y Virología de la FCB-UANL. Sus líneas de investigación son en entomología agrícola, caracterización genética de entomopatógenos y control biológico. Miembro del SNI.

Pedro César Cantú-Martínez

Doctor en Ciencias Biológicas por la UANL. Doctor Honoris Causa, con la Mención Dorada Magisterial,

por el OIICE. Trabaja en la FCB-UANL y participa en el IINSO-UANL. Su área de interés profesional se refiere a aspectos sobre la calidad de vida e indicadores de sustentabilidad ambiental. Fundador de la revista Salud Pública y Nutrición (RESPyN). Miembro del Comité Editorial de Artemisa del Centro de Información para Decisiones en Salud Pública de México.

Samantha Dalai López

Maestra en Ciencias en Gestión Ambiental por el IPN. Realiza investigación sobre murciélagos en el Laboratorio de Biología de la Conservación y Desarrollo Sostenible de la FCB-UANL.

Sinue Isabel Morales Alonso

Profesor e investigador en la Escuela de Agronomía, en el área de Sustentabilidad Agropecuaria y Bienestar Animal de la Universidad La Salle Bajío. Sus líneas de investigación son en entomología agrícola, toxicología en insectos, control biológico y manejo agroecológico de plagas. Miembro del SNI.

Lineamientos de colaboración

Ciencia UANL

La revista *Ciencia UANL* tiene como propósito difundir y divulgar la producción científica, tecnológica y de conocimiento en los ámbitos académico, científico, tecnológico, social y empresarial.

En sus páginas se presentan avances de investigación científica, desarrollo tecnológico y artículos de divulgación en cualquiera de las siguientes áreas:

- ciencias exactas
- ciencias de la salud
- ciencias agropecuarias
- ciencias naturales
- humanidades
- ciencias sociales
- ingeniería y tecnología
- ciencias de la tierra

Asimismo, se incluyen artículos de difusión sobre temas diversos que van de las ciencias naturales y exactas a las ciencias sociales y las humanidades.

Las colaboraciones deberán estar escritas en un lenguaje **claro, didáctico y accesible**, correspondiente al público objetivo; no se aceptarán trabajos que no cumplan con los criterios y lineamientos indicados, según sea el caso se deben seguir los siguientes criterios editoriales.

Criterios generales

- Sólo se aceptan artículos originales, entendiendo por ello que el contenido sea producto del trabajo directo y que una versión similar no haya sido publicada o enviada a otras revistas.
- Se aceptarán artículos con un máximo de cinco autores (tres para los artículos de divulgación), en caso de excederse se analizará si corresponde con el esfuerzo detectado en la investigación. Una vez entregado el trabajo, no se aceptarán cambios en el orden y la cantidad de los autores.
- Los originales deberán tener una extensión máxima de cinco páginas, incluyendo tablas, figuras y referencias. En casos excepcionales, se podrá concertar con el editor responsable una extensión superior, la cual será sometida a la aprobación del Consejo Editorial.
- Para su consideración editorial, el autor deberá enviar el artículo vía electrónica en formato .doc de Word, así como el material gráfico (máximo cinco figuras, incluyendo tablas), fichas biográficas de cada autor de máximo 100 palabras, código identificador ORCID, ficha de datos y carta firmada por todos los autores (ambos formatos en página web) que certifique la originalidad del artículo y cedan derechos de autor a favor de la UANL.
- Material gráfico incluye figuras, dibujos, fotografías, imágenes digitales y tablas, de al menos 300 DPI en formato .jpg o .png y deberán incluir derechos de autor, permiso de uso o referencia. Las tablas deberán estar en formato editable.

- El artículo deberá contener claramente los siguientes datos: título del trabajo, autor(es), código identificador ORCID, institución y departamento de adscripción laboral de cada investigador (en el caso de estudiantes sin adscripción laboral, referir la institución donde realizan sus estudios) y dirección de correo electrónico para contacto.
- Las referencias no deben extenderse innecesariamente, por lo que sólo se incluirán las referencias utilizadas en el texto; éstas deberán citarse en formato Harvard.
- Se incluirá un resumen en inglés y español, no mayor de 100 palabras, además de cinco ideas y cinco palabras clave.

Criterios específicos para artículos académicos

- El artículo deberá ofrecer una panorámica clara del campo temático.
- Deberá considerarse la experiencia nacional y local, si la hubiera.
- No se aceptan reportes de mediciones. Los artículos deberán contener la presentación de resultados de medición y su comparación, también deberán presentar un análisis detallado de los mismos, un desarrollo metodológico original, una manipulación nueva de la materia o ser de gran impacto y novedad social.
- Sólo se aceptarán modelos matemáticos si son validados experimentalmente por el autor.
- No se aceptarán trabajos basados en encuestas de opinión o entrevistas, a menos que aunadas a ellas se realicen mediciones y se efectúe un análisis de correlación para su validación.

Criterios específicos para artículos de divulgación

- Los contenidos científicos y técnicos tendrán que ser conceptualmente correctos y presentados de una manera original y creativa.
- Todos los trabajos deberán ser de carácter académico. Se debe buscar que tengan un interés que rebase los límites de una institución o programa particular.
- Tendrán siempre preferencia los artículos que versen sobre temas relacionados con el objetivo, cobertura temática o lectores a los que se dirige la revista.
- Para su mejor manejo y lectura, cada artículo debe incluir una introducción al tema, posteriormente desarrollarlo y finalmente plantear conclusiones. El formato no maneja notas a pie de página.
- En el caso de una reseña para nuestra sección *Al pie de la letra*, la extensión máxima será de dos cuartillas, deberá incluir la ficha bibliográfica completa, una imagen de la portada del libro, por la naturaleza de la sección no se aceptan referencias.



Notas importantes

- Sólo se recibirán artículos por convocatoria, para mayor información al respecto consultar nuestras redes sociales o nuestra página web: <http://cienciauanl.uanl.mx/>
- Todas las colaboraciones, sin excepción, deberán pasar por una revisión preliminar, en la cual se establecerá si éstas cumplen con los requisitos mínimos de publicación que solicita la revista, como temática, extensión, originalidad y estructuras. Los editores no se obligan a publicar los artículos sólo por recibirlos.
- Todos los números se publican por tema, en caso de que un artículo sea aceptado en el dictamen, pero no entre en la publicación del siguiente número, éste quedará en espera para el número más próximo con la misma temática.
- Una vez aprobados los trabajos, los autores aceptan la corrección de textos y la revisión de estilo para mantener criterios de uniformidad de la revista.
- Todos los artículos de difusión recibidos serán sujetos al proceso de revisión *peer review* o *revisión por pares*, del tipo *doble ciego*; los documentos se envían sin autoría a quienes evalúan, con el fin de buscar objetividad en el análisis; asimismo, las personas autoras desconocen el nombre de sus evaluadores.
- Bajo ningún motivo serán aceptados aquellos documentos donde pueda ser demostrada la existencia de transcripción textual, sin el debido crédito, de otra obra, acción denominada como plagio. Si el punto anterior es confirmado, el documento será rechazado inmediatamente.

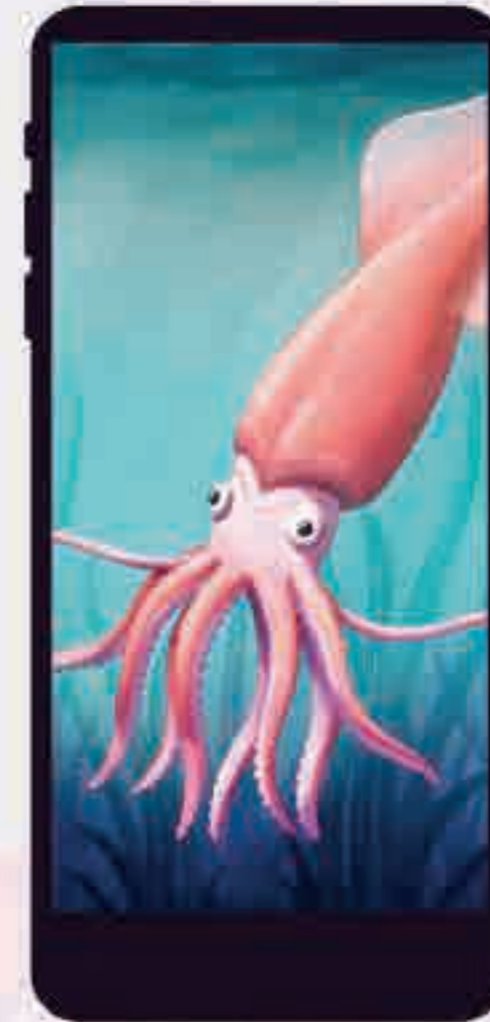
Todos los artículos deberán remitirse a la dirección de correo:
revista.ciencia@uanl.mx
o bien a la siguiente dirección:

Revista Ciencia UANL. Dirección de Investigación, Av. Manuel L. Barragán, Col. Hogares Ferrocarrileros, C.P. 64290, Monterrey, Nuevo León, México.

Para cualquier comentario o duda estamos a disposición de los interesados en:

Tel: (5281)8329-4236. <http://www.cienciauanl.uanl.mx/>

¡SÍGUENOS EN NUESTRAS REDES SOCIALES!



Instagram: [@revistaciencia_uanl](https://www.instagram.com/revistaciencia_uanl)



Facebook: [RevistaCienciaUANL](https://www.facebook.com/RevistaCienciaUANL)

cienciauanl.uanl.mx/



Indicada en:

PERIÓDICA

bibliat

Actualidad Iberoamericana
Centro Iberoamericano de Estudios

RevistaCercaluna, RevistaCerca_una, RevistaCercaluna

ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS
CONACYT DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

CUIDEN

latindex
CONSEJO TERRACOMUNICACION