

sabermás



Revista de Divulgación
de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

El menú de las abejas

Calentamiento global: Un fenómeno no tan nuevo
Una mirada al mundo acuático de los macroinvertebrados
Las cactáceas y su posible adiós
El arte marino de chupar piedras
Peces diádromos: Del mar al río o viceversa

Canibalismo filial en peces ¿Conducta de un buen padre?
Zoogy, un pez extinto de regreso a su hábitat
Transfusión de sangre ¿A mi mascota?
El ejercicio ¿La cura a todos los males?

Año 10 / No. 56 marzo- abril/ 2021
Morelia, Michoacán, México
U.M.S.N.H.



UNIVERSIDAD MICHOACANA
DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
Cuna de héroes, crisol de pensadores
ISSN-2007-7041

CONTENIDO



Ana Miriam Birrueta Guzmán. Artista en pintura y fotografía
anamiramvirrueta@gmail.com Instagram: @ani_priti
Isabel Padilla García. Ilustradora y artista visual
izza.padillao3@gmail.com Instagram: @mercuri4l.art
Ambas estudiantes de la facultad Popular de Bellas Artes
Universidad Michacana de San Nicolás de Hidalgo

El menú de las abejas

26

ARTÍCULOS

Calentamiento global: Un fenómeno no tan nuevo	13
Una mirada al mundo acuático de los macroinvertebrados	18
Las cactáceas y su posible adiós	22
El arte marino de chupar piedras	34
Peces diádromos: Del mar al río o viceversa	39
Canibalismo filial en peces ¿Conducta de un buen padre?	43
Zoogy, un pez extinto de regreso a su hábitat	46
Transfusión de sangre ¿A mi mascota?	51
El ejercicio ¿La cura a todos los males?	55



13



22



34



43



51

ENTÉRATE

Las especies exóticas ¿Una amenaza para los ecosistemas?

6

TECNOLOGÍA

La tecnología computacional y la biología de sistemas

60

UNA PROBADA DE CIENCIA

Pensar como hongo

64

CIENCIA EN POCAS PALABRAS

Beauveria bassiana: Un hongo bioinsecticida

66

LA CIENCIA EN EL CINE

El cuarto pasajero

70

EXPERIMENTA

Un géiser en una botella

75

INFOGRAFÍA

¡Soy científica!

76



Entrevista al Dr. Alfredo Saavedra Molina

Profesor - Investigador en el Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

10

DIRECTORIO



Rector

Dr. Raúl Cárdenas Navarro

Secretario General

Mtro. Pedro Mata Vázquez

Secretario Académico

Dr. Orépani García Rodríguez

Secretaría Administrativa

ME en MF Silvia Hernández Capi

Secretario de Difusión Cultural

Dr. Héctor Pérez Pintor

Secretario Auxiliar

Dr. Juan Carlos Gómez Revuelta

Abogado General

Lic. Luis Fernando Rodríguez Vera

Tesorero

Dr. Rodrigo Gómez Monge

Coordinador de la Investigación Científica

Dr. Marco Antonio Landavazo Arias

SABER MÁS REVISTA DE DIVULGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO, Año 10, No. 56, marzo-abril, es una publicación bimestral editada por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo a través de la Coordinación de la Investigación Científica, Av. Francisco J. Mújica, s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 58030, Tel. y Fax (443) 316 74 36, www.sabermas.umich.mx, sabermasumich@gmail.com. Editor: Horacio Cano Camacho. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2013-072913143400-203, ISSN: 2007-7041, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este Número, Departamento de Informática de la Coordinación de la Investigación Científica, C.P. Hugo César Guzmán Rivera, Av. Francisco J. Mújica, s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 58030, Tel. y Fax (443) 316-7436, fecha de última modificación, 2 de mayo de 2021.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Esta revista puede ser reproducida con fines no lucrativos, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica. De otra forma requiere permiso previo por escrito de la institución y del autor.



Director

Dr. Rafael Salgado Garciglia
Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas,
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo,
Morelia, Michoacán. México.

Editor

Dr. Horacio Cano Camacho
Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología,
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo,
Morelia, Michoacán. México.

Comité Editorial

Dr. Marco Antonio Landavazo Arias
Instituto de Investigaciones Históricas, Universidad
Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia,
Michoacán. México.

Dr. Cederik León de León Acuña
Dirección de Tecnologías de la Información y
Comunicación, Universidad Michoacana de San
Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán. México.

Dra. Ek del Val de Gortari
IIES-Universidad Nacional Autónoma de México,
Campus Morelia.

M.C. Ana Claudia Nepote González
ENES-Universidad Nacional Autónoma de México,
Campus Morelia.

Dr. Luis Manuel Villaseñor Cendejas
Dirección de Investigación, Universidad de Morelia,
Morelia, Michoacán. México

Dr. Juan Carlos Arteaga Velázquez
Instituto de Física y Matemáticas, Universidad
Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia,
Michoacán. México.

Diseño y Edición

T.D.G. Maby Elizabeth Sosa Pineda
M en C Miguel Gerardo Ochoa Tovar
C.P. Hugo César Guzmán Rivera

Corrección de estilo

Lourdes Rosangel Vargas

Administrador de Sitio Web

C.P. Hugo César Guzmán Rivera

Saber Más Media

M en C Miguel Gerardo Ochoa Tovar

EDITORIAL

Hola lectores de *Saber Más*. Estás a punto de adentrarte en este nuevo número de la revista de divulgación de la ciencia de la Universidad Michoacana. Es un número, como todos en realidad, preparado con mucho cuidado para informarte, interesarte y despertar tus dudas en los temas del conocimiento científico y léste bien, queremos que te hagas preguntas, que dudes y nos uses como un recurso para aprender, para conocer e iniciar un proceso muy rico hacia la cultura científica, porque ese es el motor del conocimiento y en nuestra revista queremos invitare a ello.

Como ya lo sabes, seguimos en la emergencia sanitaria y probablemente estaremos algunos meses más en esta condición, así que te proponemos este número como una forma muy creativa de pasar el confinamiento, si no tienen obligatoriamente que salir.

En este número podrás encontrar información muy diversa, partiendo del artículo de portada que trata sobre «el menú» de las abejas. Es un texto de gran importancia, sobre todo ante los reportes de la disminución de las poblaciones de este insecto en muchos lugares del mundo. Se ha planteado la hipótesis de que esta disminución sea una consecuencia directa de el cambio climático global y no sería aventurado pensar que otros de los efectos de este fenómeno pueden influir en las abejas y tienen que ver con el cambio o distribución de las plantas

silvestres, alimento de estos insectos. Además, es posible, y hay reportes al respecto, que el aumento de temperatura esté modificando patrones metabólicos en las plantas, vinculados con la selección y atracción de las abejas, así que, para iniciar tu viaje por el conocimiento, te invitamos a leerlo e ir generando nuevas preguntas sobre este fenómeno.

Desde las primeras páginas podrán enterarse del efecto de las especies exóticas (introducidas a nuevos ecosistemas del que son ajenas) y vaya que es un problema, sobre el cual no pensamos mucho. Plantas, animales y hasta hongos, son movilizados con diversos fines, sin pensar mucho en el impacto que pueden tener, al grado de que las maleza, muchas aves, como el gorrión inglés o el periquito argentino (aquí le dicen australiano), y la paloma, son ya un problema muy serio. Te invitamos a leerlo.

Y hablando de introducción de especies, en ocasiones se debe intentar para recuperar ecosistemas o especies extirpadas de sus lugares de origen y ahora tenemos artículos muy interesantes en este sentido.

Así que tienes en tus manos, o pantalla, para ser más preciso, un número muy completo y rico, noticias, entrevistas, recomendación de libros, películas, tecnología y mucho más, en *Saber Más*, revista de divulgación. Bienvenidos

Dr. Horacio Cano Camacho
Editor



ENTÉRATE

Las especies exóticas ¿una amenaza para los ecosistemas?

*Valentín Mar Silva y Martina Medina Nava



En el marco de la celebración del Día Mundial de los Humedales, el 2 de febrero de 2021 se anunció la liberación de 15 mil crías de tilapia, una especie de pez exótica de origen africano del género *Oreochromis*, en un municipio de Tamaulipas. Las personas que liberaron las crías de esta especie, argumentaron que realizaban una intervención para «garantizar el mayor equilibrio en el medio ambiente». Esta acción desató una ola de críticas y llamados de alarma por el potencial efecto negativo de esta especie sobre los peces nativos. En este sentido, en el presente artículo te explicamos cómo la introducción deliberada de organismos no nativos, puede llegar a constituir una amenaza para los ecosistemas. Al final, queremos

responder a la siguiente pregunta ¿Son realmente las especies exóticas tan perjudiciales?

La introducción de especies exóticas, «de origen lejano» o que proviene de otro país, lleva a trasladar organismos fuera de su lugar de origen a otro ecosistema. Esta acción la realiza el ser humano de manera deliberada o accidental, con un impacto ecológico en los ecosistemas que al modificar su estructura, puede ser **perjudicial para la biodiversidad**. De esta forma, se reconoce actualmente que la principal problemática de las especies exóticas es que modifican las poblaciones naturales y, ¡nada vuelve a ser igual!

Debido a que muchas especies exóticas representan plagas perjudiciales como las ratas, cu-

carachas, palomas, eucaliptos, lirio acuático y una impresionante larga lista de organismos, se ha documentado que juegan un papel determinante en la extinción local o global de especies. En este sentido, es importante reconocer que **las actividades humanas son el principal motor de la extinción de especies** debido, entre otros factores, a la destrucción de hábitat, sobreexplotación y contaminación. Las especies exóticas aprovechan estos sistemas perturbados, ya que en ellos se pueden establecer mejor debido a que toleran las condiciones que son perjudiciales para las especies nativas. Bajo las condiciones globales de cambios humanos, el efecto de las especies exóticas se intensifica, lo que hace muy complejo estudiar sus efectos y, por lo tanto, representa todo un desafío para enfrentar la crisis de biodiversidad actual y mitigar sus impactos.

Con todo esto, las especies exóticas provocan múltiples efectos y es lo que hace saltar las alarmas en este tema, por una cuestión de cautela. Los impactos que ocasionan ocurren a todo lo largo del proceso, es decir, desde la introducción y hasta el establecimiento de una colonia con una reproducción exitosa que crece en número en el sitio y los alrededores. Diversas **especies exóticas pueden llegar a sobre reproducirse**, y esto no solo daña al ecosistema, sino también la salud humana y la economía, como ocurre con los organismos que se convierten en plagas. Como ejemplo, tenemos pérdidas millonarias en pesquerías de agua dulce o en ecosistemas terrestres, en bosques y cultivos por la introducción de virus o bacterias.

Las especies exóticas pueden presentar interacciones de competencia y desplazamiento sobre las especies nativas, esto sucede si el alimento y otros recursos no son suficientes para todos. En este escenario, una especie exótica que consume lo mismo que una nativa, puede ser más eficiente para obtenerlo, dando origen a una competencia por los recursos donde una especie es la perdedora, normalmente —aunque no en todos los casos— la nativa. Esto ocurre porque las especies exóticas necesitan alimentarse, espacio para reproducirse, cuidar a sus crías, ya saben, ¡todo aquello que un ser vivo requiere para sobrevivir y multiplicarse! De manera general, **una especie exótica exitosa tiene una mayor tolerancia a la degradación del hábitat** (contaminación, pérdida física del hábitat) que

una nativa, ya que son más resistentes y presentan mayor facilidad de adaptación a condiciones extremas o cambiantes, no tienen reparos para alimentarse de diferentes recursos y, en general, son lo que llamamos «oportunistas». Estas características —a diferencia de las nativas, a las cuales no les van muy bien los cambios—, tienen una larga historia de adaptación a los cambios que por selección natural sucedieron en su sitio de origen.

Cabe señalar que la pérdida de especies por el factor humano, combinado con la introducción de especies exóticas, genera un **fenómeno de reemplazo** de especies nativas por exóticas conocido como «**intercambio biótico**», que es muy perjudicial para la biodiversidad, aunque sus alcances y consecuencias a escala planetaria aún no se saben con certeza. Esto se agrava cuando el intercambio tiene lugar con especies invasoras de amplia distribución, porque entonces lo que obtenemos es una homogeneización de los seres vivos. Imaginemos que una región se convierte en un gran campo de cultivo con tan solo un puñado de especies distribuidas por todos lados. Esto es un duro golpe para la diversidad genética, la biodiversidad y para los recursos que esta ofrece, ¡se podría perder en un corto o mediano plazo la megadiversidad de un país como México!

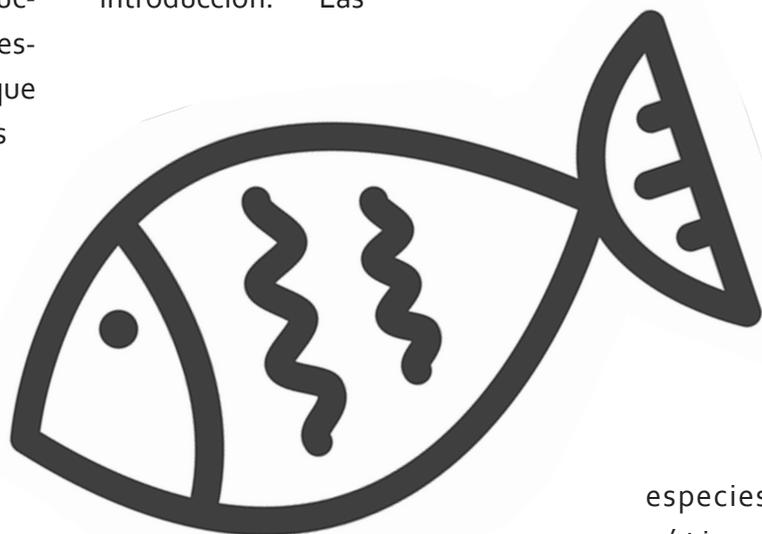
Después de este panorama desolador producido por el efecto de las especies exóticas, volvamos al ejemplo de las tilapias y tratemos de buscar ventajas en su introducción, si es que las hay. Es indudable que esta especie tiene una amplia distribución debido a su consumo y es uno de los recursos acuícolas más valiosos y, por tanto, se produce en gran cantidad. Con esto sería válido pensar que su presencia puede ser aprovechada por los pobladores para consumirla o venderla, pero desgraciadamente no ocurre así. En diferentes experiencias se ha observado cómo inicialmente poblaciones introducidas de tilapia, y otras especies, son adecuadas para el consumo, pero conforme pasa el tiempo y la población se establece, se presenta un fenómeno interesante, y es que sin el control de alimentación, enfermedades y otros factores importantes para el aprovechamiento de las especies introducidas, como podría ser la tilapia, estas empiezan a reproducirse con una talla cada vez menor, produciendo menos carne por lo que dejan de ser un buen obje-

to de aprovechamiento. La alternativa es clara, si se pretende dar uso para consumo, **se debe establecer un plan de manejo** que permita de manera controlada su reproducción y producción óptima.

Aunque podríamos pensar que la introducción de estas especies puede beneficiar a las especies nativas al proporcionar organismos que puedan consumir los diferentes depredadores nativos, se sabe que esto no ocurre. Las relaciones naturales suelen ser complejas y ciertamente específicas, por lo que **ingresar nuevos organismos puede irrumpir los procesos naturales** y los depredadores pueden no identificar como presas a estos organismos o presentar defensas desconocidas para los nativos. En observaciones de campo, a lo largo de la ribera del lago de Cuitzeo, se han encontrado ejemplares de serpientes acuáticas muertas que se alimentan de peces, debido a que, al atrapar tilapias, estas quedan atoradas en su boca. Posiblemente esto se deba a que las tilapias presentan fuertes espinas en las aletas y, al ser agredidas, las extienden para defenderse, un mecanismo que no presentan las presas nativas. Este es un claro ejemplo de cómo una especie introducida puede eliminar a otra en su propio hábitat.

Por último y retomando la pregunta inicial —**¿Son realmente las especies exóticas tan perjudiciales?**— **podemos concluir que sí**, las especies exóticas son de cuidado por sus potenciales efectos y no se recomienda introducirlas sin planificación o control, menos en una celebración relacionada con

la biodiversidad. Debido a los costos asociados con el manejo de especies exóticas y, en muchos casos a lo difícil de su erradicación, es indispensable prevenir su introducción. Las



especies exóticas no son los villanos del cuento, son consecuencia de la degradación humana y, por tanto, es urgente un esfuerzo de educación ambiental dirigido a la sociedad en general y a los tomadores de decisiones sobre los cuantiosos daños y perjuicios que pueden ocasionar a los sistemas naturales.

Dr. Valentin Mar Silva. Laboratorio de Biología Acuática-Laboratorio de Fauna Silvestre, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Dra. Martina Medina Nava. Laboratorio de Biología Acuática-Laboratorio de Fauna Silvestre, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.



Contreras-MacBeath T., Gaspar-Dillanes M.T., Huidobro-Campos L. y Mejía-Mojica H. (2014). «Peces invasores en el centro de México». R. Mendoza y Koleff, P. (Editores), Especies acuáticas invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, pp. 413-424.

https://www.researchgate.net/publication/289988782_Peces_invasores_en_el_centro_de_Mexico

Theodoropoulos D.I. (2003). Invasion biology: critique of

a pseudoscience. Blythe, California, Avvar Books, pp. 76-141.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4242384/pdf/mch128.pdf>

Boudjelas S., Browne M., De Poorter M. y Lowe S. (2000). «100 de las especies exóticas invasoras más dañinas del mundo. Una selección del Global Invasive Species Database». IUCN. <http://www.iucngisd.org/gisd/pdf/100Spanish.pdf>

ENTREVISTA

Dr. Alfredo Saavedra Molina

Por Rafael Salgado Garciglia y Horacio Cano Camacho



El Dr. Francisco Alfredo Saavedra Molina realizó sus estudios de licenciatura en la Facultad de Químico Farmacobiología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (1969-1973), los de maestría y doctorado en Ciencias en Biología en la Universidad Nacional Autónoma de México (1981-1987), y una estancia posdoctoral de investigación en la Universidad de Hahnemann en Filadelfia, Pensilvania, EE. UU. (1987-1990).

Desde 1991 es profesor e investigador en el Instituto de Investigaciones Químico Biológicas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, responsable del laboratorio de Bioquímica en el que desarrolla diversas líneas de investigación, utilizando como modelo el estrés oxidativo a nivel mitocondrial durante el envejecimiento, embarazo normal y preeclampsia, así como en enfermedades crónicas como la diabetes, hipertensión y obesidad.

Los resultados de sus investigaciones han sido presentados en conferencias y ponencias nacionales e internacionales y publicados en revistas indizadas de alto impacto a nivel internacional. Ha sido director de tesis y docente en los programas de la Facultad de Biología y Facultad de Químico Farmacobiología, así como en posgrado (Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Biológicas y Programas de Maestría y Doctorado en Ciencias en Biología Experimental), actualmente es el Coordinador General del Doctorado en Ciencias de la Salud y Farmacéuticas.

Es responsable del Cuerpo Académico Consolidado Bioquímica de la Salud, profesor con perfil deseable Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP) y pertenece al Sistema Nacional de Investigadores (SNI) como Nivel III.

¿Nos puedes contar qué te motivó a estudiar la carrera de Químico Farmacobiología?

Desde edad temprana, la química siempre ha sido mi predilección. Me apasiona conocer e investigar los mecanismos químicos de las moléculas con sus diferentes bioelementos químicos, que se presentan en las bacterias, plantas, células, en fin, en todo organismo vivo. Para ello, se requieren estudios básicos que involucran otras materias básicas, como Físicoquímica, Química Orgánica, Química Inorgánica, Física, Matemáticas, entre otras. Durante la carrera, me encantaron las materias de Inmunología y Bioquímica. Esta última me trató mal al principio, la reprobé y fue hasta el examen adicional, ahora de regularización, que por fin la aprobé. Desde ese momento, el libro de texto *Manual de Química Fisiológica* de Harper (Harold A. Harper), me apasionó en esta área. Este libro en particular, involucra textos con fórmulas químicas y su participación en las vías metabólicas de células de organismos.

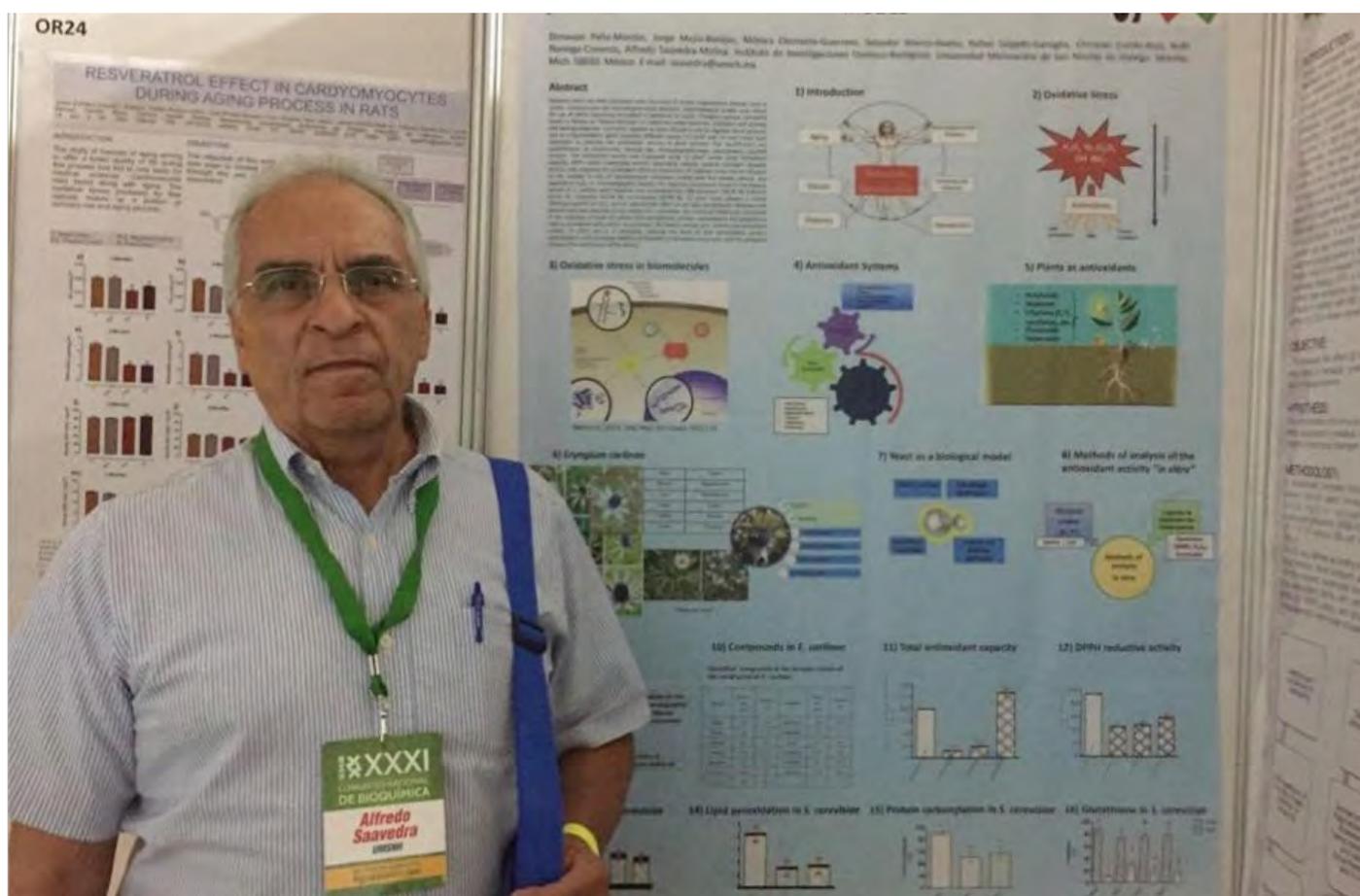
¿Cómo surgió la idea de realizar estudios de posgrado, tanto de maestría como de doctorado?

La tesis de licenciatura la obtuve realizando experimentos en el laboratorio del Dr. Federico Fernández Gavarrón†, en el departamento de Bioquímica de la Facultad de Medicina en la UNAM,

donde siempre ha habido un ambiente de investigación profundo. Un día a la semana, había seminario departamental donde participaban estudiantes de posgrado, así como los investigadores adscritos, quienes me dejaron profundas ideas acerca de las diferentes áreas de investigación allí estudiadas. Mi tesis involucró la participación del ion calcio en cerebro de pollo y, desde esos experimentos, evolucionaron en mi mente preguntas como en cuántas reacciones químicas participaba el calcio. Por lo tanto, debía profundizar mis estudios a nivel de posgrado, lo que involucraba también, lecturas de innumerables artículos tan solo en esa área del conocimiento. Así empezó mi entusiasmo y predilección por la investigación. En los estudios de maestría, se inicia un proyecto, que por su corta duración de dos años, generalmente queda trunco, o mejor dicho, abre el camino de lo que podría ser la especialización del futuro doctor en ciencias.

¿Nos puedes hablar acerca de tu interés sobre el estudio de la mitocondria y su importancia?

La tesis de doctorado tuvo como tema central la participación del ciclo de la urea, que es una vía metabólica que involucra dos compartimentos celulares: el citoplasma y la mitocondria. Aunque mi primer artículo de investigación fue con levaduras, que también tienen mitocondrias, en ambos





casos, conocí la importancia de este orgánulo intracelular en el metabolismo en general. En la mitocondria, se produce energía química en forma de ATP mediante el funcionamiento de la cadena de transporte de electrones, a partir de sustratos que se oxidan. Es una vía metabólica hasta cierto punto ineficiente, es decir, se fugan electrones de su curso habitual. Como consecuencia, esos electrones interactúan con biomoléculas como lípidos, proteínas, ácidos nucleicos y se producen radicales libres como lipoperóxidos, carbonilación de proteínas, oxidación del material genético, todo lo cual origina profundos daños intramitocondriales. También tiene una participación muy activa el ion calcio, lo que incrementa esos daños. Estos cambios y otros, ocasionan estrés oxidante en la mitocondria. Como consecuencia, la mitocondria en la célula daña biomoléculas, lo cual trasciende a un órgano o tejido de una planta, un animal, o el humano. De esa forma, nació el interés por estudiar el papel del estrés oxidativo en las mitocondrias de órganos y tejidos en los organismos eucariontes. El estrés oxidante se neutraliza por moléculas y sistemas antioxidantes.

¿Qué aplicaciones sobresalen de estos estudios?

Los roedores como las ratas de laboratorio, son un modelo experimental adecuado para investigar debido a la semejanza genética con el humano,

porque en sus diferentes órganos y tejidos, suceden las mismas reacciones químicas en el contexto del metabolismo en general. Esto dio la pauta para inducir en esos modelos animales de experimentación, enfermedades crónico degenerativas como la diabetes, hipertensión, preeclampsia (hipertensión durante el embarazo), obesidad, e incluso, el proceso del envejecimiento. En estos modelos de experimentación de las diferentes enfermedades crónico degenerativas, se hace notar que en nuestro país, las estadísticas se han incrementado enormemente. Por lo tanto, se presentó un desafío grande para profundizar nuestros estudios en ello. Los diferentes órganos o tejidos de estos modelos experimentales, ofrecen innumerables oportunidades para abordar estudios bioquímicos, inmunológicos, genéticos, etc. Los resultados publicados en estas áreas de estudio, han permitido a nuestro grupo de trabajo colocarse en un plano a nivel científico de reconocida experiencia a nivel nacional e internacional y todo lo que falta...

Pero, además en los últimos años has estudiado el efecto de extractos vegetales en todos estos procesos, ¿qué resultados se han encontrado?

Los estudios de etnobotánica son importantes para obtener medicamentos. En países en desarrollo, cerca del 40 % de los productos farmacéuticos provienen de productos naturales, principalmente

de las plantas. Debido a la amplia biodiversidad de muchas plantas en nuestro país, y específicamente en Michoacán, se presenta un amplio campo de estudio, sobretodo de plantas medicinales. La medicina tradicional desde tiempos ancestrales, ha sido objeto de múltiples estudios. Particularmente el uso de extractos vegetales aplicados en enfermedades crónico degenerativas, han mostrado efectos benéficos. Por ejemplo, en modelos de diabetes experimental, hemos aplicado extractos de la planta «hierba del sapo» (*Eryngium carlinae*) y los resultados son prometedores ya que disminuyen tanto los niveles de triglicéridos y colesterol, como el estrés oxidante. También ha sido eficaz el uso de inflorescencias de la planta conocida como «muicle» (*Justicia spicigera*), ya que la administración de sus extractos mostró efectos positivos en tratamientos con trastornos intestinales, dolor de cabeza y, en particular, efectos antihipertensivos, antioxidantes y antidiabéticos en ratas. La «falsa fresilla» (*Potentilla indica*), ha mostrado efectos antioxidantes en pulmones de ratas diabéticas; el chile perón (*Capicum pubescens*) también ha mostrado efectos antioxidantes y antidiabéticos; la «damiana» (*Turnera difusa*) tiene efectos hipolipemiantes y antioxidantes en riñones de ratas diabéticas. Aún más, el uso de extractos de aguacate, han probado tener efectos antioxidantes en mitocondrias de cerebro de ratas con diabetes experimental. Y todo lo que falta...

Con 30 años de ser profesor e investigador en la UMSNH, ¿qué opinión tienes acerca de la calidad de investigación científica que se realiza en esta institución?

La trayectoria e impacto de los investigadores de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, tanto a nivel nacional como internacional, se ha caracterizado por la formación de importantes grupos de trabajo con prestigio en las diferentes áreas, como historia, metalurgia, química, física o biología. Ha formado personal calificado en esas áreas, por lo que no se tiene duda acerca del compromiso que tiene ante la sociedad. Aún en los momentos de la pandemia de coronavirus (COVID-19), los investigadores y sus grupos de trabajo, en momentos escalonados de acuerdo a las indicaciones de las autoridades universitarias, continuaron trabajando, lo que es encomiable. Los apoyos económicos por parte de la administración central, aunque disminuyen cada año, no ha sido motivo para disminuir el trabajo. La Universidad Michoacana de

San Nicolás de Hidalgo, cuenta con un numeroso personal calificado ante el SNI en sus diferentes niveles, así como con perfil PRODEP, características positivas que la enaltecen.

Como miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel III, reconocimiento otorgado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México, ¿qué recomendaciones a los estudiantes de posgrado y a los investigadores jóvenes de México, para obtener y mantener este reconocimiento?

La investigación científica requiere una atención directa y profunda, que como cualquier otro trabajo, si eres tenaz, dedicado y constante, obtienes frutos que perduran durante tu vida profesional. Por ello, se deben buscar todos los factores que inciden en tu área de trabajo, desde estudiantes que se interesen en tus proyectos para acomodarlos, hasta la búsqueda de recursos para solventar lo más posible tus materiales, equipos y, por supuesto, tu laboratorio. Las colaboraciones con colegas nacionales y/o internacionales, deben ser prioridad. La obtención del reconocimiento como investigador nacional, es un logro de tus sacrificios, desvelos, estudios y hasta de tus apoyos financieros, llámese fundación Saavedra, para continuar adelante.

Por último, reconociendo tu autoría en varios artículos de divulgación científica publicados en nuestra revista *Saber Más*, ¿por qué es importante hacer divulgación de la ciencia?

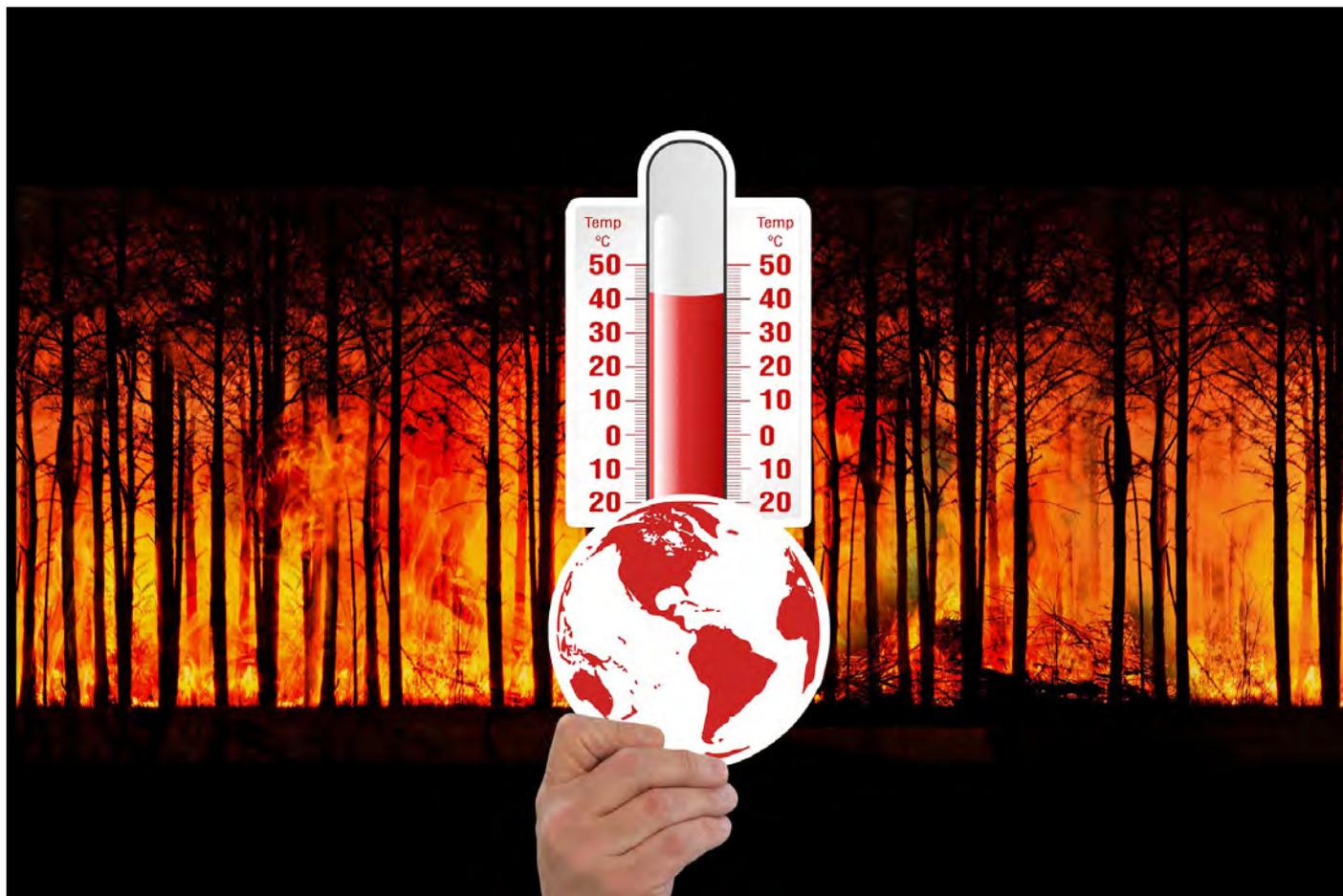
La revista *Saber Más*, es un ejemplo de divulgación de artículos científicos, pero al ras del vulgo popular, que sirve de interlocución entre publicar conocimientos científicos y bajarlos a nivel entendible para personas no doctas en esas áreas. Además, abarca tal diversidad de temas, que resulta encomiable esta labor titánica. Por ello, la revista *Saber Más*, se encuentra posicionada en la cumbre de las revistas con factor de impacto nacional (catálogo de CONACYT) e internacional a nivel de Latindex, Dialnet y Redib. ¡Enhorabuena por estos logros!

¿Algo más que agregar?

Agradezco a la revista de divulgación *Saber Más* por esta importante labor de difusión de la ciencia, que siempre ha sido su principal objetivo. No es fácil llevar a feliz término esta importante labor de divulgación de la ciencia, sobre todo en tiempos de recortes presupuestales, motivo por el cual siempre será digno de felicitar a todo su personal, por tan encomiable labor.

ARTÍCULO**Calentamiento global: Un fenómeno no tan nuevo**

Rodrigo Martínez-Abarca



Rodrigo Martínez-Abarca, Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México.

lurodrimtza10@ciencias.unam.mx

Uno de los problemas más acuciantes de nuestra sociedad es el calentamiento global, que consiste en el aumento en la temperatura promedio del planeta como resultado de las diversas actividades humanas. De acuerdo al Panel Internacional de Cambio Climático (PICC), la temperatura media global ha incrementado cerca de 1 °C desde la época preindustrial, lo que ha tenido como consecuencia el aumento en los niveles marinos, deshielo de glaciares, blanqueamiento de corales, entre otros efectos.

Los registros meteorológicos de los últimos 60 años muestran una tendencia que favorece el in-

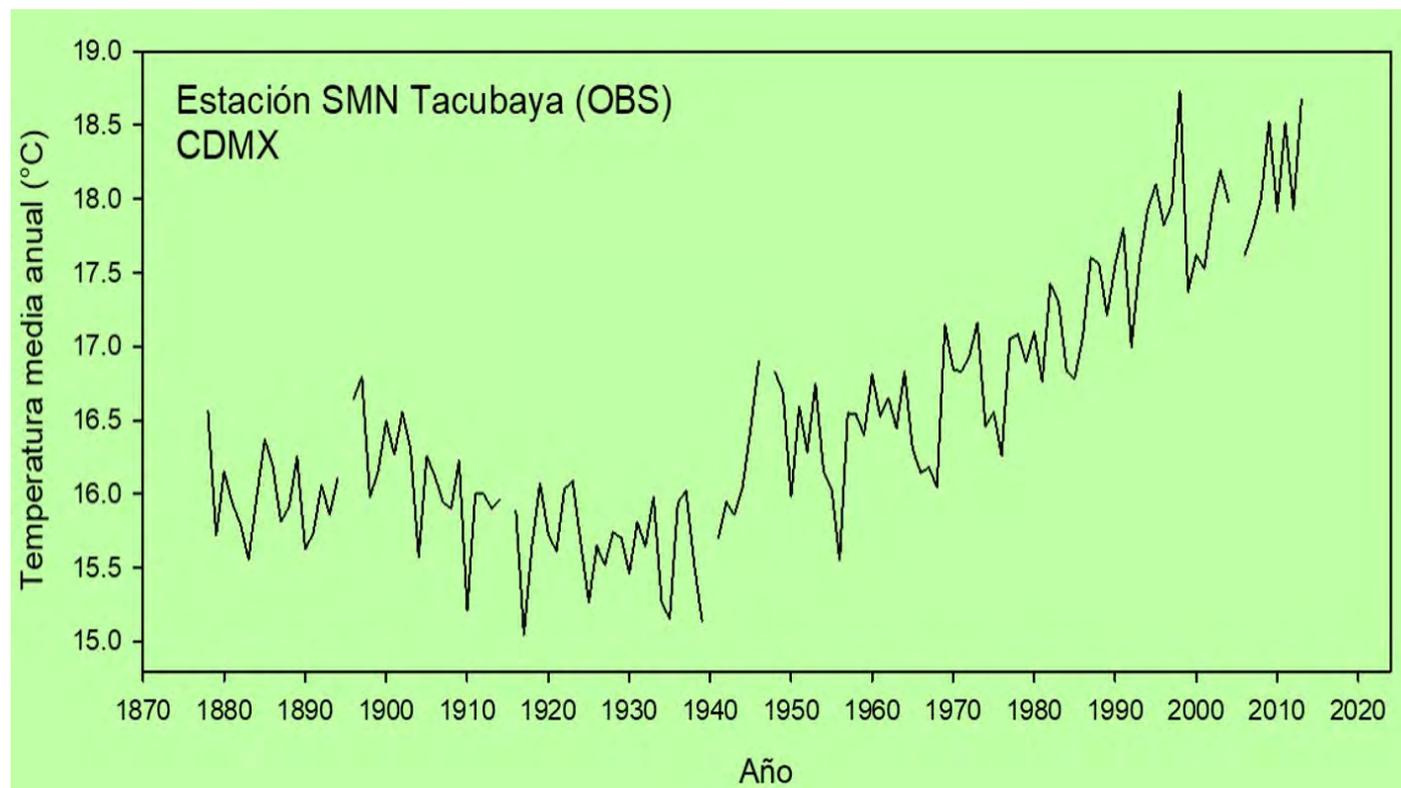
cremento en la temperatura mundial, y cuya causa principal se ha asociado a las **actividades humanas** (emisión de gases de efecto invernadero, el cambio de uso de suelo, la deforestación). Sin embargo, los cambios en la temperatura del planeta no siempre han ocurrido por forzantes antropogénicos, sino que en repetidas ocasiones a lo largo de la historia de la Tierra, son el resultado de **forzantes naturales**. A continuación, te menciono algunos.

Ejemplos de calentamiento global en el pasado

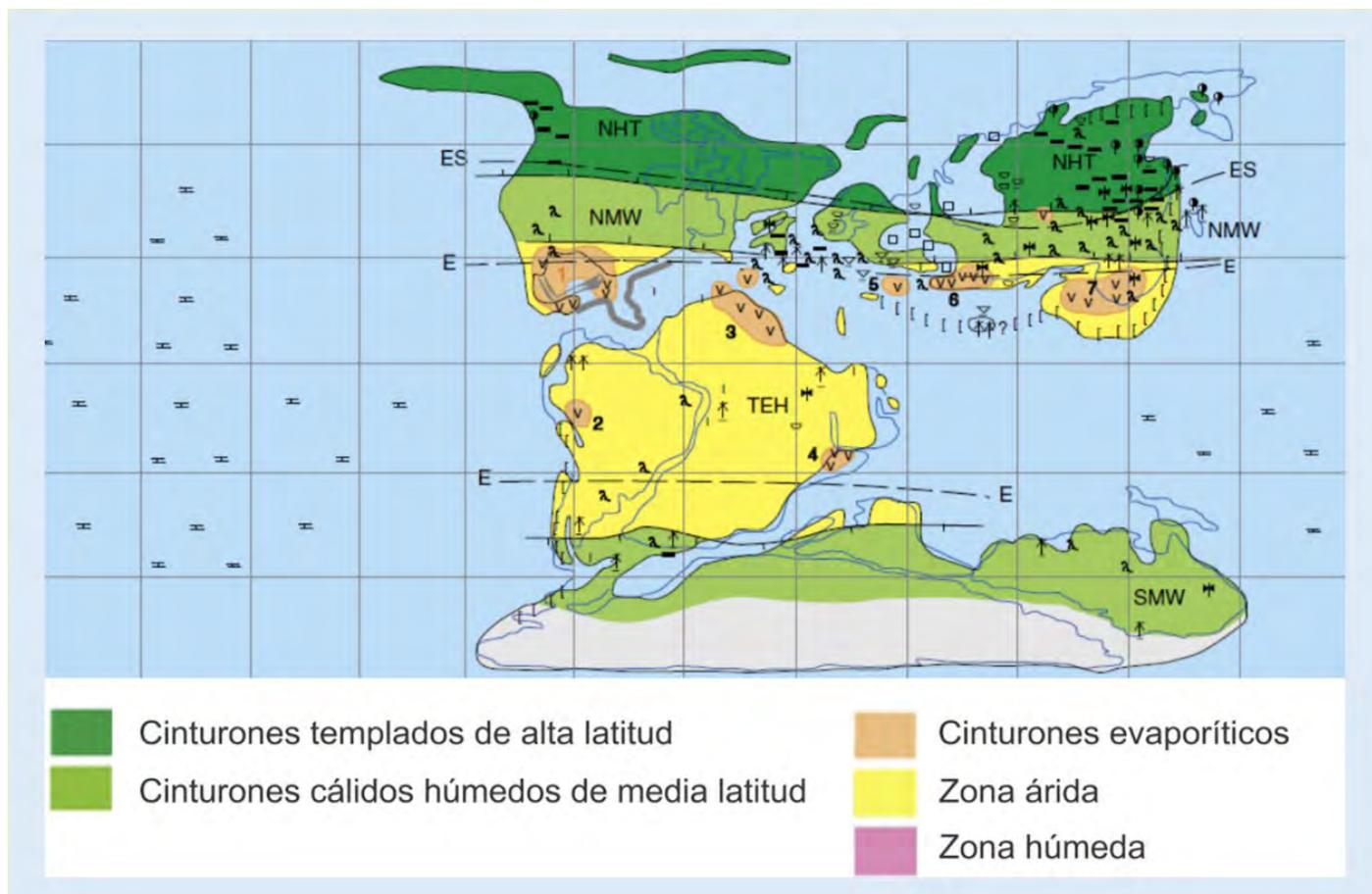
* *Periodo Cretácico*

Al inicio del periodo Cretácico (hace 145 millones de años), el supercontinente Gondwana se conservaba casi intacto. La longitud de la masa continental podía alcanzar doce mil kilómetros de largo en la región ecuatorial, cuatro veces el ancho de Norteamérica a los 40 °N. Se ha estimado que la temperatura media global durante este periodo, pudo haber alcanzado los 35 °C (20° más que en la actualidad), donde además la concentración del dióxido de carbono (CO₂) era de 1000 partes por millón (ppm), 600 ppm más que en la actualidad.

La razón por la que **durante el Cretácico la Tierra era un «horno»**, ha sido asociada con la continentalidad, un término que se refiere al efecto que produce la distribución de los continentes sobre la manera en que circulan las corrientes oceánicas y atmosféricas, que regulan la temperatura y distribuyen humedad a lo largo del planeta. Debido a que Gondwana era una sola masa continental ubicada cerca del ecuador, la circulación oceánica y atmosférica era muy diferente a la actual. En consecuencia, la distribución de la humedad estaba limitada al margen oeste de Gondwana, produciendo un enorme desierto en el centro del continente. Durante el Cretácico, gran parte de México se encontraba sumergida por un mar relativamente somero. Los grandes depósitos de carbonatos en rocas cretácicas del centro y norte de México, sugieren que durante este periodo hubo una alta evaporación. Por otro lado, registros de paleosuelo localizados muy cerca de los municipios de Tiquicheo de Nicolás Romero y Tuzantla, en Michoacán, indican que esta región pudo haber sido árida a semiárida hacia el final del Cretácico.



Registro de temperatura media de la Ciudad de México desde 1876 a 2016. Durante este periodo, la temperatura en la ciudad ha incrementado cerca de 2 °C. Gráfico propio del autor. Datos tomados del observatorio meteorológico de Tacubaya del Servicio Meteorológico Nacional. (<https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=df>)



Distribución de los continentes al inicio del Cretácico (Berriasiense). Con colores se indican las diferentes regiones climáticas. Durante este periodo las masas continentales formaban un solo continente llamado Gondwana. Figura modificada de Hay y Floegel (2012).

* *Periodo Paleoceno*

El final del Cretácico (hace 65 millones de años) estuvo marcado por el impacto de un meteorito al norte de la actual península de Yucatán, México. La colisión de este cuerpo extraterrestre de 10 kilómetros de diámetro, levantó una gran cantidad de polvo a la atmósfera que no permitió el paso de radiación solar a la superficie terrestre y provocó la disminución de la temperatura global por unas cuantas décadas.

Con lo anterior, y posterior a una gran extinción, se inició el Paleoceno, una época que finalizó hace 55 millones de años. El final del Paleoceno estuvo caracterizado por un incremento «repentino» (menos de 10 mil años) de la temperatura global (hasta 7 °C más altas que en la actualidad). A este calentamiento se le conoce como «**Máximo Térmico del Paleoceno-Eoceno (MTPE)**». Las condiciones cálidas en todo el mundo llevaron al derretimiento de hidratos de metano en el fondo oceánico que, por un lado, acidificó los océanos y por el otro, aceleró el calentamiento global debido a la liberación de metano hacia la atmósfera. De igual mane-

ra, hubo migración de especies marinas y terrestres hacia latitudes altas, así como una extinción masiva de organismos que vivían en el fondo del océano.

La razón principal, discutida en la última década, es la alta recurrencia volcánica en el hemisferio norte, particularmente en lo que hoy es Islandia. Cuando un volcán produce una erupción hay una importante emanación de gases de efecto invernadero (GEI), como el CO₂, así como de ceniza y rocas. Como resultado, puede haber una respuesta doble del vulcanismo sobre el clima. Inmediatamente después de la erupción, la emanación de ceniza genera una capa de material en la atmósfera que no permite el paso de la radiación solar, lo que en consecuencia disminuye momentáneamente la temperatura. Sin embargo, los GEI producidos durante la erupción volcánica como CO₂, azufre, metano y vapor de agua, conllevan al calentamiento dado que retienen la radiación térmica emitida por la superficie de la Tierra.

Registros mexicanos han sugerido que durante el final del Paleoceno en el centro de México, prevalecía un ambiente húmedo y la vegetación

predominante era tropical. Lamentablemente, son pocos los estudios que analizan las afectaciones que tuvo el MTPE en la flora y fauna establecida en el territorio mexicano.

* *Óptimo Cálido Medieval*

El último ejemplo de esta serie de eventos climáticos de elevada temperatura en la historia de la Tierra, ocurrió entre los años 1150 y 1300 d.C. Durante este periodo que coincide con el fin del imperio romano, se presentó un **incremento en la temperatura global de 1.5 °C** en el hemisferio norte que derritió grandes volúmenes de hielo existentes en Groenlandia. El deshielo incrementó en 18 metros el nivel del mar y expuso grandes áreas cubiertas bajo la nieve de Groenlandia y el norte de Canadá. Lo anterior fue favorable para algunas civilizaciones como la vikinga, quien aprovechó el clima para colonizar estos terrenos. Sin embargo, el incremento de la temperatura también **propició plagas y enfermedades** que aumentaron la tasa de mortandad de Europa Central.

El Óptimo Cálido Medieval, entre otros factores, se vincula con el incremento en la radiación

solar que llegaba a la superficie de la Tierra como producto de la cantidad de manchas solares del Sol. Estas variaciones son periódicas y, hasta el momento, se ha identificado un ciclo de 11 años y otro de 80 años aproximadamente. Esto es relevante, dado que diversas investigaciones han mostrado que 1 % de incremento en el brillo del Sol puede aumentar la temperatura entre 1 y 2 °C globalmente.

Los registros paleoclimáticos del centro de México indican condiciones húmedas y cálidas durante este periodo. Algunos estudios en el estado de Veracruz indican que en particular el lago Verde aumentó sus niveles. En el caso del lago la Luna, en el Estado de México, se reportan condiciones similares. El Óptimo Cálido Medieval concluyó con el inicio de la «Pequeña Edad de Hielo» en la cual las condiciones fueron secas, hubo incremento de incendios y se preservaron bajas temperaturas.

¿El calentamiento global es un fenómeno nuevo?

No hay duda que el planeta es un sistema dinámico en constante cambio. En el pasado, los procesos que alteraron el clima de la Tierra ocurrieron y en el futuro seguirán ocurriendo, es algo que los hu-



Reconstrucción artística del paisaje durante el inicio del Paleoceno. Las condiciones húmedas prevalecían. Figura original del Peabody Museum of Natural History, Universidad de Yale, New Haven, EUA.

manos no podemos cambiar.

Como te puedes dar cuenta por los ejemplos climáticos que se han explicado, el hecho de que nuestro planeta se caliente no es nuevo, pero sí lo es el tiempo en el que está ocurriendo.

El actual **calentamiento global no tiene precedentes.** Durante el Cretácico la temperatura máxima de 35° se alcanzó después de cincuenta millones de años, en el Paleoceno el calentamiento de siete grados tomó diez mil años y en el Óptimo Cálido Medieval el aumento de 1.5° tomó 150 años. Desde 1960 se ha incrementado 1°C la temperatura global debido a la elevada quema de hidrocarburos y la producción de gases de efecto invernadero. Este calentamiento en menos de 50 años no le da tiempo suficiente a nuestro planeta para regularse.



Castro Y.C.G. y Martínez J.I. (2009). «El periodo cálido medieval y la pequeña edad de hielo en el Neotrópico». *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias exactas, físicas y naturales*, 33(129):477-490. <http://www.divulgameteo.es/uploads/Periodo-C3%A1lido-medieval-PEH.pdf>

Duarte C.M., Alonso S., Benito G., Dachs J., Montes C., Pardo Buendía M. y Valladares F. (2006). *Cambio Global. Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/8520>

El Bali I. (2013). «Descripción, análisis y consecuencia que tuvo en la navegación de la época, el óptimo climático en la edad media». <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/19184>

Hay W.W. y Floegel S. (2012). «New thoughts about the Cretaceous climate and oceans». *Earth-Science Reviews*, 115(4): 262-272. https://www.researchgate.net/publication/256695290_New_thoughts_about_the_Cretaceous_climate_and_oceans/figures

ARTÍCULO

Una mirada al mundo acuático de los macroinvertebrados

Arely Ramírez-García y Ricardo Miguel Pérez Munguía



Chinche de la familia Belostomatidae.

<https://www.shutterstock.com/es/image-photo/north-american-giant-water-bug-belostoma-243542341>

M. en C. Arely Ramírez García, Estudiante del Programa Instruccional de Doctorado en Ciencias Biológicas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
arely@umich.mx

Dr. Ricardo Miguel Pérez Munguía, Profesor e Investigador de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
ricardo.munguia@umich.mx

¿Alguna vez has visto un macroinvertebrado acuático?

La respuesta es que seguramente sí, pero quizás no sabías que así se llamaba. Si has visitado un lago, un río o te has puesto a ver un charco de agua, ten por seguro que has visto más de una especie de macroinvertebrado, pero posiblemente hayas pensado que era un simple insecto, incluso, hasta te causó miedo o repulsión.

Los macroinvertebrados acuáticos, hablando especialmente de los de agua dulce, tienen funcio-

nes importantes dentro de todos los procesos biológicos y ecológicos de los cuerpos de agua. Son **parte fundamental de las cadenas alimentarias acuáticas**, ya que son el enlace del flujo de energía entre los diversos niveles tróficos dentro de los sistemas acuáticos, donde el material puede estar producido por las algas (material autóctono) o entrar al sistema desde afuera (material alóctono), y son los pequeños macroinvertebrados acuáticos quienes se encargan de regular estas entradas y salidas de energía. Además, controlan la productividad primaria de los ecosistemas acuáticos, ya que consumen una gran cantidad de algas y otros microorganismos asociados al perifitón (conjunto de organismos de bacterias, hongos, algas y protozoos, que viven fijos a los sustratos) en los ríos o el plancton (conjunto de organismos que viven en suspensión en el agua) en los lagos.

Su función en la productividad primaria

Ellos pueden aumentar la productividad primaria ya que se comen la materia poco productiva y se mineralizan los nutrientes. Un ejemplo son los macroinvertebrados que se conocen como *cortadores* —como las larvas de la familia Calamoceratidae—, los cuales utilizan partículas de gran tamaño como las hojas de los árboles que caen al cuerpo de agua y que ellos se encargan de degradar, recortar y con esos recortes se alimentan, al tiempo que consiguen materiales para hacer sus refugios. Durante el proceso generan pequeños fragmentos de materia orgánica que será de fácil consumo para otros organismos como los *recolectores* y *filtradores*, que a su vez, remueven partículas más finas y se convierten en partículas fecales más densas que se hunden y así proveen de alimento a otros invertebrados. Algunas larvas de moscos tejen una red de seda donde atrapan estas partículas finas y luego se comen la red con todo lo recolectado y filtrado.

Muchos macroinvertebrados acuáticos **sirven como alimento para los organismos terrestres** (arañas, aves, murciélagos, entre otros). Sin embargo, son fundamentales en la alimentación de los peces, uno de ellos pertenecientes a la familia Goodeidae (Tiros, Cheguas), cuya distribución es exclusiva del centro de México, nativos y endémicos

de muchos cuerpos de agua, donde los macroinvertebrados les sirven de alimento. La Cherehuita (*Hubbsina turneri*), es un pequeño pez carnívoro depredador que se alimenta sobre la comunidad de organismos que viven en la superficie del fondo del cuerpo de agua (epibentófago). De acuerdo con su nivel trófico es un consumidor primario y su dieta la constituyen detritus, microcrustáceos (copépodos y cladóceros) y macroinvertebrados acuáticos, en especial el anfípodo *Hyaella azteca*. Presentan una variación ontogénica, es decir, hay un incremento en el tamaño de las presas conforme aumenta de talla y está directamente relacionada a la capacidad de captura de los individuos. Las hembras alcanzan tallas más grandes que los machos (característica general de los Goodeidos), por lo que se alimentan en su mayoría del anfípodo *Hyaella azteca*, mientras que los machos muestran preferencia por los microcrustáceos como los Cladóceros o los Ostrácodos.

Los macroinvertebrados **muestran una gran variedad de adaptaciones y diferentes ciclos de vida**, por ejemplo, las chinches acuáticas (Hemípteros) pasan todo su ciclo de vida en el agua; algunos coleópteros tienen todo su ciclo de vida dentro del agua, aunque no han perdido su capacidad de vuelo (coleópteros, de las familias Elmidae, Dytiscidae y Gyrinidae); y otros son típicamente acuáticos, aunque pueden salir un poco del agua como crustá-

ceos, moluscos, sangui-



Un grupo de *Hyaella azteca*, dentro del contenido estomacal de un pez. Fotografía: Arely Ramírez García.

juelas y planarias. Mientras que algunos órdenes de insectos, sus larvas son acuáticas y sus adultos son terrestres, como los Efemerópteros (efímeras o cachipollas), Odonatos (libélulas y caballitos del diablo), Plecópteros (moscas de las piedras), Tricópteros (Mosquitos cargadores), Lepidópteros (mariposas) y Dípteros (moscas y mosquitos). El tiempo de desarrollo es variable, depende de la especie y de los distintos factores ambientales como la temperatura y la disponibilidad de alimento.

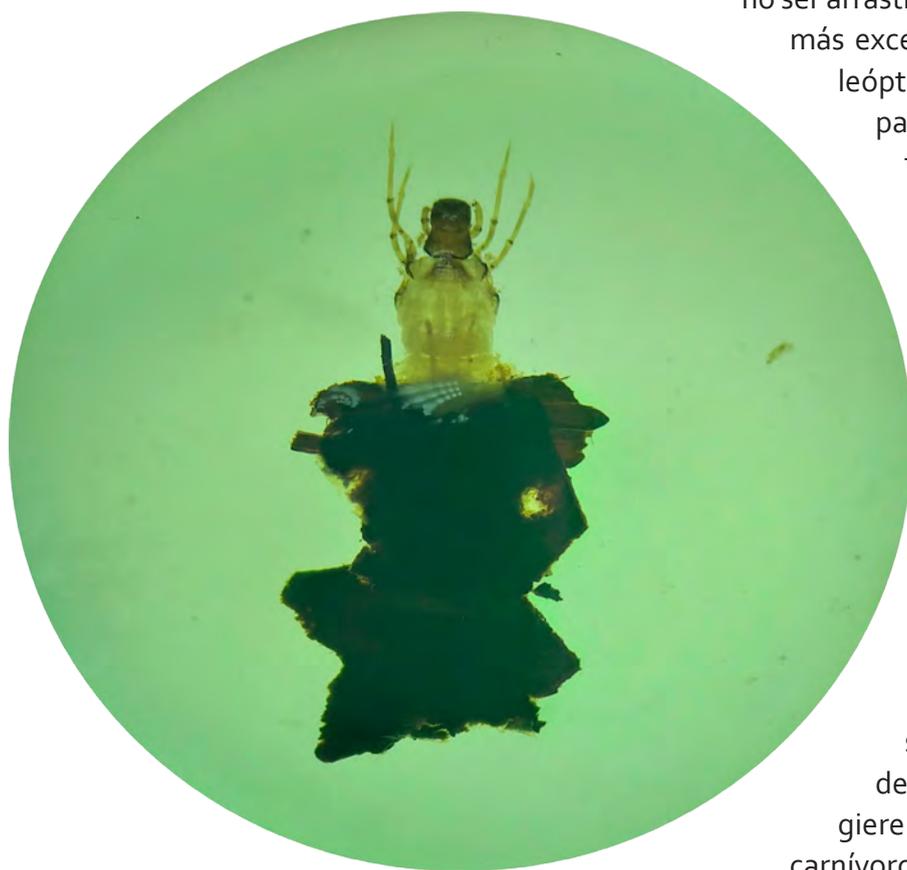
El hábitat de los macroinvertebrados acuáticos

Los macroinvertebrados acuáticos presentan diferentes tipos de hábitos que les hace ser exclusivos en su hábitat, y en algunos casos son especialistas de microhábitat, por ejemplo, los ácaros acuáticos de la clase Hydrachnidia viven sobre el musgo, en el área aire-agua en una línea no mayor a 4 mm de ancho. Otros como chinches y coleópteros acuáticos obtienen oxígeno de la superficie del agua, pero necesitan bucear y nadar para alimentarse, por lo que tienen cuerpos hidrodinámicos y patas en forma de remo llenas de pelos natatorios que les permite ser unos expertos buzos ¡sin certificación! Y llevan con ellos una burbuja de aire que les permite respirar debajo del agua.

Otros se les conoce como los «nadadores», que viven permanentemente sumergidos y son capaces de generar movimientos como los de los peces, presentan un cuerpo hidrodinámico y un abdomen aplanado para impulsarse a nadar, pasan su tiempo agarrados de plantas acuáticas o rocas (Efemerópteros, Plecópteros, Tricópteros y Coleópteros). Algunos construyen túneles con redes de seda que son sus refugios (Tricópteros de la familia Polycentropodidae), mientras que otros simplemente se entierran para permanecer escondidos de posibles depredadores (moscos de la familia Chironomidae). Hay otros que se les conoce como los «trepadores», los cuales viven entre las plantas sumergidas, no se alimentan de ellas, pero las utilizan como refugio y suben y bajan a lo largo de la planta, se trata de algunas libélulas (Odonatos) y algunos hemípteros (Belostomatidae).

Los «agarradores», los cuales suelen vivir en donde la corriente es muy fuerte y podría tirarlos, han desarrollado una serie de adaptaciones que les permite agarrarse o sujetarse a los sustratos, algunos tienen ventosas en la parte ventral del cuerpo (Blephariceridae), uñas largas y fuertes (Dryopidae), ganchos en la punta del abdomen (Megaloptera), otros utilizan seda para construir casitas o refugios (Tricópteros, Lepidópteros y Chinómidos), la cuales les permite tener protección y les ayuda a no ser arrastrados por la corriente. Uno de los casos más excepcionales es la familia Gyridae (coleópteros), cuyo cuerpo está adaptado para patinar, bucear y nadar, ya que, no solo tiene sus patas como remos con pelos y el cuerpo hidrodinámico, sino que sus ojos están divididos, la parte dorsal adaptada a ver en el aire, mientras que la ventral para ver dentro del agua.

La alimentación de los macroinvertebrados es variada y se pueden distinguir diferentes grupos funcionales, hay algunos **herbívoros** (comen plantas vasculares acuáticas y algas filamentosas), **carnívoros** (otros organismos vivos), **dentritívoros** (que se alimentan de materia orgánica en descomposición) y **omnívoros** (que ingieren diversos tipos de alimento). Entre los carnívoros se pueden encontrar los depredadores, algunos le inyectan enzimas y succionan su contenido (chinches, algunos coleópteros y adultos de ácaros), o solo mastican a la presa, presentan



Tricóptero de la familia Calamoceratidae, género *Phylloicus* en su refugio construido de hojas. Fotografía: Arely Ramírez García

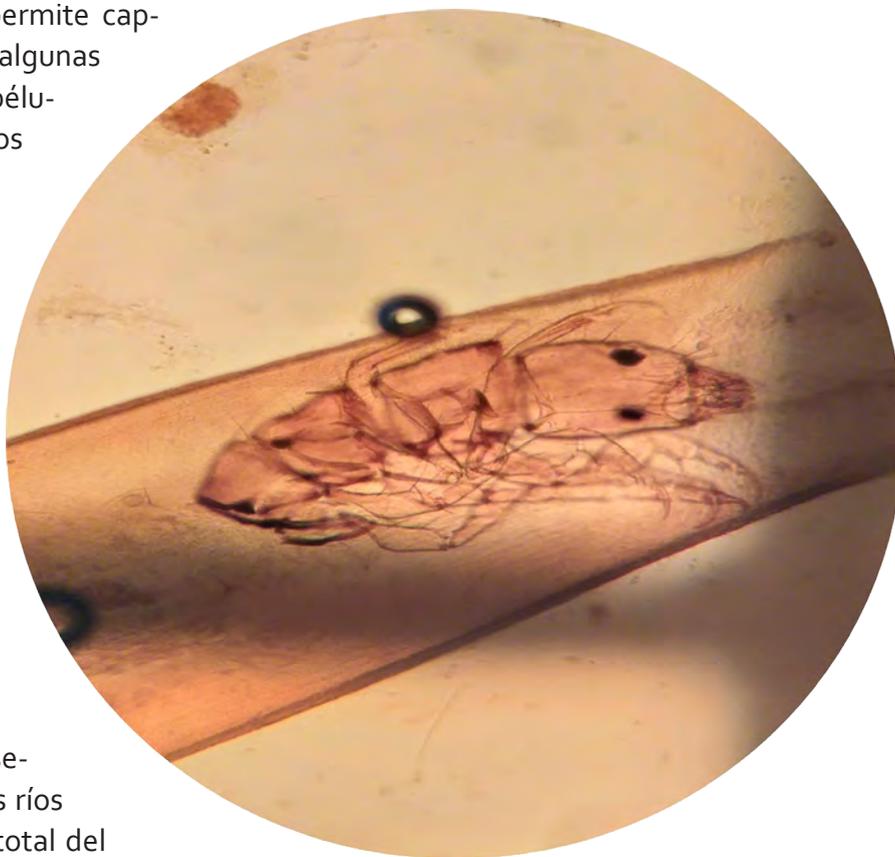
adaptaciones morfológicas que les permite capturarlas, como patas raptorales en algunas chinchas o el labio extensible en las libélulas. Al parecer, los macroinvertebrados acuáticos presentan una gran cantidad de variaciones y adaptaciones que les ha permitido ser uno de los grupos más grande de animales, los coleópteros son el segundo grupo más diverso de todos los animales.

Estos organismos también tienen amenazas

Los ecosistemas de agua dulce son los ambientes que contienen una mayor concentración de vida, más que cualquier otro ecosistema. No obstante, a nivel global están seriamente amenazados, en especial los ríos que solo representan el 0.006 % del total del agua dulce del planeta, debido a diferentes actividades antrópicas. Entre las más sobresalientes está la modificación del hábitat, la introducción de especies no nativas y la contaminación del agua. Con esto nos damos cuenta que es de **suma importancia la conservación de los ecosistemas acuáticos**, ya que además es para nuestro propio bienestar, viéndolo desde el punto de vista como fuente de agua potable, irrigación, recreación, entre otros, destacando la importancia de los diversos organismos que habitan y sus procesos biogeoquímicos de mantener la cantidad y calidad del sistema.

En la actualidad, los macroinvertebrados acuáticos están siendo utilizados para el monitoreo de las condiciones ambientales de los ecosistemas de agua dulce.

La selección de estos organismos como modelo biológico se hace porque ofrecen respuestas en el corto plazo, y los estados más sensibles pueden responder rápidamente al estrés ambiental.



Tricóptero, de la familia Hydroptilidae, género *Metrichia* en su refugio de seda. Fotografía: Arely Ramírez García.

Por ello, tienen la capacidad para reflejar condiciones crípticas de los sistemas acuáticos, ya que constituyen asociaciones de gradientes de especies generalistas a micro especialistas que responden a los cambios que ocurren en los ecosistemas acuáticos. En México, tenemos varios macroinvertebrados muy sensibles, entre los que destacan los órdenes de insectos, tales como Ephemeropteros de la familia Amelitidae, Plecópteros de la familia Leuctridae y los Tricópteros de las familias Odontoceridae, Uenoidae y Rhyachophilidae, de hecho, la presencia de estos órdenes de insectos está considerado como un indicador en todas las metodologías usadas en el mundo, que se basan en macroinvertebrados acuáticos para conocer el estado de conservación de ecosistemas de agua dulce.



Pérez-Munguía R.M. (2007). «Uso de los macroinvertebrados acuáticos en el monitoreo ambiental de ríos y arroyos». En: Novelo-Gutiérrez R. y Alonso-Eguía Lis P. E. (editores), *Simposio Internacional de Entomología Acuática Mexicana: Estado Actual de Conocimiento y Aplicación*, Jiutepec, Morelos, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Sociedad Mexicana de Entomología, pp. 63-77.

<https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/entomologia-acuatica.pdf>

Ramírez A. y Gutiérrez-Fonseca P.E. (2014). «Estudios sobre macroinvertebrados acuáticos en América Latina: Avances recientes y direcciones futuras». *Rev. Biol. Trop.* 62(2):9-20.

https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442014000600001

ARTÍCULO

Las cactáceas y su posible adiós

Roberto Torres-Arreola y Fabián Fernández-Luqueño



Roberto Torres-Arreola. Estudiante del Programa de Maestría en Ciencias en Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía del Cinvestav, Unidad Saltillo.
robeclan1996@gmail.com

Fabián Fernández-Luqueño. Coordinador Académico de los Programas de Maestría y Doctorado en Ciencias en Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía e Investigador Cinvestav. Cinvestav, Unidad Saltillo.
fabian.fernandez@cinvestav.edu.mx

Los cactus son plantas de la familia Cactaceae, que agrupa aproximadamente 150 géneros y más de 1700 especies. Tienen modificaciones fisiológicas y morfológicas que las diferencian claramente de otras plantas, por ejemplo, su capacidad para almacenar agua en sus estructuras suculentas y los tejidos especializados gruesos y carnosos característicos que les permiten disminuir su transpiración, por lo que habitan generalmente en zonas áridas y semiáridas.

Los cactus son **nativos del continente americano** y se encuentran localizados desde la Patagonia, el extremo sur de América, hasta el Este de

Canadá. El país con mayor diversidad de cactus es México con 669 especies y 244 subespecies agrupadas en 63 géneros. Estas plantas tienen diversas funciones ecológicas como retención de suelo para evitar la erosión y fuente de forraje, sobre todo en épocas de sequía en las zonas áridas y semiáridas de nuestro país. A pesar de que los cactus son plantas **capaces de subsistir en las peores condiciones**, son extremadamente vulnerables a los cambios, ya que su ecosistema es uno de los más afectados por la mano del hombre.

La ironía del desierto

Debido a las condiciones de estos territorios, toda especie endémica tomó precauciones que la ayudaron a sobrevivir. Lo que hace que cada elemento del desierto se encuentre entrelazado de manera sustancial para mantener el delicado equilibrio que se desarrolló por miles de años. Los cactus deben mantener todo el ecosistema ya que son islas de fertilidad que **ofrecen refugio y alimento a pequeños mamíferos** como roedores y murciélagos, pero también a un gran número de aves, reptiles e invertebrados. Estas relaciones son atadas por hilos invisibles fuertemente ligados unos a los otros, pero frágiles hacia perturbaciones externas.



Mapa que representa la distribución de cactáceas en México (Autoría propia).

Si algún hilo se rompe por la disminución o desaparición de algún cactus, el frágil equilibrio se ve roto y la supervivencia de los organismos que dependen de ellos estaría amenazada.

Actualmente, no se conocen con precisión muchas de las relaciones que se desarrollan alrededor de cada una de las especies de cactáceas, ni el efecto que podría tener la ruptura de alguno de estos hilos en los ecosistemas desérticos. Sin embargo, se sabe muy bien que su ruptura no será beneficiosa para el ecosistema ni para el ser humano. La ironía que radica en los ecosistemas áridos y semiáridos, es que son los más resistentes y de mayor crecimiento en el planeta, pero también los más frágiles debido a la total interdependencia que tienen sus organismos.

Las hostilidades hacia las cactáceas

A pesar de que en México las cactáceas son parte de la cultura y gastronomía, estas no tienen la atención que requieren. Este grupo de plantas se encuentra vulnerable hacia las alteraciones que sufre su ecosistema debido a su endemismo. Esto quiere decir que las poblaciones de ciertos grupos de cactus solo habitan cierta área y no se encuentran de manera natural en otros sitios, por consiguiente, si su ecosistema se daña, las cactáceas que habitan allí simplemente se extinguirán de la Tierra. Esta característica y la alta especificidad ambiental que presentan las poblaciones de cactáceas, es lo que ha causado que más de un **30 % de especies** se encuentren en alguna de las cuatro categorías de **riesgo de extinción**. Además, el crecimiento lento que caracteriza a las cactáceas las hace especialmente vulnerables a los disturbios poblacionales, ocasionados naturalmente o por el ser humano.

La principal hostilidad que sufren las cactáceas es por parte de las **actividades humanas**. Por mucho tiempo el desierto fue considerado una zona de difícil acceso y era casi impensable el establecimiento de grandes poblaciones humanas, debido a la escasez de agua, las temperaturas extremas (altas y bajas) y los periodos cortos de lluvias torrenciales. Sin embargo, en los últimos años, ese concepto parece haber cambiado, pues los desiertos fueron conquistados y domesticados a base de tecnología. Así, los desiertos milenarios pasaron a ser terrenos para la ganadería, minería o agricultura. Incluso, en los desiertos se ha establecido un número creciente de proyectos inmobiliarios o industriales durante los últimos años. Este cambio de uso de suelo se paga con la disminución del número de especies, la pérdida de la biodiversidad y la degradación de suelos.

La segunda hostilidad que afecta a las cactáceas, es la **colecta directa de especímenes** para usos medicinales, ornamentales y nutricionales, o con el fin de venderlos por unos cuantos pesos. De hecho, el uso ornamental de las cactáceas ha dañado a los ecosistemas desérticos ya que la demanda de cactus ha crecido por la singular belleza de sus formas extrañas y delicadas, caracterizadas por sus enormes y efímeras flores de diversos colores. La belleza y exotismo que caracteriza a las cactáceas, paradójicamente las está llevando al filo de la extinción debido a que son adquiridas por coleccionistas.

Existe un turbio **comercio de cactáceas**, tanto a nivel nacional como internacional. Desafortunadamente, se dispone de poca información sobre el mercado debido a que las investigaciones y recolección de datos en esta área, se centran en el tráfico de las especies animales y de productos como pieles y marfiles. Este desconocimiento ha llevado a que la localización de ciertas especies de cactus sea resguardada con absoluto secreto, para evitar que sean extraídas de su medio y garantizar su protección. Así, el paisaje desértico que llega a nuestra mente cuando escuchamos la palabra desierto, a primera vista parece hostil y fuerte, pero en realidad alberga una frágil y preciada vida.

¿Un mundo sin cactáceas?

Muchos de los eslabones tróficos que existen alrededor de cada cactácea no son conocidos. Las cactáceas de gran tamaño ofrecen hábitats donde otros tipos de plantas pueden instalarse, para dar lugar a la formación de islas de fertilidad de las zonas secas. Las cactáceas con flores nocturnas, las cuales son de gran importancia para diferentes especies de murciélagos, muestran claramente las interconexiones que se afectarían. Cuando un individuo desaparece en el desierto, otro seguirá de cerca ese camino a la extinción. Si las cactáceas desaparecen de sus ambientes naturales, conllevaría a un **empobrecimiento en la diversidad** de las comunidades desérticas y semidesérticas y a una pérdida invaluable de especies útiles.

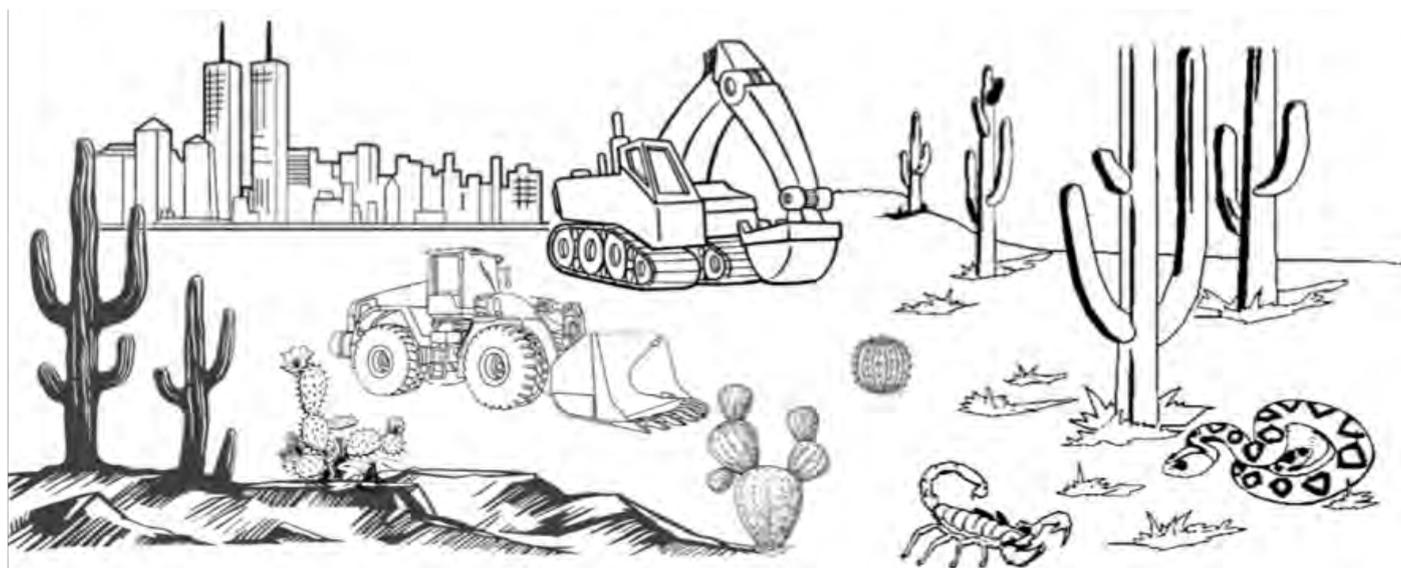


Figura 2. El desarrollo urbano afecta la biodiversidad de cactáceas y degrada los suelos (Autoría propia).



Comparación entre un ecosistema con cactáceas (izquierda) y ese mismo sin cactáceas (derecha). (Autoría propia).

Para prevenir que ocurra un escenario donde ya no contemos con alguna de las especies de cactáceas, se debe empezar a **combatir las diferentes problemáticas** que las acosan. Para lo cual, se debe concientizar a la población sobre el valor ecológico, económico, alimenticio y cultural que estas tienen. También es importante el conocimiento sobre las diferentes especies y sus condiciones particulares para su óptimo desarrollo. Por último, es importante que se respeten las leyes nacionales e internacionales de protección de especies vulnerables o en peligro. En México, la norma ecológica NOM-059-SEMARNAT-2001, indica especies de flora y fauna silvestre en riesgo, sin embargo, está desactualizada.

Las cactáceas son una de las plantas más **representativas de México**, dado que se encuentran en nuestro escudo nacional y forman parte de la imagen del mexicano. Además de la belleza innegable que poseen las cactáceas, constituyen recursos importantes para una gran diversidad de animales y forman parte esencial de la estructura y dinámica de las comunidades de los ecosistemas desérticos. Por lo anterior, es necesario tomar acciones para evitar el peor escenario posible: la pérdida de la mayoría de las cactáceas. Eso implicaría la desaparición de la biodiversidad de la región, la afectación de los ecosistemas y sus respectivos impactos económicos, ambientales y sociales. Si no hacemos o se realizan esfuerzos para la conservación de las cactáceas mexicanas, seremos testigos del posible adiós de nuestro planeta.



BioDIVERSITAS. (2002). «Cactáceas». Número Especial. *Boletín Bimestral de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*, 6(40):1-23. http://www.conabio.gob.mx/institucion/conabio_espanol/doctos/biodiver40.pdf

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2020). «Matorrales». *Biodiversidad Mexicana*. <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/Matorral>
Diario Oficial de la Federación. (2016). «Norma Oficial Mexi-

cana NOM-059-SSA1-2015, Buenas Prácticas de Fabricación de Medicamentos». http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5424575&fecha=05/02/2016

Pais, A. (2016) «El millonario negocio del tráfico ilegal de los cactus más codiciados». *BBC mundo*. https://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/05/160506_ciencia_mercado_negro_de_cactus_estados_unidos_mexico_ap

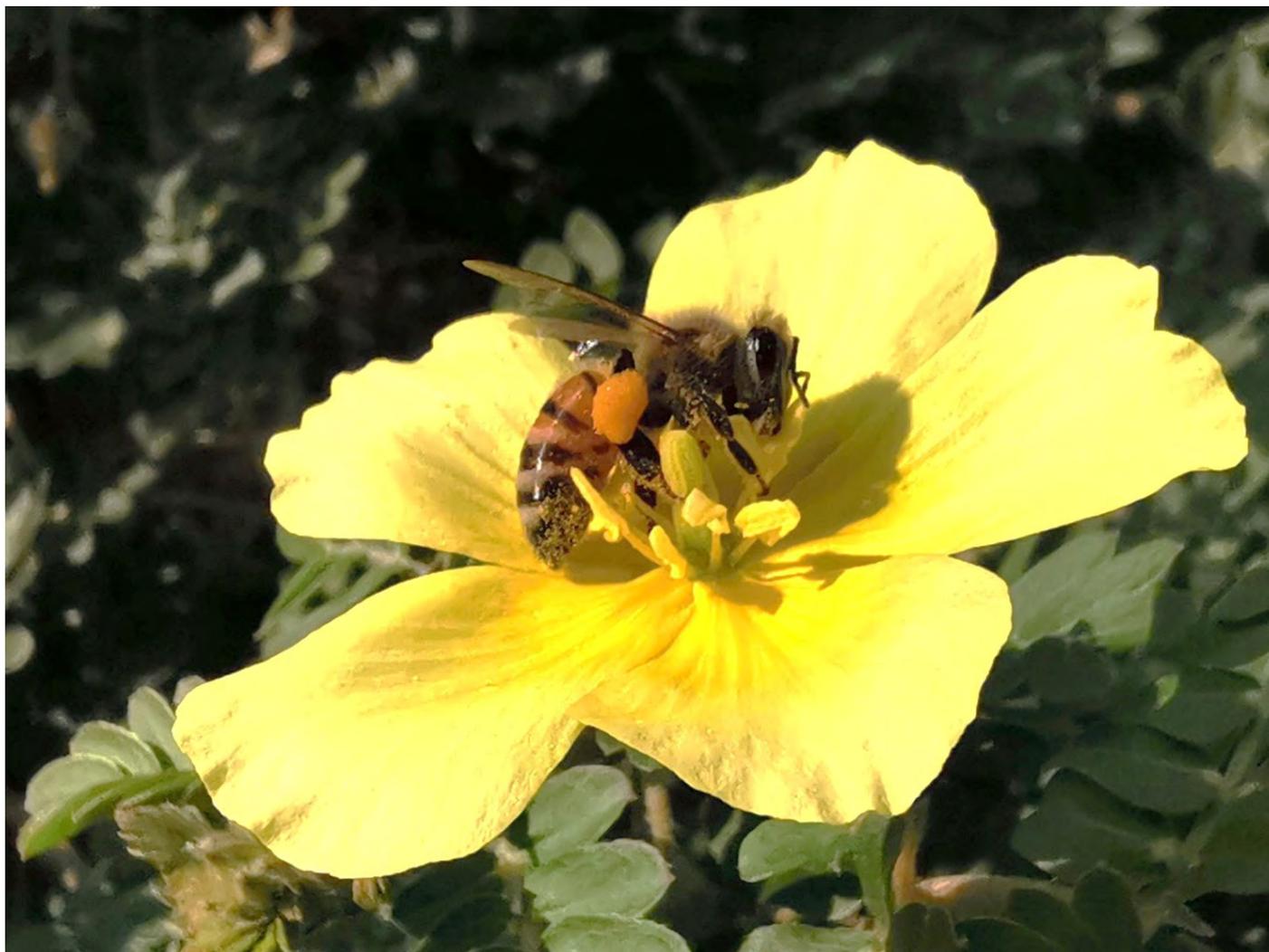
ARTÍCULO DE PORTADA

El menú de las abejas

Blanca Patricia Castellanos-Potenciano y Eder Ramos Hernández







Fotografía: Blanca Castellanos-Potenciano

Tener la oportunidad de comer en un bufet, cuando tomamos los alimentos a discreción, quizá es una experiencia que despierta diferentes emociones. Una de las primeras ideas al ver la variedad de platillos es ¡Voy a comer de todo! Sin embargo, aunque estemos dispuestos a comer todo lo que está servido, resulta casi imposible cumplir esa meta. Así que, cambiamos la estrategia y nuestra idea se alinea en seleccionar lo que más nos gusta.

El bufet que ofrece la naturaleza

Algo similar ocurre en la naturaleza, la cual ofrece un banquete para diversas especies que conforman la fauna silvestre como las abejas, en especial para la *Apis mellifera*, que es utilizada por excelencia en la apicultura, ya que viven formando grandes colonias que dependen de diferentes plantas para alimentarse y mantener el crecimiento de su población.

Así como en un bufet seleccionamos los alimentos que nos parecen más sabrosos y de mejor

calidad, las abejas hacen una selección similar y **eligen las flores que les ofrecen lo mejor de lo mejor**, como la mayor calidad y cantidad de alimento (néctar y polen), así como su abundancia alrededor de la colmena. Fieles a estos criterios, las abejas dicen ¡Adiós! al bufet y tan solo eligen un grupo de plantas para comer, las cuales se conocen como «**flora melífera**». Por lo tanto, en el campo o en un jardín, las abejas prefieren alimentarse de sus flores favoritas, pero ¿Cómo saber cuáles son sus preferidas?

¿Cómo saber el menú de las abejas?

Para conocer la flora melífera, podemos realizar sencillas observaciones al momento en que las abejas están colectando el alimento, por ejemplo, ¿cuántas veces las hemos visto volando alrededor de las flores o posadas encima de ellas? Pues bien, cuando vemos estas acciones de forma repetitiva, podemos suponer que la abeja ha elegido esa flor o flores para alimentarse, sencillo como suponer que del bufet, una comida nos ha gustado por las veces que nos servimos de ella.

Similar sucede con las abejas, por lo que a esas observaciones los especialistas les han llamado «registros apibotánicos», que son de gran valor para los apicultores, investigadores y la sociedad que está a favor del ambiente. Si bien estos registros son útiles como base para conocer la flora melífera de diferentes regiones, no es un método exacto, por lo que requiere de análisis de laboratorio para respaldar las preferencias de las abejas por una flor, por dos, tres, cuatro o más.

Para conocer específicamente las flores que las abejas prefieren para elaborar la miel, se requieren estudios muy específicos en un laboratorio de investigación científica. Uno de ellos es el **análisis de los granos de polen**. Recordemos que cada planta produce millones de granos de polen que tienen una forma y tamaño únicos para cada especie. De niños o ya de adultos, ¿cuántas veces al tocar una flor hemos observado ese polvo amarillo o naranja que se nos queda en los dedos o en la ropa y que en ocasiones puede causar alergias? Pues bien, ese «polvo amarillo» es el polen y, como ya mencionamos, tienen la particularidad de ser únicos e irrepetibles entre las flores de una misma especie, algo así como una **huella digital en las plantas**.

Por esta característica, el análisis del polen ayuda a identificar a qué planta pertenece y así poder saber el menú de las abejas de un cierto lugar o área. La melisopalinología se encarga de hacer este trabajo.

Meliso... ¿Qué?

Melisopalinología, ¡vaya trabalenguas! Va de nuevo y más despacio, meliso-pa-lino-logía, una palabra que se refiere al estudio de identificar la flora melífera de una región. Con ello, se identifican los granos de polen contenidos naturalmente en la miel que se produce en una región en particular, para hacerlo, se toman muestras de miel y en el laboratorio un especialista extrae los granos de polen e identifica a qué

planta (as) pertenece (n). De esta forma podemos conocer el platillo favorito de las abejas dentro del bufet de la naturaleza.

El **método palinológico** que es el más utilizado, depende de un especialista que, por lo laborioso de la técnica, pueden demorar en los resultados. Por lo tanto, actualmente se trabaja en establecer métodos moleculares que emplean la técnica de la reacción en cadena de la polimerasa, conocida como PCR (por sus siglas en inglés), para que, a través del material genético contenido en el polen, se identifique la flora melífera de un área determinada en un menor tiempo de respuesta y de forma más precisa. Por lo que, próximamente podríamos contar con otra herramienta de identificación complementaria para conocer, lo que le gusta comer a las abejas.

Y ahora... ¿Qué hago con el menú?

Actualmente la producción de miel en el trópico ha disminuido por diferentes factores como



Fotografía: Blanca Castellanos-Potenciano



la presencia excesiva de lluvias, inundaciones y las sequías prolongadas, que no permiten la correcta floración de las plantas. A esos factores se deben sumar la deforestación de las áreas naturales y la urbanización, que limitan las áreas naturales para que las abejas obtengan su alimento. Ante esto, con la correcta identificación de la flora melífera podemos alcanzar tres propósitos generales:

1) Una **mejor producción de miel** a través de la identificación de áreas donde se presentan las «especies favoritas» para las abejas, como es el caso del estado de Tabasco, que a pesar de que posee un bufet de plantas en cada una de sus regiones, no todas son del agrado de las abejas. Con los estudios palinológicos se conoce cuál es el menú preferido de ellas, integrado por flores de las siguientes plantas: palo mulato (*Bursera simaruba*), guarumo (*Cecropia obtusifolia*), dormilona (*Mimosa albida*), zarza (*Mimosa pigra*), guayaba (*Psidium guajava*), jobo roñoso o espinoso (*Spondias mombin*), capulín (*Muntingia calabura*), zarza (*Mimosa orthocarpa*), mangle blanco (*Avicennia germinans*), palma de

coco (*Cocos nucifera*), jonote (*Heliocarpus appendiculatus*), chipilcoy (*Diphysa carthagensis*), palo de tinto o tinto (*Haematoxylum campechianum*), hierba de pájaro o botoncito blanco (*Borreria verticillata*), encino (*Quercus oleoides*) y lippia (*Phyla nodiflora*).

2) Producir e identificar **mieles especiales de una sola especie** en la región donde se desarrolla la apicultura, como es el caso de las mieles de azahar, proveniente de la flor de los cítricos como el limón, naranja y mandarina, en el estado de Veracruz, Tamaulipas y Monterrey; miel de la flores compuestas (asteráceas) y de aguacate como la que se produce en Michoacán; mieles de la flor de café o cafetales, característica de Chiapas y Oaxaca; cada una con propiedades únicas en color, sabor y aroma.

3) Con el conocimiento de esas especies, es posible realizar **proyectos de reforestación o restauración ecológica** activa en zonas potenciales, con plantas que integren el menú que las abejas prefieren, de manera que se desarrolle una apicultura sustentable con las especies de la flora melífera

que contribuyan, además de la conservación de los recursos naturales, en la captura de carbono, reestructurar los niveles tróficos, la recarga de mantos freáticos y la activación económica sustentable del sector rural.

Por lo tanto, decirle ¡Adiós! a un bufet por no poder comer todo lo que está servido, no está mal y quizá, así como las abejas, es mejor tener un menú

específico que provea lo que nos gusta comer. Esto permite que los alimentos se aprovechen mejor, así como con la flora melífera que brinda la oportunidad de realizar un uso racional de las plantas y las colmenas.

Blanca Patricia Castellanos-Potenciano. Bióloga de la Universidad Autónoma de Campeche (UAC) con estudios de Doctorado en Agroecosistemas Tropicales, en el Colegio de Postgraduados (COLPOS) Campus Veracruz. Actualmente es Investigadora del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) CIRPAS-Valles Centrales de Oaxaca. Su línea de Investigación es la cadena Abeja-Miel, con énfasis en la relación planta-insecto y el aprovechamiento de la flora melífera de las regiones apícolas, así, como los impactos potenciales del cambio climático sobre el sector.



Actualmente es Investigadora del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) CIRPAS-Valles Centrales de Oaxaca. Su línea de Investigación es la cadena Abeja-Miel, con énfasis en la relación planta-insecto y el aprovechamiento de la flora melífera de las regiones apícolas, así, como los impactos potenciales del cambio climático sobre el sector.

Actualmente es Investigadora del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) CIRPAS-Valles Centrales de Oaxaca. Su línea de Investigación es la cadena Abeja-Miel, con énfasis en la relación planta-insecto y el aprovechamiento de la flora melífera de las regiones apícolas, así, como los impactos potenciales del cambio climático sobre el sector.

castellanos.blanca@inifap.gob.mx

Eder Ramos Hernández. Ecólogo en la División Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) y Doctorado en Ecología y Manejo de Sistemas



Tropicales. Actualmente es Investigador Titular C del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) CIRGOC-Huimanguillo Tabasco. Su investigación se ha enfocado en la relación planta-insecto, con énfasis en las relaciones de fitopatógenos y plantas hospederas. Los temas abarcan la detección molecular de fitoplasmas en plantas hospederas e insectos. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel Candidato y del Sistema Estatal de Investigadores de Tabasco.

Actualmente es Investigador Titular C del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) CIRGOC-Huimanguillo Tabasco. Su investigación se ha enfocado en la relación planta-insecto, con énfasis en las relaciones de fitopatógenos y plantas hospederas. Los temas abarcan la detección molecular de fitoplasmas en plantas hospederas e insectos. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel Candidato y del Sistema Estatal de Investigadores de Tabasco.

ramos.eder@inifap.gob.mx



Araujo-Mondragón F. y Redonda-Martínez R. (2019). «Flora melífera de la región centro-este del municipio de Pátzcuaro, Michoacán, México». *Acta Botánica Mexicana*, 126:1-20. <http://abm.ojs.inecol.mx/index.php/abm/article/view/1444>

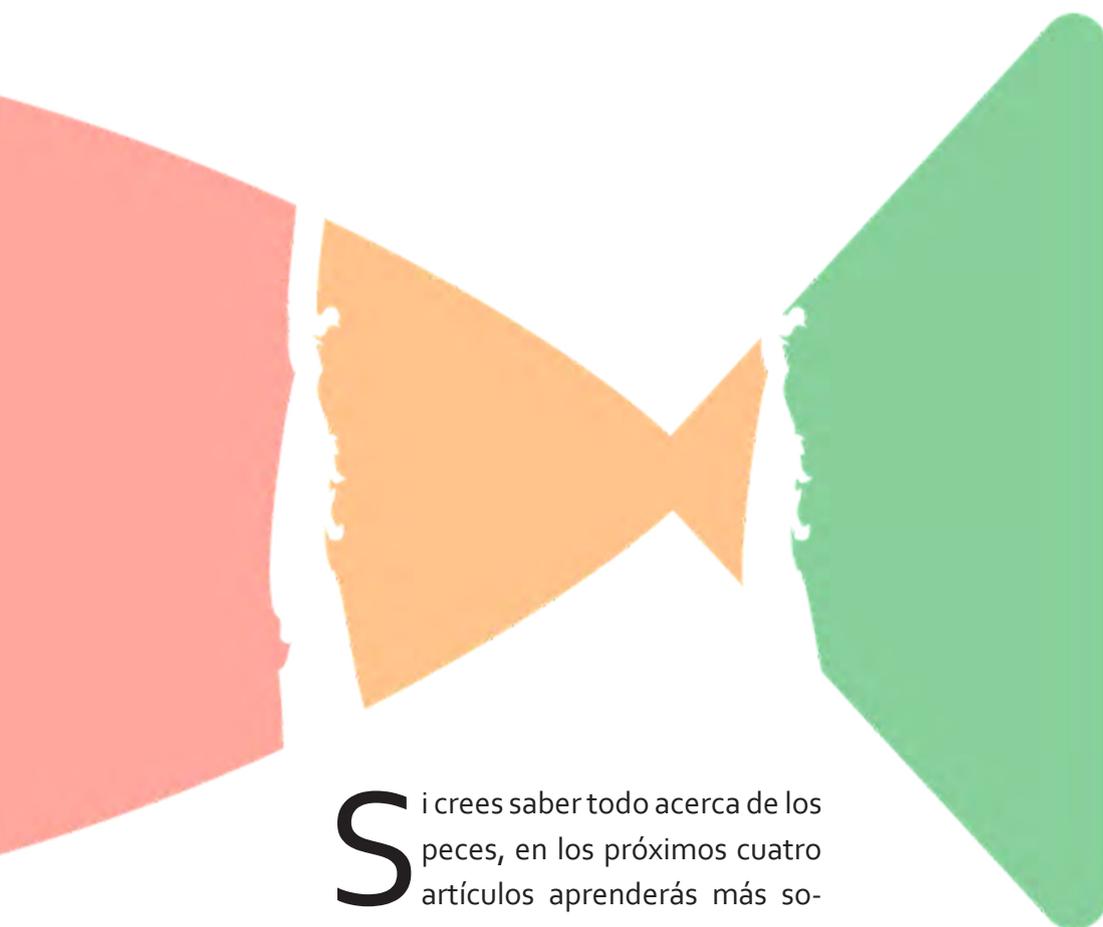
Castellanos-Potenciano B.P., Ramírez-Arriaga E. y Zaldivar-Cruz J.M. (2012). «Análisis del contenido polínico de mieles producidas por *Apis mellifera* L. (Hymenoptera:

apidae) en el estado de Tabasco, México». *Acta Zoológica Mexicana*, 28(1):13-36. <http://azm.ojs.inecol.mx/index.php/azm/article/view/813>

SNIEG. (2019). *Atlas Nacional de las abejas y derivados apícolas*. INEGI-SADER (Ed.). <https://atlasapi2019.github.io/>

Aprendiendo... Con historias de peces





Si crees saber todo acerca de los peces, en los próximos cuatro artículos aprenderás más sobre estos interesantes e importantes seres que habitan los arroyos, ríos, lagunas, lagos y los océanos. Primero, te presentamos a los peces chupapiedras, los que han desarrollado una ventosa para sujetarse a las rocas y sobrevivir en su hábitat, las pozas intermareales rocosas, zonas consideradas difíciles y extremas para vivir. Descubre lo más curioso de estos peces de la familia Gobiesocidae, que en nuestro país podemos encontrar.

¿Sabes qué es un pez diádromo? En el siguiente artículo los autores nos muestran que hay numerosas especies de peces migratorios, denominados diádromos, de los cuales nos presentan algunas especies representativas. Son una fuente de alimento rico en proteínas para poblaciones de bajo nivel socio-económico en el mundo, pero debido a la sobrepesca, a la construcción de presas y a que estos peces requieren de un hábitat específico, son susceptibles a la extinción, por lo que enfrentan una

única - problemática reproductiva y de cultivo. En los otros dos artículos, tenemos una historia aterradora sobre la conducta de ciertos peces, pero también una historia de una especie extinta salvada y regresada a la naturaleza. Hablar sobre canibalismo asusta, pero ocurre en diversas especies animales, sobre todo cuando el padre cuida de la progenie, que aunque dedican parte de su vida al cuidado de los huevos e hijos, muchos padres se comen algunos de los huevos de su propio nido, para saber más de este comportamiento, lee sobre el canibalismo filial en peces y entenderás el porqué de su comportamiento.

La historia de Zoogy, es un relato de rescate de la extinción de una especie de goodeido, peces de importancia biológica y ecológica, ya que esta sub-familia es endémica de los cuerpos de agua dulce del centro de México, es decir, solo en nuestro país habitan en forma natural. Debido a que son peces pequeños y no poseen importancia ornamental y económica, poco interés existe para su conservación, pero la historia de Zoogy, es un ejemplo del esfuerzo de conservación que realizan biólogos científicos de México.

ARTÍCULO

El arte marino de chupar piedras

Eloísa Torres-Hernández y Omar Domínguez-Domínguez



<https://www.pinterest.com.mx/pin/288793394836346843/>

Eloísa Torres-Hernández. Estudiante de doctorado del Programa en Ciencias del Mar y Limnología, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México

eltorres18@gmail.com

Dr. Omar Domínguez-Domínguez. Profesor Investigador del Laboratorio de Biología Acuática de la Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

goodeido@yahoo.com.mx

Cuando comencé a trabajar con peces marinos, venían a mi mente aquellos peces de diversas formas y colores, nadando en los arrecifes, o los grandes, majestuosos e imponentes tiburones, que se mueven a través de los océanos del mundo. Pero, poco a poco me fui dando cuenta que existían otros peces, unos pequeñitos que aún no salen en los documentales, pero que son muy interesantes. Acompañenme a descubrir este fascinante grupo de peces, ¡los increíbles chupadores del mar!

Buscando entre la diversidad de peces

Los peces son un componente importante de la fauna del planeta, existen más de 32 000 es-

peces y juegan un papel clave en las actividades económicas alrededor de todo el mundo. Estos increíbles seres, habitan ambientes de agua dulce, salada o una combinación de ambos, como los estuarios, así como en una gran variedad de lugares y, en algunos casos, bajo condiciones ambientales extremas, que van desde aguas heladas en los polos hasta sitios a grandes profundidades como las ventilas hidrotermales. Debido a esta gran **diversidad de hábitats** y entornos donde se desarrollan los peces, han evolucionado en un sinfín de formas corporales, colores y comportamientos, e incluso, han desarrollado estructuras complejas que forman parte de las estrategias de alimentación, reproducción y adaptación al medio.

Por ejemplo, las pozas rocosas de las zonas intermareales son uno de estos hábitats extremos que dificultan la subsistencia de la vida. ¿Por qué? Bueno, dentro de la zona del litoral costero, las pozas rocosas de la zona intermareal se ubican justo entre el límite de la marea más alta y el límite de la marea más baja, que se caracterizan por tener una dinámica ambiental intensa y compleja. Esto es, durante la marea alta, existe oleaje fuerte y mucha turbulencia, dando como resultado un sitio con movimiento y condiciones ambientales similares a la zona marina adyacente; mientras que, en la marea

baja, estos sitios quedan aislados del mar y expuestos a la intemperie, ocasionando cambios abruptos en las condiciones dentro de las pozas como temperatura, salinidad, pH y oxígeno disuelto.

Por estas condiciones extremas, los peces que viven en las pozas intermareales rocosas, han desarrollado numerosas **estrategias de comportamiento**, así como **adaptaciones físicas, fisiológicas y ecológicas**, lo que les ha permitido soportar y desarrollarse bajo las condiciones tan estresantes de estos ambientes.

¿Te los imaginas, los has visitado?

De entre todos estos organismos, existen unos peces en particular que son verdaderamente sorprendentes, pues se han adaptado muy bien a estas condiciones extremas, permitiéndoles sobrevivir en dichas pozas con mucho éxito. Los peces que pertenecen a este grupo, son los que al principio mencioné, los **chupapiedras**, también llamados cucharitas o *clingfish* (en inglés).

¿Quiénes son los chupadores del mar?

Estos organismos se caracterizan por ser peces pequeños (entre 2 y 5 cm de largo), pertenecientes a la familia Gobiesocidae y deben su nombre a la modificación de sus aletas pélvicas a manera de



Buscando chupapiedras en la zona intermareal rocosa de las Islas Galápagos, Ecuador. Fotografía: Martina Medina Nava



un disco succionador o ventosa. Esta característica les permite sujetarse con firmeza a las piedras presentes en las pozas del intermareal rocoso y así resistir las fuertes corrientes y el oleaje, esta acción hace parecer que dichos peces están chupando las rocas. Se alimentan de algas adheridas a las rocas y de pequeños invertebrados. Pasan gran parte de su vida asociados a la piedra o grieta donde habitan, por lo que se consideran **organismos con una movilidad baja**.

Su coloración es muy similar al tipo de sustrato donde viven, lo que les permite confundirse con su ambiente y ser muy *difíciles de observar*, a este fenómeno se le llama cripticidad. Otra característica importante de los chupapiedras para poder sobrevivir a bajas concentraciones de oxígeno, es su capacidad de obtener oxígeno atmosférico, es decir, respiran aire por medio de otras partes del cuerpo como la piel o el intestino ¡Son sorprendentes! Las 180 especies de este grupo se distribuyen en hábitats marinos y dulceacuícolas, en áreas templadas y tropicales alrededor del mundo.

¿Por qué estos peces son tan buenos chupando piedras?

La observación detallada de la ventosa de los chupapiedras se dificulta a simple vista, dicha ventosa cubre alrededor del 25 % de su abdomen. Gracias a diversas técnicas avanzadas de microscopía, se ha demostrado que dicha ventosa está cubierta por bultos o papilas, que a su vez están compuestas por microvellosidades (diminutos vellos). Estas microvellosidades les ayudan a generar fricción y penetrar las superficies rugosas de las piedras a las que se adhieren, lo que actúa como miles de micro-dedos que se agarran de manera firme a las micro-grietas de las rocas ¡Es prácticamente imposible moverlas!

Una de las especies de chupapiedras más estudiadas es la *Gobiosox meandricus* o chupapiedras del norte, que se distribuye en las zonas templadas del Pacífico norte de América, incluyendo el norte del Pacífico de Baja California. Se ha observado que la **fuerza de adhesión** de los chupapiedras del norte es **de 80 a 230 veces su tamaño corporal**, lo cual le da la capacidad de aferrarse a superficies

«sucias», rugosas, viscosas y estrechas. Es uno de los mejores sistemas de adhesión que existen en especies acuáticas. Es increíble cómo un cuerpo tan pequeño puede generar tanta fuerza de agarre ¡Que increíble!

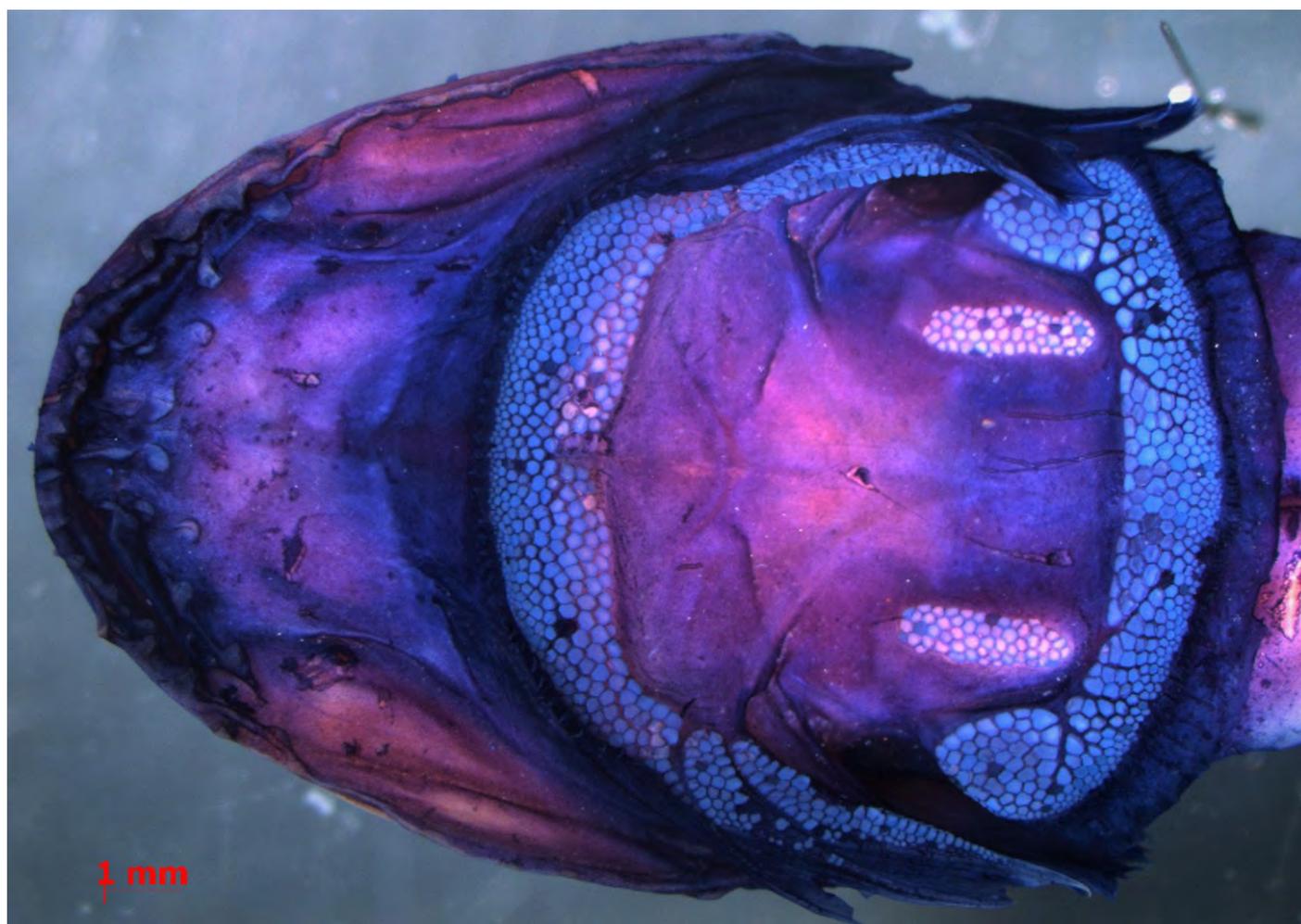
La ciencia y los peces chupapiedras

Aunque los estudios científicos sobre los peces chupapiedras son muy escasos, se han descubierto algunos datos importantes que nos ayudan a conocerlos mejor. Los estudios para conocer sus preferencias de hábitat muestran que prefieren sitios «sucios» para poder adherirse a las rocas, secretan gran cantidad de mucosa y la epidermis en su piel es gruesa, esto para reducir la pérdida de agua y así sobrevivir fuera de ella únicamente con estar húmedos. Algunas especies presentan una **glándula venenosa**, lo cual es poco usual en peces, mientras que otras especies de chupapiedras, muestran una asociación con erizos de mar.

Aún nos quedan más preguntas que respuestas para entender cómo los chupapiedra han logra-

do conquistar lugares tan adversos como las pozas del intermareal rocoso. No se tiene mucha idea de su comportamiento y las asociaciones con otras especies, además, se piensa que el número de especies que se conocen hoy en día podría aumentar, puesto que existen muchas formas sin estudiar y, por lo tanto, sin describir. Con las investigaciones científicas de estos peces, entenderíamos más cómo han evolucionado estas especies, e incluso, obtener información aplicable en la medicina y la industria, como la ventosa de los chupapiedra, que ha sido estudiada para mejorar las ventosas y los sistemas de adhesión que conocemos hoy en día.

En el continente americano se tienen registradas **80 especies de chupapiedras**, de las cuales más de la mitad son endémicas de América, esto significa que no se encuentran en ningún otro sitio del mundo. Los endemismos pueden abarcar áreas de distintos tamaños, es decir, que los organismos pueden distribuirse únicamente en un hábitat, un río, una isla, una región o un océano.



Vista ventral en un chupapiedras del género *Gobiesox*, el organismo fue teñido con un colorante azul para poder visualizar las papilas del disco succionador. Fotografía: Eloísa Torres Hernández.



Gobiesox daedaleus conocida como chupapiedra punteada. Su tamaño no sobrepasa los 10 cm de longitud, es de ambientes marinos, pero tiene la capacidad de entrar a sitios con agua dulce. Se distribuye desde El Salvador hasta Colombia.

Fotografía: Equipo de trabajo CPUM (México) y UCR (Costa Rica).

¿Cómo es que existen tantas especies diferentes y endémicas de peces chupapiedras?

Para tratar de contestar ese misterio, nos dimos a la tarea de estudiar la variación de dos especies de chupapiedras a todo lo largo de su distribución desde Baja California hasta Ecuador, incluyendo las Islas Oceánicas: *Tomicodon petersii* (chupapiedra dos manchas) y *Gobiesox adustus* (chupapiedra Panámica). En el laboratorio de Biología Acuática de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, y en colaboración con investigadores de El Salvador, Panamá, Costa Rica, Colombia y Ecuador, se está evaluando la diversidad genética de las diferentes poblaciones de chupapiedras y se investiga cómo los eventos biológicos, geológicos u oceanográficos,

han afectado la distribución y evolución de los chupapiedras en nuestro continente.

Como resultado de las investigaciones se tienen indicios de posibles nuevas especies de chupapiedras, tanto para México como para Costa Rica y Ecuador. Estos descubrimientos son de suma importancia para nuestro país debido a que se estaría aumentando el número de especies endémicas y, la información genética generada, nos ayuda a proponer planes de manejo y conservación de nuestra biodiversidad.

¿Te gustaría saber más sobre estas especies? ¿Descubrir cómo son capaces de vivir en ambientes tan cambiantes y desafiantes? No dudes en visitar nuestras exposiciones de las colecciones de peces o... ¿Por qué no ser un biólogo estudioso de este grupo?



Robertson D.R. y Allen G.R. (2015). *Peces costeros del pacífico oriental tropical: sistema de información en línea*. Versión 2.0 Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, Balboa, República de Panamá. <https://bio-geodb.stri.si.edu/sfstep/es/pages>

Fricke R., Eschmeyer W.N. y Van der Laan R. (editores). (2020). *Species by family/subfamily*.

<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>

Salzar-Araujo P. y Ramírez-Valdez A. (2019). «Los peces de las pozas de marea». *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO. México, pp. 433-439. <http://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium/Documentos/15106.pdf>

ARTÍCULO

Peces diádromos: Del mar al río o viceversa

Eduardo Martínez-Ángeles y Pamela Navarrete-Ramírez



Eduardo Martínez-Ángeles. Estudiante del Posgrado Institucional de Doctorado en Ciencias Biológicas, Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
odraude.ma_77@hotmail.com

Pamela Navarrete-Ramírez. Profesora e Investigadora Cátedras CONACyT adscrita al Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
pnavarretera@conacyt.mx

Existen numerosas especies de peces migratorios a los que se les denominan diádromos, por su capacidad de migrar entre un ambiente dulceacuícola (agua dulce) a otro marino (agua salada). Estos desempeñan un papel importante en la cultura de muchas comunidades de México, aunque los peces diádromos son susceptibles a la extinción, especialmente por su dependencia a hábitats especializados, la sobrepesca y por la construcción de represas en regiones cercanas a la boca de los ríos, bloqueando los accesos naturales en los que desovan. En este artículo te presentamos a estos interesantes e importantes peces, sus especies más representativas, pero también su problemática reproductiva y de cultivo.

La importancia de los peces diádromos

La ictiofauna de ríos y arroyos está representada por numerosas especies de peces migratorios diádromos, que han desempeñado un papel importante en la cultura de muchas comunidades indígenas y urbanas, debido a que suministran grandes cantidades de alimento durante largos periodos de sequía. También son altamente valorados por la pesca comercial y deportiva, e incluso, son considerados impulsores ecológicos debido a que **tienen la habilidad de configurar la estructura y función del ecosistema**. Asimismo, los peces diádromos representan una fuente de alimento rico en proteínas para las poblaciones de bajo nivel socio-económico en el mundo.

Se estima que al menos el 43 % de las 31 769 especies de peces que habitan sobre el planeta, son diádromos (robalos, salmones, esturiones, sábalos, entre otros), es por ello que el cultivo de este tipo de peces parece adquirir cada vez una mayor relevancia en la acuicultura moderna. Una de las razones principales de este creciente interés, es que **pueden ser cultivados a distintas salinidades** según el ciclo de vida de la especie, ya que pueden vivir en aguas que poseen un amplio rango de concentración de sales, desde la que tiene el agua de

mar, la de la desembocadura de un río y la del agua río arriba, sin que su metabolismo sufra alteraciones. Por esta característica se dice que son de naturaleza eurihalina.

Los peces migratorios diádromos pueden clasificarse en anádromos, catádromos y anfídromos:

* **Anádromos**. Se caracterizan por migrar aguas arriba hacia ambientes dulceacuícolas para reproducirse y desovar. Posteriormente, la proge- nie migra al mar para alimentarse, crecer y madurar. Entre las especies de peces anádromos más representativos se encuentran las lampreas, los esturiones, los arenques, los capellanes, los salmones y las truchas.

* **Catádromos**. Estas especies nacen en aguas marinas y migran hacia aguas dulces donde pasan la mayor parte de su vida, hasta alcanzar su madurez para regresar al mar a reproducirse y desovar. Algunos ejemplos de ellos son los robalos, las anguilas de agua dulce, los sábalos, los salmonetes, entre otros.

* **Anfídromos**. Son los peces pequeños (menos de 15 centímetros de longitud) que nacen en el agua dulce y migran al mar como larvas poco tiempo después de la eclosión, donde se alimentan y crecen hasta alcanzar la etapa juvenil para retornar





al agua dulce sin ningún propósito reproductivo. Se estima que más de la mitad de peces diádromos son anádromos y, tan solo una pequeña proporción son catádromos.

¿Por qué los peces diádromos están en riesgo de extinción?

Las investigaciones recientes sobre este tipo de peces, sostienen que muchas de sus especies se encuentran en alguna categoría de riesgo. Esto sugiere que los peces diádromos **son más susceptibles a la extinción** en comparación con otros grupos de peces, lo cual pudiera explicarse por la interacción de diversos factores como los atributos biológicos de la especie (gran tamaño, nivel trófico alto, etc.), la dependencia de hábitats o ecosistemas especializados, su alto nivel de endemismo, la introducción de especies exóticas, la sobrepesca, pero especialmente la construcción de represas en regiones cercanas a la boca de los ríos, lo que impide que los peces diádromos puedan migrar entre los ríos y el mar, bloqueando los accesos naturales de desove, disminuyendo drásticamente la distribución, riqueza y diversidad de estas especies.

Por lo anterior, es necesario **desarrollar nuevas tecnologías para el cultivo** de estas especies de peces, así como implementar algunas estrate-

gias de liberación con la finalidad de coadyuvar en su conservación.

Problemática del cultivo de peces diádromos

La acuicultura es un importante sector de seguridad alimentaria para la creciente población humana mundial y se ha desarrollado rápidamente debido a la intensificación de los métodos de cultivo. Sin embargo, todos los sistemas de producción animal presentan diversos desafíos, por ejemplo, mejorar la resistencia a patógenos, aumentar el desempeño en términos de crecimiento, estimulación del sistema inmune y, por lo tanto, una buena salud de los organismos, entre otros.

Uno de los retos determinantes en el cultivo de peces diádromos, es la aparición de enfermedades causadas por diferentes tipos de agentes que impactan de manera sustancial en la producción de los organismos acuáticos y, al mismo tiempo, limitan el desarrollo económico y social de muchos países alrededor del mundo.

Es importante señalar que algunas especies diádromas migratorias pueden actuar como **vectores para la transmisión de bacterias** potencialmente patógenas, lo cual hace aún más complicado su cultivo. Por lo tanto, se plantea la necesidad de incrementar la producción de estas especies de peces de manera sustentable, despertando así un

gran interés por cultivarlas en condiciones controladas.

El uso indiscriminado de aditivos químicos y medicamentos como medidas preventivas y curativas para enfermedades de peces cultivados, ha resultado en una resistencia antimicrobiana de algunas bacterias patógenas, dando lugar a una propagación aún mayor de enfermedades. Se han considerado diversos métodos alternativos para mejorar la calidad y la sustentabilidad de la producción acuícola, de los cuales destacan el uso de probióticos que han demostrado tener un papel importante en la acuicultura.

Uso de probióticos en el cultivo de peces diádromos

En la acuicultura, los probióticos son considerados como microorganismos vivos que, suministrados en la dieta, pueden favorecer el bienestar de los organismos cultivados a través de la estimulación del sistema inmune y promoviendo un balance en la microbiota intestinal. Sin embargo, la forma en que son usados requiere de especial atención para evitar efectos negativos.

Existen varios criterios que deben ser considerados al momento de seleccionar una cepa probiótica adecuada para cada especie de cultivo. Las principales características a considerar son: el origen del huésped, la producción de sustancias antimicrobianas, el método de administración del probiótico, su habilidad para modular la respuesta inmune y la tolerancia a niveles bajos de pH que le permitan resistir a la acción de los ácidos biliares en los jugos gástricos. Al mismo tiempo, es importante garantizar que el probiótico tenga la capacidad de llegar al sitio donde se espera que ejerza su efecto y, de ser posible, corroborar que este no contenga genes de resistencia a la virulencia y antibióticos.

La mayoría de los probióticos utilizados en la acuicultura corresponden a las bacterias ácido-lácticas, especialmente de los géneros *Lactobacillus*, *Bacillus* y *Carnobacterium*, debido a que tienen la capacidad de incrementar la actividad enzimática digestiva y antioxidante, también pueden influir en el desarrollo del sistema inmune y tienen el potencial de promover la resistencia contra enfermedades causadas por bacterias patógenas.

Existen pocos estudios del uso de probióticos en peces diádromos, por ejemplo, en esturiones se ha visto que los probióticos promueven el crecimiento, la alimentación, mejoran la fisiología digestiva, la modulación del sistema inmune y de la microbiota intestinal. Mientras que, bacterias como *Bacillus subtilis* y *Lactobacillus plantarum*, administradas en la dieta de la anguila japonesa, mejoran el rendimiento en su crecimiento, así como algunos parámetros del sistema inmune, su morfología intestinal y la resistencia a enfermedades.

En el chucumite (*Centropomus parallelus*), también conocido como robalito, la adición de probióticos promovió un aumento en la actividad de algunas enzimas del tracto intestinal, además de que los peces presentaron una mayor resistencia al estrés salino y se observó un aumento en la producción de masa corporal.

Por lo tanto, la adición de probióticos presenta numerosos beneficios en los animales acuáticos, como aumento de la resistencia a enfermedades y una mejor disponibilidad de nutrientes, por lo que constituyen un gran potencial para ser probados en el cultivo de otras especies diádromas de gran importancia en nuestro país, con la finalidad de coadyuvar a su producción sustentable y, con ello, evitar la reducción sistemática de sus poblaciones.



Holden M.J. y Raitt D.F.S. (1975). Manual de ciencia pesquera. Parte 2. Métodos para Investigar los Recursos y su Aplicación [Unidad 8 - Unidad de población, migraciones y diferenciación de poblaciones]. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). <http://www.fao.org/3/f0752s/F0752So8.htm#ch8>

Milton D.A. (2009). «Living in two worlds: Diadromous fishes, and factors affecting population connectivity be-

tween tropical rivers and coasts». Nagelkerken I. (editor). Ecological Connectivity among Tropical Coastal Ecosystems, Springer, Dordrecht, pp. 325-355. https://doi.org/10.1007/978-90-481-2406-0_9

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2018). «El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible». <http://www.fao.org/3/i9540es/i9540es.pdf>

ARTÍCULO

Canibalismo filial en peces ¿Conducta de un buen padre?

Mariana Solís-Mendoza y Luis Felipe Mendoza-Cuenca



Mariana Solís-Mendoza. Estudiante del Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Biológicas opción Biotecnología Molecular en el Laboratorio de Genómica del Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

marianasolism@gmail.com

Luis Felipe Mendoza-Cuenca. Profesor-Investigador del Laboratorio de Ecología de la Conducta en la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

lfmendoza@umich.mx

El acto de comer a un individuo de la misma especie se denomina **canibalismo**, si el individuo ingerido es un hijo o parte de este, se conoce como **canibalismo filial**. Esta conducta resulta común en especies que cuidan de sus hijos, observándose en aves, mamíferos, insectos, arañas, pero principalmente, en peces. En este artículo te hablaremos del canibalismo filial en los peces y te explicaremos el porqué de esta conducta.

Duérmete niño, duérmete ya, que viene el coco y ¡Te comerá!

Por extraño que parezca, esta aterradora canción se canta a los niños para que duerman tranquilos. La mayoría de las culturas cuentan con canciones, historias o cuentos donde el protagonista se

come a los niños porque se portan mal o desobedecen a sus padres. Afortunadamente, estos seres terribles como monstruos, brujas, *trolls*, duendes, el coco, el ropavejero, o incluso un ayudante de Santa Claus, son siempre ajenos a la familia, pero ¿Se imaginan que no fuera un monstruo sino el mismo padre quien se comiera a sus hijos?

Que un padre mate a uno de sus hijos resulta detestable y una de las conductas con mayor repudio social, pero que además se lo coma, resulta sumamente repulsivo. Para sorpresa de muchos, en otros animales, los biólogos evolutivos han propuesto que un macho que mata y se come a sus hijos puede no solo estar tomando una buena decisión, sino ser un muy buen padre.

Canibalismo filial, una historia aterradora

El canibalismo filial en humanos es una **costumbre ancestral**. Diversas culturas tienen mitos relativos a padres que matan y, en ocasiones, devoran a uno o más de sus hijos. Por ejemplo, para los antiguos israelitas la desobediencia a Dios podía

traer como castigo divino el tener que comer carne de sus propios hijos. Más allá de la mitología, el canibalismo filial medicinal era una conducta común en China hace dos mil años; los hijos adultos daban alguna parte de su cuerpo a su padre en un intento de curarle alguna enfermedad. Usualmente el riesgo para el hijo no era grave ya que se ofrecía un mordisco de la pierna y, solo en casos graves, podía ser consumido un dedo completo.

Que el canibalismo filial nos resulte repulsivo, motivó a que, por algún tiempo, se excluyera la descripción de estos actos en los textos científicos, considerándose una conducta aberrante que ocurría en condiciones de estrés agudo como el cautiverio. Sin embargo, esta es una conducta común, observada más frecuentemente en especies que realizan cuidado parental, e incluye —como mencionamos anteriormente—, grupos como aves, mamíferos, insectos, arañas y principalmente peces. La ocurrencia del canibalismo filial no deja de ser paradójico si consideramos que la teoría evolutiva sugiere que el cuidado de los padres es una conducta que incrementa la probabilidad de supervivencia de los hijos, aun cuando reduce la condición física y la reproducción futura de los padres por toda la energía y tiempo invertidos en cuidar. Entonces, **¿qué desquiciado padre podría querer comerse a sus hijos?**

En peces el canibalismo filial es parte de su conducta de supervivencia

En peces el canibalismo filial es usual en especies donde únicamente el padre cuida de la progenie. En general, los machos pelean por el sitio perfecto de anidación, lo preparan, limpian y cortejan a las hembras, las que, de elegirlo, pondrán sus huevos en el nido «abandonándolos al cuidado del macho». Aunque los peces no incuban los huevos, el **cuidar de cientos o miles de ellos resulta una tarea sumamente demandante** para el padre, ya que involucra numerosas y constantes peleas para defenderlos de los múltiples depredadores presentes (incluyendo machos vecinos que también cuidan huevos), mantenerlos limpios y oxigenados a través de «abanicados» con las aletas, e incluso, «soplándoles» agua con la boca para asegurar que se desarrollen correctamente.

En algunas especies, los padres son tan abnegados que no se distraen ni en ali-



Dad por Stiefel, K. Licencia bajo Creative Commons



Fotografía: Mendoza-Cuenca, L.F.

mentarse durante el largo periodo de cuidado paterno. Pese a todo ese esfuerzo, es usual observar a padres comiendo algunos de los huevos de su propio nido, lo que es llamado canibalismo filial parcial y nos lleva a preguntarnos ¿Por qué lo hace?

En ocasiones, los machos engullen huevos no desarrollados, muertos o infectados por hongos y bacterias, por lo que retirarlos es una buena medida para evitar que la infección se disperse, o para aumentar el área de aireación de los huevos sanos lo que hace que se desarrollen más rápido y crezcan mejor, es decir, **canibalizan por el bienestar de la mayoría**. Pero, ¿por qué no simplemente retirarlos en lugar de comerlos?

Los huevos que el pez consume están pegados al fondo y la herramienta corporal que le permite retirarlos es la boca, pero ¿Por qué no escupirlos como lo hacen con las rocas cuando limpia el nido? En realidad, los huevos son ricos en nutrientes y energía, representando un recurso valioso que es codiciado por muchas especies de peces, y el pa-

dre al consumirlos aprovecha esos recursos adicionales y los invierte en sus labores de padre cuidador con los hijos restantes. Un principio similar del bien de la mayoría, aplica cuando la densidad de huevos por nido es muy alta (cientos de miles de huevos) y, en ocasiones, los machos deben retirar incluso embriones sanos que pueden impedir la adecuada oxigenación, limpieza y desarrollo del total de huevos.

Sin embargo, explicar o justificar la conducta de un padre que se come a todos sus

hijos presentes en el nido, parece una tarea sumamente complicada y poco intuitiva. Hemos hablado antes que el cuidado de los hijos es una tarea sumamente desgastante para el padre implicado, si aceptamos que es igualmente desgastante cuidar diez o diez mil huevos, un macho que obtuvo muy pocos huevos en la presente temporada, podría decidir comérselos a todos para mejorar su condición física y apostar por realizar un mejor cortejo y conseguir más huevos en la siguiente temporada. Idéntica decisión se esperaría de un macho que se percata que más del 50 % de los huevos de su nido no son sus hijos sino fecundados por machos tramposos que logran colarse en su nido.

Con la descripción de estos ejemplos de padres devoradores de hijos, quizás ya no te parezca tan repulsivo el canibalismo filial que nos remite a las canciones, historias o cuentos con seres terroríficos. Un padre que devora a algunos de sus hijos puede estarlo haciendo por el bienestar de la mayoría de los hijos restantes, o bien, los engullen para poder ser mejores padres en el futuro.



La Ciencia me Encanta. (2018). «Este pez mata a sus recién nacidos si no son los suficientemente buenos». *La Ciencia me Encanta*. <https://cutt.ly/oyJtaWx>

Klug H. y Bonsall M.B. (2007). «When to care for, abandon, or eat your offspring: the evolution of parental care and filial cannibalism». *American Naturalist*, 170:886-901.

DOI: 10.1086/522936

Richter-Boix A. (2018). «Si quieres volver a ligar, cómete a tus hijos: canibalismo filial entre peces». *Evoikos. Blog de Biología y Ecología Evolutiva*. <https://andaresdelaciencia.com/2018/08/19/si-quieres-volver-a-ligar-comete-a-tus-hijos-canibalismo-filial-entre-peces/>

ARTÍCULO

Zoogy, un pez extinto de regreso a su hábitat

Arely Ramírez García y Omar Domínguez-Domínguez



M.C. Arely Ramírez García. Estudiante del Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Biológicas en la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. are.ly32@live.com.mx

Dr. Omar Domínguez-Domínguez. Profesor Investigador del Laboratorio de Biología Acuática de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. goodeido@yahoo.com.mx

¿Sabes qué son los peces goodeidos?

Los goodeidos son un grupo de peces biológica y ecológicamente interesantes. Esta sub-familia es endémica de los cuerpos de agua dulce del centro de México, lo que significa que solo en nuestro país habitan en forma natural. Tienen características reproductivas muy particulares ya que presentan **fertilización interna**, es decir, las hembras tienen ovarios modificados para mantener el desarrollo de los embriones durante la gestación y, a su vez, los embriones desarrollan una estructura especializada llamada trofotenia (análoga al cordón umbilical en los mamíferos) que ayuda en la transferencia de nutrientes, desechos y gases entre la hembra y los embriones, fenómeno denominado matrotrofia.

Los machos goodeidos carecen de órgano intromitente como los guppy (un grupo de peces pequeños comunes en los acuarios), por lo que necesitan el consentimiento de las hembras para copular, por lo que, en la mayoría de las especies, muestran un dimorfismo muy marcado donde **los machos son más vistosos que las hembras**, además de presentar un complejo cortejo de bailes y movimientos para impresionarlas.

Dependiendo del autor que se consulte, se reconocen alrededor de 40 especies de goodeidos, de estas, en un reporte publicado en 2020 por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, se cataloga a una o dos especies como extintas, pero con poblaciones en cautiverio en México, Estados Unidos de América y Europa. De las 37 especies restantes, 13 son consideradas en peligro crítico, 14 en peligro de extinción, seis como vulnerables y cuatro como preocupación menor. En las leyes mexicanas (NOM-059-SEMARNAT-2010), los goodeidos también están catalogados con 18 especies en peligro de extinción, cuatro especies como amenazadas, una probablemente extinta en la naturaleza y una sugerida para protección especial.

Quizás porque estos peces son de tamaño pequeño y no poseen importancia ornamental y económica, no han recibido mucha atención en los esfuerzos de conservación. Sin embargo, nosotros te vamos a contar la historia de Zoogy, un pez goo-

deido extinto en la naturaleza al que hemos logrado reintroducir a su hábitat natural.

Te presentamos a ¡Zoogy!

El picote tequila (*Zoogoneticus tequila*) o Zoogy, como le hemos nombrado, está catalogado en peligro crítico y la Skiffia dorada (*Skiffia francesae*) extinto en la naturaleza. Ambas vivían en los manantiales y cauce del Río Teuchitlán, en la parte alta de la cuenca del Río Ameca, en el estado de Jalisco. El Río Teuchitlán tiene una longitud de menos de 1 km de largo, pero a pesar de su pequeño cauce, solía tener un elevado número de especies de peces: alrededor de 12 nativas y al menos cuatro de ellas endémicas. Sin embargo, actividades humanas en el área han modificado el lugar, tales como la construcción de un balneario en la zona de manantiales, la construcción de presas con fines agrícolas, la extracción de agua, la contaminación municipal y la introducción de especies no nativas, causando la modificación del ecosistema acuático y la extirpación de las especies, empujando a la extinción a algunas de ellas.

Debido al drástico impacto en la pérdida de especies en el área, en 2014 comenzamos **un proyecto para la reintroducción de peces al Río Teuchitlán**, con el principal objetivo de devolver a la naturaleza las tres especies endémicas que habían desaparecido de su hábitat natural. Este proyecto





comenzó con la reintroducción de Zoogy, proceso largo y de varias etapas. A continuación te las describimos a detalle:

Zoogy fue cultivado en un estanque

En la primera etapa se mantuvo una gran población de Zoogys en las instalaciones del Laboratorio de Biología Acuática de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Para ello se construyó un estanque de tierra en el Jardín Botánico Nicolaita, para que los organismos se mantuvieran en un entorno donde los parámetros del agua, la depredación (aves y serpientes), parásitos, competidores potenciales y la fluctuación de los recursos disponibles (presas, sitios de alimentación y reproducción) siguieron su ciclo natural.

Inicialmente, en 2012 se introdujeron **80 individuos de Zoogy**, mientras que para 2016, con los estudios poblacionales realizados, se calculó una población de alrededor de diez mil individuos. En este tiempo se realizaron investigaciones para entender a la población de Zoogys, pues no se sabía nada de estos goodeidos en condiciones naturales. Para ello se analizaron los hábitos de alimentación, parásitos, reproducción y ciclos de vida, lo que ayu-

dó a comprender que la población era completamente capaz de sobrevivir, reproducirse y crecer en condiciones naturales, datos valiosos que ayudarían en el proceso de reintroducción.

Estudio del área de reintroducción de Zoogy

Aunque sabíamos que era el momento perfecto para regresar a Zoogy a su casa —el Río Teuchitlán y sus manantiales—, era necesario comprender si las condiciones ambientales y ecológicas del área donde sería reintroducida la especie, eran adecuadas para su establecimiento. Durante los dos primeros años del proyecto, se realizaron varias investigaciones para **determinar el número de especies**, tanto microscópicas como macroscópicas que habitaban en el Río Teuchitlán, ya que Zoogy estaría interactuando con ellas, ya sea para obtener alimento, competir con ellos, ser depredado o parasitado. Además, se realizó una caracterización completa de la dinámica en los parámetros físicos y químicos del área.

Con la información obtenida en estos dos años de trabajo, tanto en el Río Teuchitlán como en la población cultivada en el estanque del Jardín Botánico Nicolaita, se trató de entender las posibles

interacciones que ocurrirían durante la reintroducción, tanto positivas (fuentes de alimentos) como negativas (competencia). **Teníamos que garantizar que el regreso a casa fuera en condiciones adecuadas** para que lograra sobrevivir y establecerse a largo plazo.

¿Qué sitio del hábitat de Zoogy era el óptimo para su reintroducción?

Con estas investigaciones nos dimos cuenta que las especies de peces no nativos son más abundantes que las especies nativas, y son especialmente abundantes en las partes inferiores del río; la calidad del hábitat es mejor en la parte superior (zona de manantiales), aunque la vegetación acuática es más abundante en la parte media e inferior (la cual es importante porque sirve como zonas de refugio para los peces y sus crías); los parásitos no parecen ser un riesgo para las poblaciones de peces, estando en el promedio de prevalencia de otros peces de agua dulce en la naturaleza en México.

De acuerdo con estos resultados, las partes finales del río tienen más alimento potencial para la nueva población de Zoogy, pero aguas arriba, en los manantiales o lo que ahora es el balneario, tienen una mejor calidad de hábitat y menos abundancia de especies de peces no nativos. Por lo que se de-

idió que el mejor sitio para su reintroducción es la parte alta, incluidos sus manantiales.

Durante este período de investigación, también se realizaron experimentos en el laboratorio con la especie no nativa más abundante en todo el río, la *Pseudoxiphophorus bimaculatus*, encontrando que presentaba un alto potencial de competencia con Zoogy, es decir, **una amenaza para su regreso a casa**. Debido a esto, se realizaron trabajos encaminados a la extracción, control y/o erradicación de las especies no nativas en las partes altas del río y zona de manantiales, con una extracción final de alrededor de 2 500 peces no nativos del área.

¡Pero esto no fue todo!

Previo a la introducción masiva, realizamos una **introducción experimental controlada** de algunos Zoogys en jaulas flotantes en la zona alta del río, observando la supervivencia de estos en las condiciones ambientales que el río proporcionaba. Después de seis meses del experimento, descubrimos que se **reprodujeron e incrementó su población**, lo cual indicó que ellos podían establecerse con las condiciones que el río les proporcionaba.

Ahora sí, estábamos listos para regresar a Zoogy a su casa, pero antes de ser transportados al sitio de reintroducción, se realizó un proceso de



desparasitación, dado que no queríamos introducir nuevos parásitos al área. Además, todos los individuos que iban a ser reintroducidos fueron **marcados con un tatuaje permanente**, lo cual permitiría tener un control sobre la población en el tiempo. **Finalmente, ¡la reintroducción de Zoogy a su hábitat!**

Decidimos realizar la reintroducción de Zoogy el 2 de noviembre del 2017, un día de enorme importancia cultural en México, donde los seres queridos, que se fueron primero a la otra vida, regresan para pasar toda la noche con los familiares que aún están vivos, con el fin de mostrar afecto entre ellos. Consideramos que sería una bonita analogía el significado de la fiesta de día de muertos con la reintroducción de una especie querida que desapareció hace muchos años, y ahora regresa de la extinción para pasar toda una vida con nosotros, y así compartir con los ciudadanos de Teuchitlán.

A los seis meses de haber reintroducido los 80 individuos de Zoogys, observamos un 55 % de nuevos individuos (no marcados) que ahí nacieron y además sobrevivieron, lo que indicó el éxito del proyecto.

¿Qué ha pasado después de la reintroducción de Zoogy?

Hemos descubierto que la nueva población se mantiene saludable. Tienen la talla promedio de la especie y se reproducen durante cuatro meses del año y, aunque tienen solo cuatro crías por cada evento reproductivo, la mayoría de los organismos capturados en el último año eran en su mayoría juveniles y adultos sin presencia de tatuaje, es decir, ya habían nacido en el sitio y, además, se

estaban reproduciendo. También nos dimos cuenta que Zoogy se alimenta de 11 tipos diferentes de animalitos y los parásitos no parecen ser un problema para ellos. Los parámetros físicos y químicos estudiados no fluctuaron en el tiempo y también son adecuados para que sobreviva en el área. Todo esto indica que la población es capaz de mantenerse **estable a lo largo del tiempo** y nos da esperanzas de que Zoogy regresó a su casa para siempre.

Otra parte fundamental del proyecto de conservación es la **concientización de los habitantes** de esa comunidad, para que entiendan la importancia de los peces y el cuidado del medio ambiente, ya que son ellos los que finalmente realizarán la conservación real, es decir, serán los principales vigías de la preservación a largo plazo del Río Teuchitlán, de sus especies y, por supuesto, de Zoogy.

¡Bienvenido de nuevo Zoogy!

El camino no ha sido fácil, sin embargo, actualmente los manantiales del Río Teuchitlán son nuevamente el hogar de Zoogy, se están reproduciendo, alimentando y teniendo interacciones con especies nativas y no nativas, por lo tanto, podemos concluir que ha regresado nuevamente a su hábitat natural. Los invitamos a nadar y sumergirse en los manantiales del Río Teuchitlán y lograr encontrar a la especie reintroducida. **¡El desafío es encontrar la aleta caudal naranja!**

Este proyecto fue desarrollado por investigadores y estudiantes de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México y patrocinado por varias instituciones nacionales e internacionales como el zoológico de Chester (Inglaterra), The Mohammed Bon Zayed Species Conservation Found, el zoológico Haus Desr Meeres-Aqua Terra; las asociaciones Poecilia Scandinavia, Poecilia Netherlands, The Missouri Aquarium Society, Deutsche Gesellschaft für Lebendgebärende Zahnkarpfen, British Livebearer Association, Goodeid Working Group, American Livebearers Association; la Comisión para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO), Association Beauval Nature Pour la Conservation et la Recherche y Wilhelma, Zoologisch Botanischer Garten.



Domínguez-Domínguez O. y Pérez-Ponce de León G. (2007). «Los goodeidos, peces endémicos del centro de México». CONABIO. *Biodiversitas*, 75:12-15. http://132.248.203.28/resamb/godeidos_mintzita.pdf

Domínguez-Domínguez O., Zambrano L., Escalera-Vázquez L.H., Pérez-Rodríguez R. y Pérez-Ponce de León G. (2008). «Cambio en la distribución de goodeidos (Osteichthyes: Cyprinodontiformes: Goodeidae) en cuencas hidrológicas del centro de México». *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 79(2):501-512. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532008000200023&lng=es&tln-g=es
Soorae P.S. (editor). (2018). IUCN/SSC Reintroduction

Specialist Group, Gland, Switzerland and Environment Agency, Abu Dhabi, UAE. XIV + 286 pp. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2018-006-En.pdf>

Laboratorio de Biología Acuática, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. <https://bioumich.wixsite.com/acuaticamsnh/proyectos-de-conservacion>

Grupo de Investigación de Goodeidos. Goodeid Working Group. <http://www.goodeidworkinggroup.com/home>

ARTÍCULO**Transfusión de sangre ¿A mi mascota?**

Salvador Padilla Arellanes y Rafael Salgado Garciglia



M.C. Salvador Padilla Arellanes. Médico Veterinario Zootecnista. Estudiante en el Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Biológicas, Opción Químico Biológicas en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. salvador25@hotmail.com

D.C. Rafael Salgado Garciglia. Profesor e Investigador del Instituto de Investigaciones Químico Biológicas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. rsalgadogarciglia@gmail.com

Al igual que nosotros, las mascotas pueden en algún momento requerir una transfusión de sangre, principalmente los perros y gatos. Este es uno de los tratamientos que más vidas salvan; sin embargo, generalmente se desconoce que los médicos veterinarios pueden realizarla. Las transfusiones sanguíneas en las mascotas siguen las mismas normas y parámetros que en los humanos, no solo en la práctica, sino también en la importancia de determinar el tipo de sangre de la mascota.

Los perros y gatos tienen diferentes tipos de sangre

Existen pruebas de laboratorio para conocer el tipo sanguíneo de las mascotas, lo cual es muy importante cuando se requiere realizar una transfusión. Lo ideal es realizar estas pruebas antes del procedimiento para evitar cualquier reacción adversa; no obstante, debido a la urgencia en casos en los que está comprometida la vida de la mascota, se recurre a utilizar la sangre de perros o gatos sin conocer su tipo sanguíneo.

Tipos de sangre en perros. Existen hasta nueve tipos de sangre denominados DEA (por sus siglas en inglés, *Dog Erythrocyte Antigen*), siendo estos DEA 1.1, 1.2, 1.3, 3, 4, 5, 6, 7 y 8. El tipo de sangre más común e importante en perros es el DEA 1.1,

de hecho, uno de cada tres perros pertenece a este tipo sanguíneo, pero además, es el que puede crear reacciones adversas más severas ya que un perro negativo a DEA 1.1 no debería recibir sangre de un donador positivo a DEA 1.1, la única excepción sería cuando es la primera vez en su vida que recibe una transfusión. Por lo tanto, el perro donador universal tendrá que ser DEA 1.1 negativo.

Tipos de sangre en gatos. Existen tres tipos sanguíneos principales A, B y AB, recalando que son diferentes a los tipos sanguíneos en humanos A, B y O. El tipo A es el más común, el tipo B es poco común y el tipo AB es muy raro. Dependiendo la raza del gato será su tipo de sangre, por ejemplo, la mayoría de los gatos en el continente americano, incluido México, son sangre tipo A. En Europa predomina también el tipo A, pero hay una alta frecuencia de gatos con sangre tipo B, sobre todo en razas inglesas.

Es importante mencionar que la tipificación sanguínea antes de una transfusión **es más importante en un gato que en un perro**, ya que, en caso de incompatibilidad, el gato tendrá reacciones adversas más severas y podría causarle la muerte, principalmente si es un gato tipo B recibiendo sangre tipo A.

¿Qué características debe cumplir una mascota para ser donadora de sangre?

Todo aquel perro y gato que sea donador, deberá tener su calendario de desparasitación y vacunación vigente, estar clínicamente sano al momento de donar y ser negativo a cualquier agente infeccioso transmitido por la sangre. En el caso del perro, este deberá pesar más de 20 kilogramos, tener de uno a ocho años y que sea negativo al tipo de sangre DEA 1.1 y 1.2. Respecto al gato, este deberá pesar más de 3.5 kilogramos, ser joven o adulto y tener el mismo tipo de sangre que el gato receptor. Algo impor-





BLOOD GROUP REPORT CARD	
Name of Dog	Charlotte
Owner	Jenifer Alexis Rangel
Date of Birth	14/06/2010
Breed/Sex	Antique Bull Terrier/Mastiff
Dog is DEA I	<input type="checkbox"/> - <input checked="" type="checkbox"/> +
Veterinarian	MUZ. Marco Antonio Nolasco
Test Date	23/06/2015
Comments	4433066639



Fotografías: Padilla-Arellanes S.

tante de mencionar, es que la **mascota donadora debe ser tranquila** para evitar complicaciones al momento de la donación y debe tener además, un ayuno mínimo de 3 horas.

¿Cuándo es necesario realizar una transfusión sanguínea en las mascotas?

La transfusión sanguínea es vital **cuando nuestros perros o gatos presentan una hemorragia aguda**, ya sea por algún traumatismo o intoxicación, quemaduras o hemofilias, también cuando por algún problema crónico de salud se comprometa su vida.

El principal objetivo de la transfusión sanguínea es **proveer de glóbulos rojos al cuerpo**, ya que estos son los encargados de transportar el oxígeno a los tejidos. Existen otros componentes en la sangre que pueden ser utilizados en una transfusión, como son las plaquetas, que ayudan en los procesos de coagulación, así como la administración de plasma, muy importante para la coagulación, mantener la volemia (volumen sanguíneo total), e incluso, proveerle de defensas contra agentes infecciosos.

Generalmente, la sangre de estas mascotas — al igual que la de humanos —, se recolecta en bolsas especiales conocidas como unidades; una sola unidad de sangre puede ser fraccionada en tres com-

ponentes y ser utilizada de manera independiente (eritrocitos o glóbulos rojos, plaquetas y plasma), de acuerdo con el problema de salud que tenga la mascota, aunque es más común en la práctica veterinaria, utilizar la sangre completa.

¿Cuál es el procedimiento para realizar una transfusión?

La transfusión de sangre o de alguno de sus componentes se realiza cuando una mascota llega a la clínica veterinaria porque ha perdido mucha sangre, ya sea por un accidente o una enfermedad reciente o crónica. El procedimiento que se debe seguir es el siguiente:

*** Determinar tipo de sangre.** Primero se debe conocer qué tipo de sangre tiene el paciente (perro o gato), si no existe en la localidad un banco de sangre de mascotas, entonces se debe buscar un posible donador. Algunas clínicas tienen bases de datos sobre animales donadores, como es el caso de la Clínica Veterinaria para Perros y Gatos de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

***Extracción de sangre.** Para realizar la extracción de sangre, generalmente los perros no son sedados, pero no así en los gatos, en los que sí es común



hacerlo ya que son algo nerviosos. De un perro se puede obtener hasta una unidad de sangre completa (460 ml) y en el caso de los gatos una unidad de 60 ml.

***Transfusión de sangre.** Ya que se tiene la unidad de sangre, se puede transfundir con todos sus componentes o separarlos para utilizar solo el más importante en el problema del paciente. También se debe tener en cuenta la cantidad y velocidad de administración.

***Observaciones de reacción a la transfusión.** Por último, se debe tener en observación al paciente re-

ceptor durante todo el procedimiento, para evitar cualquier reacción adversa y, en caso de que suceda, poder actuar de manera inmediata para revertirla.

Ahora que sabes que tu mascota (perro o gato) puede requerir una transfusión de sangre cuando esté enfermo o haya tenido un accidente, es importante que te informes si el médico veterinario de cabecera está preparado para realizarla, de igual manera, es fundamental determinar el tipo de sangre de tu mascota, información necesaria en caso de una emergencia.

Tu mascota puede **convertirse en un héroe** si dona sangre para salvar la vida de otras mascotas.



Castellanos I., Couto C.G. y Gray T.L. (2004). «Clinical use of blood products in cats: a retrospective study - 1997-2000». *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 18(4):529-532.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15320592/>

Padilla A.S., Garate G.L., Madrigal A.M., Silva A.M. y Zavala F.R. (2017). «Tipificación sanguínea e identificación

de hemoparásitos para medicina transfusional en perros domésticos de Morelia, Michoacán». *Actualidades en Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 20:10-13.
http://www.acmevez.mx/digital_20/mobile/index.html

Zapata S.M., Gaona V.M. y Aguilar G.L. (2017). «Nueva alternativa en transfusiones sanguíneas en caninos con sangre heteróloga». *REDVET*, 18(10):1-7.
<https://www.redalyc.org/pdf/636/63653470025.pdf>

ARTÍCULO

El ejercicio ¿La cura a todos los males?

Mariana Gómez Barroso y Rocío del Carmen Montoya Pérez



M.C. Mariana Gómez Barroso. Estudiante del Programa de Doctorado Institucional en Ciencias Biológicas, opción en Investigaciones Químico-Biológicas, Instituto de Investigaciones Químico Biológicas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
marianicha_13@hotmail.com

D.C. Rocío del Carmen Montoya Pérez. Profesor Investigador del Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
biochio@gmail.com

¿Qué es el ejercicio?

Definir este término tiene como finalidad identificar si lo estamos realizando de manera correcta y así, eventualmente, podamos obtener los mejores resultados al realizar esta práctica. En este sentido, el ejercicio se define como la **unión de acciones** que realizan en conjunto el **sistema muscular y óseo** del cuerpo y que tienen como resultado un gasto energético. Entendamos que es cualquier actividad física planeada que se realiza con la finalidad de mejorar y mantener el correcto funcionamiento del cuerpo.

La implementación del ejercicio en la vida cotidiana, se ha realizado por diversas razones. Desde

hace miles de años la caza, agricultura, ganadería y construcción, han sido las actividades que el humano común ha realizado y que indirectamente involucran actividades músculo-esqueléticas, las cuales, ahora definimos como ejercicio.

Sin embargo, el término ha sido mayormente empleado para referirse al desarrollo y mejora de las habilidades atléticas y deportivas, para mejorar la apariencia física, o bien, para buscar el bienestar emocional o simplemente como actividad recreativa en solitario o en familia.

La evolución del ejercicio a través del tiempo

La forma de entrenar y realizar ejercicio se ha modificado con el paso del tiempo. Estos cambios principalmente se basan en lo que se esperaba obtener al realizar estas prácticas, por ejemplo, en los primeros siglos de la existencia humana se buscaba básicamente la **supervivencia**, y aunque tal vez no era de manera consciente, su régimen de actividades cotidianas les brindaba velocidad, fuerza, resistencia y coordinación.

El verdadero reconocimiento y valoración a quienes realizaban actividades físicas y deportivas tuvo su auge en la Antigua Grecia, donde se pro-

movía la competición para mejorar tanto el **bienestar físico como emocional**. Se consideraba una mejor persona a quien hacía deporte y se mantenía en forma, surgiendo de esto la creación de los **Juegos Olímpicos**, donde se le brindaba al vencedor un gran respeto y admiración.

Durante la Edad Media, el ejercicio y la práctica de los deportes fueron relegados y dejados a un lado, solo ciertos grupos selectos tenían la posibilidad de realizar estas actividades de dispersión. No obstante, con el fin de esta época y el surgimiento del Renacimiento, reapareció y creció el interés por los deportes y las actividades físicas, es así como a lo largo y ancho del mundo, se consideraba al ejercicio como una buena forma de armonizar el cuerpo y el alma, incluso **surge la Medicina Deportiva** que converge el gusto e interés por los deportes con su relación con el cuerpo humano.

Con la llegada de la Revolución Industrial, el desarrollo técnico y científico también se vio reflejado en los diferentes deportes, además, proliferó una visualización de estas prácticas desde un punto de vista mucho más comercial.

Actualmente, el ejercicio y los deportes son practicados por diversas razones: recreativo, para





obtener bienestar físico y mental, para mejorar la apariencia, o incluso, por intereses económicos. Sin importar los motivos por los que se lleven a cabo estas prácticas, la mayoría del tiempo resultan benéficas para la salud; no obstante, nada en exceso es bueno, ni siquiera el ejercicio.

¿Qué pasa si no hago ejercicio?

La falta de actividad física y el exceso de sedentarismo por parte de la población, han producido un deterioro en la calidad de vida. La proliferación de diferentes patologías como el síndrome metabólico, la diabetes y el cáncer, han sido atribuidas a estas malas prácticas. Se estima que en el mundo, alrededor de cinco millones de muertes al año, están asociadas con el sedentarismo.

El sedentarismo es un factor de riesgo para la gran mayoría de las enfermedades crónicas, contribuyendo en la aparición de complicaciones para la salud. En la actualidad, existe mayor evidencia de que la falta de actividad física y de ejercicio están relacionados con el desarrollo de trastornos y enfermedades crónicas y son causa importante de

mortalidad e incapacidad. El desarrollo industrial y tecnológico, aunado al estrés laboral y familiar y a los malos hábitos de vida, han influido para que las personas caminen poco y, en general, realicen menos actividad física, ejercicio y deportes.

La falta de actividad física además de deteriorar el funcionamiento músculo-esquelético, deteriora la función metabólica e incrementa el estrés oxidante, lo que conlleva a un daño general de todos los órganos y sistemas, lo que se relaciona con el desarrollo de las diferentes enfermedades antes mencionadas. Pese a todos los efectos negativos del sedentarismo, los niveles de actividad física a nivel mundial apenas han mejorado desde hace 20 años. Según la Organización Mundial de la Salud, para el año 2016 se registró que más de un cuarto de la población del mundo —lo que equivale a mil cuatrocientos millones de personas—, no hacen el suficiente ejercicio físico recomendado para mantener una salud óptima.

La media global de inactividad física es del 27.5 % de la población. Por género, es del 23.4 % para los hombres y del 31.7 % para las mujeres. A



nivel mundial, el país del mundo donde se hace más actividad física es Uganda, que nada más registra 5.5 % de inactividad. Mientras que los países más sedentarios son Kuwait, con un índice de inactividad física del 67 % y Arabia Saudita 53 %. En el caso de México, las cifras arrojan un 29 % de inactividad en adultos. Para entender un poco mejor estas estadísticas, con base en numerosas investigaciones científicas realizadas a nivel mundial, se consideran como personas inactivas a los adultos entre 19 y 64 años que hacen menos de 150 minutos de ejercicio moderado a la semana.

El ejercicio: la cura de nuestros males

La realización de ejercicio y actividad física más allá de ser recreativas y de entretenimiento, se enmarcan y proyectan como los **pilares para una vida más sana**. Actualmente, la implementación de un régimen de ejercicio en el día a día de las personas debe ser imprescindible, esto, debido a las numerosas atribuciones de naturaleza benéfica que el ejercicio ha adquirido. Se sabe que no solo mejora el rendimiento físico, sino que promueve un sistema fisiológico saludable, mejora la fuerza

de contracción muscular y la masa muscular, mejora la conducción neuromuscular, la flexibilidad, la coordinación y los reflejos, así como la capacidad ósea, la movilidad de las articulaciones, mejora el metabolismo, el sistema inmune, el sistema nervioso, entre muchos otros beneficios, esto, gracias a la activación de diversos genes y vías de señalización celular.

Se ha reportado una reducción de la incidencia de diabetes mellitus tipo 2 en las personas que realizan actividad física de leve a moderada, al mejorar la sensibilidad a la insulina y mejorar el transporte de glucosa. Además, se ha observado que la práctica de ejercicio regular, se asocia a una mejoría de los estados depresivos, favorece el rendimiento intelectual, las relaciones sociales y la tolerancia al estrés. También puede ser utilizado como soporte en programas contra el exceso de la ingesta de alimentos. En las personas de la tercera edad se ha demostrado que la actividad física moderada ayuda a enlentecer el envejecimiento. En ciertos tipos de cáncer se ha documentado que un régimen de ejercicio moderado, disminuye la recidiva de la enfermedad. Además, garantiza un sistema cardiorres-

piratorio más eficiente, mejora el perfil sanguíneo integral, el tránsito intestinal, el filtrado glomerular, entre muchas otras bondades.

Sin embargo, en el ejercicio no todo lo que brilla es oro

Pese a todos los reportes que posicionan al ejercicio como un tratamiento no farmacológico para numerosas patologías, así como para mantener una óptima calidad de vida, es importante tener en cuenta que el **ejercicio en exceso no es cien por ciento benéfico**. Dependiendo de la edad, el peso, o bien de si las personas presentan alguna patología, el régimen de ejercicio debe ser dentro de lo posible personalizado, esto, con la finalidad de que se aproveche y se obtengan al máximo sus beneficios. No obstante, estos factores pueden



ser considerados únicamente cuando se da inicio con el entrenamiento, ya que posteriormente con un periodo de adaptación, la persona mejorará su condición física y podrá realizar la actividad sin importar estos factores.

Algunos de los factores por los que el ejercicio de muy alta intensidad puede resultar contraproducente, es debido a que puede provocar **rabdomiólisis**, condición que se caracteriza por la alteración de las células musculares, o bien, lesiones musculares, articulares u óseas, incluso problemas cardiacos y descenso del sistema inmune.

Por todo esto, es importa mantener un régimen de **entrenamiento adecuado** dependiendo de las condiciones físicas y emocionales de cada persona, para que los beneficios que el ejercicio ofrezca a la calidad de vida, sean predominantes en relación a los efectos negativos que este pudiera llegar a tener.



Barrett K.E., Barman S.M., Boitano S. y Brooks H. (2010). *Ganong Fisiología Médica*. 23ª. Edición. Mcgraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V. <https://www.univermedios.com/wp-content/uploads/2018/08/Fisiologia-medica-ganong.pdf>

Hernández G.D. y Recoder R.A.G. (2015). *Historia de la actividad física y el deporte. Bases Conceptuales. Premisas Ordenadoras. Síntesis. Literatura*. México, Impresos Chávez de la Cruz, S.A. de C.V.

<http://ened.conade.gob.mx/Documentos/Manuales/HISTORIA%20DE%20LA%20ACTIVIDAD%20F%C3%8DSICA%20Y%20EL%20DEPORTE.pdf>

Pancorbo Sandoval A.E. (2008). *Medicina y ciencias del deporte y la actividad física*. Madrid, Ergon. https://ergon.es/wp-content/uploads/2015/08/164_medicina_ciencias_deporte.pdf

TECNOLOGÍA

La tecnología computacional y la biología de sistemas

Arturo Ramírez-Ordorica y Lourdes Macías-Rodríguez



M. en C. Arturo Ramírez-Ordorica. Estudiante del Laboratorio de Bioquímica Ecológica en el Programa de Doctorado en Ciencias en Biología Experimental del Instituto de Investigaciones Químico Biológicas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. arturoramord@gmail.com

D. en C. Lourdes Macías-Rodríguez. Profesor - Investigador responsable del Laboratorio de Bioquímica Ecológica en el Instituto de Investigaciones Químico Biológicas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. lmacias@umich.mx

El avance de la tecnología computacional

Con el advenimiento del siglo XXI, nuestra generación ha presenciado como las fronteras científicas y técnicas se han expandido a una velocidad vertiginosa. En los últimos 500 años que nos separan de la llamada Revolución Científica, hemos acumulado mucho más conocimiento que en los 5 000 años de cultura escrita y eso nos convierte en herederos orgullosos de una travesía iniciada mucho antes, con el origen del humano mismo. El desarrollo de la tecnología computacional **marcó un parteaguas** en la velocidad con que los datos generados pudieron ser clasificados y, finalmente, analizados por poderosos algoritmos con los que extraemos la mayor cantidad de información posible.

Pensemos que los principios teóricos de la computadora no son recientes. La posibilidad de construir máquinas de cálculo se puede rastrear en épocas tan anteriores como la invención del ábaco y los fundamentos del álgebra booleana (pieza fundamental de toda computadora moderna) que se publicaron en 1847 por George Boole. El concepto de la computadora moderna, con un software (instrucciones o programas) y un hardware (la parte mecánica) bien diferenciados, **se concibió alrededor de 1820** por Charles Babbage antes de Boole. Así, el problema de la computación no fue tanto de naturaleza teórica, sino técnica. Era necesario el descubrimiento de procesos, materiales y fenómenos físicos (en concreto la electricidad) para que las ideas que ya estaban planteadas, pudieran ser llevadas a la práctica.

La tecnología computacional en la biología moderna

La biología molecular moderna no hubiera nacido sin el impulso que las capacidades de las computadoras dieron a esta área de la ciencia desde sus primeros años de desarrollo. Pongamos un ejemplo: el elucidar la forma tridimensional de las biomoléculas como los carbohidratos, las proteínas, los lípidos y los ácidos nucleicos, fue un paso decisivo para la comprensión de los mecanismos que operan a escala microscópica en las células.

La técnica por excelencia para este fin, fue la **crystalografía** por difracción de rayos X, que como su nombre lo indica, se basa en el análisis de los patrones de difracción producidos al irradiar un cristal

de un compuesto de interés con un haz de rayos X. Aunque los primeros patrones de difracción se resolvieron con calculadoras mecánicas o a mano (no sin un considerable esfuerzo), el estudio de biomoléculas más complejas, como las proteínas, requirió del **uso de las primeras computadoras**.

John Kendrew, ganador del premio Nobel de química en 1962 (compartido con Max Perutz), por la resolución de la estructura de la mioglobina, utilizó la computadora EDSAC 2 en la universidad de Cambridge con una memoria de apenas 2 kilobytes, con la que se realizaron todas las operaciones requeridas en componer los llamados **mapas de densidad electrónica**, que permitieron entender la distribución tridimensional de la molécula dentro del cristal. Este científico, comprendió con una antelación casi profética, que el uso de las computadoras para la investigación en ciencias biológicas sería primordial en el futuro.

Nunca habríamos conocido el genoma humano sin las computadoras. Se estima que para comparar cada secuencia de ADN del genoma y para armar el rompecabezas por los métodos clásicos, hubiera tomado alrededor de 19 años de tedioso cálculo, además de que se habrían requerido 600 gigabytes de memoria RAM para completarlos. Gracias a las mejoras hechas en los primeros algoritmos de ensamblado, la labor de reconstrucción del genoma humano a partir de las secuencias tomó alrededor de una semana, con 40 computadoras trabajando en paralelo. Evidentemente, es muy difícil imaginar que semejante labor se hubiera alguna vez terminado sin el uso de la computación.



Surgimiento de la biología de sistemas

La **biología de sistemas** surgió de la inquietud por estudiar un aspecto muy particular de los seres vivos: su «complejidad». Desde el momento que negamos la existencia de una «esencia vital» que mueve a los organismos vivos, ahora sometidos a las mismas leyes físicas que gobiernan la materia inanimada, surge la pregunta ¿De qué manera se organizan sus partes y qué relación guardan con las funciones propias de lo que entendemos por vida? Uno de los primeros teóricos al respecto fue Ludwig von Bertalanffy, quien en 1968 publicó su «Teoría general de los sistemas».

Su propuesta era entender los fenómenos naturales y sociales como un conjunto de componente interactuantes y la relación que guardan entre ellos. No es casualidad que el propio Bertalanffy fuera un biólogo con una robusta formación en matemáticas, lo que le permitió abordar el problema de la complejidad con una **propuesta multidisciplinaria**. La biología de sistemas, a su vez, vive inmersa en lo que se ha llamado ciencias de sistemas; realmente es un movimiento científico surgido en la segunda mitad del siglo pasado, impulsado por diferentes contemporáneos de Bertalanffy.

Podemos imaginar a la célula como un gran número de componentes que trabajan en coordinación para llevar a cabo todas las funciones vitales. Los científicos siempre han entendido que existen

muchos procesos que no pueden explicarse sencillamente como la suma de sus partes. La molécula de agua es un caso muy ilustrativo, ya que puede caracterizarse su geometría de forma bastante exacta y sus propiedades físicas. Sin embargo, hay propiedades como el flujo del agua, la tensión superficial del líquido o su capacidad como solvente, que no surgen sencillamente de una molécula individual, sino de la interacción de cada molécula con otras que la rodean.

En todos los sistemas emergen nuevas propiedades, conforme se aumenta el número de componentes que interactúan y la escala a la que los observamos. Así, no hay nada en particular en los átomos de carbono o de hidrógeno, por ejemplo, que nos permita predecir con total certeza que tipo de organización debería tener una proteína en específico, o la forma en que se deberían de establecer la comunicación entre células vecinas. Esto es lo que se conoce como «**propiedades emergentes**» y se trata de un concepto central al tratar de hablar de biología de sistemas.

Biología de sistemas y la predicción de la realidad

Una visión totalizadora del fenómeno vivo tiene implicaciones metodológicas y filosóficas muy profundas. Si los sistemas vivos no son simplemente la suma de sus componentes, entonces para comprenderlos hay que intentar obtener la imagen más completa posible del sistema y así descifrar



las interrelaciones entre los componentes, siempre con una visión a gran escala de ellos. El **modelado matemático** es una herramienta fundamental para esta aproximación metodológica, gracias a que los sistemas en la realidad y nuestros modelos matemáticos comparten cierto «isomorfismo». Esto significa que la expresión mínima de los componentes y la interrelación entre ellos quedan descrita en el modelo matemático.

Estudiar un fenómeno implica siempre ubicarse en la escala adecuada para analizarlo debidamente. Esto no implica que no podamos entender el movimiento de cada componente dentro del sistema, sino que existe un grado de organización por debajo del cual sería imposible esperar la emergencia de las propiedades inherentes de lo que está vivo y, por lo tanto, no podemos obtener una comprensión adecuada de cómo opera el sistema global, si nos limitamos a ver por debajo de esta escala.

Biología de sistemas y las ciencias ómicas

El movimiento de biología de sistemas cobra fuerza cada día, ahora también con el desarrollo de las llamadas **ciencias «ómicas»**, que en su conjunto engloban tres disciplinas diferentes, pero íntimamente interconectadas: la genómica, la proteómica y la metabolómica. Estas prometen revolucionar nuestra comprensión del fenómeno vivo para entenderlo como un «sistema complejo», y con ello comienza una nueva era para la biología misma, en donde el ser humano podría dejar de ser un espectador y esclavo de su organicidad, para tomar control de los componentes que nos constituyen y sacar el mayor provecho y bienestar posible de su manipulación.

Junto a esto, también surgen una serie de problemas de carácter ético que inevitablemente tendremos que enfrentar en el futuro, tal es el caso de la privacidad de la información proveniente de nuestro genoma. Sin embargo, los beneficios que



obtendremos sin lugar a dudas son mucho mayores. El ejemplo reciente más claro son las investigaciones realizadas en torno al virus SARS-CoV-2, agente causal de la pandemia de COVID-19. En buena parte, la tecnología computacional que tenemos al alcance llevó a que en tiempo récord se identificara el agente causal y a desarrollar las primeras pruebas para su detección, además de que toda la investigación a nivel mundial que se hace para encontrar una vacuna eficaz para este agente viral, depende de que tengamos la capacidad de analizar muchos datos a la vez.

Las computadoras permiten abordar estas cuestiones con una seguridad inmensa y no podemos subestimar el papel central que tienen en el día a día de la ciencia moderna. Llegará una época en que la humanidad verá el surgimiento de la era digital como nosotros vemos a los forjadores de la Edad del Bronce, con una tecnología tan absurdamente ubicua y tan integrada en su vida (a un nivel que hoy no podemos ni siquiera imaginar) que les costará creer que hubo, alguna vez, mentes pioneras que imaginaron lo que el calcular miles de millones de operaciones por segundo implicaría para las generaciones venideras.



Arnold M. y Osorio F. (1998). «Introducción a los principios básicos de teoría general de sistemas». *Cinta de Moebio*, 1998(3):40-49. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10100306>

Romanelli L. (2006). «Teoría del caos en los sistemas biológicos». *Revista Argentina de Cardiología*, 74(6):478-

482. <https://www.redalyc.org/pdf/3053/305326824012.pdf>

Duarte M. (2007). «Coagulación: sistema biológico complejo». *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*, 8(16-17):83-96. <https://www.redalyc.org/pdf/414/41401707.pdf>

UNA PROBADA DE CIENCIA

Pensar como hongo

Silvia Margarita Carrillo Saucedo



Los invito a hacer un ejercicio y abrir nuestras mentes a la posibilidad de ser un hongo. Puede ser uno muy conocido como un champiñón, uno microscópico como una levadura, uno que crece en asociación con bacterias como un líquen, una deliciosa y costosa trufa o uno que está unido íntimamente con la raíz de una planta, una micorriza. Sean el hongo que más les llame la atención.

Al imaginarnos como organismos distintos a una planta o un animal, se nos presentan las primeras complicaciones, la más importante, ¿qué es ser un hongo? Y luego, viene otro problema, el antropomorfismo, como seres humanos tenemos un marco de referencia de lo que es *ser* y comenzamos a darle a los hongos conductas humanas, y no es que esté mal, porque es la manera en que percibimos la realidad y somos humanos. El biólogo evolutivo Richard Lewontin, dice que usamos las metáforas y analogías como un intento por explicar

Silvia Margarita Carrillo Saucedo, Investigador posdoctoral CONACyT, Laboratorio de Microbiónica de la Escuela Nacional de Estudios Superiores UNAM, Campus Morelia.
carrillo.maguecita@gmail.com

fenómenos que como seres humanos no podemos experimentar directamente. Sin embargo, podemos cambiar esta manera de pensar y tratar de entender la vida de los otros en sus propios términos. A esto nos invita Merlin Sheldrake, autor de *La red oculta de la vida* (Editorial GeoPlaneta, Traductor: Ton Gras Cardona).

A través de la lectura de este libro podremos adentrarnos en la vida profunda de estos fantásticos seres, que no son plantas ni animales, son hongos que han cautivado a los seres humanos desde tiempos inmemoriales. El libro se divide en ocho capítulos escritos con una prosa apasionante y desbordante, donde el autor deja sus impresiones y se deja llevar por el ejercicio nada fácil de «pensar como hongo». Y sí, es un libro de divulgación científica sobre hongos, pero escrito de tal manera que parece una historia de ciencia ficción, en la que además vemos la creatividad con la cual se desarrollan experimentos para tratar de entender un poco más esta «red oculta».

Al leer estas páginas nos convertimos en buscadores de trufas: Para esto utilizamos el sentido del olfato y descubrimos el complejo lenguaje químico de este grupo particular de hongos. Posteriormente, viajamos a través de kilómetros del micelio, ese tejido que desafía nuestra imaginación, y nos encontramos con la disyuntiva de hacia dónde ir a través de un laberinto de hifas que van resolviendo los problemas de movilidad e interconexión del suelo. Seguimos enmarañándonos en este entramado de hifas y descubrimos la simbiosis, ese concepto muy humano y en boga, pero en el que los hongos llevan, literalmente, millones de años practicándose y son expertos en llevarla a cabo bajo sus reglas y su muy peculiar estilo. Luego, nos convertimos en zombies y descubrimos con terror la manera en que ciertos hongos controlan el comportamiento de las hormigas, pero nos quedamos con la duda de si los hongos, de alguna manera, nos controlan a nosotros también. Y así, nos vamos dando cuenta a través de este viaje, que los hongos han estado presentes en nuestro planeta desde mucho antes que nosotros, que lo han moldeado y que además tienen esa capacidad tan bonita de regenerarlo, lo cual da una esperanza para la crisis ambiental que estamos viviendo.

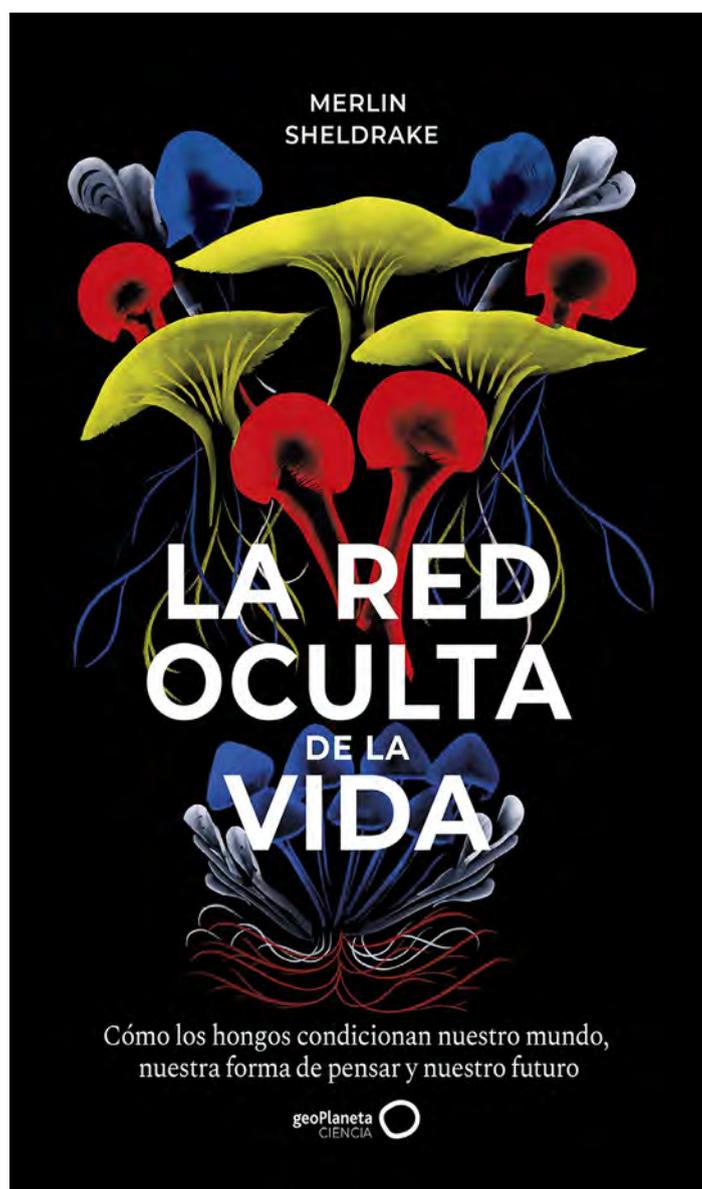
En fin, ya les estoy poniendo mis pensamientos humanos a estos extraordinarios seres que lo único que hacen es ser ellos, ser hongos.

Así que los invito a leer *La red oculta de la vida*, a fascinarse como yo con estos relatos bien documentados y a pensar como hongo.

Acerca del autor

Melvin Sheldrake es un científico con imaginación de poeta que escribió este libro a partir de su experiencia en el mundo de los hongos. Durante sus estudios de doctorado, en Panamá, analizó una planta que no hace fotosíntesis, la *Voyria tenella*. A través de sus estudios descubrió que esta planta utiliza la red micorrízica bajo el suelo como un canal para obtener carbono y otros nutrientes. Lo interesante de este trabajo, es que la presencia de esta planta en el bosque es indicadora de que las asociaciones micorrízicas están activas.

Por otra parte, es un científico que le gusta experimentar, obviamente con hongos, cultiva sus propias levaduras para la fabricación de bebidas alcohólicas de autoconsumo, toca el piano y compone inspirado en estos fantásticos seres y, cada vez, se parece más a los organismos que tanto ama.



LA CIENCIA EN POCAS PALABRAS

Beauveria bassiana: Un hongo bioinsecticida

María de los Ángeles Urbina Campos y Yolanda Ruíz Suárez



María de los Ángeles Urbina Campos. Estudiante del Programa de Maestría en Agrobiotecnología en el Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes, Los Reyes, Michoacán, México.

angybucosa@gmail.com

Yolanda Ruíz Suárez. Profesor-Investigador del Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes, Los Reyes, Michoacán, México.

ing_yruiz@hotmail.com

En las últimas décadas, los métodos tradicionales utilizados en la agricultura —como el uso indiscriminado de insecticidas diseñados para el control o eliminación de insectos plaga que atacan o destruyen los campos de cultivo—, han tenido un gran impacto ambiental, por lo que ha sido necesario el uso de estrategias más amigables con el ambiente y la salud humana.

En este artículo, te mostraremos el uso de **organismos vivos** como alternativa para el **control de insectos plaga**, por ejemplo, los hongos parásitos de insectos denominados hongos ento-

mopatógenos, que son bioinsecticidas potenciales para controlar este tipo de plagas y vectores de enfermedades. El *Beauveria bassiana* es uno de los tipos de hongos más importantes, y se considera un bioinsecticida efectivo por su amplio efecto de patogenicidad en los insectos.

Te presentamos a *Beauveria bassiana*

Es un hongo microscópico deuteromiceto que crece en el suelo. Su nombre se debe al entomólogo italiano Agostino Bassi, quien lo observó en 1835 al investigar la enfermedad muscardina o enfermedad blanca, sobre los cuerpos de algunos gusanos de seda (*Bombyx mori*). Está formado por células con quitina que se caracterizan por presentar esporas esféricas levemente ovaladas llamadas conidias. El micelio desarrollado en un medio de cultivo es de color blanco como un moho blanquecino, que toma coloraciones amarillentas en el reverso de la placa (caja Petri) cuando tiene mucho tiempo bajo cultivo. Su poder entomopatógeno lo hace **capaz de parasitar a insectos** de diferentes especies.

Pero... ¿Cómo actúan los hongos sobre los insectos?

Los hongos entomopatógenos actúan sobre diferentes insectos y lo hacen en varias etapas. A continuación las describimos:

***Adhesión.** Se produce cuando la espora de *B. bassiana* se adhiere a la cutícula del insecto hospedero. El crecimiento y la germinación del hongo sucederá bajo condiciones óptimas de humedad relativa y temperatura.

***Penetración.** Esta se realiza por medio de la acción enzimática, principalmente proteasas y quitinasas, que degradan la proteína y quitina de la cutícula del insecto, facilitando la entrada de hongo, donde surge una presión ejercida por una estructura fúngica que rompe las áreas membranosas de la cutícula.

***Producción de toxinas del hongo.** Una vez adentro del insecto, el hongo ramifica sus estructuras y coloniza la cavidad bucal, espiráculos y otras aberturas externas del hospedero. Produce la toxina llamada beauvericina, que ayuda a romper el sistema inmunológico del patógeno, lo que facilita la invasión del hongo a todos los tejidos.

***Muerte del huésped.** Una vez colonizado el insecto por el hongo, este presenta síntomas tales como falta de coordinación, comportamientos alterados, pérdida de sensibilidad, letargo, inapetencia, melanización y parálisis, lo que provoca la muerte del patógeno.





***Multiplicación y crecimiento.** Después de la muerte del insecto, el hongo continúa creciendo y se multiplica, invadiendo todos los tejidos. Una vez completada la invasión del cadáver, las esporas emergen nuevamente al exterior y tienen la capacidad para ser propagadas de nuevo y así volver a infectar a otros insectos.

Ventajas del uso de este hongo como bioinsecticida

Las prácticas agronómicas modernas son consideradas las principales causas de la pérdida de la biodiversidad y el deterioro de los ecosistemas, y una de las alternativas del manejo integrado de plagas (MIP) es introducir **enemigos naturales nativos**, antes que introducir agentes tóxicos. Las características patogénicas de *B. bassiana*, su factibilidad de reproducción de manera artificial, su compatibilidad con otros métodos de control, así como la rentabilidad de su uso, hacen de este hongo **una alternativa viable** para ser utilizado en cultivos de interés comercial.

Así mismo, presenta un amplio potencial de

infestar diversos insectos plaga, generando un alto índice de mortalidad, aunque es importante considerar la actividad biológica del hongo en la interacción de algunos factores bióticos y abióticos como la temperatura, la humedad relativa, el origen de la cepa del hongo, la edad y la especie del insecto. En condiciones favorables para el entomopatógeno se desarrolla micelio, conidióforos y conidias sobre la cutícula del insecto, proporcionando otra fuente de inóculo para infectar a nuevos individuos.

Una de las formas generales del uso de *B. bassiana* como bioinsecticida, es por aplicación foliar, mediante soluciones que contienen un número determinado de esporas. También puede usarse en trampas con insectos previamente inoculados con el hongo.

¿Qué insectos puede controlar el *B. bassiana*?

Se ha evaluado una gran cantidad de cepas de hongos entomopatógenos, procedentes de distintas regiones geográficas, contra diferentes fases biológicas de insectos (larva, pupa o adulto) de importancia económica, tanto a nivel de labo-

ratorio como en campo. El método más común de evaluación es por inmersión de los insectos en una solución de conidias, pero también puede evaluarse por aplicación tópica, oral y/o contacto. De acuerdo con los resultados, se ha comprobado que varias cepas tienen un gran potencial para ser utilizadas como un componente más del manejo integrado de plagas.

Otra ventaja que presenta el *B. bassiana*, es que *infecta a más de 200 especies de insectos plaga*, mostrando un alto nivel de control principalmente sobre el escarabajo de la papa (*Leptinotarsa decemlineata*), el gorgojo de las harinas

(*Tribolium casteanun*), el picudo (*Anthonomus eugeni*) plaga del chile, la broca del café (*Hypothenemus hampei*), el cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*) en el maíz y el plateado Juno (*Dione juno*) en el maracuyá, obteniendo resultados favorables sobre más del 50 % de la mortalidad en estos insectos plaga.



Suárez-Gómez H. (2009). «Patogenicidad de *Beauveria bassiana* (Deuteromycotina: hyphomycetes) sobre *Sitophilus zeamais* motschulsky (Coleoptera: curculionidae) plaga de maíz almacenado». *Intropica*, 4(1):47-53. <https://revistas.unimagdalena.edu.co/index.php/intropica/article/view/138/120>

Echeverría-Beirute, F. (2006). *Caracterización biológica y molecular de aislamientos del hongo entomopatógeno Beauveria bassiana (bálsamo) Vullemin* [Trabajo final de graduación para optar por el grado de Bachiller en Inge-

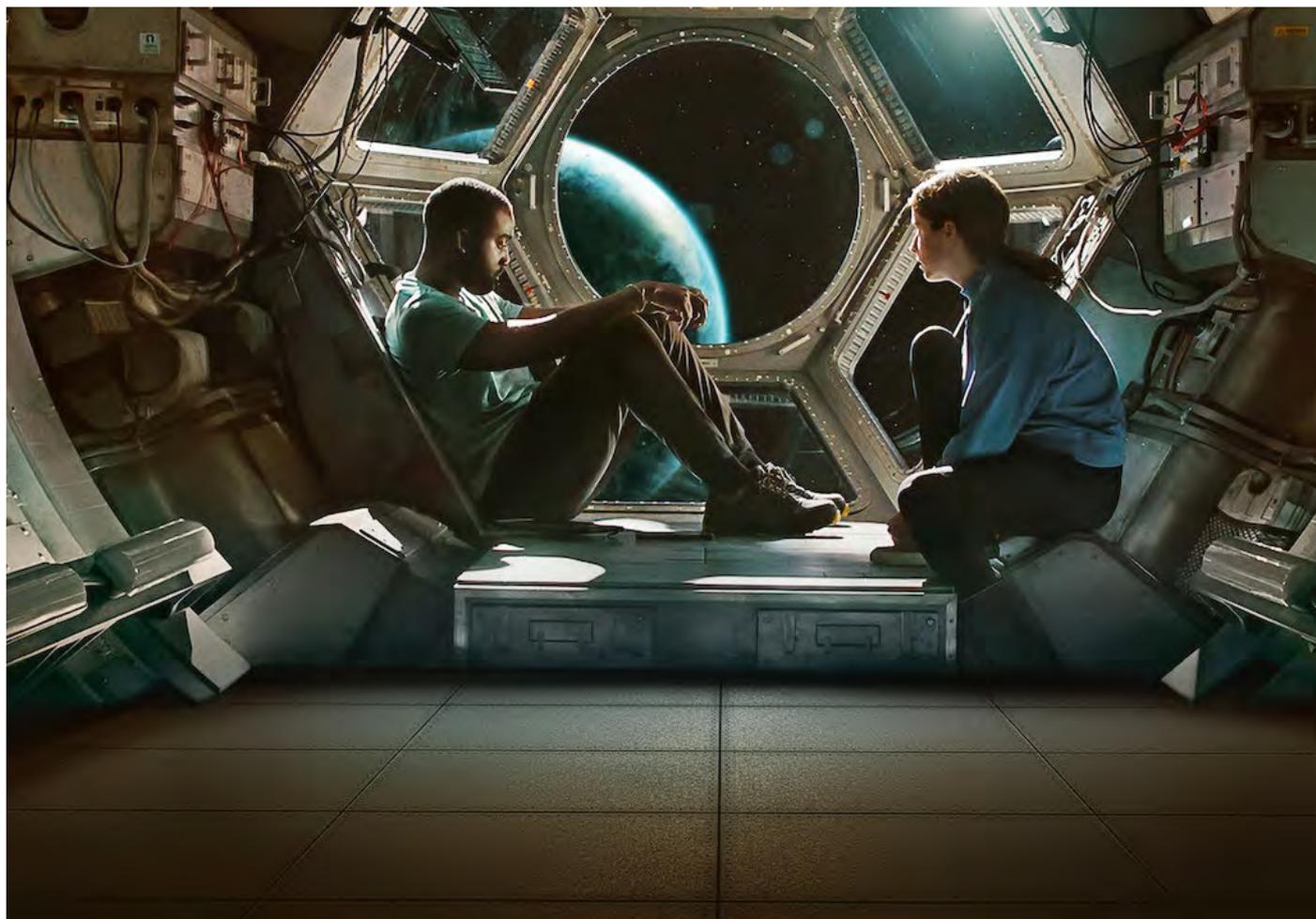
nería en Biotecnología]. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Biología. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/463>

Téllez Jurado, A., Cruz Ramírez M.G., Mercado Flores Y., Asaff Torres A. y Arana Cuenca A. (2009). «Mecanismos de acción y respuesta en la relación de hongos entomopatógenos e insectos». *Revista Mexicana de Micología*, 30:73-80. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0187-31802009000200007&lng=es&nr-m=iso

LA CIENCIA EN EL CINE

El cuarto pasajero

Horacio Cano Camacho



Horacio Cano Camacho, Profesor Investigador del Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología y Jefe del Departamento de Comunicación de la Ciencia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
hcano1gz1@mac.com

Cuando iniciaron los «viajes» al espacio, allá a finales de los años 50 e inicios de los 60 del siglo pasado, salir de la atmósfera terrestre era una proeza. Las computadoras tenían una muy limitada capacidad de cálculo, los materiales de construcción eran rudimentarios y pensados realmente para la tierra y, además, se desconocía casi por completo la respuesta del cuerpo humano a las condiciones que encontrarían los astronautas. Cuando uno mira las «naves» que lo lograron, de verdad que admiramos más a los hombres y mujeres que se arriesgaron. Es como meterse en un barril y que lo lancen sobre una bomba.

Después 70 años, la tecnología ha avanzado de manera sorprendente: la informática, los mate-

riales, la fisiología y demás áreas del conocimiento están a «años luz» de distancia de los pioneros. Sin embargo, no es coser y cantar. Estamos muy lejos de ello. Por esa razón, es preferible usar robots en ciertas misiones y aun así, una proporción muy alta de ellas, fracasan por algún error de comunicación o de falla técnica. De manera que pensar en mandar humanos, aunque sea aquí a la vuelta de la esquina, a Marte, por ejemplo, realmente no forma parte de los planes a corto o mediano plazo de muchas agencias.

Cada vuelo se calcula al mínimo detalle, el material indispensable viaja después de un exhaustivo análisis de lo que se va a usar realmente en alguna circunstancia determinada y cada astronauta tiene un papel específico, como una especie de coreografía que es ensayada una y otra vez.

Un problema fundamental es el peso. Se requiere combustible para lograr vencer la atracción gravitacional de la tierra y para ello se queman litros y litros de combustible, líquido o sólido. Cuando uno mira un cohete, la nave tripulada es solo la punta, lo demás son tanques de combustible y motores que lo quemen y generen empuje. Cada gramo añadido a la carga representa muchos litros de combustible adicional, por lo tanto, se requiere un mayor tamaño de la nave, espacio para guardarlo, más complejidad técnica y, por consiguiente, mayor probabilidad de falla. Pero además está otro

problema: la fisiología humana. Nuestro metabolismo requiere agua y oxígeno más otros gases para funcionar, fuentes constantes y de calidad de carbono, nitrógeno, fósforo y otros nutrientes, macro y micro, además están los desechos líquidos, sólidos y gaseosos. De manera que un viaje a la vecindad del planeta es una cosa muy seria.

Ahora imaginemos que se viaja a otro planeta, como Marte, que se encuentra a 399 millones de kilómetros en la fase más lejana y en la fase más cercana, a 54,6 millones de kilómetros, es decir, unas 140 veces la distancia de la tierra a la luna. Un viaje en las mejores condiciones de distancia, en la actualidad, les llevaría aproximadamente 1.2 años de ida y vuelta. De manera que, si van personas, imaginen lo que deben de cargar de comida, agua, oxígeno y otros gases, además de lo necesario técnicamente para el viaje. Pero estamos suponiendo un viaje de ida y vuelta, ahora pensemos en un descenso a la superficie del planeta, donde además de la complejidad de la acción y del tiempo que estarán en una roca (por lo menos hasta ahora) inerte, hay que llevar todo.

Muchas películas del cine de fantasía, apelan a soluciones muy tramposas y actualmente inexistentes, por ejemplo, poner a dormir a los astronautas para reducir su metabolismo al mínimo, aunque mínimo no significa anularlo y luego no explican las atrofas musculares y de varios órganos por la



inactividad y la falta de gravedad, de manera que por el momento eliminemos esas alternativas y pensemos en personas activas desde que salen de la tierra. Se ha pensado en vuelos en escalas, donde se colocarían estaciones intermedias con combustible, alimentos, oxígeno, agua, es decir, se llevarían en viajes previos, probablemente robotizados, lo que se va a requerir, lo cual incrementaría el tiempo y el costo para realizar tal misión. Incluso se ha pensado en crear una estación en el propio Marte, usando robots e impresoras 3D y luego dotarla de agua y las otras cosas en viajes sucesivos.

Pero la probabilidad de un error y que las misiones fracasen son tan altas, que los costos se disparan a tal nivel, que lo hacen, por ahora, impensable. Después de todo un robot tiene necesidades mínimas y si se pierde, es solo dinero... Pero créame, se trabaja intensamente en buscar soluciones: motores más eficientes y menos gastalones, naves reutilizables, construcción fuera de la atmósfera terrestre, estaciones intermedias, etc.

Pero un problema muy vigente sigue siendo la fisiología humana, ¿qué hacer con las necesidades de alimento, agua y gases? Y más aún, los productos de desecho de la fisiología se convierten en un veneno potencial, entonces, ¿qué hacer con ellos?

Todo esto lo estoy reflexionando porque vi una película de estreno reciente en Netflix, que toca este tema de manera muy interesante. Se trata de *Stowaway* (Polizón), coescrita y dirigida por el brasileño Joe Penna y que en México se presenta como *Pasajero inesperado*, título que me gusta más, ya que el polizón es alguien que sube a alguna nave de manera voluntaria y clandestina y no es el caso en esta película.

Pasajero inesperado es un drama espacial a medio camino entre la ciencia ficción y *thriller* psicológico. Una misión a Marte, Hyperion, programada para llevar a tres tripulantes: una astronauta, la comandante Marina (Toni Colette) y dos científicos (una médica, Anna Kendrick y un biólogo, Daniel Dae Kim) al planeta rojo para realizar una serie de experimentos que faciliten futuras misiones. El despegue transcurre bien, con algunos incidentes menores que no ponen en peligro la misión, para volcarse, una vez abandonada la tierra, en un problema. La tripulación descubre a un pasajero inesperado (Shamier Anderson). Decía que realmente no es un polizón. Se trata de un ingeniero estruc-

tural que en la preparación del despegue «sufrió un accidente» del que nadie se percató, quedando atrapado inconsciente en un lugar recóndito (el eliminador de bióxido de carbono —CO₂—) y la nave despegó con él a bordo.

Vamos a dejar nuestra credulidad muy bien aparcada con el propósito de disfrutar la «cinta». Pero realmente eso sería imposible. Como mencioné antes, cada aspecto de un viaje se calcula al milímetro y aún más el peso. Supongamos que alguien pueda subir de contrabando un cortaúñas en un avión transatlántico, puede suceder, pero que alguien suba una guillotina y nadie se percata, eso ya no es posible. En un cohete, unos gramos mal calculados pueden terminar en un accidente de



grandes proporciones, ahora pensemos en 90 kilos extras y que ningún sensor a bordo o en tierra lo detecta. Ese aspecto está completamente fuera de lugar, pero bueno, esa es la historia. Lo cuento porque sucede andando unos cuantos minutos de la película (12 horas después del despegue, en la historia).

El cohete se acopla a una estación de tránsito, que realmente está allí para llevarlos al lejano Marte y será su hogar durante los largos meses de ida y vuelta, además, es el lugar donde descubren al polizón. No pueden devolverse, el viaje está programado y la nave, realmente hará el viaje sin que nadie «tome los controles», así que hay que lidiar con el

extra (en el espacio, fuera de las películas de vaqueiros interestelares, uno no puede tomar un volante y darse la vuelta, el costo energético y factores gravitacionales lo impedirían). El problema, les decía, es que en una misión espacial todo está calculado para no llevar nada de más, y resulta que tienen otro comensal, que además respira y por lo tanto consume oxígeno y expulsa CO₂ y algo de monóxido de carbono (CO), un gas totalmente mortal, pero que en la tierra, a menos que estemos encerrados herméticamente, no constituye un problema, pero en el espacio ni hay oxígeno y en un sistema cerrado, los niveles de CO₂ y CO llegarán pronto a ser muy peligrosos.

Una nave de esas características debe tener



un sistema para deshacerse de estos gases, el asunto es que el pasajero inesperado se quedó atorado precisamente en ese aparato y lo dañó... como rápido se enteraran. Por alguna razón extraña, la nave no lleva un repuesto para tan vital aparato ni manera de repararlo (a pesar de que el polizón involuntario es ingeniero, quien por cierto, en la película la hace de monigote), así que en un instante la misión y la vida de los tripulantes está en grave riesgo.

Nosotros respiramos oxígeno molecular (O₂). Los usamos en las mitocondrias de cada célula como aceptor final de H⁺ en la producción de ATP (energía para todo el trabajo biológico). Al consumir compuestos de carbono (básicamente azúcares

y/o grasas), rompemos las moléculas y el carbón lo eliminamos como CO₂ y los electrones los usamos para generar un gradiente de H⁺ que será la fuerza motriz para producir ATP. Esos H⁺, serán aceptados finalmente por el O₂ que se reducirá hasta agua (H₂O). A todo este proceso le llamamos respiración. Captamos oxígeno que intercambiamos por dióxido de carbono. En nuestro planeta, el CO₂ que producimos va a la atmósfera de donde es capturado por las plantas y otros organismos autótrofos que lo intercambian por O₂ en la fotosíntesis.

El problema de una nave en el espacio es que es un sistema cerrado. No hay manera de tomar O₂ del espacio porque no hay, y el CO₂ inevitablemente se acumulará. Así que debemos expulsar este gas, pero en el espacio no es una tarea fácil. Por otro lado, no hay quien produzca O₂. En la tierra, este es liberado del agua por una reacción única en los seres vivos y que solo realizan los organismos fotosintéticos. El oxígeno no es usado (solamente el H⁺), así que se le intercambia por CO₂. En la nave cerrada, el CO₂ se acumulará y al aumentar en nuestra sangre, provocará daños pulmonares, afectará a otros órganos más, disminuirá la captación de oxígeno (aquí le llamamos EPOC a la enfermedad que provoca esto) y finalmente se producirá la muerte.

Así que imaginen: la nave lleva oxígeno para tres personas, pero son cuatro con lo cual aumentan aún más el CO₂ que no tiene manera de desecharse, de modo que hay un asunto muy serio: o se deshacen de uno de los pasajeros (y ya imaginaran quién) o se mueren todos. La alternativa es encontrar una solución rápido. No les quiero contar, pero la película se adentra en el conflicto moral que esto significa para los tripulantes, en particular los no militares.

Decíamos, sin ánimo de platicar la película, que a bordo va un biólogo que realizará experimentos con microalgas que al cultivarse, produzcan oxígeno y capturen CO₂ de la atmósfera marciana, de manera que esta es una posible solución, pero nadie lo ha probado en el espacio, para eso era la misión. Otra es aumentar el oxígeno disponible que está en unos tanques, pero no sé por qué demonios son inaccesibles. Tal vez sean parte del combustible no usado y que nadie imaginó jamás requerir. El asunto no es trivial. La misión reciente de la NASA Perseverance que envió un vehículo robot a



Marte con mucho éxito, hace unos días comunicó que el Rover (así le llaman a los autos robot desde el famoso vehículo que movió a los astronautas de la misión Apollo XVI, en 1977 en la Luna) lleva un equipo del tamaño de una tostadora, llamado MOXIE (Mars Oxygen In-Situ Resource Utilization Experiment) que ha logrado convertir CO₂ marciano en oxígeno. La atmósfera marciana es muy rica en CO₂ (96 %) y MOXIE logró producir alrededor de 5 gramos, más o menos lo que ocuparía un humano en respirar ocho minutos. Es una miseria, pero es el comienzo. El equipo separó los átomos de oxígeno del carbono y el producto CO (muy tóxico) se desechó a la atmósfera donde no causa ningún daño. Por ahora, se informa que se requirieron grandes cantidades de energía (unos 800°) para lograr la separación, pero eventualmente el proceso se puede hacer más eficiente e instalar aparatos de estos en las naves, lo que reduciría la necesidad de llevar tanques de oxígeno. Los experimentos en este sentido continuarán todo el año. La idea es realizar un equipo «compacto» que se pueda llevar a Marte y sustituya las 25 toneladas de tanques de oxígeno que se requieren para una misión tripulada.

Por allí leí que la compañía de Elon Musk, dueño de Tesla y empeñado en el diseño de cohe-

tes reutilizables con miras a misiones tripuladas a Marte, ofrece un premio millonario al mejor diseño de un artefacto para deshacerse del temido (en el ambiente cerrado de una nave) CO₂ y la posibilidad de generar O₂ al mismo tiempo. Al parecer la tecnología de la NASA no le convence y él plantea una tecnología más sencilla y sin tanto gasto de energía.

Como podemos ver, viajar por el espacio, colonizar o siquiera explorar mundos externos es, de momento, un sueño. Los robots pueden hacerlo (no sin dificultades) por nosotros, y es claro que procesos que damos por sentados en la tierra, no sucederán de igual manera fuera de ella.

Les recomiendo mucho la lectura del libro *Aurora* de Kim Stanley Robinson (Minotauro, 2016. ISBN 978-84-450-0306-0. Barcelona, Traducción de Miguel Antón). Si bien es una novela de ciencia ficción, analiza de manera muy detallada, no la tecnología requerida, sino las dificultades ecológicas de un sistema cerrado y aislado. El autor cuenta la historia de una nave preparada para sostener a varias generaciones de humanos para viajar fuera del sistema solar por primera vez en la historia de la humanidad. Esto es *Aurora*, la película de *Stowaway* llevada más allá.

EXPERIMENTA

Un géiser en una botella

Rafael Salgado Garciglia*

Los géiseres son un tipo de volcanes de los que surge principalmente vapor, pero también otros gases y agua caliente en forma de erupción muy abrupta y de manera discontinua. En México, hay diversas zonas con géiseres, por ejemplo, en Michoacán podemos verlos en Los Azufres y, uno de los más conocidos, en Ixtlán de los Hervores. Ahora que sabemos qué es un géiser, aprendamos cómo es su actividad usando una botella, así que....

¡Manos a la obra!

Necesitas: Una botella de plástico de medio litro vacía con tapa * alambre de acero
un popote * colorante alimenticio * un poco de plastilina
una aguja * una cubeta * agua caliente.

Pídele ayuda a un adulto para que perfora la tapa de la botella y te acompañe durante el experimento para evitar accidentes. Con un alambre caliente en uno de los extremos se hace la perforación en la tapa del tamaño justo para que pase el popote. Coloca el popote en la tapa de tal manera que ocupe la mayor parte de la botella. Llena la botella con agua y, para ver mejor la actividad del géiser, agrega unas gotas del colorante alimenticio (te sugiero el color azul). Cierra fuertemente la botella y sella con plastilina el espacio entre el popote y la tapa, además, coloca una pequeña bolita en el extremo del popote para sellarlo. Con una aguja haz un orificio en la bolita de plastilina para que sirva de respirador a través del popote. Una vez que tenemos preparada esta simulación del géiser, vierte agua muy caliente en una cubeta, en un volumen que cubra 2/3 partes de la botella preparada. Asegúrate de estar en un espacio donde pueda salpicar el contenido. Para ver en acción este géiser, coloca la botella sin quemarte y, de manera intermitente, empezará a brotar agua si- mulando lo que ocurre en un géiser.

¿Por qué ocurre esto?

Lo que observaste ocurre en los géiseres con actividad termal. El contacto entre el agua superficial (fría) y las rocas que se calientan por el magma subterráneo, hace que el agua se caliente e intente salir a la superficie por convección a través de rocas porosas y fracturadas. Es por eso, que en este simulador, el agua caliente transfiere el calor al agua de la botella y al calentarse, la presión que se forma debido al pequeño orificio, la expulsa en forma intermitente.



* Profesor-Investigador Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
rafael.salgado@umich.mx

INFOGRAFÍA

¡Soy científica!

¡Soy Científica! *¡Soy Creadora!*

Dra. Rocío Luna Urdaibay

Es bailarina, coreógrafa e investigadora de danza contemporánea en la Facultad Popular de Bellas Artes.

A través de la improvisación conecta su ser interior con el entorno y con las personas. El movimiento libre de su cuerpo te invita a disfrutar quien eres; con tus memorias, sensaciones, imaginación, ideas y acciones.



Su visión comprometida con la creación de una voz artística propia ha favorecido el desarrollo de múltiples generaciones de creadores.

Cuarta jornada de inclusión y equidad de género
"Las mujeres nicolaitas y las niñas en la ciencia y la cultura".

Infografía realizada por la Mtra. Brenda Guido profesora de la Facultad Popular de Bellas Artes



