Ciencia hacia el futuro

COORDINADORES
Jorge Alejandro Brandi Herrera
Valentina Martínez Valdés

Ciencia hacia el futuro

COORDINADORES
Jorge Alejandro Brandi Herrera
Valentina Martínez Valdés

GOBIERNO DEL ESTADO DE VERACRUZ

Miguel Ángel Yunes Linares
Gobernador del estado

Rogelio Franco Castán
Secretario de gobierno

Enrique Pérez Rodríguez
Secretario de educación

UNIVERSIDAD VERACRUZANA

Sara Ladrón de Guevara González
Rectora

Leticia Rodríguez Audirac
Secretaria Académica

Gerardo García Ricardo
Secretaria de Administración y Finanzas

Octavio A. Ochoa Contreras
Secretario de la Rectoría

Édgar García Valencia
Director Editorial

CONSEJO VERACRUZANO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

José Manuel Velasco Toro
Director General

Jorge Alejandro Brandi Herrera
Jefe de la División de Desarrollo Científico

Rafael Sánchez Ramos
Jefe de la División de Desarrollo Tecnológico

Rodrigo López Sánchez
Secretario Técnico

Said Ignacio Heredia Madrigal
Jefe del Departamento Administrativo

Yahel Teresa Vichi Martínez
Consultora de difusión

CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Enrique Cabrero Mendoza
Director General

Federico Graef Ziehl
Director Adjunto de Desarrollo Regional

Julio César Ponce Rodríguez
Director de Comunicación

Mónica Adriana Doger Ramírez
Directora Regional Sur – Oriente

DIRECCIÓN DE COMUNICACIÓN DE LA CIENCIA DE LA UNIVERSIDAD VERACRUZANA

Manuel Martínez Morales
DIRECTOR DE COMUNICACIÓN DE LA CIENCIA

Katya L. Zamora Cuevas
JEFA DE OFICINA

Valentina Martínez Valdés
ENCARGADA DE PROYECTOS

EDICIÓN

Andrea López Monroy
CORRECCIÓN DE ESTILO

Octavio Reyes Olivares
DISEÑO DE PORTADA, INTERIORES Y FORMACIÓN

Ciencia hacia el futuro.
© Consejo Veracruzano de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
Río Tecolutla No. 20, segundo piso. Col. Cuauhtémoc.
C.P. 91069, Xalapa, Veracruz, México
1ª edición, 2016
ISBN 978-607-725-294-8

Impreso en México

La edición de este libro se realizó con el financiamiento del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), a través del Consejo Veracruzano de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico (COVEICyDET) con recursos del Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación (FORDECyT), como parte de la estrategia de apropiación social de la ciencia.

Se agradece a la Dirección de Comunicación de la Ciencia de la Universidad Veracruzana su valiosa colaboración.

Ciencia hacia el futuro está editado por el Consejo Veracruzano de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico (COVEICyDET). El contenido es responsabilidad de los autores. Se autoriza la reproducción total o parcial de la obra, siempre y cuando se cite la fuente. Toda correspondencia dirigirla a la División de Desarrollo Científico del COVEICYDET, Río Tecolutla No. 20, segundo piso Col. Cuauhtémoc, C.P. 91069, Xalapa, Veracruz; Telefono (228) 8 41 36 70

CONTENIDO

PRESENTACIÓN 8

SORPRESAS MARINAS 13
Manatí del Caribe: los pocos individuos por conocer 15
| Gabriela Jaqueline de la Cruz Pino
| Ibiza Martínez Serrano
Rhincodon typus, ¿el tiburón ballena es un pez? 19
| Citlali Mariana García Aguirre
| Ibiza Martínez Serrano
¡Del plato a la boca, se cae el metal de la sopa! 23
| Ibiza Martínez Serrano
| Juan Josué Mazaba-Lara
| Rafael Flores-Peredo
¿Los peces también vuelan? | Yunuen G. Ríos-Fuentes 27
| Ibiza Martínez Serrano

OBSERVATORIO DE AVES 31
Los ángeles vuelan de noche | Sergio A. Cabrera-Cruz 33
Las ciudades y sus aves | Ian MacGregor-Fors 37
Aves sin fronteras | Angelina Ruiz-Sánchez 41
Aves en un paisaje dividido | Rafael Rueda-Hernández 45
La observación de aves en México | Robert Straub 49

MUNDO ANIMAL 55
Amor vibrante | Oliva Ramírez-Segura 57
Las salamandras, ¿lagartijas babosas? | Jaime Colín Martínez 61
Pescado a la moda | Erika Mendoza-Sánchez 65
| Samuel Becerril Garcíamoreno
| Juan Pablo Ramírez-Herrejón
Sinfonía de amor | Valentina Martínez Valdés 71

DE ROCAS A CLIMA 75
Vigilando el pulso del Pico de Orizaba 77
| Ignacio Mora González
| Gilbert Francisco Torres Morales
Futbol americano, frentes meteorológicos
y Primera Guerra Mundial 81
| Juan Cervantes Pérez
Las rocas también se reciclan 85
| Katrin Sieron
Clima, cambio climático y salud 89
| Carlos Manuel Welsh Rodríguez
| Carolina Andrea Ochoa Martínez
| Marco Aurelio Morales Martínez
| María Esther Nava Bringas
| Ramos Herrera Zavaleta

INAOE: CIELO Y TIERRA 95
INAOE: 45 años de hacer ciencia y tecnología desde Tonantzintla 97
| Raúl Mújica García
¿Chocará un asteroide contra la Tierra? 101
| Sergio Camacho Lara
| José Guichard Romero
| José Ramón Valdés Parra
Robots y drones en nuestra vida diaria 105
| Eduardo Morales Manzanares
| José Martínez Carranza
Luz que sana | M. David Iturbe Castillo 111
| David Sánchez de la Llave
Nanoelectrónica | Alfonso Torres-Jácome 115
Vista multicolor del universo desde México | Raúl Mújica García 123

EL CEREBRO Y SUS PATOLOGÍAS 129
De la neurona al cerebro humano | Rosa Angélica Lucio 131
Del no me acuerdo al olvido 135
| Samuel Bravo
| Gabriel Roldán
De la adicción y otros desórdenes mentales 139
| Claudia Juárez Portilla
| Rossana Citlali Zepeda
¿Cómo afecta la depresión al cerebro? 143
| Juan Francisco Rodríguez-Landa
| Jonathan Cueto-Escobedo
Estrés en mamíferos: lucha, ataca o huye 147
| José Armando Sánchez Salcedo
| Anllely Grizett Gutiérrez Rodríguez
La enfermedad que nunca duerme 151
| Álvaro Pavón-Rosado
| Montserrat A. Melgarejo-Gutiérrez

LA VIDA EN LOS OCÉANOS 155
Bacterias marinas, una fuente para la salud 157
| Natalie Millán Aguiñaga
| Mónica Torres Beltrán
El regreso del tiburón blanco 161
| Omar Santana Morales
| Luis Malpica Cruz
El pez león, anécdota de una invasión 165
| Luis Malpica Cruz
Lo que tus genes inmunes cuentan 169
| Jorge E. Montano Frías
Los microorganismos marinos, ingenieros químicos del planeta 173
| Mónica Torres Beltrán
| Natalie Millán Aguiñaga

GLOSARIO 177

PRESENTACIÓN

Los avances científicos y tecnológicos de las últimas décadas, influyen en la manera de relacionarse al interior de las sociedades contemporáneas, esto se ve reflejado en nuevas formas y medios de interacción social, económica y política. La llamada "revolución tecnológica", exige a los habitantes del mundo desarrollar, con mayor velocidad, habilidades intelectuales, operativas y perceptivas, que les permitan afrontar las nuevas necesidades y retos que plantea la vida y la economía global del conocimiento, donde la creatividad de los ciudadanos y la producción de soluciones, son la fortaleza que caracteriza a las naciones más desarrolladas.

En este marco, impulsar la construcción de una cultura científica, es una estrategia que fomenta la igualdad de oportunidades para acceder al conocimiento, mantenerse vigente y, en consecuencia, generar un crecimiento global equilibrado.

Una sociedad con cultura científica, manifiesta su gozo en el aprender, deja de ser eco para convertirse en productora del conocimiento, trabaja en forma colaborativa, busca la innovación, utiliza la información como herramienta

para tomar decisiones en su individualidad, pero pensando en el beneficio de una colectividad, y asume con ética, responsabilidad y respeto el lugar que ocupa en el mundo.

En este sentido, ciencia hacia el futuro, es un libro cuyo contenido abona al impulso de una cultura científica en el estado de Veracruz, sus autores, integrantes de una comunidad científica de estudiantes, catedráticos e investigadores de la Universidad Veracruzana y el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), asumen el reto de divulgar sus conocimientos con un lenguaje claro y sencillo, con la finalidad de que el lector tenga una percepción más clara del quehacer científico y su utilidad.

Amalgama en el contenido de sus artículos, el entusiasmo de quienes están en los primeros pasos de su vida académica, con la experiencia de quienes están consolidados en ella, y el resultado es el abordaje de una variedad de temas que son parte de nuestra cotidianidad, pero que vistos desde la perspectiva científica, nos ofrecen nueva información que estimulan a la reflexión y el análisis, cambiando nuestra visión de hechos y fenómenos de la vida.

Ciencia hacia el futuro nos conduce a través de sus líneas, a escudriñar nuestro cerebro, conocer más de cerca el mundo ciertas especies de animales, la vida en los océanos y la observación de las aves, nos invita a conocer el pulso de montañas, los fenómenos climáticos y su impacto en nuestra vida, el origen y el futuro de la robótica, las propiedades de la luz y sus efectos curativos, la belleza multicolor y la importancia de la observación del universo como parte de la propia subsistencia de la raza humana.

La ciencia en si misma, independientemente de su objeto de estudio, siempre tiene una visión de futuro, está en movimiento, busca algo nuevo, y nunca se conforma, eso se ve reflejado en las páginas de este libro con ejemplos muy claros que nos hacen ver, cómo conclusiones científicas del pasado, hoy parecieran haber sido sacadas de leyendas, y

nos conduce a reflexionar que seguramente las afirmaciones que la propia ciencia nos aporta hoy, en un futuro no lejano, podrían verse con matices mitológicos, por ello, la ciencia es el vehículo que proyecta y forja al ser humano del futuro, alejarse de ella, lo segrega de la sociedad moderna.

De ahí que fomentar una cultura científica, utilizando como herramientas la comunicación, divulgación y promoción del conocimiento, así como la modernización de la educación, se vuelve un derecho humano para las generaciones que habitan este mundo de acelerados cambios.

Los autores de ciencia hacia el futuro esperan compartir con sus lectores, el entusiasmo y el gozo que produce la generación de conocimientos, contribuir a la apropiación de la ciencia y el fomento por las vocaciones científicas, pero sobre todo despertar la necesidad de saber por saber y aprender en el aprender.

SORPRESAS MARINAS

Manatí del Caribe:
los pocos individuos por conocer
Gabriela Jaqueline de la Cruz Pino
Ibiza Martínez Serrano

Rhincodon typus,
¿el tiburón ballena es un pez?
Citlali Mariana García Aguirre
Ibiza Martínez Serrano

¡Del plato a la boca, se cae el metal de la sopa!
Ibiza Martínez Serrano
Juan Josué Mazaba-Lara
Rafael Flores-Peredo

¿Los peces también vuelan?
Yunuen G. Ríos-Fuentes
Ibiza Martínez Serrano

Manatí del Caribe: los pocos individuos por conocer

Gabriela Jaqueline de la Cruz Pino*

Ibiza Martínez Serrano**

*Estudiante de la Licenciatura en Biología, Universidad Veracruzana.

**Académico de Carrera Tiempo Completo Facultad de Biología-Xalapa Universidad Veracruzana.

A finales del siglo XV e inicios del XVI, cuando Cristóbal Colón llegó al "nuevo mundo", registró en su bitácora del 9 de enero de 1493 un avistamiento poco usual: "El día previo, cuando el Almirante fue al Río del Oro, vio tres sirenas que aparecieron en la superficie del mar; éstas no eran hermosas como se pintan, aunque tienen algo en la cara de humanas". Lo que Colón hizo fue describir por primera vez al único mamífero marino plenamente herbívoro: el manatí.

Los manatíes son conocidos por su gran tamaño; las hembras generalmente son más grandes, alcanzan hasta 4 m de longitud y 1 500 kg de peso, lo que equivale casi como al de un automóvil compacto. Su cuerpo, provisto de escaso pelo, se une sin cuello a la cabeza, posee una cola muy singular en forma de pala que impulsa un nado lento y silencioso. Sus aletas, como remos, son también usados para la manipulación. De hecho, su nombre científico *Trichechus manatus* viene del

griego "tres uñas" y de una lengua antigua caribeña "con mamas". Cuando están en reposo, logran sumergirse en el agua hasta por 20 minutos, intervalo en que sus orificios nasales –llamados narinas– se cierran herméticamente como una válvula para evitar la entrada de agua. Cada vez que los manatíes respiran, pueden llegar a renovar hasta 90% de su volumen pulmonar; los humanos apenas renovamos 20%. Este grupo, perteneciente al Orden Sirenia, necesita consumir alrededor de 50 kg de hierbas, pastos, lirios y otras plantas acuáticas cada día para obtener la energía necesaria. Debido a estos hábitos alimenticios, su metabolismo es lento y no les permite ser tan activos en el nado; además, su boca está compuesta por dientes molares únicamente, los cuales están incrustados en sus encías en forma de canal, por lo que cuando una muela se desgasta, se cae y las demás se recorren hacia el frente. ¡El manatí siempre está fabricando nuevas muelas!

Estos dóciles animales viven alrededor de 70 años y tienen una tasa baja de reproducción, lo que significa que su primer embarazo ocurre hasta la edad de nueve años, su periodo de gestación es de un año aproximadamente y transcurre un lapso de hasta cinco años entre cría y cría, por lo que sus poblaciones crecen muy lentamente. Quizá Colón y su tripulación confundieron al manatí por la "larga cabellera" que presentaba, la que en realidad era una acumulación de algas o pastos que por coincidencia se pegó a su cabeza, pues donde habitan debe haber suficiente disponibilidad de alimento para evitar gastar energía en su búsqueda.

Viven a gusto en aguas saladas con acceso a dulces, cálidas tropicales y subtropicales, como ríos, estuarios, manglares y costas, cuya distribución va desde el sureste de Estados Unidos hasta Brasil. En México tienen una importante presencia (en el Golfo de México y el Caribe mexicano), pues alberga al *Trichechus manatus manatus*, manatí del Caribe o antillano, que se ubica en la región

del Caribe y el océano Atlántico, hasta el norte de Brasil. En todas esas zonas comparten su hábitat con tortugas, cocodrilos, delfines, tiburones y rémoras que casi siempre están adheridas a su cuerpo.

Esta especie no cuenta con enemigos naturales, por ello el humano se ha vuelto su principal amenaza, debido a la caza indiscriminada e ilegal para su consumo, ya que desde la época de la Colonia ha sido capturado para obtener su carne, piel y aceite. Es importante mencionar que en México los derrames petroleros han contaminado directamente sus zonas de alimento, provocando una inminente destrucción de su hábitat. Sin embargo, la colisión con barcos y la actividad pesquera es actualmente la amenaza clave que ha menguado sus poblaciones, ya que ha ido en aumento, provocando tránsito y turbidez de las aguas.

En Veracruz se ha dejado de comercializar carne de manatí, aunque en algunas comunidades apartadas aún se registra la caza de uno o dos individuos al año, producto de festividades y celebraciones culturales. Actualmente se sabe que ha habido muertes de manatíes ahogados por actividades industriales e infectados por la ingesta de basura, además de diversas enfermedades branquiales, pues en ocasiones no les queda más que desplazarse a áreas en donde las aguas son más frías y ellos no toleran temperaturas menores a los 20°C y son muy susceptibles a infecciones.

Los manatíes muchas veces confunden las aguas cálidas con aquellas generadas por industrias costeras y frecuentemente entran a estos canales creados por el hombre, que en ocasiones están conectados con afluentes de aguas residuales, alterando así sus condiciones naturales. Es necesario reducir el número de muertes, pues como ya se mencionó, su lenta reproducción supone, en comparación, pocos nacimientos.

En 1925, la Secretaría de Agricultura y Fomento estableció una veda absoluta en las aguas del Golfo de México, el Mar de las Antillas y el Mar Caribe, así como en todas las zonas de aguas internas en donde el manatí se localizaba. De igual manera, la Secretaría de Marina (SEMAR) adjuntó estas normas a una veda definitiva para la pesca en toda la República y en 1996 se declaró a la Bahía de Chetumal, Quintana Roo, como Zona Sujeta a Conservación Ecológica y Santuario del Manatí. A nivel internacional, el manatí del Caribe se encuentra en estado "Vulnerable" desde 1982, al estar incluido en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés) y en peligro de extinción bajo la NOM-059 de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), de 2001.

Actualmente todas las especies de manatíes figuran en el Apéndice I de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) y el Anexo II del Protocolo de SPAW, además de numerosos planes de conservación, manejo y protección en todo el mundo. En consecuencia, el comercio de cualquier producto derivado del manatí está prohibido. Es ineludible cuidar sus hábitats y no contaminar, reducir la velocidad de las embarcaciones como lanchas y barcos pesqueros que circulan cerca de las áreas frecuentadas por los manatíes, durante actividades turísticas evitar molestarlos cuando hay avistamientos, participar en los diversos programas de conservación en los que se proponen iniciativas ante los problemas de las industrias y el transporte marítimo, así como los derrames petroleros, pero, sobre todo, pasar la voz acerca de esta preciosa especie.

Rhincodon typus, ¿el tiburón ballena es un pez?

Citlali Mariana García Aguirre*

Ibiza Martínez Serrano**

El tiburón ballena fue nombrado y descrito por primera vez cuando se capturó un espécimen en las aguas de Sudáfrica, en 1828. Es una de las criaturas más impresionantes que hasta ahora habitan los enigmáticos mares y océanos de nuestro planeta Tierra. A pesar de que han transcurrido 188 años desde que se documentó su existencia, son organismos poco conocidos debido a su peculiar estilo de vida.

En efecto, el *Rhincodon typus* es un pez, ya que cuenta con todas las características que le permiten pertenecer al grupo de los *Chondrichtyes* o peces cartilaginosos, lo que significa que posee un esqueleto de cartílago (tipo de tejido que presentan algunos vertebrados), grupo en el que se incluyen las aproximadamente 500 especies de tiburones, conjunto del cual también forma parte.

Además, no es un pez ordinario, se trata del más grande del mundo, es por ello que lo llaman "ballena", ya que puede alcanzar longitudes entre 16 y 18 metros; es decir, casi

*Estudiante de licenciatura en Biología, Universidad Veracruzana.

**Académico de Carrera Tiempo Completo Facultad de Biología-Xalapa Universidad Veracruzana.

el tamaño de dos autobuses medianos, y llegar a pesar lo mismo que un avión convencional de hasta 34 toneladas.

No conforme con todos los títulos que se ha ganado, es también conocido como pez "damero" o "dominó", en virtud de que su piel consta de una coloración gris con líneas y puntos blancos dispuestos en el lomo, y un tono claro en la parte ventral. Esto, según muchos espectadores, se asemeja a las fichas del juego de mesa.

La peculiar forma de su cuerpo consiste en una cabeza ancha y plana que termina en una enorme boca, en donde se alojan alrededor de 27 mil diminutos dientes, pero a diferencia de la mayoría de los tiburones, se alimenta de plancton (organismos microscópicos, animales y vegetales que flotan en el agua) y de pequeños peces. Es una especie que captura a sus presas por medio de grandes volúmenes de agua salada, filtrándola a través de sus branquias. Es un animal apacible que no representa riesgo alguno para el hombre.

Se sabe que la etapa para que cada individuo sea capaz de reproducirse y alcance la madurez es de los 22 a los 25 años; esto se debe a que es una especie muy longeva, pues su esperanza de vida oscila entre 80 y 100 años. Su reproducción es vivípara aplacentada; es decir, la madre carga en el vientre a los huevos donde se desarrollan los descendientes y una vez que cumplen el tamaño y las condiciones adecuadas para sobrevivir, rompen el huevo y emergen. Son capaces de tener hasta 300 crías, que al nacer miden entre 60 y 70 cm, por lo que son altamente vulnerables al ataque de depredadores, como peces y otros tiburones. Lo anterior supone que sólo unos cuantos alcancen la etapa de madurez y repitan el ciclo.

Se encuentran en ambientes oceánicos y costeros; abarcan todos los mares templados y cálidos del mundo, excepto el Mediterráneo. Su distribución más precisa es dentro de los océanos Atlántico, Índico y Pacífico. Se trata de una especie migratoria con un amplio rango de distribución;

sin embargo, son escasos los sitios donde su presencia es predecible y permanente.

A finales del siglo pasado, en los años 90, las poblaciones de tiburón ballena disminuyeron drásticamente. En consecuencia, a partir del año 2000, a nivel mundial se protege como especie vulnerable, por encontrarse en riesgo de extinción según lista roja de especies amenazadas de la IUCN. También se encuentra protegida por otros acuerdos internacionales que tienen como objetivo preservar las especies migratorias (CMS) y evitar el comercio de sus partes o productos (CITES). En México, un año después se catalogó como especie amenazada en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001.

Hay muchos factores que influyen negativamente sobre la especie, ya sea en su viabilidad, o más directamente en la disminución del tamaño de sus comunidades. Existen sitios muy importantes, como las zonas de alimentación, crianza y reproducción, que impactan fuertemente en lo anterior. Al presentarse deterioro o modificación de su hábitat, ya sea por contaminación, urbanización y/o distintas alteraciones ocasionadas por humanos y sus actividades, se pone en riesgo a la especie, debido a que como organismo filtrador depende especialmente de la buena calidad del hábitat.

Tradicionalmente, el tiburón ballena fue pescado en el Indo-Pacífico, en India, Taiwán, Filipinas, Pakistán y las islas Maldivas, lo que provocó que su población decreciera notablemente. Recientemente se han documentado algunos individuos encontrados con heridas y cicatrices ocasionadas por encuentros con humanos; casi siempre colisiones con embarcaciones que navegan a altas velocidades o por redes de pesca, principalmente.

Actualmente el interés social, económico y científico hacia esta especie se ha intensificado, ya que por su forma de vida nómada se congrega estacionalmente en distintos sitios del mundo, convirtiéndose en el centro de una industria

ecoturística altamente lucrativa; pero al no existir ninguna norma que regule esta actividad, muchas veces no se realiza de manera apropiada.

Todo parece indicar que el mayor enemigo del tiburón ballena ha sido el ser humano. No obstante, en nuestras manos está cambiar el rumbo de esta especie, conservándola a fin de que siga cumpliendo su papel en la naturaleza.

Para resguardar a esta especie es necesario implementar programas de manejo que ayuden a su conservación, sobre todo un desarrollo planeado y ordenado de las actividades turísticas, por ejemplo. Asimismo, la investigación y monitoreo de sus poblaciones proporcionarán una mejor información, por lo que será más sencillo planear su preservación y junto con la educación de la ciudadanía programar un aprovechamiento sustentable, basado en diagnósticos integrales de su situación ecológica, social y económica. Aunado a lo anterior, la creación de áreas marinas protegidas (AMP) será un punto crucial para que se respete a la especie, ya que forma parte importante del equilibrio natural.

¡Del plato a la boca, se cae el metal de la sopa!

Ibiza Martínez Serrano*

Juan Josué Mazaba-Lara**

Rafael Flores-Peredo***

*Académico de Carrera
Tiempo Completo
Facultad de Biología-Xalapa
Universidad Veracruzana.

¿Alguna vez te has preguntado de dónde vienen los alimentos que te llevas a la boca? ¿Te has puesto a pensar qué parte de esos alimentos te nutrirán y si contendrán algo que te haga daño? Nosotros nos preguntamos esto cuando leímos que el consumo de sopa de aleta de tiburón ha sido parte importante de la cultura en países de Asia, como Japón, China, Tailandia, entre otros, lo que ha incrementado su explotación alrededor del mundo.

Los tiburones son componentes importantes en las cadenas tróficas de los ecosistemas marinos. En el planeta existen alrededor de 507 especies, de las cuales destacan organismos de los órdenes Carchariniformes y Lamniformes como recurso pesquero en aguas costeras del Océano Pacífico y Atlántico mexicano. No obstante, su lento crecimiento, madurez sexual tardía, bajo potencial reproductivo y el impacto de su pesca excesiva en periodos cortos, los coloca como especies en peligro de extinción.

**Biólogo egresado
de la Fac. de Biología.
Universidad Veracruzana.
***Investigador. Instituto de
Investigaciones Forestales.
Universidad Veracruzana.

Por ejemplo, el Golfo de México, se ha reportado que en los estados de Tamaulipas, Tabasco, Campeche, Quintana Roo y Veracruz se llega a atrapar en promedio 6 652 toneladas anuales de tiburones, entre los cuales el cazón de playa (*Rhizoprionodon terraenovae*) y el tiburón martillo (*Sphyrna lewini*) son las especies más capturadas.

La caza de tiburón está centrada en la obtención de recursos como mandíbulas, dientes, carne, hígado (alto en vitaminas A, E y D) y aletas (pectorales, dorsal y caudal), que son muy apreciadas como abastecimiento alimenticio en países asiáticos, ¡llegando a costar más de 4 500 pesos el plato!

Particularmente, el hígado y las aletas tienden a contener metales pesados, que en altas concentraciones afectan a órganos locomotores, como el pedúnculo caudal, aletas, hígado y el sistema nervioso central. Esto es preocupante, ya que al ser frecuentemente consumidos por los seres humanos, hay mayor propensión a sufrir daños neurológicos, psicológicos, nerviosos, fisiológicos y de coordinación. Según organismos como la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), los límites permitidos con base en concentraciones de mercurio y plomo para el consumo humano son de 1.0 μg/g y 0.3 μg/g, respectivamente, por lo que rebasar tales niveles podría generar efectos irreversibles en la salud humana. En México, el nivel máximo permisible es de 1 mg/kg (1 μg/g) para mercurio y para plomo también es de 1 μg/g.

Los tiburones, al ser miembros tope de la cadena alimenticia, se convierten en indicadores o centinelas de salud del ecosistema, debido a que por procesos de biomagnificación y bioacumulación, absorben todos los componentes de sus presas, ya sean nutrientes o contaminantes, y sirven para demostrar la presencia de contaminantes en el medio en el que viven y el grado de exposición. Por lo anterior, los

resultados de cualquier estudio realizado con estas especies pueden extrapolarse a lo que le ocurriría al humano con esas mismas cantidades de agentes dañinos en su cuerpo. Pero primero que todo, hablemos de esas dos palabras raras que acabamos de mencionar.

La bioacumulación sucede cuando un animal absorbe un químico a través de su alimento o del medio y lo concentra en el organismo. Por otro lado, la biomagnificación es definida como la transferencia de un químico desde el alimento a un organismo, lo que resulta en una alta concentración dentro de éste, comparada con la fuente de origen, por lo tanto, se registra un incremento en la concentración entre los niveles tróficos. De ahí que los humanos, al comer de todo, vamos acumulando tanto los nutrientes como los contaminantes o químicos tóxicos de las especies que consumimos.

En Veracruz existe una importante actividad pesquera de tiburón; Tuxpan, Casitas y Chachalacas son puntos principales para practicarla, por lo que quisimos investigar la presencia y concentración de plomo (Pb) y mercurio (Hg) en aletas e hígado de tiburón martillo (*S. lewini*), específicamente en la zona de Chachalacas, Veracruz.

Para lograr lo anterior, durante el periodo de julio a octubre de 2014 realizamos visitas a la embasadera de Chachalacas, seleccionamos los tiburones martillo que los pescadores traían de su jornada y después de anotar datos como medidas y determinación de sexo y edad, tomamos una muestra de la aleta y del hígado utilizando un cuchillo de titanio, para no contaminarla. Dichas muestras fueron guardadas en bolsas ziploc previamente rotuladas y se llevaron a un laboratorio para analizarlas.

¡Lo que encontramos fue fascinante y preocupante! de manera general, las concentraciones de plomo resultaron mayores que las de mercurio, sobrepasando los límites máximos permisibles establecidos por la Norma Oficial Mexicana (NOM-027-SSA1-1993) de 1μg/g y, además,

fueron mayores a aquellas registradas para otras especies de tiburones en los diferentes estados en costas del Golfo de México. En las aletas, el plomo fue en promedio de 5.63±2.9 μg/g, y el mercurio arrojó una concentración de 0.10±0.04 μg/g. Por otro lado, en el hígado el plomo alcanzó un promedio de 0.28 ± 0.39 μg/g, y el mercurio tuvo una concentración de 0.052 ± 0.01 μg/g. Cuando comparamos si los metales estaban más o menos concentrados en hígado o en aleta, nos dimos cuenta de que las cantidades de plomo fueron significativamente mayores en la aleta que en el hígado; mientras que el mercurio mostró también diferencia, pero no tan marcada.

Debido a que en los últimos años la pesca y consumo de carne y derivados de tiburones ha aumentado, es de gran importancia el monitoreo de metales pesados en estos organismos al ser, además, elementos clave en las cadenas productivas, ya que lo anterior aportará información sobre la situación actual de los ecosistemas marinos, su efecto sobre la biota y las posibles repercusiones para el ser humano.

¿Los peces también vuelan?

Yunuen G. Ríos-Fuentes*

Ibiza Martínez Serrano**

*Estudiante
de licenciatura en Biología,
Universidad Veracruzana.

¿Alguna vez te has imaginado a un pez que nade de forma similar al vuelo de las aves? La manta gigante (*Manta birostris*), la más grande de entre todas las mantarrayas, parece ser la respuesta perfecta a la pregunta anterior. Este impresionante pez cartilaginoso puede llegar a medir más de siete metros de ancho, pesar más de 1 300 kilogramos y vivir entre 30 y 44 años. Tiene un cuerpo aplanado y unas aletas altamente flexibles fusionadas a la cabeza, las cuales le sirven para desplazarse grandes distancias de una forma majestuosa, tal como vemos volar a un ave, pero por debajo del agua.

**Académico de Carrera
Tiempo Completo
Facultad de Biología-Xalapa
Universidad Veracruzana.

También es conocida como "manta diablo", por poseer unos lóbulos en la cabeza que parecen cuernos, pero se llaman lóbulos cefálicos, cuya función es ayudar en la obtención de energía a través de su primordial fuente de alimento, el plancton. Aunque son organismos filtradores, conservan algunos pequeños dientes con una

ligera capa de esmalte que los recubre y sirve a los machos en su comportamiento antes de la cópula para morder a la hembra y así sujetarse a ella.

Sin importar que el tamaño de sus ojos sea pequeño en comparación con su cuerpo y que estén ubicados de forma opuesta, su vista es de 360°; además, la manta voladora es capaz de percibir sonidos que viajan grandes distancias. Asimismo, la podemos encontrar en aguas tropicales y subtropicales de los océanos Atlántico, Índico y Pacífico. En México existen poblaciones conocidas en el Golfo de California, Isla de Revillagigedo y en la Isla de Holbox, en el Caribe mexicano.

A pesar de su atrayente forma, poco se sabe de su ciclo de vida, del periodo de gestación y de muchos otros aspectos importantes que debemos conocer sobre estos organismos. Sin embargo, la manta gigante está amenazada mundialmente debido a la pesca, ya que es capturada y comercializada en el mercado asiático, puesto que se cree posee propiedades medicinales. Además, los choques contra embarcaciones, la contaminación, el cambio climático, la ingesta de plástico y la práctica irresponsable del turismo son actividades que incrementan la amenaza contra estas criaturas.

Debido a lo anterior, *M. birostris* se encuentra listada en la categoría de vulnerable, según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2014). En México, el gobierno prohibió su pesca desde 2007, para lo cual emitió la norma NOM-029-Pesca responsable de tiburones y rayas. Especificaciones para su aprovechamiento, misma que restringe su comercio y/o posesión.

Por lo tanto, en nuestro país es casi exclusivamente usada con fines turísticos como el buceo, aunque si no se practica adecuadamente puede afectar a las diferentes poblaciones, cambiando su comportamiento e incluso provocándole lesiones por la interacción. Es una especie carismática, por lo que su conservación se extrapola a otras especies y a su hábitat.

Todos podemos contribuir a su conservación. ¿Cómo?, por ejemplo, cuando vayas a la playa no dejes basura, aplícate el bloqueador con anticipación para que tu piel lo absorba y no contamines el mar, opta por productos biodegradables y amigables con el ambiente. Si vas a bucear con las mantas conserva tu distancia, son animales muy curiosos y ellas –si así lo desean– se pueden acercar a ti; no las toques, ya que invades su espacio, y mantén el ruido al mínimo. Una vez que quedó claro lo anterior… ¡a seguir disfrutando de ellas!

OBSERVATORIO DE AVES

Los ángeles vuelan de noche
Sergio A. Cabrera-Cruz

Las ciudades y sus aves
Ian MacGregor-Fors

Aves sin fronteras
Angelina Ruiz-Sánchez

Aves en un paisaje dividido
Rafael Rueda-Hernández

La observación de aves en México
Robert Straub

Los ángeles vuelan de noche

Sergio A. Cabrera-Cruz*

Si yo estuviera leyendo un libro sobre ciencia y me topara con que el título de uno de sus apartados es sobre ángeles, seguramente pensaría que fue un error de edición. Pero no, no se trata de una equivocación. En realidad, tampoco se trata de ángeles, pero sí de seres alados. Este capítulo versa sobre aves, por lo que seguramente ya habrás adivinado que cuando digo "ángeles" me refiero a pájaros. ¿Pero por qué llamarles ángeles? En realidad, se les nombró así... por accidente. ¿Has visto alguna película de guerra donde el Ejército utiliza radares para detectar naves enemigas? Generalmente nos muestran escenas en las que dicen algo como: "Capitán, se aproxima un destructor a gran velocidad, se encuentra a 175 grados y a tan sólo dos millas de nosotros", o expresiones similares.

*Estudiante de Doctorado Department of Entomology and Wildlife Ecology, University of Delaware.

Y es que el radar es un instrumento que originalmente se inventó para detectar aviones enemigos durante la Segunda Guerra Mundial. En su forma más básica, se trata de un dispositivo que genera energía en forma de pulsos

electromagnéticos, los cuales son emitidos a través de una antena y viajan por el aire hasta chocar con algún objeto; cuando esto sucede, parte de la energía de estos pulsos es rebotada a la antena. La señal que regresa proporciona información sobre la ubicación del objeto y su distancia respecto del radar. Debido a que la señal viaja ida y vuelta a la velocidad de la luz, obtenemos la localización del objeto prácticamente en tiempo real. Si un radar ubica algo, entonces se sabe que efectivamente hay un objeto en el lugar señalado.

Pero imagínate que un día el radar te muestra que está detectando algo... pero no hay nada. Esto es lo que creyeron los primeros operadores de radares allá por la década de 1940. En esa época de guerra, los operadores se encontraban a la expectativa de un inminente ataque aéreo. Durante la noche, los radares mostraban la aproximación de lo que parecían ser aviones enemigos justo en dirección hacia ellos; sin embargo, nunca llegaban. El radar decía ahí están, están sobre ti... pero no había aviones. Y esto se repetía noche tras noche. ¿Qué sucedía? ¿Acaso esta nueva tecnología no estaba funcionando? Una de las primeras respuestas a lo anterior fue que, efectivamente, los aparatos necesitaban ser calibrados para eliminar esas señales "falsas". Cuando ningún ajuste las eliminó, la siguiente idea fue que la señal del radar captaba fenómenos meteorológicos, lo cual era posible, pero tampoco resultó cierto. Los operadores tuvieron que acostumbrarse a la presencia de dichas señales, cuyo origen incierto inició la fantasía de que se trataba de ángeles guardianes, fantasmas de soldados que regresaban a defender su país.

Fue hasta que concluyó la guerra cuando pudieron dedicar tiempo y esfuerzo para determinar qué ocasionaba esas señales. Por supuesto, ya había surgido la propuesta de que las responsables eran aves que se encontraban en pleno

vuelo, y aunque en momentos de guerra esa posibilidad fue desechada, en tiempos de paz y ante la ausencia de una explicación satisfactoria, decidieron explorarla. Para ello fueron reclutados ornitólogos profesionales (científicos dedicados al estudio de las aves), quienes confirmaron que los llamados ángeles eran en realidad aves. Esto se logró al corroborar que la mayor concentración de ángeles se registraba en las temporadas de primavera y otoño, justo cuando los pájaros realizan sus vuelos migratorios, precisamente en localidades por donde pasaba un gran número de especies de ellas. Fue así como se derrumbó el mito de los ángeles detectados por radares, dando paso al nacimiento de la ornitología de radar.

Actualmente hay distintos tipos de radares que se utilizan de diferentes maneras. En embarcaciones marinas, como auxiliar para la navegación y pesca; en los aeropuertos ayudan al control del tráfico aéreo; hasta en estaciones meteorológicas, para detectar tormentas y pronóstico del clima. Incluso existen radares usados para saber a qué velocidad circulan los autos. Todos han sido empleados por ornitólogos, pero ¿para qué usar radares cuando es posible observar a las aves a simple vista? Esto se debe a que si bien lo más común es verlas durante el día, una gran cantidad migra de noche, por lo que el radar ha demostrado ser una herramienta particularmente útil desde su origen: para estudiar los movimientos nocturnos de los pájaros, un contexto en el cual no es posible distinguirlos a simple vista, ni con telescopios o binoculares; recordemos que fue de noche cuando se detectó a los primeros ángeles.

La migración de las aves es un movimiento estacional que ocurre dos veces al año. De manera general, en nuestro hemisferio la migración sucede así: muchos pájaros que habitan en Norteamérica viajan a Centro y Sudamérica cuando llega el invierno (pasan por México y algunos se

quedan en nuestro país) y regresan a sus territorios, hacia el Norte, cuando llega la primavera. Mientras que muchas especies migran de día, otras lo hacen de noche. A través de observaciones con radar se ha logrado describir las características de la migración nocturna; por ejemplo, ahora sabemos que la mayor intensidad de migración ocurre dos o tres horas después de que se pone el sol y que la gran mayoría de los pájaros vuela por debajo de los 1 500 metros de altura. Pero, además, se ha podido relacionar estos movimientos con las características del clima, de manera que ahora sabemos que las noches con poco viento, o con viento que sopla a favor de la dirección migratoria, son las más adecuadas para que los pájaros emprendan el vuelo, y que cuando hay nubes a baja altura es posible que se desplacen por debajo de ellas. Por otro lado, los radares también han permitido identificar qué áreas específicas son utilizadas por las aves para descansar durante sus viajes migratorios y cómo reaccionan ante la presencia de construcciones humanas que encuentran a su paso, como torres, edificios y aerogeneradores. De esta manera, los radares han proporcionado y siguen proporcionando información valiosa que puede ser utilizada para el conocimiento y la conservación de las aves migratorias nocturnas, o de los ángeles, si gustan.

Las ciudades y sus aves

Ian MacGregor-Fors*

En México existen aproximadamente 1 150 especies de aves, de las cuales más de la mitad (cerca de 60%) utilizan tierras veracruzanas a lo largo de su vida. Entre las más de 700 especies de aves que se pueden observar en Veracruz, muchas son migratorias (alrededor de 40%), o sea, sólo pasan una parte del año en esta entidad (generalmente durante el periodo invernal). La razón por la que el estado es rico en especies de aves migratorias es porque se encuentra en la ruta que toma una gran cantidad de ellas al viajar desde el norte de América del Norte (Alaska, Canadá y Estados Unidos), para pasar el invierno en México, América Central e incluso América del Sur.

*Investigador Titular. Red de Ambiente y Sustentabilidad, Instituto de Ecología, A.C.

Pero, ¿cuántas aves conoces? Y de aquellas especies que conoces, ¿sabes cómo se llaman, qué comen o dónde anidan? Vivas donde vivas, cuando te levantas por la mañana o paseas por la tarde, justo antes de que caiga

el atardecer, los cantos de las aves son difíciles de ignorar. Dependiendo de la zona del país (y del mundo) en la que nos encontremos, las aves serán distintas; sin embargo, sus coros generalmente son diversos y melodiosos. Durante la mañana las verás buscando alimento e interactuando con otras, e incluso con otros animales, además de que realizan actividades diversas. Cerca de mediodía parece que esa gran cantidad y variedad de aves desparece; sin embargo, ahí están, sólo que descansando.

¿Y en las ciudades? ¿Crees que hay tantas aves en el medio urbano como en los bosques, huertos, potreros, cafetales o cultivos que conoces? Aunque ciertamente la mayoría de los sitios dentro de una ciudad no tiene tantas como las que hay en zonas que no están tan pobladas, te sorprenderías de la cantidad y tipo de aves que puedes encontrar. Algunos que vienen a la mente cuando hablamos de aves urbanas son las palomas (o tórtolas; aves robustas que son comunes en plazas e iglesias), los tordos (o zanates; aves negras y cafés, de tamaño mediano a grande, con canto metálico variado) y los gorriones (o agraristas; aves pequeñas que generalmente se ven comiendo en el suelo o en lámparas del alumbrado público y postes de luz).

Sin embargo, en las ciudades hay muchas más especies de lo que la gente se imagina. Existen urbes en las que se pueden observar centenas de especies, muchas de ellas dentro de las áreas verdes. A pesar de esto, la mayoría de la gente no se detiene a observarlas o escucharlas. ¿Sabes cuáles son las aves que viven en tu colonia? ¿Sabes cuántas especies de aves viven en tu ciudad? ¿Crees que las aves en tu ciudad son importantes? En muchas zonas urbanas del mundo, fuera de las áreas verdes, es común ver aves omnívoras, o sea, que son capaces de comer diversas clases de alimentos, así como aves que consumen granos y aves que anidan en cavidades (como los pájaros carpinteros). Muchas ciudades

tropicales son características por la cantidad de especies de aves que se alimentan de insectos en áreas abiertas, así como de frutos y néctar.

Dentro de las áreas verdes urbanas, que van desde jardines privados, lotes baldíos y terrenos abandonados, hasta parques extensos y áreas para la conservación ecológica, se puede ver un considerable número de especies de aves. De hecho, una buena proporción de las especies que habitan dentro de los límites de una ciudad se encuentra en áreas verdes. La cantidad y el tipo de aves que es posible ver en un área verde urbana dependen de varios factores, entre los que encabezan la lista están: su ubicación dentro de la ciudad, el tamaño y tipo de vegetación, el carácter de las actividades que se llevan a cabo dentro de ella, la cantidad de personas que la visitan y el entorno que la rodea.

Una de las ciudades del país en las que se ha registrado un mayor número de especies de aves es la capital veracruzana: Xalapa de Enríquez, un centro poblacional cuya zona conurbada (incluyendo Banderilla, Tlalnelhuayocan y Emiliano Zapata) tiene apenas 600 000 habitantes y es casa –al menos durante alguna parte del año– de más de 300 especies de aves. Esto representa cerca de 30% de las especies de aves que habitan en México, en un área relativamente pequeña comparada con el resto del territorio nacional. Entre las características que hacen que Xalapa concentre tantas especies de aves destacan su localización en las faldas de una de las cadenas montañosas más importantes del país, el tipo de ecosistemas que la rodean, la exuberante biodiversidad que se localiza en zonas aledañas y su conjunto de áreas verdes.

Además de las palomas, los tordos y los gorriones, los cuales se encuentran a lo largo y ancho de la ciudad, existe una gran cantidad de especies de aves que viven en Xalapa. En zonas con cuerpos de agua se localizan patos, zambullidores, garzas y cormoranes, entre otros tipos de

aves. En parques pequeños y medianos se pueden ver pájaros carpinteros, pericos, colorines, búhos, colibríes, primaveras, luises y luisillos, chipes, calandrias, papamoscas, etcétera. Pero en parques más grandes, generalmente ubicados en la periferia de la ciudad (como el Parque Natura, el Parque El Haya y el Santuario del Bosque de Niebla), se encuentran muchas más especies, además de gavilanes, trogones (familiares de los quetzales), momotos (también conocidos como pájaros reloj), ¡y hasta tucanes!

Si no conoces todos los tipos de aves que se mencionaron anteriormente o sólo algunos, hay muchas formas en las que puedes conocerlos. La más interesante es salir a buscarlas. Primero puedes empezar por tu colonia y algún parque cercano. Búscalas en el suelo, en los arbustos y en los árboles. Ya que detectes algún ave, fíjate muy bien en sus características (principalmente en su pico, su cabeza y sus colores en general), así como en su tamaño y comportamiento. Hoy en día existe una gran cantidad de recursos a través de los cuales puedes empezar a reconocer a las aves. Por ejemplo, la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO) ha impulsado plataformas digitales como AvesMx (http://avesmx.conabio.gob.mx), una red de conocimiento sobre las aves de México en la que puedes, por ejemplo, obtener información sobre las especies que se ubican en un área determinada; así como aVerAves (http://ebird.org/content/averaves), proyecto que ofrece la opción de reportar las especies que vayas registrando. De esta forma contribuirás al conocimiento de las aves de tu región.

Aves sin fronteras

Angelina Ruiz-Sánchez*

El ciclo de vida de un ave es mucho más complejo de lo que podemos imaginar. Aquello de nacer, crecer, reproducirse y morir se queda muy corto para describir la vida de los pájaros. Para empezar, es necesario identificar que existen dos tipos de ciclo de vida: el de las aves residentes, aquellas que pasan todo su ciclo anual en un sitio, y el de las aves migratorias, las que realizan desplazamientos geográficos periódicos y masivos –que incluso pueden ser de miles de kilómetros– dos veces al año.

*Becaria postdoctoral, Estación de Biología Chamela, Instituto de Biología, UNAM.

El lapso de existencia de las especies migratorias es tan complejo que los ornitólogos, científicos dedicados al estudio de las aves, las han organizado en cinco clases, según su migración en el continente americano: 1) migratorias neártico-neotropicales: se reproducen en el norte del continente y pasan el invierno en los trópicos; 2) migratorias neárticas-neárticas: se reproducen en el norte del continente y pasan el invierno en zonas también templadas, como el

norte de México; 3) migratorias australes: migran dentro de Sudamérica; 4) migratorias altitudinales: se desplazan a tierras bajas de las zonas montañosas en invierno, y 5) migratorias intra-tropicales: se mueven entre el trópico de Cáncer y el trópico de Capricornio.

El patrón general sugiere que las aves huyen del clima adverso y de la carencia de recursos asociada con el invierno, por lo que viajan a otras localidades en busca de alimento y condiciones ambientales más favorables. Sin embargo, para los ornitólogos entender este patrón conductual fue algo así como preguntarse qué fue primero, ¿el huevo o la gallina? Como punto de partida debían definir de dónde eran originarias estas aves. En el caso particular de las neártico-neotropicales, migratorias de larga distancia, las preguntas eran: ¿se trata de aves de climas templados de ubicación norteña que eventualmente descubrieron lo benigno del clima cálido y la abundancia de recursos en los trópicos durante el invierno?, ¿o son aves originalmente tropicales que se dispersaron lejos durante el verano, aprovechando los recursos de nuevos sitios de anidación en el norte? Hace poco menos de 30 años surgió la hipótesis del "origen tropical", que explica que las aves tropicales evolucionaron con la finalidad de aprovechar durante el verano los recursos de otras zonas para reproducirse y entonces lo que hacen actualmente es volver a casa en el invierno (o más bien a la casa de sus ancestros).

Para entender mejor lo complejo del ciclo de vida de un ave, imaginemos un chipe de Wilson (*Cardellina pusilla*, migratoria neártica-neotropical), con un peso promedio de siete gramos y de escasos 12 cm de la cabeza a la punta de la cola. Esta ave se reproduce en el verano, en Alaska, Canadá y Estados Unidos; al comenzar el otoño migra para pasar el invierno en el centro de Veracruz, entre otros lugares de México y Centroamérica. Al inicio de la primavera emprende su largo viaje de regreso a los lejanos sitios de

reproducción. Entonces, estamos hablando de que un ave, que cabe perfectamente en la palma de la mano de un niño pequeño, en un año hace lo siguiente: nace, compite con sus hermanos por el alimento que llevan sus padres, dentro del nido sobrevive a los depredadores (serpientes, gavilanes y pequeños mamíferos), aprende a volar, se independiza, migra 6 500 km siguiendo a otros de su misma especie (en ocasiones en grupos de distintas especies), pasa el invierno en el trópico, rivalizando con especies locales por el alimento y territorio y sobreviviendo a más depredadores, regresa a los sitios de reproducción (generalmente en la misma zona donde nació), se aparea, construye un nido, incuba y protege de dos a tres huevos, alimenta a sus pollos y los cuida hasta que vuelan… ¡justo a tiempo para comenzar a migrar, porque ya comienza el otoño y el trópico la llama.

Las aves migratorias, además de rebasar límites políticos válidos únicamente para el hombre, hacen lo propio con sus límites físicos. Poseen una capacidad única para realizar ajustes en su comportamiento y propiciar adaptaciones fisiológicas; pueden cambiar su conducta de alimentación para aclimatarse a las condiciones microambientales y a la estructura de la vegetación de los sitios en los que paran durante la migración y donde permanecen en el invierno. Asimismo, aves como el chipe de Wilson tienen la capacidad fisiológica de almacenar energía en forma de grasa, previo a la migración. Comen tanto que pueden subir hasta 30% de su peso en tan sólo un par de días. Posteriormente, estas "bolitas de grasa" vuelan sin parar por horas, en las noches y consumen toda esta energía acumulada. Cuando esto sucede, es tiempo de hacer una parada de un par de días para reabastecerse en alguno de los sitios especiales que conocen por su ubicación estratégica y su abundante alimento; posteriormente continúan su viaje. Comen, descansan, vuelan, repiten… así hasta llegar a sus territorios de invierno (o de reproducción).

Esta dinámica de ir y venir a lo largo del continente cada año les da una importante conexión ecológica con los sitios donde pasan el invierno y donde se reproducen en verano. Se ha determinado que las aves que en invierno se establecen en hábitats de menor calidad –mayor perturbación, poco alimento, etcétera– tardan más en abastecerse de energía para el viaje al norte y, por ende, inician la migración de primavera más tarde, de ahí que lleguen también tarde a los puntos de reproducción. Los machos que arriban primero a dichos lugares pueden elegir mejores espacios (mayor alimento y mejor ubicación para sus nidos) para establecer sus territorios. En contraparte, estudios recientes muestran que la calidad del hábitat de verano (donde nacen) también afecta las oportunidades que tendrán las aves para sobrevivir en el invierno. Éste es uno de los temas que investigo actualmente. Es probable que la condición física de las aves durante el verano (en parte definida por el sitio donde nacen y se alimentan) esté relacionada con el territorio que eligen en el trópico para pasar el invierno.

Lo anterior subraya la importancia de conocer el ciclo de vida completo de las aves, para poder entender mejor todas las presiones a las que se enfrentan como resultado de las actividades humanas, así como para planear adecuadamente la forma de ayudar a conservarlas. En este sentido, la conservación y estudio de las aves migratorias corresponde a todos los países involucrados, pues como se ha demostrado a lo largo de su ciclo vital, ellas no conocen fronteras y tienen la capacidad de unir al mundo.

Aves en un paisaje dividido

Rafael Rueda-Hernández*

La ornitología es una rama de la zoología que se dedica a estudiar a las aves. Esta disciplina ha ayudado a entender muchos fenómenos ecológicos y evolutivos. Por ejemplo, uno de los capítulos del libro El origen de las especies, de Charles Darwin, se poya en el estudio de los pinzones de las islas galápagos para explicar la evolución por medio del aislamiento, proceso al que posteriormente se le nombraría evolución divergente o radiación adaptativa. En épocas más recientes, la ornitología hizo posible entender el efecto bioacumulable del uso de pesticidas y ha aportado evidencia del calentamiento global al detectar cambios en la temporalidad de la anidación de las aves, entre muchos otros fenómenos.

*Becario postdoctoral Red de Ambiente y Sustentabilidad, Instituto de Ecología, A.C.

Por otro lado, la fragmentación es un proceso con el que se transforma una gran extensión de hábitat en fracciones denominadas fragmentos, los cuales quedan aislados entre sí. Los patrones de paisaje a los que estamos

habituados, escenarios principalmente agrícolas en donde se encuentran inmersas pequeñas islas de vegetación natural (selvas, bosques, matorrales, etcétera), son precisamente producto de la fragmentación. Este fenómeno generalmente es causado por el hombre y ha sido ampliamente analizado por los científicos de todo el mundo, puesto que tiene efectos negativos sobre la diversidad. Sin embargo, debido a la complejidad que representa su análisis, disciplinas como la ornitología se han enfocado en examinar las consecuencias particulares de la fragmentación sobre grupos biológicos específicos.

En América Latina, los países en donde más se ha estudiado la fragmentación y su efecto sobre la avifauna son Brasil, Costa Rica y México. Aunque comparativamente con Estados Unidos y Canadá, el conocimiento sigue siendo escaso, de tal suerte que América Central carece casi por completo de información respecto de este tema, lo que tristemente contrasta con su alta diversidad e importancia biológica.

El efecto del tamaño del fragmento

En las últimas décadas se han llevado a cabo estudios para identificar patrones generales de respuesta a la fragmentación. Una de las más claras en aves y en otros grupos biológicos es la relación especies-área. Es decir, cuanto mayor sea el tamaño del fragmento, mayor será el número de especies presentes en el sitio (riqueza de especies); esto sucede porque hay algunas sensibles a la perturbación, que se extinguen localmente en fragmentos de vegetación nativa debido a que el tamaño de los mismos no cumple con sus requerimientos mínimos para satisfacer sus necesidades (por ejemplo, alimento, anidación). Tal es el caso de las tucanetas, que anidan en cavidades localizadas en árboles muertos en pie, escasas en el bosque; por consiguiente, son aún más raras y difíciles de encontrar en fragmentos pequeños de bosque.

Aparte de la extinción local de las especies sensibles, por lo regular endémicas o en categoría de riesgo, aparecen otros efectos negativos como la colonización de los fragmentos por especies invasoras que compiten por recursos con las aves nativas y pueden llegar a desplazarlas, o el incremento en la depredación de nidos y el parasitismo de nidos por otras especies de aves, que ponen sus huevos en nidos ajenos y se ahorran el esfuerzo que implica la incubación.

Aunque hay poco conocimiento de los aspectos reproductivos de las aves neotropicales (aquellas que habitan desde las planicies costeras de México hasta el límite norteño de la Patagonia), algunos estudios sugieren que la tasa de supervivencia de los nidos es superior –casi el doble– en los fragmentos de mayor tamaño, debido a que tienen menor grado de perturbación asociada al "efecto de borde": condiciones particulares que se presentan sólo en el área adyacente a un hábitat distinto, como podría ser un cultivo. Un ejemplo de esto son los patrones de búsqueda de los depredadores de nidos, mamíferos que merodean las orillas de la vegetación para buscar sus presas, puesto que desde estos sitios tienen mejor visibilidad hacia el interior del fragmento.

Aislamiento

La habilidad de las aves para desplazarse entre fragmentos depende de dos factores, principalmente: 1) las características intrínsecas de las especies, como tamaño corporal, longitud de las alas e incluso conducta territorial y 2) el flujo de aves que permite la matriz en donde están ubicados los fragmentos. Para ellas representa mayor riesgo cruzar entre dos fragmentos de selva rodeados por pastizal, donde la probabilidad de ser vistas por depredadores es alta, que atravesar entre fragmentos de selva rodeados de plantaciones de cítricos, que les ayudan a no ser descubiertas. En paisajes donde los fragmentos de vegetación están muy separados,

las aves pequeñas del sotobosque (estrato vegetal que comprende arbustos y matorrales) encuentran gran dificultad para cruzar áreas descampadas. Si no hay flujo de aves entre fragmentos, no hay flujo de información genética. Por lo tanto, un incremento en el aislamiento de los fragmentos puede ocasionar también extinciones locales.

Además, es posible que otros procesos biológicos de las aves se alteren por el aislamiento, por ejemplo, algunas que consumen frutos podrían desaparecer en fragmentos muy apartados. Esto repercutiría en la dispersión de semillas, pues parte de tal dispersión es llevada a cabo por aves, lo cual afectaría los procesos de restauración natural de los bosques, ante la disminución de nuevas plántulas en algunos sitios.

La mayoría de los efectos negativos de la fragmentación son poco entendidos debido a las diversas respuestas que pueden mostrar las distintas especies de aves. Desde una perspectiva de conservación biológica, lo más conveniente para asegurar a largo plazo la permanencia de poblaciones de aves viables es promover la conservación de fragmentos tan grandes como sea posible y la implementación de corredores biológicos que conecten los fragmentos de vegetación natural. Este esquema de conservación, empleando "archipiélagos" de vegetación, puede ayudar a mitigar la carencia de grandes fragmentos, al facilitar el flujo de aves entre los mismos y permitir el establecimiento temporal de poblaciones –grupos de individuos de la misma especie que se reproducen entre sí–, lo cual ayudaría a las especies residentes de los paisajes fragmentados, que en la actualidad son los más comunes del estado de Veracruz. La ejecución de este tipo de estrategias debe ser una tarea multidisciplinaria que planee el aprovechamiento de los recursos naturales, así como el desarrollo urbano de los centros de población y la participación ciudadana.

La observación de aves en México

Robert Straub*

Un observador de aves (también llamado "pajarero" o "birder", en inglés) específicamente es una persona que realiza esta actividad por pura satisfacción o por el gusto de integrar una lista o un registro personal de las aves que ha visto y sin la intención directa de iniciar alguna investigación de carácter científico. Mi viaje como birder a Veracruz comenzó en 1997, cuando llegué a Cardel durante el pico de migración de rapaces –aves de presa– de otoño. ¿Cardel?, ¿por qué ir a una población tan pequeña?, ¿por qué no Xalapa o Catemaco, que son destinos más populares? ¡Me lo preguntaron ese día y muchas veces más desde entonces! Fue en esta pequeña ciudad, cuando subí al techo del Hotel Bienvenido, donde pude comprobar por qué tanta gente visitaba Cardel (y Veracruz) en el otoño: la migración de rapaces es increíble. Cada primavera y otoño, en el Golfo de México al centro de Veracruz, tiene lugar uno de los más grandes sucesos de migración de aves en el mundo. Además de la migración

*Club de Observadores de Aves de Xalapa (COAX).

de rapaces de reconocimiento internacional, millones de paserinas (aves canoras), colibríes y más se trasladan a través del "embudo" geográfico natural que se forma entre la costa y las montañas de la región, donde se encuentran las mejores condiciones para el vuelo de estas aves.

México es el país más visitado por los observadores de aves provenientes de Estados Unidos de América. Resulta atractivo, dada su cercanía con dicho país (desde cuyas fronteras y algunas de las grandes ciudades se hacen tan sólo algunas horas en auto) y por sus muchos sitios excelentes para la observación de aves tropicales que se encuentran sólo en los trópicos, como tinamúes y trepatroncos. Estas peculiaridades han hecho de México un destino para los observadores de aves de todo el mundo. Quizá la mayoría de ellos, en los principales sitios nacionales de observación, siguen siendo extranjeros; sin embargo, esta actividad está cambiando. Cada vez hay más mexicanos en el campo disfrutando de las aves a través de binoculares, guías de campo y demás equipo necesario. Para los locales, la observación de aves tradicionalmente se ha limitado a un pequeño grupo de ornitólogos y biólogos, y quizá a un conjunto incluso más pequeño de aficionados. También existe un grupo de gente de campo que desde siempre ha tenido un gran conocimiento de las aves de sus comunidades, pero no precisamente entran en la categoría de "observadores de aves". En el país esta actividad está cambiando, porque el público la considera en general como un pasatiempo o hobby, e incluso como una forma de obtener ingresos, en las ciudades y en las pequeñas localidades.

El aumento de la observación de aves en la República mexicana se debe principalmente a los siguientes factores:

1) Económicos, porque representa un gran negocio. Algunos hoteles tanto de la ciudad como del campo, restaurantes y comunidades que son sitios de observación se dan cuenta de esta situación. Ahora hay cada vez más excelentes guías de observadores de aves mexicanos muy bien preparados. Afortunadamente Pronatura y algunas otras organizaciones han tomado la iniciativa en este ámbito. Pronatura Veracruz y Pronatura Península de Yucatán aplican buenos programas de formación de guías de observación entre los residentes de las poblaciones cercanas, como en el Río de Rapaces, en Veracruz, y en Celestún, Río Lagartos y Calakmul, por ejemplo.

2) Clubes de observación de aves. Recientemente en México se han creado varios de ellos. En el estado de Veracruz, pertenezco orgullosamente al Club de Observadores de Aves de Xalapa (COAX), fundado en diciembre de 2003, cuya sede es precisamente la capital del estado. El club ha tenido un gran éxito como promotor de la observación de aves en la entidad, por su política de estar abierto a cualquier persona, de cualquier edad y nivel de observación, y las salidas no implican ningún costo (a excepción de los gastos compartidos). El club tiene programada una salida mensual y algunos cursos de observación de aves; hemos viajado a través del estado y también por otras regiones de México. Algunos de los momentos especiales del club incluyen el avistamiento de la guacamaya verde (*Ara militaris*) en época reproductiva; una colonia del perico mexicano (*Aratinga holochlora*) en una cueva profunda en la selva alta lluviosa del sur de Veracruz; algunas especies endémicas, como la codorniz-coluda veracruzana (*Dendrortyx barbatus*); la migración de cientos de miles de aves rapaces desde Cardel y Chichicaxtle, y también millones de mariposas Monarca en Michoacán. Estas salidas han sido siempre divertidas y aún mejores por la diversidad de la colectividad, así como

por la sorpresa y admiración de los principiantes. A una salida ordinaria del club asisten por lo general 10 personas muy distintas: estudiantes, artistas, lingüistas, biólogos, veterinarios, profesores, miembros de la comunidad, guías de viaje, desde los tres hasta los 70 años de edad. Más de 500 personas han participado en las salidas desde que se fundó el club. Otros clubes de observación en México son el Club de Observadores de Aves (COA), que es el que cuenta con mayor antigüedad en México, localizado en el noreste del país con sede en Monterrey, Nuevo León; hay algunos más en la Ciudad de México, también en Michoacán y varios en la Península de Yucatán. La diferencia entre mirar un par de trogones violáceos (*Trogon caligatus*) o un chipe rojo (*Cardellina ruber)* a simple vista o con unos binoculares viejos o maltratados, y verlos con unos buenos binoculares o telescopio puede hacer que alguien se convierta rápidamente en un observador de aves. El uso de óptica de calidad es absolutamente necesario. Afortunadamente, la disponibilidad de buen equipo óptico ha mejorado en México; ahora se encuentra equipo de calidad y con garantía, lo que permite que cada vez más personas aprecien detalladamente a las aves de México.

4) Guías de campo. Una salida de observación al campo o donde sea que puedan observarse aves sin una guía de referencia, con textos y dibujos que describan a los ejemplares que se encuentran, es una salida incompleta. En este sentido, debemos reconocer la grandiosa contribución de dos autores de guías de campo para México: el primero en desarrollar una fue Roger Tory Peterson, la cual significó un gran paso para los observadores de aves que viajaban por México y fue aún mayor para los estudiantes y observadores mexicanos cuando se le tradujo al español. Muchos años después, en 1995, Steve Howell creó su propia guía de campo para

México (con dibujos de Sophie Webb), misma que llegó a ser un parteaguas en las guías de campo y aún podríamos decir una de las mejores del mundo; también escribió una excelente guía de sitios de todo el país.

Hasta la fecha hay varias otras guías de identificación de aves, por ejemplo *Sal a pajarear*, de la Península de Yucatán y otras tantas regionales. Hay otras en inglés, por ejemplo *Birds of Mexico and Central America*, por Ber Van Perlo, y *A Field Guide to the Birds of Mexico and Adjacent Areas: Belize, Guatemala, and El Salvador*, de Ernest Preston Edwards and Edward Murrell Butler.

La observación de aves puede realizarse en cualquier sitio, incluso en la ciudad; no obstante, el deseo de ver nuevas especies provoca que los birders queramos explorar sitios distintos. Es una actividad que generalmente implica estar en contacto con la naturaleza, al hacer caminatas en ambientes naturales. Este acercamiento a las aves en su hábitat nos permite apreciar y valorar su libertad, su estado silvestre. El futuro de la observación de aves en México es auspicioso. El país sigue siendo un destino de observación de aves y ahora cada vez más mexicanos están interesados en hacer salidas al campo para avistarlas y en ser líderes de grupos de observación. Esto es esperanzador, puesto que puede alentar la apreciación y el respeto por las aves de México y, asimismo, promover la conciencia de la conservación de estos animales y de su hábitat.

Amor vibrante
Oliva Ramírez-Segura

Las salamandras, ¿lagartijas babosas?
Jaime Colín Martínez

Pescado a la moda
Erika Mendoza-Sánchez
Samuel Becerril Garcíamoreno
Juan Pablo Ramírez-Herrejón

Sinfonía de amor
Valentina Martínez Valdés

Amor vibrante

Oliva Ramírez-Segura*

No hay amor más vibrante que el de los abejorros y las flores. Los abejorros son insectos peludos, generalmente más grandes que la mayoría de las abejas, de las que son parientes, al igual que de las hormigas y avispas. En el mundo hay aproximadamente 250 especies de abejorros y la mayoría de ellas pertenecen a un género llamado Bombus, que significa resonante o vibrante. Los abejorros se alimentan del polen de las flores y por ello es frecuente que los encontremos en nuestros jardines. Para volar en búsqueda de su alimento, los abejorros primero calientan motores, pues mueven los músculos de sus patas para generar calor que les permite agitar también sus alas, las cuales baten 200 veces por segundo, ¡¿te imaginas poder mover tus brazos 200 veces en un segundo?! Una vez que están en vuelo, los abejorros no van por cualquier flor, generalmente visitan flores muy específicas que los esperan a ellos y sólo a ellos, ¡eso es amor! A diferencia de muchas flores en las que el

*Laboratorio de Zoología, Fac. de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro.

polen está expuesto y cualquiera lo puede tomar, las que visitan los abejorros esconden su polen en una especie de sacos llamados anteras (órganos masculinos de las plantas) y que sólo tienen un pequeño poro en la punta, por lo que el polen no puede escapar con el aire o ser robado por otros insectos que se posan en esas flores. Muchos insectos desearían comer ese nutritivo polen, pero sólo los abejorros lo consiguen, y te preguntarás: ¿cómo lo hacen?

Ese gran poder que tienen de vibrar su cuerpo y que hace honor a su nombre, no sólo les sirve para levantar el vuelo. Cuando llegan a las flores, abrazan las anteras con sus patas y las vibran con todo su cuerpo, ese movimiento ocasiona que el polen se sacuda al interior de la antera, que salga súbita y rápidamente en espiral a través del pequeño poro y caiga en el cuerpo de los abejorros. De esa lluvia de polen comen lo que limpian con sus patas, pero una buena parte permanece adherida entre sus pelos. Entonces, empapados de polen, continúan sus visitas a otras flores, todas con el mismo tipo de anteras. Mientras el abejorro está concentrado en su tarea zumbadora, no se percata de que al mismo tiempo su cuerpo toca otra parte de la flor llamada pistilo (órgano femenino de la flor), que tiene un extremo húmedo y pegajoso, por lo que fácilmente el polen que el abejorro carga entre sus pelos se adhiere a ella. Es así como gracias a polinizadores como los abejorros, que en su búsqueda de comida llevan las células masculinas (el polen) de una flor a otra, las plantas con flores logran reproducirse. Pero te podrás preguntar por qué esta relación entre el abejorro y las flores de anteras con poros es tan exclusiva. El mundo de los polinizadores es muy diverso, existen muchos tipos de abejas, mariposas, escarabajos, colibríes, murciélagos, entre otros, y todos ellos tienen en común que gustan de comer polen y néctar, por lo que son asiduos visitantes de las flores. Así que es

muy ventajoso para los abejorros tener acceso a una fuente de comida de la que sólo ellos tienen la clave. Por otro lado, las flores visitadas por los abejorros también se ven beneficiadas, pues de este modo tienen gran probabilidad de que su polen llegue a otra flor de la misma especie; a diferencia de otros polinizadores, quienes en sus viajes a diversos tipos de flor lo podrían dejar en la equivocada. Algunas plantas que se reproducen gracias a la polinización por vibración de los abejorros son las que nos brindan frutos como las papas, chiles, ¡itomates y tomates. De no ser por su habilidad zumbadora no tendríamos estos y muchos otros deliciosos alimentos, así que la próxima vez que comas una buena salsa, podrás recordar que los frutos con los que la prepararon son el producto de un vibrante amor.

Las salamandras, ¿lagartijas babosas?

Jaime Colín Martínez*

Quizá alguna vez nos hemos topado en algún cuerpo de agua (ya sea lago, laguna, río, charco), o en la vegetación a la orilla de estos cuerpos, a algunos seres muy raros, tipo lagartijas con piel babosa. Aparte de esta característica que quizá nos recuerde a la consistencia de cosas "desagradables", como los mocos, o tal vez a otros seres como los caracoles, babosas, ranas y sapos, pueden tener una peculiar gama de colores que son contrastantes y llamativos a la vista, como negro con puntos rojos, negro con puntos amarillos, o rojos con puntos negros o amarillos con negros, o completamente negro o completamente amarillo, así como otros colores. Además de que es posible encontrar individuos con una especie de corona rodeándoles el cuello y que se la pasan nadando, u otros que parecen ser completamente terrestres y no tienen dicha corona. ¿Será acaso que son una nueva clase de animal? ¿La ciencia ya está enterada de esto? ¡Así es! Estos animales no son ajenos a la ciencia, son un tipo de anfibios clasificados como caudados.

*Licenciatura en Biología, Universidad Autónoma de Querétaro.

¿Qué son los caudados?

Las salamandras o caudados son anfibios caracterizados y diferenciados del resto (ranas, sapos y cecilias) por tener cola. Actualmente, en el mundo se pueden encontrar alrededor de 686 especies, las cuales se distribuyen por todas las regiones del hemisferio norte, pero se concentran más en bosques de Norteamérica (principalmente del sureste de Estados Unidos). Por lo general son de cuerpo alargado, con cola larga y dos pares de patas de medidas similares, aunque algunas especies han perdido o reducido las traseras. Su tamaño depende mucho de su estilo de vida, ya que mientras los terrestres son de pequeños a medianos (2-15 cm), los de hábitats acuáticos pueden alcanzar dimensiones cercanas a la de un humano adulto, como es el caso de la salamandra gigante china (hasta 1.80 m). Todas las salamandras son carnívoras, se alimentan de lombrices, pequeños insectos, arañas y caracoles.

¿Cómo se reproducen?

Respecto de su reproducción, los huevos de la mayoría son de fertilización interna; es decir, que la hembra introduce en su cloaca un paquete de espermatozoides (espermatóforo), el cual fue anteriormente depositado por el macho sobre alguna roca, hoja o palito. Las especies acuáticas se aparean en el agua, con fecundación interna o externa (los óvulos y espermatozoides se unen fuera del cuerpo de la hembra) y las larvas nacen con branquias. En larvas de especies semiacuáticas se produce una metamorfosis, se transforman en adultos terrestres y regresan al agua para reproducirse. En el caso de las especies terrestres, presentan fertilización interna, luego la hembra deposita los huevos y los cuida hasta su eclosión, los cuales nacen como los adultos, pero en “mini”.

¿Cómo respiran?

Debido a que pueden pertenecer a ambientes acuáticos, terrestres o a ambos, cuentan con diversos métodos para respirar. En el caso de las especies acuáticas y semiacuáticas, la respiración es pulmonar o mediante branquias externas. Mientras que en los terrestres, el intercambio de gases ocurre en la piel y pulmones, con excepción de la familia *Plethodontidae*, que sólo realiza su respiración a través de la piel, ya que carece de pulmones.

¿Forma de niño?

Existe una singular condición que algunas especies de salamandras presentan, con la cual retienen ciertas características de la fase larvaria, como las branquias, pero tienen vida acuática y alcanzan la madurez sexual. Esta condición se llama pedomorfosis (del griego "forma de niño"). Precisamente en nuestro país existe un perfecto representante de una salamandra con esta capacidad de conservar parte de su estadio larvario.

Xochimilco, ese bello lugar famoso por sus chinampas y trajineras, lleno de flores y de turistas que llegan de muchos lados, es el hogar de un animal muy particular: el ajolote (Ambystoma mexicanum). Este habitante de las aguas, llamado axolotl (del náhuatl "monstruo de agua") por los humanos asentados a orillas del lago Xochimilco, es un ser poco conocido y menos aún lo son sus peculiaridades, ya que además de presentar la pedomorfosis, es capaz de regenerar miembros perdidos (patas o cola), e incluso parte del cerebro. Por ello, es un modelo importante de estudio para las ciencias biomédicas.

Como hemos visto, estos animales quizá no ofrezcan la mejor sensación al tacto; sin embargo, son de muchos colores llamativos, habitan tanto en ambientes acuáticos como terrestres, lo cual influye en su manera de reproducirse

y de respirar. Pueden presentar la peculiar condición de pedomorfosis, con la cual conservan características de estado larvario y, por si fuera poco, también son capaces de restituir partes de su cuerpo, incluyendo el cerebro, como lo hace nuestro orgulloso paisano, el ajolote de Xochimilco.

Pero este grupo se enfrenta también a otro reto: su conservación. Las salamandras, junto al resto de anfibios, sufren la peor crisis de su historia, ya que su tasa de extinción es la mayor de todos los vertebrados. El problema radica en que varios de los factores identificados como causa de esta declinación actual de los anfibios son provocados por el hombre, como la destrucción de su hábitat por deforestación y transformación de la vegetación para el desarrollo urbano o fines agrícolas, entre otros; también la explotación de las especies para alimentación, tráfico ilegal como animales exóticos y la introducción de especies ajenas a estos hábitats. A esta problemática contribuye también el cambio climático y las enfermedades infecciosas emergentes como la quitridiomicosis, causada por el hongo *Batrachochytrium dendrobatidis*, el cual ataca su piel y les afecta la respiración, coloración, la respuesta inmune del cuerpo, se deshidratan, se llenan de úlceras y decaen de ánimo.

Si tomamos en cuenta que México ocupa el segundo lugar en riqueza de especies a nivel mundial, con un total de 140, además de albergar a cuatro de las 10 familias de salamandras que existen (40%), el hecho de perder a estos grupos de organismos implica perder parte del tesoro de la biodiversidad no sólo mexicana, sino del mundo. Por lo anterior, es necesario tomar acciones en la conservación y protección de estos seres; nosotros podemos realizar algunas, como respetar sus hábitats, no matarlos, no tenerlos como mascotas y no tirar basura o contaminar los cuerpos de agua.

Pescado a la moda

Erika Mendoza-Sánchez*

Samuel Becerril Garcíamoreno**

Juan Pablo Ramírez-Herrejón**

*Programa de Maestría en Gestión Integrada de Cuencas, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro.
**Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Naturales, Campus Aeropuerto, Laboratorio de Integridad Biótica.

El pescado es uno de los varios alimentos que preferimos por su frescura, su sabor y su alto valor nutricional, pero, ¿alguna vez hemos pensado cómo es el proceso desde que los pescan hasta que llega a nuestra mesa?, o ¿quiénes son los que pescan para que podamos disfrutarlo? Más aún, ¿tiene el pescado otra utilidad fuera de la que comúnmente se le da?, y si fuera así, ¿qué otro uso podríamos otorgarle?

Antes de que el pescado pueda estar en nuestras manos, hay un sinfín de personas que participan, desde criar los peces, pescarlos, limpiarlos, transportarlos, venderlos y comprarlos. La intervención de quienes realizan estas actividades es importante para que se lleve a cabo el ciclo de producción-consumo; sin embargo, el pescado no es aprovechado al cien por ciento en dicho ciclo. Existen varios subproductos como la piel, las escamas y los huesos, entre otros, que se desechan.

Muchos de nosotros solemos pensar que estos subproductos no tienen utilidad alguna; pero la realidad es que sí; entonces, ¿quiénes podrían beneficiarse de su reutilización y qué podrían hacer con ellos? Los pescadores mexicanos que viven en situación de alta marginación se las ingenian día a día para subsistir; además, la mayoría de ellos debe pensar en llevar alimento a su familia. Una de las posibles soluciones para incrementar sus ingresos es aprovechar lo que la naturaleza les brinda, por medio de un uso sustentable con alternativas de explotar los subproductos generados a partir de las mismas actividades de las que subsisten, con un valor agregado.

El pescado no es como lo pintan

La pesca en México es una actividad económica importante en las zonas costeras; nuestro país ocupa el cuarto lugar en el continente americano en producción, con aproximadamente un millón 660 475 toneladas al año, en comparación con la pesca continental, que produce sólo 118 753 toneladas; sin embargo, algunas familias que habitan en zonas aledañas a los cuerpos de agua continentales subsisten de esta labor.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2010), el porcentaje del Producto Interno Bruto que representa la pesca es realmente bajo (1.26%), a los pescadores locales no les alcanza su ingreso para cubrir sus necesidades básicas, lo que puede deberse a que las familias mexicanas sólo invierten 2.8% de lo que ganan en la compra de productos pesqueros.

Jalpan de Serra, por ejemplo, es un municipio ubicado en el estado de Querétaro, en la región de la Sierra, donde algunos habitantes se dedican a la pesca de subsistencia. La mayoría de ellos, así como otras personas en general, se ven forzados a buscar diferentes alternativas para tener una mejor calidad de vida, lo que los ha orillado a considerar

fuertemente la opción de migrar a otro lugar (principalmente a Estados Unidos). Esto significa pérdida de la estructura social, de identidad cultural y bajo crecimiento económico para el municipio (CONAPO, 2010). Sin embargo, los pescadores de Jalpan no poseen la información necesaria sobre cómo generar valor agregado a los subproductos que actualmente se desperdician durante el desarrollo de sus actividades laborales, y que esta situación puede representar una nueva oportunidad para obtener ingresos extras.

Aretes, cinturones, collares y más

En México, desde hace aproximadamente 4 000 años se utiliza la piel de todo tipo de animales para confeccionar accesorios como aretes, collares, bolsas, calzado y cinturones, entre otros. La piel del pescado y las escamas no son la excepción; actualmente varios artesanos de diferentes países, como Ecuador y Brasil, compran estos subproductos para darles un segundo uso.

Fabricar artesanías no es tan complicado como pareciera, lo que podría representar una alternativa con la cual los pescadores en Jalpan aumentarían sus ingresos. Existe una gran diversidad de peces con los que se podrían hacer objetos artesanales; en Jalpan hay especies exóticas que representan una muy buena opción. Este tipo de peces tienden a ser de mayor tamaño; por ejemplo, la Carpa barrigona llega a medir hasta 1.2 m y su crecimiento es muy rápido (en seis a 10 meses alcanza su estado de madurez), por lo tanto, el esfuerzo de captura es menor y mayor el beneficio al obtener varias artesanías (hasta cinco pulseras de 4x15 cm y 10 carteras de 12x20 cm) de un solo ejemplar de grandes dimensiones. Tomando en cuenta que el metro cuadrado de piel de pescado tiene un precio estandarizado en el mercado internacional que fluctúa entre los 850 y 1 000 pesos (220-280 reales brasileños), y que el valor

puede aumentar con la calidad de la piel y el producto, podemos deducir que la venta de los artículos generaría ingresos significativos (por encima de 200%) (Rodrigues de Souza, 2016).

En los últimos 30 años, en la presa de Jalpan se han localizado al menos tres especies de peces exóticos: Lobina negra (*Micropterus salmoides*), Carpa barrigona (*Cyprinus carpio*) y Tilapia del Nilo (*Oreochromis spp.*). A pesar de que son una fuente de alimento para las personas, también pueden causar efectos perjudiciales para la sociedad y el ambiente, como la propagación de enfermedades, pérdida de especies nativas y mayor susceptibilidad del sistema acuático (CONABIO, 2016), por mencionar algunos, lo cual hace que las mencionadas especies sean blancos potenciales para manufacturar artesanías y de esa forma mantener controladas sus poblaciones.

Un proyecto sustentable

Así, los pescadores de Jalpan, al aprovechar los recursos pesqueros de manera alternativa, pueden contribuir a elevar su calidad de vida y promover otra fuente de autoempleo, lo cual incrementaría su salario, las familias no pensarían en migrar como primera alternativa, se mantendría la integración familiar (reconstrucción del tejido social) y contribuirían positivamente al ambiente, evitando la contaminación provocada por los subproductos de estas especies.

Los artículos elaborados con la piel del pescado y las escamas son de gran utilidad para la sociedad, además de ser innovadores en la moda artesanal, por lo tanto, la competencia en el mercado sería baja, con lo que las ganancias aumentarían. Asimismo, los turistas no sólo se llevarían un recuerdo del lugar, sino que también contribuirían a mejorar la economía de las personas que los realizan, además de propiciar beneficios trascendentales no sólo para los pescadores, sino para la sociedad misma.

Bibliografía

CONABIO.(2016). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Disponible en:http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras/impactos.html

CONAPO. (2010). *Algunos efectos de la migración internacional en los lugares de origen y destino*. Disponible en: http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/intensidad_migratoria/pdf/Efectos.pdf

INEGI. (2010). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Disponible en: http://www.inegi.org.mx/

Rodrigues de Souza, M. L. (2016). *¿Qué hacer con las pieles de pescado?*. Brasil: Departamento de Ciencia Animal de la Universidad Estadual de Maringá. Disponible en: http://www.panoramadaaquicultura.com.br/paginas/revistas/81/pele.asp

Sinfonía de amor

Valentina Martínez Valdés*

El zumbido de los mosquitos cerca de nuestros oídos no sólo es molesto, sino que nos da aviso de lo inevitable: una picadura acompañada de una terrible comezón. Sin embargo, la justificación de este fastidioso zumbar es más bien amorosa. El sonido que proviene de la fricción de sus alas moviéndose durante el vuelo, ayuda a los mosquitos a encontrar pareja.

*Dirección de Comunicación de la Ciencia, Universidad Veracruzana.

El comportamiento sexual de los moscos se ha estudiado durante varias décadas. Diferentes investigaciones realizadas por especialistas en la conducta de insectos han encontrado que los mosquitos macho tienen un zumbido diferente al de las hembras, cuyo tono es más agudo que el de ellos, el cual atrae e induce al macho a copular en un acto que no dura más de ¡16 segundos!

En 1948, Louis M. Roth, científico estadounidense, efectuó una serie de experimentos para entender más a fondo el comportamiento sexual de los moscos. Así, pudo constatar

que en la reproducción del Aedes aegypti (el mosquito del dengue), el zumbido era un importante estímulo externo. Observó que los machos ignoraban a las hembras cuando éstas se encontraban descansando, mientras que iban detrás de ellas cuando estaban en movimiento.

De manera más reciente, investigadores del Imperial College London descubrieron más detalles de estas "melodías" de amor. A través de estudios acústicos detectaron que los zumbidos de ambos géneros de esta misma especie de mosquitos se armonizaban. Es decir, la frecuencia del sonido de las hembras se encuentra en el rango de los 400 Hz, mientras que el de los machos está en los 600 Hz. Así, al cortejarse, ambos cambiaban su tono a una misma frecuencia, a 1200 Hz, integrando una especie de dueto armónico.

Sin embargo, algo falta para terminar de entender esta sinfonía de amor. Si en los humanos el oído es la estructura que ayuda a detectar y analizar los sonidos externos, ¿cómo es que los mosquitos escuchan los zumbidos entre ellos? Sus dos antenas localizadas en la cabeza les ayudan a oír, gracias a las células sensitivas receptoras que contienen.

De esta forma, utilizan sus antenas para detectar movimiento, las cuales responden a las oscilaciones de partículas de aire que se encuentran a su alrededor. En este rubro, los mosquitos macho están mejor equipados que las hembras. Como si fueran cepillos, sus antenas perciben las ondas que produce el sonido de las alas de ellas, situación que motiva al mosquito a moverse hacia la fuente de sonido y así comenzar una historia de amor.

Mucho más que amor

Este complejo cortejo musical no se reduce solamente a una narración llena de datos curiosos. Entender cómo es que se reproducen los mosquitos es un camino para emprender

la batalla contra enfermedades que son transmitidas por ellos, como la malaria, el chikungunya, la fiebre amarilla y el dengue. Considerado como uno de los animales más peligrosos, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha contabilizado más de un millón de muertes provocadas por picaduras de mosquitos.

Si bien es cierto que el uso de insecticidas para combatirlos ha sido eficiente, ellos han creado una resistencia a tales químicos, por lo tanto, se necesita analizar otro tipo de estrategias para su control. Para lograrlo, científicos han trabajado en una línea de investigación enfocada en la comunicación acústica, mediante la cual intentan entender los sonidos producidos por los mosquitos y cómo influyen en la comunicación y selección sexual.

Por ejemplo, en la Universidad de Columbia, Estados Unidos, gracias al financiamiento de la Fundación Bill y Melinda Gates, se desarrollará un software acústico que permitirá localizar enjambres de mosquitos por su sonido. En laboratorio, este grupo de científicos ya ha logrado detectar a un solo insecto, por lo que se espera conocer más sobre la conducta individual y grupal de los mosquitos, y entonces proponer métodos de control masivos.

Otra de las estrategias para dominar al mosquito ha sido la producción de machos estériles a través de manipulación genética; posteriormente, al ser liberados en el entorno natural, las hembras no producirán nuevos descendientes. El obstáculo es que el mosquito modificado no resulta tan atractivo para ellas. Con más investigación se espera que además de ser estériles, el macho pueda contar con un par de alas que produzca un sonido irresistible para las hembras.

Por otra parte, se comercializan diferentes productos para el control de mosquitos a través de dispositivos ultrasónicos, incluso se ofrecen aplicaciones para diferentes tipos de

celulares con sonidos de alta frecuencia. Sin embargo, gracias a estudios que han evaluado la efectividad de estos aparatos, se ha encontrado que no tienen ningún efecto.

Aún faltan estudios para conocer más sobre los sonidos producidos por los mosquitos y su comportamiento sexual. Se necesita saber, por ejemplo, qué tipo de características consideran importantes tanto la hembra como el macho cuando escogen pareja. Para ello, los científicos requieren de más horas para observar y escuchar estas sinfonías de amor.

DE ROCAS A CLIMA

Vigilando el pulso del Pico de Orizaba
Ignacio Mora González
Gilbert Francisco Torres Morales

Futbol americano, frentes meteorológicos y Primera Guerra Mundial
Juan Cervantes Pérez

Las rocas también se reciclan
Katrin Sieron

Clima, cambio climático y salud
Carlos Manuel Welsh Rodríguez
Carolina Andrea Ochoa Martínez
Marco Aurelio Morales Martínez
María Esther Nava Bringas
Ramos Herrera Zavaleta

Vigilando el pulso del Pico de Orizaba

Ignacio Mora González*

Gilbert Francisco Torres Morales*

Con sus 5 675 metros sobre el nivel del mar, el Citlaltépetl (del náhuatl *citlalli*: "estrella" y *tepetl*: "montaña o monte", que en conjunto significa montaña o monte de la estrella) es la cima más alta de México y la tercera en América del Norte, superada sólo por el Monte Mckinley, en Alaska, y el Monte Logan, en el territorio de Yukon, en Canadá.

En este volcán, investigadores del Centro de Ciencias de la Tierra de la Universidad Veracruzana (UV), en colaboración con personal y equipo del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) y con el apoyo de la Secretaría de Protección Civil del estado de Veracruz, instalaron una red básica de tres estaciones sísmicas que por medio de enlaces de radio envían sus señales a la UV en Xalapa y al CENAPRED en la Ciudad de México, a través de la red del volcán Popocatépetl, con lo que vigilan la actividad del Pico de Orizaba, lo que en lenguaje médico equivale a tomarle el pulso.

*Centro de Ciencias de la Tierra. Universidad Veracruzana

La red sísmica del Pico de Orizaba permite detectar lo que ocurre en el interior del volcán; por ejemplo, tiene la capacidad de registrar si está infiltrándose magma (roca fundida) desde el manto, lo que se manifestaría en una serie de microtemblores que se generarían al derretirse la roca del edificio volcánico por estar en contacto con el magma. Además, cuando la roca se derrite desprende gases como el bióxido de azufre, bióxido de carbono y vapor de agua, principalmente, los cuales aumentan la presión en el interior del volcán, y si existe un taponamiento en el cráter, es posible que la presión se eleve hasta romper el tapón, lo que daría como resultado una erupción; es decir, la expulsión de la roca fracturada junto con los gases y cenizas, de manera similar a lo que ocurre cuando agitamos una botella de refresco y la destapamos bruscamente.

Analizar adecuadamente los cambios en el patrón normal de los registros puede dar información de lo que sucede dentro del volcán, ya que las estaciones de la red sísmica sirven para los vulcanólogos como un ultrasonido para los médicos: permiten obtener una imagen del interior de la Tierra.

La red permite detectar cualquier anomalía que se presente en los registros sísmicos respecto de las condiciones normales correspondientes a su estado de reposo. Si la información recabada y procesada por los encargados del monitoreo sugirieren que las irregularidades son significativas, se convoca al Comité Científico Asesor del volcán para que dé seguimiento a los eventos y, en su caso, formule recomendaciones a los sistemas de Protección Civil estatal y federal.

Nombres de aves

Las estaciones del Pico de Orizaba han recibido nombres de aves, al igual que las instaladas en el volcán Popocatépetl, debido a que el ingeniero Roberto Quass Wepen, titular en ese entonces del CENAPRED, es aficionado a la fotografía de aves, por lo que cada estación fue bautizada con el nombre de la primera ave que veía volar cerca. Es por eso que se llama Halcón I la primera estación instalada en la cara norte; Chipe, la estación de la cara sur, y Halcón II, la ubicada en la cara este del volcán.

Erupciones del volcán Santa Elena y del Chichonal

El 18 de mayo de 1980, a las 8:32 a.m., un terremoto se registró y la debilitada cara norte del volcán Santa Elena, localizado al norte del estado de Washington, se desplomó repentinamente, liberando gran cantidad de gases, lava y rocas calientes que volaron hacia el Lago Spirit, tan rápido como tardó la cara norte en derrumbarse. La explosión estuvo precedida por dos meses de terremotos y expulsiones de vapor, causados por una inyección de magma en una zona de escasa profundidad bajo la montaña. Dos años después, el domingo 28 de marzo de 1982, a las 23:32, tuvo lugar un sismo de 3.5 grados Richter; le siguió una erupción del volcán Chichonal, localizado al norte del estado de Chiapas, que arrojó ceniza, rocas y gases hasta una altura de 17 km en la atmósfera.

En ambos volcanes se obtuvieron registros sísmicos previos a las erupciones, ya que el Santa Elena contaba con una red sísmica dedicada al estudio del comportamiento del volcán y en el caso del Chichonal, el Instituto de Ingeniería de la UNAM había instalado una red de estaciones sísmicas en la zona donde se construía la Presa Hidroeléctrica de Chicoasén, con el objeto de monitorear la sismicidad durante su llenado. Con las anotaciones obtenidas se comprobó la

importancia de tener redes de monitoreo sísmico en cada volcán activo, ya que permiten saber con anticipación cuándo entran en proceso de erupción.

Semáforo de Alerta Volcánica

De acuerdo con el monitoreo permanente, el Sistema Nacional de Protección Civil ha desarrollado y aplicado un sistema para alertar, llamado "Semáforo de Alerta Volcánica", el cual informa a la población sobre la actividad del volcán y las medidas generales de prevención correspondientes a cada etapa.

- Color verde: corresponde a las indicaciones para la normalidad (desarrolla tus actividades normalmente).
- Color amarillo: refiere a las indicaciones de alerta (permanece atento y prepárate para una posible evacuación).
- Color rojo: indica alarma (el volcán presenta actividad explosiva a escala alta y extrema).

Se puede obtener el póster del semáforo con las indicaciones completas en las siguientes páginas de internet: www.cenapred.gob.mx y www.proteccioncivil.gob.mx.

Futbol americano, frentes meteorológicos y Primera Guerra Mundial

Juan Cervantes Pérez*

Aunque no seas fanático o aficionado del futbol americano, seguramente has visto que una jugada repetitiva es cuando el Quarterback o mariscal de campo entrega la pelota a un jugador que, tomando impulso, trata de "romper" la defensiva del equipo contrario para alcanzar el extremo del campo. Para ello, se impulsa y sus compañeros intentan evitar que los defensivos lo detengan.

¿Has pensado acerca de cómo se mueve el aire en la Tierra? Un modelo de circulación sencillo del viento en el planeta lo propuso Edmund Halley (el descubridor del cometa), en el que describe que el aire cálido del ecuador asciende, se desplaza hacia el polo por la atmósfera superior, donde se enfría y se desplaza hacia el ecuador.

*Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad Veracruzana.

Conforme se tuvo mayor conocimiento de la atmósfera, el modelo fue modificado y mejorado, hasta que un grupo de meteorólogos suecos presentó el esquema de circulación tricelular. Éste reúne varias características, como ser simétrico

(se tiene las mismas condiciones en los hemisferios sur y norte), tiene tres "celdas" de circulación y está compuesto por "cinturones de presión" y sistemas de vientos.

Entre los sistemas de vientos del oeste y los polares del este aparece un cinturón de presión que fue llamado zona del frente polar. Una peculiaridad de esta zona es que separa al viento relativamente cálido del oeste del frío asociado a los polares del este.

Puesto que el eje de nuestro planeta no está perfectamente vertical en relación con el plano ecuatorial del Sol ni está estático, el aire presenta movimiento y en su forma más simple el aire cálido del ecuador trata de alcanzar la zona polar ocupada por el aire frío de los polos, precisamente. En este desplazamiento, un tanto similar a la jugada de futbol americano descrita al inicio, el aire más cálido trata de "romper" la defensa del aire frío, aunque al hacerlo dejará lugares débiles por donde el aire frío puede desplazarse hacia el ecuador.

Uno de los lamentables hechos en la historia de la humanidad fue la Primera Guerra Mundial. A diferentes integrantes del grupo de meteorólogos que propuso este modelo les tocó padecer esta situación y, de alguna forma, estar en el "frente de batalla", donde el objetivo era hacer retroceder al ejército enemigo, rompiendo sus líneas de defensa. Cuando propusieron el modelo, la interacción entre el aire cálido y frío les recordó esta situación y denominaron a la zona de separación entre ellos "Zona del frente" o "Zona frontal". Así, un frente es un área de separación entre dos masas de aire distintas: una fría y una cálida.

Conforme la masa de aire se desplaza, se tienen diferentes tipos de frentes meteorológicos, los dos básicos ocurren de la siguiente manera: cuando el aire frío se desplaza y ocupa la zona donde se encontraba el aire cálido, se denomina frente frío; en un frente cálido, el aire caliente se traslada y ocupa la zona del aire frío.

En nuestro país es común que nos afecten los frentes fríos en la temporada invernal y que cuando se habla de éstos la gente piense que habrá un descenso en la temperatura. Sin embargo, como se ha señalado, el frente es sólo una zona de separación entre dos masas de aire, pues la experiencia nos indica que antes de esa baja de temperatura, a veces se tiene un periodo relativamente caluroso; cuando lo que ocurre es que, al moverse y estacionarse la masa de aire frío, se provoca tal descenso.

Por tanto, el desplazamiento de estas masas de aire frío y cálido tiene por objetivo equilibrar térmicamente a nuestro planeta, al mover aire cálido hacia el polo y aire frío hacia el ecuador.

Las rocas también se reciclan

Katrin Sieron*

La mayoría de las personas alguna vez ha escuchado del ciclo del agua y tal vez algo sobre el ciclo del carbón, pero pocas saben que las rocas también experimentan un tipo de ciclo que se origina en los procesos físicos que gobiernan a nuestro cambiante planeta.

Este denominado "ciclo de rocas" inicia en las grandes cuencas de la Tierra, como los océanos, donde poco a poco se depositan sedimentos como arenas y lodo, en capas, una sobre la otra. Los sedimentos, a su vez, han sido traídos por ríos que fungen como medio de transporte más importante.

*Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad Veracruzana.

Las capas de material en estas grandes cuencas aumentan de espesor durante miles, cientos de miles y a veces millones de años, hasta alcanzar un peso considerable que comprime a las que se encuentran hasta abajo y por lo tanto están sometidas a una presión y temperatura aumentadas. Esto resulta en una compactación (se reducen los espacios entre los granos de "arena" o "del sedimento"), que va seguida por una cementación (un material o cemento

rellena los espacios entre los granos de "arena") y una recristalización (los cristales individuales forman otros más grandes), lo que conduce a la formación de rocas sedimentarias a partir de los sedimentos sueltos que traían los ríos al mar. En nuestro ejemplo, la "arena" se convertiría en una "arenisca".

¿Pero qué pasa si estas, ahora, rocas sedimentarias se someten a profundidades y por ende a temperaturas y presiones más elevadas? Con temperaturas y presiones muy altas, las rocas se transformarían aún más para convertirse en rocas metamórficas (los cristales que componen la roca sedimentaria se re-arreglan y modifican, a fin de estar en equilibrio para las "nuevas" condiciones de su ambiente).

Si logramos sepultar estas rocas metamórficas todavía más, donde reinan temperaturas y presiones que superan el punto de fusión de una roca (la temperatura depende del tipo de cristal o conjunto de cristales que la constituyan), las rocas metamórficas se pueden fundir parcial o totalmente y así formar magmas.

Estos magmas suben de nuevo a la superficie, a través de volcanes, para formar rocas ígneas, que como dice su nombre, se generan a partir del "fuego" o de roca fundida (magma). Las rocas ígneas son las lavas que salen de la chimenea de un volcán o se forman de las cenizas y otras partículas más grandes que lanza el volcán durante una erupción.

Una vez formadas y depositadas sobre la superficie terrestre, las rocas ígneas están expuestas a todos los agentes, como el agua, el hielo y el aire, que actúan sobre ellas hasta poco a poco destruirlas (procesos de meteorización y erosión) para formar detrito, el cual es llevado de nuevo a través de los ríos hacia las cuencas por fuerzas de gravedad (todo va hacia el punto más bajo, de ahí las grandes cuencas de la Tierra), con lo que estamos de nuevo en el punto de partida del ciclo de las rocas.

Sin embargo, dicho ciclo no solamente funciona en una dirección, sino en todas. ¿Qué significa esto? Que hay procesos tectónicos que pueden "exhumar" (o más bien llevar a la superficie) las rocas que se encuentran en las profundidades, como las sedimentarias y las metamórficas; por ejemplo, en la formación de cadenas montañosas. Al ser expuestas al ambiente, nuevamente se desintegran poco a poco para ser llevadas a las cuencas. Los mismos procesos tectónicos también pueden provocar que cualquier tipo de roca se funda.

En conclusión, los tres tipos de rocas, las sedimentarias, ígneas y metamórficas, se pueden convertir una a la otra en un ciclo que toma mucho tiempo, por lo que no solemos darnos cuenta de él.

El ciclo de rocas se lleva a cabo gracias al proceso de la tectónica de placas que mueve los fragmentos de la corteza terrestre en diferentes direcciones. El calor en el centro de nuestro planeta representa el motor de la tectónica de placas; dicho centro se encuentra a miles de grados Celsius, mientras que el universo tiene una temperatura que desciende a decenas de grados Celsius por debajo de 0. Al tratar de alcanzar un equilibrio con el medio que la rodea, grandes movimientos, llamados "procesos de convección", llevan material caliente hacia la superficie y el material enfriado hacia las profundidades, como en una gran olla. La convección causa los movimientos de los fragmentos de la corteza terrestre rígida.

Clima, cambio climático y salud

Carlos Manuel Welsh Rodríguez*
Carolina Andrea Ochoa Martínez*
Marco Aurelio Morales Martínez*
María Esther Nava Bringas *
Ramos Herrera Zavaleta*

En la actualidad existe una parte de la población global que intenta culpar al cambio climático de muchos fenómenos e impactos que ocurren en su población; por otro lado, hay confusión en el uso correcto del lenguaje, pues si el inglés es el idioma más utilizado en el mundo, éste emplea la palabra weather para lo que en castellano es "tiempo" y climate para "clima".

En virtud de lo anterior, vamos a propiciar una pequeña discusión orientada a intentar describir dichos conceptos, como base para después acercarnos al conocimiento del cambio climático y finalmente abordar un caso particular muy relacionado con el clima y la alteración que ha sufrido: la presencia del mosquito Aedes aegypti, vector de dengue, chikungunya y zika.

A manera de introducción, diremos que la humanidad ha tenido la necesidad de conocer el medioambiente y, en particular, los fenómenos que inciden o afectan sus actividades cotidianas; por ejemplo, la cultura olmeca esculpía estelas que describían

*Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad Veracruzana.

los huracanes, mientras que los aztecas conocían la periodicidad de las lluvias y con ello determinaban el calendario de cosecha, por mencionar algunos casos regionales.

Podemos definir al clima como las condiciones medias o promedio de variables atmosféricas de los últimos 30 años en una región o zona específica, esas variables básicamente son temperatura y precipitación; es decir, el clima intenta describir situaciones en un intervalo temporal largo. En términos coloquiales, se puede decir que responde a la pregunta: ¿cómo es el clima?, algo similar a preguntarle a una persona cuál es su carácter.

La diferencia con el tiempo meteorológico está en la escala de tiempo, pues mientras se trata de las mismas variables, el lapso temporal va solamente de unas horas hasta una semana, como máximo. Utilizando el símil previo, diríamos que describe las condiciones actuales de dichas variables, por lo que se podría preguntar: ¿cuál será la temperatura para mañana? ¿Habrá precipitación el fin de semana? Es decir, ¿cómo estás ahora?

La diferencia es muy sutil entre ¿cómo eres? y ¿cómo estás?, la primera responde al clima y la segunda al tiempo.

Usando un ejemplo actual en relación con los juegos olímpicos de Río 2016, podemos decir que se usó la climatología para seleccionar las semanas del año que en los últimos 30 años hayan presentado condiciones de temperatura, humedad y precipitación con un nivel de confort adecuado para la práctica deportiva; sin embargo, es necesario conocer el estado del tiempo (meteorológico) para no tener que repetir las pruebas de atletismo por lluvia, como lamentablemente ocurrió. Como puedes observar, el clima sugería que habría circunstancias adecuadas, pero el tiempo reaccionó de una manera diferente al promedio conocido.

Esperamos que esta muy sintética manera de conceptualizar las diferencias entre clima y tiempo sea suficiente para explicar que, tanto en la televisión como en

el radio, lo que se presenta es el pronóstico del tiempo para las siguientes horas y días, y no el pronóstico del clima, como a veces se anuncia.

Gracias al estudio del clima, en los últimos años se han observado cambios en las estaciones del año, mayor cantidad de huracanes, zonas de sequía, etcétera, lo que ha dado como resultado que se afirme que el planeta se está calentando (calentamiento global) y que el clima se está transformando (cambio climático).

El cambio climático es un fenómeno de escala planetaria que ha sido estudiado en las últimas tres décadas con mucho detenimiento, no sólo por científicos, sino también por organismos internacionales públicos y privados. Existe uno de las Naciones Unidas que agrupa a investigadores de reconocido prestigio a nivel internacional que compilan el conocimiento en torno a dicho fenómeno y contribuyen de manera efectiva a la discusión de causas, efectos, impactos y acciones para hacerle frente, se trata del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático.

De los resultados de este trabajo hemos podido aprender mucho sobre la relación del incremento del dióxido de carbono en la atmósfera junto con otros gases poli-atómicos que favorecen de manera directa el efecto invernadero, por lo que han recibido el nombre de gases de efecto invernadero (GEI), derivados de las actividades humanas, principalmente de la quema de combustibles fósiles (carbón, gasolina, gas natural y petróleo), de las labores agropecuarias y de la reducción de masa forestal, por mencionar las más importantes, que si bien son una necesidad diaria para las múltiples labores y el desarrollo humano, estas acciones coadyuvan directamente al calentamiento del planeta, propiciando el calentamiento global y con ello el cambio climático.

Entonces, el efecto invernadero es el fenómeno causado cuando la energía procedente del Sol llega a la superficie de la Tierra en forma de onda larga y es reflejada en forma de onda

corta hacia la atmósfera, misma que al presentar grandes concentraciones de GEI y vapor de agua funciona como una tapa que atrapa la energía, impidiendo su liberación al exterior, lo que origina que se incremente la temperatura poco a poco, pues la energía que llega a la Tierra es expedida de forma más lenta debido a dicha cubierta de GEI.

Como consecuencia del cambio climático podemos mencionar contracción de glaciares, deshielo de permafrost, cambio anticipado en deshielo de ríos y lagos, migraciones de plantas y animales a latitudes mayores, modificación en poblaciones de plantas y animales sensibles a variaciones en la temperatura y humedad, y mayor presencia de eventos hidrometeorológicos extremos, por mencionar una pequeña lista.

Un ejemplo especial que trataremos ahora es la relación hipotética entre calentamiento global y cambio climático con la presencia de enfermedades transmitidas por vectores, en particular el caso del mosquito Aedes aegypti.

Para ello, es necesario agregar en este análisis la intervención del hombre a escala ciudad. En los últimos 50 años el nexo ciudad-hombre-medioambiente se ha modificado, la transformación del medio urbano con estrategias de embellecimiento, usando y buscando especies vegetales o arbóreas, ha provocado la sustitución de especies locales por otras invasoras (introducidas por el hombre). Adicionemos a esto el uso de concreto en los asentamientos urbanos y el cambio de las zonas agrícolas o periféricas por áreas de vivienda o ciudad dormitorio, lo cual ha alterado el medioambiente local, propiciando áreas para que las especies encuentren lugares ideales para existir; es decir, hemos contribuido al establecimiento de hábitats nuevos, como es el caso particular del mosquito Aedes aegypti, vector responsable del dengue, chikungunya y zika.

Aquí es cuando la vegetación local cobra gran importancia, pues ella tiene relación directa en la generación de esos nuevos microhábitats que son favorecedores para

que una especie como el mosquito Aedes aegypti se quede a vivir en esa nueva ciudad, permanecer en ella y, sobre todo, volverse parte de la fauna local, donde antes no tenía las condiciones necesarias para su sobrevivencia.

En resumen, el crecimiento urbano ha acelerado la generación de nuevos microhábitats: lo que antes eran zonas rurales o de vegetación que influían en el clima local, hoy son sustituidos por la mancha e infraestructura urbana o áreas para cultivos o ganadería, lo cual se conoce como cambio de uso de suelo, que a su vez genera condiciones vitales para la migración y el establecimiento de especies no vistas antes.

¿Has notado cómo hace más calor que antes en la misma ciudad donde vives? Si respondiste que sí, también te habrás dado cuenta de que los patrones de lluvia han cambiado, pues estas pequeñas variaciones podrían incrementar la presencia de nuevas especies en tu ciudad y traer consigo la posibilidad de un aumento en infecciones provocadas por éstas. Tal es el caso de los comúnmente conocidos "chaquistes" (*Simulium sp.*), que antes sólo se encontraban en las zonas costeras y recientemente en las regiones montañosas urbanas.

En 2012, un científico y sus colaboradores publicaron que el vector del dengue actualmente tiene presencia por encima de la cota de los 1 700 metros sobre el nivel del mar y esto antes nunca había sucedido (no había sido registrado), principalmente porque las condiciones geográficas (topografía, climáticas y de uso de suelo) funcionaban como barreras naturales para el vector, y hoy en día éstas parecen haber sido superadas gracias a la intervención del hombre.

Para finalizar, recordemos que la variabilidad climática y eventos extremos (sequía e inundación) inciden en la presencia y abundancia del vector; sin embargo, en la actualidad las

actividades humanas se vuelven un factor muy importante en su redistribución, mediante las rutas de comercio o de transporte de personas, así como la modificación del entorno en el que vivimos, lo cual parece favorecer el establecimiento de los vectores transmisores de enfermedades.

Estemos alertas, tengamos una actitud precavida ante la presencia de este vector, porque para el dengue, chikugunya y zika no hay cura, y si una persona es portadora del virus, la presencia del vector hace que el riesgo de contraer estas enfermedades sea muy elevado.

INAOE: CIELO Y TIERRA

INAOE:
45 años de hacer ciencia
y tecnología desde Tonantzintla
Raúl Mújica García

¿Chocará un asteroide contra la Tierra?
Sergio Camacho Lara
José Guichard Romero
José Ramón Valdés Parra

Robots y drones en nuestra vida diaria
Eduardo Morales Manzanares
José Martínez Carranza

Luz que sana
M. David Iturbe Castillo
David Sánchez de la Llave

Nanoelectrónica
Alfonso Torres-Jácome

Vista multicolor del universo desde México
Raúl Mújica García

INAOE: 45 años de hacer ciencia y tecnología desde Tonantzintla

Raúl Mújica García*

* Investigador Titular B de la Coordinación de Astrofísica del INAOE. Responsable de Divulgación y Comunicación.

El Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) fue creado por inspiración de Guillermo Haro como la punta de flecha de un progreso formidable, así lo expresó Elena Poniatowska en un discurso impartido en el Colegio Nacional. Y en efecto, sólo alguien como Guillermo Haro tendría la gran idea de transformar el Observatorio Astrofísico Nacional de Tonantzintla (OANTON) en un Instituto Nacional de Investigación que tuviese tres áreas: Astrofísica, Óptica y Electrónica. Haro, el único capaz de reconocer la importancia de la Óptica y la Electrónica para la Astronomía, se dio cuenta de que trabajando en colaboración, pero de manera independiente, podrían destacar. Por ello, el 12 de noviembre de 1971 se expidió el decreto presidencial mediante el cual se creó el INAOE.

Para integrar este capítulo solicitamos un artículo a un investigador de cada una de las cinco áreas que actualmente conforman al Instituto: Astrofísica, Óptica, Electrónica, Ciencias Computacionales y Ciencia y Tecnología del Espacio.

En el artículo de Óptica dos investigadores muy reconocidos, David Iturbe y David Sánchez, actual coordinador de esta área, nos platican de su objeto principal de estudio: la luz. El área de Óptica tuvo a su cargo el primer gran proyecto institucional. Guillermo Haro los involucró, apenas transformado el OANTON en INAOE, en el diseño y manufactura del espejo de 2.1 m de diámetro para el telescopio de Cananea.

Por su parte, Alfonso Torres-Jácome, pionero de la electrónica, actualmente coordinador de esa área en el INAOE, quien arribó unos años después de la fundación del mismo, nos platica sobre un tema candente: la nanoelectrónica y comenta sobre los proyectos relacionados de la coordinación.

Eduardo Morales y José M. Carranza, investigadores de la coordinación de Ciencias Computacionales, escriben sobre un aspecto de la ciencia muy atractivo para todo público: robots y drones.

Respecto de Ciencia y Tecnología del Espacio, la más reciente rama de investigación y formación de recursos humanos del INAOE, los astrónomos José Ramón Valdés y José Guichard, actualmente presidente del campus México del Centro Regional de Enseñanza de Ciencia y Tecnología del Espacio para América Latina y El Caribe (CRECTEALC), y Sergio Camacho, Secretario del CRECTEALC, tratan de contestar una interrogante frecuente sobre la posibilidad del impacto de un asteroide con nuestro planeta.

En mi caso, quise aprovechar para mostrar las herramientas con las que cuentan actualmente los astrónomos y cómo utilizan todas las frecuencias del espectro para descifrar la naturaleza de los objetos celestes. Es un tema que me atrae mucho, ya que poco después de llegar al INAOE, hacia 1989, me involucré en el proyecto que de alguna manera echó a andar el telescopio de Cananea: la identificación de fuentes

de rayos X detectadas por el satélite ROSAT. Al redactar mi tesis doctoral dentro de este proyecto, pasé muchas noches observando en Cananea y seguí haciéndolo posteriormente en otros proyectos. En estas estancias me enteré de parte de la historia del INAOE, por ejemplo, sobre la Casa Greene que es sede del Observatorio Astrofísico "Guillermo Haro" (OAGH), y de otras anécdotas de Haro.

He tenido oportunidad de estar durante casi todo el proceso de desarrollo del GTM, desde su gestación hasta la más reciente, en la que está ofreciendo grandes resultados aun con sólo una fracción de la superficie ya en el rango de las especificaciones solicitadas. Lo mismo con HAWC, el observatorio rayos gamma.

Involucrarme de manera más formal en el área de divulgación y comunicación me ha permitido ver, conocer, leer y estudiar una gran cantidad de proyectos de gran impacto que se han desarrollado y desarrollan en esta importante institución que tenemos en la región. No solamente las grandes iniciativas, como GTM, HAWC, GTC, LIMEMS o Robótica, sino muchas más que tienen una trascendente aplicación. En estos artículos les presentamos una parte muy pequeña de la labor que hacemos desde hace 45 años. Esperamos que los disfruten.

¿Chocará un asteroide contra la Tierra?

Sergio Camacho Lara*

José Guichard Romero**

José Ramón Valdés Parra***

*Secretario General del Centro Regional de Enseñanza de Ciencia y Tecnología del Espacio para América Latina y el Caribe (CRECTEALC).
**Director del CRECTEALC campus México, Investigador Titular A de la Coordinación de Astrofísica del INAOE.
***Investigador Titular A de la Coordinación de Astrofísica del INAOE.

A pesar de que la probabilidad del impacto de un asteroide con la Tierra es baja, la respuesta a la pregunta que da título a este artículo es sencilla: sí, sí chocará. El problema es no saber cuándo, y en qué parte de la Tierra se producirá el impacto y qué consecuencias tendrá, local o globalmente, para la humanidad. Sin embargo, los conocimientos que tenemos del comportamiento orbital de los asteroides y el avance tecnológico actual hacen posible emitir una alerta temprana y desarrollar misiones espaciales que eviten la colisión o elaborar planes eficientes de contingencia y mitigación de daños. A diferencia del resto de los peligros de origen natural, el choque de un asteroide es el único desastre que se puede impedir o, como otros desastres, menguar, adoptando a su debido tiempo las medidas necesarias.

Particular atención hay que prestar a los asteroides cercanos a la Tierra (NEAs, por sus siglas en inglés), los cuales orbitan a menos de 1.3 unidades astronómicas del Sol. Estas órbitas los

pueden acercar a unos 45 millones de kilómetros de la esfera terrestre. Aquellos asteroides con aproximaciones orbitales a la Tierra del orden de 0.05 unidades astronómicas, es decir a escasos 7.5 millones de kilómetros, forman el subgrupo de los Asteroides Potencialmente Peligrosos (PHAs, por sus siglas en inglés). Hasta la fecha se han descubierto alrededor de 15 mil NEAs, mientras que la lista actual de PHAs está formada por 1 730 objetos.

Acuerdos internacionales han dado lugar al establecimiento de una red de sistemas observacionales para detectar y caracterizar NEAs, la International Asteroid Warning Network (IAWN) y a un grupo de agencias espaciales que han comenzado a planificar misiones espaciales para responder a diversos escenarios de impacto por un NEA, el Space Missions Planning Advisory Group (SMPAG).

El riesgo de que un asteroide o cometa choque con la Tierra es muy bajo, pero en función del tamaño del objeto y del lugar del impacto, las consecuencias podrían ser catastróficas para la vida humana y para la infraestructura cercana al sitio del encontronazo. En general, la magnitud del perjuicio por esta causa y la elaboración de los planes de prevención de impacto y/o mitigación de daños dependen de cuatro factores fundamentales: el tiempo disponible antes del impacto, las propiedades físicas del asteroide (diámetro, masa o densidad, porosidad, etcétera), los parámetros de entrada del asteroide en la atmósfera de la Tierra (ángulo de la trayectoria y velocidad de llegada), y la distancia de una localidad al punto del choque y características del área (zona urbana, agua, roca sedimentaria o roca ígnea).

Por ejemplo, una roca porosa (con densidad p = 1,500 kg/m3) de 50 m de diámetro que ingrese a la atmósfera a una velocidad de 20 km/s y bajo un ángulo de 30 grados, comenzará a fragmentarse a una altura de 75 km en la atmósfera, produciendo trozos con velocidades del orden de 9.6 km/s. La energía liberada por los bólidos será de

3.61 megatones de TNT, probablemente sin producir un cráter. Si la roca es sustituida por un asteroide metálico (p = 8,000 kg/m3), del tamaño del "Apophis" (270 m), las consecuencias serían catastróficas. El proyectil impactaría la superficie terrestre a una velocidad de 20.6 km/s, liberando una energía de 4,190 megatones de TNT que generaría un cráter de 6.4 km de diámetro y una profundidad de 520 m. Se provocaría un sismo de 7.0 puntos en la escala de Richter que en dos segundos alcanzaría a una localidad situada a 10 km del punto de impacto. Por otro lado, los fragmentos eyectados por el impacto tendrían un diámetro promedio de 17.5 m que alcanzarían la misma localidad 45 segundos después del impacto; la onda expansiva, a una velocidad de 1,120 m/s, arribaría 15 segundos antes. Estos números, sin duda, ilustran las potencialidades de un asteroide para producir catástrofes locales, regionales o incluso de naturaleza planetaria.

Los impactos más recientes a la Tierra por NEAs incluyen notablemente los eventos de Tunguska, Siberia, Rusia en 1908 y de Chelyabinsk, Rusia, del 15 de febrero de 2013. El meteoro de Tunguska estalló en el aire y destruyó un área de 2 000 km2, equivalente al área metropolitana de una ciudad grande. El meteoro que explotó a unos 30 km de altura cerca de la ciudad de Chelyabinsk fue de un diámetro de 14 -17 metros y liberó una cantidad de energía equivalente a 600 mil toneladas de TNT.

Surgen entonces varias preguntas para tratar de entender a qué peligro nos estamos enfrentando: ¿cuántos asteroides de diferentes tamaños existen?, ¿qué tan frecuente puede ser un evento de esta naturaleza en función del tamaño de los asteroides?, ¿qué cantidad de energía se libera cuando asteroides de diferentes dimensiones chocan con la Tierra?

Comparando el número de NEAs descubiertos con estimaciones teóricas del número que debe existir de ellos, se puede establecer que hay menos de 10 asteroides cercanos

a la Tierra del tamaño del que, probablemente, provocó la extinción de los dinosaurios y del 80% de la biodiversidad en la Tierra al final del periodo Cretácico de la Era Mesozoica y que dio lugar a la formación del cráter de Chicxulub en la península de Yucatán. Por otro lado, NEAs del tamaño del que produjo el evento en Tunguska, hay del orden de 250 mil. Otro aspecto crucial en el entendimiento de la peligrosidad de estos cuerpos pequeños del sistema solar es la frecuencia de sus impactos en la superficie de la Tierra. Mientras que un asteroide de 350 m puede impactar el planeta una vez cada 16 mil años, la frecuencia de impacto para uno de 60 m es de un evento cada 200 años.

Lo que realmente resulta preocupante, y nos debe ocupar en el futuro inmediato, es que si para asteroides cercanos, mayores a 2.5 km, se ha encontrado el 95% de ellos, el número localizado se reduce al 1% para asteroides menores a 100 m; es decir, que aún hay una gran cantidad de asteroides con órbitas cercanas a la Tierra por descubrir. Actualmente la comunidad astronómica internacional tiene como meta encontrar el 95% de los asteroides mayores a 140 m para el año 2020. Sin embargo, aun llegando a esta meta, asteroides de 100 a 50 metros de diámetro podrían impactar con poder explosivo del orden de 100 megatones de TNT y podrían causar daños muchas veces superiores a cualquier terremoto o tsunami conocidos.

Sin duda, se requiere de la cooperación internacional y la contribución de diversos observadores en el mundo para lograr este objetivo, cuya meta fundamental es encontrar el mayor número de asteroides desconocidos antes de que uno de ellos nos encuentre a nosotros.

Robots y drones en nuestra vida diaria

Eduardo Morales Manzanares*

José Martínez Carranza**

*Investigador Titular C de la Coordinación de Ciencias Computacionales del INAOE,
**Investigador Asociado C de la Coordinación de Ciencias Computacionales del INAOE.

Desde que aprendemos a usar, por ejemplo, un horno de microondas, aceptamos que podemos confiar en las máquinas para que realicen actividades por nosotros. Esta confianza se ha ido extendiendo a máquinas cada vez más complejas y, en particular, a los robots, los cuales se han incorporado gradualmente en la vida cotidiana. Son comunes desde hace tiempo en las líneas de producción, por ejemplo, de las empresas automotrices, pero también existen robots-aspiradoras, cortadores de pasto, limpiadores de albercas, coches y drones (semi) autónomos, así como juguetes o mascotas de diversos tipos, y cada día se desarrollan más.

La palabra robot proviene del checo robotnik, que significa trabajador y la utilizó el dramaturgo checo Karel Čapek en su obra R.U.R. (Rossum's Universal Robots), la cual se estrenó en 1921. Las primeras ideas de sirvientes autónomos se remontan a la mitología, como el gigante de bronce Talos, que vigilaba Creta, o Golem, el protector de

los judíos en Praga. También se desarrollaron autómatas desde la antigua Grecia y en la antigua China, y su progreso continuó durante varios siglos. Los robots también han sido tema recurrente en muchas de las obras de ciencia ficción y se incluyen regularmente en varias de las películas recientes.

Un robot se puede definir como una máquina programable que percibe y actúa en el mundo con cierta autonomía. En la época moderna empezaron a surgir a partir de la revolución industrial y gracias a los avances en mecánica, electrónica y computación. Uno de los primeros robots surgidos de los laboratorios de Inteligencia Artificial fue "Shakey", creado en la Universidad de Stanford, en California, en los años 60 y con la capacidad de planear cómo ir de un lugar a otro, empujar un objeto y percibir su ambiente con cámaras. El desarrollo de estas máquinas ha sido continuo desde entonces, pero hasta años recientes se ha registrado un incremento acelerado en robots de toda clase. Actualmente los hay móviles que sirven de guías y explican exhibiciones en museos; otros que ayudan en hospitales; los que exploran planetas, como el "Mars Pathfinder"; brazos robóticos que apoyan en operaciones de laparoscopía de alta precisión, como el "Da Vinci"; robots humanoides que empiezan a realizar labores cada vez más complejas, como el "Nao", el "PR2" o "ASIMO" de Honda; o vehículos autónomos aéreos (drones), terrestres (coches), como el de Google o el Tesla, y acuáticos (lanchas y submarinos), utilizados en diversas aplicaciones. Se espera que en un futuro cercano sea tan común tener un robot en la casa como ahora es contar con una computadora.

La incorporación más habitual de los robots en la vida diaria va a traer importantes repercusiones, tanto económicas como sociales. A pesar de que, en general, la tecnología ha servido para generar más empleos de los que desplaza, existen más temores sobre el desarrollo de robots. Se espera que las fuentes laborales a futuro estén

orientadas a explotar más las capacidades cognitivas de las personas; también surgirán, si es necesario, legislaciones para proteger a la población. La inclusión de la robótica en forma masiva ocurrirá y va a cambiar en buena medida a la sociedad como la conocemos, por lo que es fundamental participar en estas modificaciones para poder moldearlas, entenderlas y dimensionarlas.

¿Los robots pueden volar?

El deseo de las personas por volar como las aves tiene ya historia. Leonardo Da Vinci bosquejó una máquina voladora aproximadamente unos 400 años antes de que se pudiera probar el primer avión, de los hermanos Wright, que logró elevarse y avanzar en el aire exitosamente; lo anterior, a principios del siglo XX. Pero no conformes con haber conquistado el cielo, otro reto casi inmediato a este evento surgió: que un vehículo pudiera volar de manera autónoma, esto es, sin un piloto a bordo. A una máquina que pueda hacer esto se le conoce como Vehículo Volador Aéreo no Tripulado (VANT), o como hoy se le llama popularmente: dron. Haciendo historia, los primeros drones fueron los globos aerostáticos sin pilotos, utilizados por los austriacos en 1849. A principios del siglo XX surgirían también los prototipos de aviones completamente mecánicos y sin tripulantes o piloto a bordo, ejecutando los primeros vuelos autónomos.

Actualmente los drones son tan comunes para nosotros como los teléfonos móviles, esto es, su costo se ha hecho accesible al público de manera masiva y su uso sigue en aumento. Pero el éxito de ambos productos está asociado a un factor común: la computadora, dispositivo cuyo poder de procesamiento se ha elevado significativamente en la última década. Adicionalmente, la reducción en tamaño de la computadora ha permitido adaptarla no solamente a los teléfonos móviles, sino también a drones y robots, en los que funge como el cerebro artificial que ayuda a

un robot, y a un dron, a tomar decisiones con base en la lectura de datos que obtiene de los sensores con los que observa al mundo; por ejemplo, a través de cámaras, láser, ultrasonido, etcétera. Por tanto, como puede notarse, los drones son también un robot aéreo, puesto que involucra los tres módulos principales que deben incluir: sensores, actuadores y un sistema de inteligencia artificial para la toma de decisiones, el cual es un programa computacional que se ejecuta en un equipo a bordo de la estructura robótica.

De este modo, la oferta masiva de drones para consumo de aficionados "no expertos" es sólo la punta del iceberg. Los drones y su nivel de sofisticación han permitido orientarlos hacia aplicaciones civiles que están cambiando al mundo. Tan es así, que grandes consorcios empresariales como Amazon y Walmart han creado un programa con el objetivo de desarrollar drones que entreguen paquetes. Por otra parte, también se utilizan ampliamente en tareas de inspección de puentes, edificios, turbinas de viento y torres eléctricas, entre muchas otras tareas de supervisión remota. Asimismo, existen aplicaciones en la generación tridimensional de modelos a partir de las imágenes que se capturan con las cámaras a bordo del dron y que se usan en ingeniería civil, en arquitectura y hasta en la agricultura.

El futuro de la robótica y los drones

En el futuro se espera contar con robots que sirvan en el cuidado de adultos mayores, para rescatar a víctimas de desastres naturales, para operar vehículos autónomos que reduzcan el número de accidentes y optimicen el transporte público, en exoesqueletos y prótesis que devuelvan la movilidad a personas con algún tipo de problema motriz, robots que tengan apariencia de humanos y que sirvan, por ejemplo, como recepcionistas, además de crear mascotas inteligentes y robots para todo tipo de entretenimiento.

De manera análoga, la ciencia y la tecnología que se desarrolla en diferentes centros de investigación, como en el INAOE, también se enfoca en mejorar los algoritmos de inteligencia artificial que permitan a los robots y a los drones ser autónomos; pero en el caso de los drones, a volar más allá de la línea de vista del piloto y de manera independiente, lo que significa que deben evitar chocar con aves, árboles o algún otro objeto que pueda representar una amenaza. En cuestión de aplicaciones, se habla de drones que persigan a otros que invadan espacios no autorizados de vuelo, el uso de flotillas de drones que cooperen entre sí para realizar tareas de exploración y vigilancia, cobertura televisiva de eventos (deportes, conciertos, etcétera). Se espera incluso que puedan ser utilizados en la exploración de otros planetas, en colaboración de robots como el "Mars Pathfinder", de modo que un dron explore el terreno desconocido en el planeta y descubra una ruta segura de tránsito para el robot terrestre.

Finalmente, no cabe duda de que hablar del futuro es excitante, pero más excitante es darse cuenta de que los avances robóticos actuales nos brindan evidencia para pensar que ese futuro está cada vez más cercano; tal vez, incluso, un día algún robot escriba un artículo como éste, para ser publicado en un libro que será entregado por un dron.

Luz que sana

M. David Iturbe Castillo*

David Sánchez de la Llave**

La luz ha ostentado un papel fundamental en la historia de la humanidad, desde el descubrimiento del fuego y su uso como iluminación nocturna, hasta la era del internet, en que la luz láser confinada en una fibra de vidrio es la portadora de inmensas cantidades de información e hizo posible que prácticamente el mundo entero esté interconectado y comunicado en tiempo real.

El entendimiento de la naturaleza de la luz, así como de su comportamiento, ha conducido al desarrollo de inventos que han revolucionado el pensamiento de la humanidad, como lo fue el telescopio y el consecuente descubrimiento de que no estamos en el centro del universo. No tiene más de 60 años desde que se inventó la primera fuente de luz láser y, seguramente, en aquella época nadie hubiera imaginado el impacto que tendría en nuestra forma de vida en tan poco tiempo. Como ejemplo basta mencionar que de esta invención se desarrolló el elemento básico de los sistemas

* Investigador Titular C
**Investigador Titular B, ambos de la Coordinación de Óptica del INAOE.

de iluminación de todos los teléfonos celulares modernos (el diodo emisor de luz o LED, por sus siglas en inglés) que permiten un bajo consumo de energía y un gran brillo en las imágenes.

Un importante reconocimiento a la relevancia de la luz en nuestras vidas es el hecho de que la Organización de las Naciones Unidas declarara 2015 como el Año Internacional de la Luz y las Tecnologías Basadas en la Luz.

A continuación, hacemos un breve recuento del efecto que ha tenido en tres áreas que consideramos seguirán progresando de manera inimaginable, éstas son el transporte y almacenamiento de información, la medicina moderna y la generación de energía eléctrica.

Empezamos con dispositivos relacionados con el entretenimiento, como son los reproductores de música y de películas. Hasta hace pocos años era común que ambos tipos de archivos se guardaran en elementos conocidos como discos compactos (CD) o en videodiscos (DVD o Blu-ray), para cuya reproducción se requiere de un equipo adecuado, que esencialmente utiliza la luz de un láser. Éste es una fuente de luz, su emisión es de un solo color y tiene una alta direccionalidad. Sin embargo, actualmente la reproducción de música o de películas requiere que tengamos un dispositivo que se pueda conectar a internet para que desde un sitio o aplicación adecuado se elija lo que se quiere escuchar o ver. Internet es un recurso que emplea varios dispositivos ópticos, o sea, que necesitan de luz. El principal elemento que hace que actualmente podamos utilizar internet, o un teléfono inteligente con todos sus recursos, se llama fibra óptica: hilo de vidrio por el cual se propaga luz a grandes distancias, sin sufrir pérdidas. Usar luz para las comunicaciones incrementó, en primer lugar, la velocidad a la que podemos enviar esta información y, en segundo lugar, la cantidad de información que es posible mandar en un solo cable.

El almacenamiento de datos es otra área que ha sido impactada con el uso de la luz. Un CD puede guardar 700 megabits (700 millones) de datos, mientras que un DVD tiene la capacidad de albergar aproximadamente siete veces más información que el CD y el Blu-ray cinco veces más que un DVD. Todo esto, debido a que se emplea luz con menor longitud de onda y, consecuentemente, se puede enfocar en áreas más pequeñas.

La electrónica también se ha beneficiado con el desarrollo de fuentes eficientes de luz azul, permitiendo que cada vez en menor espacio se coloquen más elementos electrónicos, como los transistores. En consecuencia, se tienen computadoras, teléfonos y otros artefactos electrónicos con gran desempeño, compactos y a costos accesibles. Un método particular de archivar información en un espacio pequeño se conoce como holografía y éste es utilizado para crear sellos de seguridad o autenticidad, ya que no es posible replicarlos fácilmente.

En el diagnóstico y tratamiento de ciertas enfermedades, los dispositivos basados en la luz tienen una gran importancia. Por ejemplo, los microscopios son esenciales para conocer los componentes en la sangre; a estos microscopios se les han agregado otros elementos que contribuyen generar fenómenos –como la fluorescencia o la emisión Raman– en las muestras observadas y ser así más precisos en el diagnóstico y tratamiento de padecimientos. El uso de fibras ópticas permite observar el interior del cuerpo y determinar con precisión dónde están localizadas las regiones enfermas. En odontología es posible utilizar láseres para eliminar con gran precisión la parte dañada de los dientes, también se usa luz en la región azul y ultravioleta del espectro para colocarles recubrimientos que los protejan o los blanqueen. La luz de un láser puede ser utilizada como bisturí en ciertas cirugías, además actúa como sutura y favorece una rápida

cicatrización. Actualmente, se aplican técnicas basadas en obtener imágenes a través de iluminar con luz láser de distintos colores ciertos tejidos, para detectar cáncer e irradiar sangre con luz ultravioleta, así se potencializa la capacidad de lucha contra esta enfermedad. Algunas drogas se pueden activar selectivamente para destruir células cancerosas mediante luz; con este recurso también es posible eliminar algunos tumores o destruirlos.

La tecnología pronto llegará al punto en que en una píldora se introduzcan una cámara y sensores que envíen imágenes en su trayecto en el interior de la persona que la ingirió, para ser analizadas por los médicos. También es posible pensar que pronto se pueda hacer un diagnóstico sin necesidad de que el paciente acuda a un hospital, ya que portaremos sensores que manden al especialista la información, vía un teléfono inteligente. El impacto que la luz ha tenido en el avance de la medicina moderna seguramente seguirá incrementándose de manera acelerada en el futuro.

Finalmente, hemos sido capaces de convertir la luz en energía eléctrica, esto es posible al utilizar materiales semiconductores que convierten la luz solar en energía eléctrica, ya sea para uso inmediato o para almacenarla. Lo anterior permite independizarnos de las fuentes de energía no renovables y también reducir la cantidad de contaminantes producidos en estos procesos. Es indudable que los próximos desarrollos en esta área tendrán un profundo efecto positivo sobre nuestro medio ambiente.

Nanoelectrónica

Alfonso Torres-Jácome*

En revistas, periódicos, noticieros, en conversaciones, en el cine, en todos lados escuchamos el prefijo "nano" de manera muy insistente; hemos oído sobre nanomateriales, nanorobots, nanomedicina, nanociencia, nanotubos, nanotecnología y nanoelectrónica, entre otros; es más, hasta el muy comercial iPod es nano. Revistas como *Science, Scientific American* o *Forbes* dedican números especiales a estos temas. Ha sido tal el impacto de este prefijo, que ya imaginamos como en la película "Yo robot", un ejército de nanorobots construyendo un ejército de androides de trabajo o vigilancia, o bien nos soñamos de tamaño tan pequeño que, como en la cinta "Viaje fantástico", exploramos el cuerpo humano dentro de una nave diminuta. Pero, ¿hasta dónde nuestras expectativas sobre "nano" serán alcanzadas?, ¿qué tiene que ver la nanoelectrónica en este proceso?, ¿es verdad que nano abarca todos los aspectos de nuestra cotidianidad? Trataremos de manera muy breve, y esperamos sencilla, dar una respuesta a estas preguntas.

*Coordinador de Electrónica en el INAOE.

El prefijo *nanus* proviene del latín que significa enano, diminuto, pequeño. Se usa en notación científica para indicar un factor de 10-9, es decir, multiplicar una cantidad por 0.000000001. En otras palabras, es la mil millonésima parte de algo. Así, un nanómetro (nm) es la millonésima parte de un milímetro; un cabello humano mide 50 000 nm de diámetro. La cosa más pequeña visible al ojo humano es de 10 000 nm, 10 átomos de hidrógeno en una línea miden 1 nm. La geometría más pequeña grabada en un chip comercial (en 2014) es de 65 nm.

Nano regularmente se asocia a ciencia y tecnología. De acuerdo con el *Diccionario de la lengua española*, ciencia es el conjunto de conocimientos obtenidos mediante la observación y el razonamiento, sistemáticamente estructurados y de los que se deducen principios y leyes generales con capacidad predictiva y comprobables experimentalmente. Ciencia es simplemente la necesidad de saber, la curiosidad humana que persigue un objetivo y usa el método científico para su consecución. Por otro lado, tecnología es la serie de conocimientos técnicos, científicamente ordenados, que permiten diseñar y crear bienes y servicios que facilitan la adaptación al medio ambiente, además de satisfacer tanto las necesidades esenciales como los deseos de la humanidad. En buena medida esta definición refleja la gran diferencia respecto de la ciencia, pues la creación de bienes o servicios involucra la protección de la tecnología y, en consecuencia, la generación de ganancias.

Nanociencia, en su definición más simple, es el estudio de los principios fundamentales de moléculas y estructuras con al menos una dimensión entre 0.1 y 100 nm; esas estructuras se conocen como nanoestructuras. La nanotecnología es el análisis, diseño, creación, síntesis, manipulación y utilización de materiales, aparatos y sistemas

funcionales a través del control de la materia a nanoescala, así como la explotación de fenómenos y propiedades de la materia a nanoescala. En otras palabras, nanotecnología es la aplicación de esas nanoestructuras en dispositivos útiles en la nanoescala. ¿Por qué los límites de 0.1 a 100 nm? El límite inferior es congruente con la propuesta de quien se considera el padre de la nanociencia, Richard Feynman, quien en 1959 sugirió fabricar productos con base en un reordenamiento de átomos y moléculas. En ese año, este gran físico publicó un artículo que analizaba cómo los ordenadores trabajando con átomos individuales podrían consumir poquísima energía y conseguir velocidades asombrosas. Es decir, 0.1 nm se considera el tamaño del átomo y es lo que hasta hoy se puede manipular. El límite superior de 100 pareciera que es sólo para conservar las dimensiones debajo del micrómetro (una millonésima de metro). Sin embargo, en estos rangos suceden cosas muy importantes en la materia, resulta que a nivel atómico partículas como el electrón tienen un comportamiento de onda y de partícula. Recordemos que los electrones forman parte del átomo y en un sólido se mueven libremente en todo su volumen; no obstante, si reducimos el tamaño del sólido hasta dimensiones entre 0.1 y 100 nm, el movimiento de los electrones queda restringido a estas regiones. Las mencionadas dimensiones son del orden de la longitud de onda asociada al electrón (llamada longitud de De Broglie) y se dice que está confinado. Cuando esto sucede, todas las propiedades de los materiales se modifican; por ejemplo, el oro cambia su punto de fusión, que disminuye conforme decrecen las dimensiones de las nanopartículas.

El color, otra de sus propiedades, también depende de su tamaño y de esta manera puede tener diferentes coloraciones a la que le conocemos en su forma macroscópica. A través de este ejemplo podemos decir aquí que ¡el tamaño sí

importa!, ya que en esta escala de la materia al cambiar las dimensiones, modificamos todas las características de las partículas. De tal manera que, sin usar materiales diferentes, con únicamente controlar el tamaño, podemos obtener "nuevos" resultados con peculiaridades muy diferentes a las del material que en forma macroscópica usamos y conocemos.

En resumen: nano es la convergencia entre mecánica clásica, dispositivos y sistemas, mecánica cuántica y efectos cuánticos, con estructuras biológicas a la escala de diseño natural, ya que la naturaleza realiza todas sus funciones básicas como fotosíntesis, reproducción, etcétera., en esta escala. Nano trabaja en la escala final de la materia.

¿Dónde queda nanoelectrónica? Es, en realidad, una de las convenciones que causa más confusión. Si bien es la rama de la electrónica dedicada a los circuitos integrados con transistores en tamaños del orden de 0.1 a 100 nm, la nanoelectrónica se refiere, a menudo, a transistores de tamaño tan reducido que se necesita un estudio más exhaustivo de las interacciones interatómicas y de las propiedades mecánico-cuánticas. Es por ello que transistores actuales (como el de los procesadores Pentium 4 de Intel) no son listados en esta categoría, a pesar de contar con un tamaño menor a 90 o 65 nm.

A los dispositivos nanoelectrónicos se les considera una tecnología disruptiva, ya que los ejemplos actuales son sustancialmente diferentes a los transistores tradicionales. Entre ellos, cabe destacar la electrónica de semiconductores de moléculas híbridas, nanotubos/nanohilos de una dimensión o la electrónica molecular avanzada, entre los cuales se mencionan materiales como nanotubos de carbón, grafeno y otros en forma de películas monoatómicas que resultan en dispositivos extremadamente rápidos en su operación y funcionamiento.

Recordemos los orígenes de las técnicas de miniaturización. Con la invención del transistor –en 1947, en los laboratorios Bell– se dio un paso importante en la electrónica moderna; pero fue 11 años después, con el desarrollo de tecnología planar en silicio, por Hoerni y Noice de Fairchild Semiconductors, que se realizaron de manera uniforme y con idénticas características todos los dispositivos semiconductores. También en 1958 y de casi simultáneamente, J. Kilby (Texas Instruments) y Hoerni y Noice anunciaron el concepto del "circuito integrado". Esto es, todos los componentes de un circuito se realizan ahora en un mismo substrato, de tal manera que la temperatura de operación y, por lo tanto, todas sus características de funcionamiento son las mismas, resultando en la óptima actividad, rendimiento y consumo de energía. Lo anterior ha derivado en la ubicuidad de la electrónica, ya que ha sido el motor y la energía detrás de todas las técnicas de miniaturización que se requieren para poder ofrecer, mediante el concepto de circuito integrado, cada vez más funciones a menor costo en cada nueva generación de microprocesadores, sistemas integrados que se han convertido en el arquetipo de la industria manufacturera electrónica. Así, la producción electrónica es la generadora de todas las técnicas de miniaturización y caracterización de dispositivos semiconductores.

¿Queda la industria manufacturera fuera de la nanoelectrónica? ¡La respuesta es un rotundo no! Recordemos las definiciones de ciencia y tecnología. En la primera sólo importa crear conocimiento nuevo y en la segunda la generación de ganancias. Así que la parte "disruptiva" de nanoelectrónica se considera ciencia básica hasta que no demuestre su utilidad en circuitos integrados comerciales. En otras palabras, la electrónica, como toda ciencia aplicada, es manejada por ganancias.

¿Qué podemos hacer en México para participar de nanoelectrónica? La propia industria electrónica la tiene en su ruta de crecimiento. Resulta que, como buenos negociantes, los industriales de la electrónica a nivel global han formado desde 1988 la "Semiconductor Industry Association", asociación que se reúne cada dos años para decidir de manera conjunta los esfuerzos de esta industria para mantener su vigencia y la de la Ley de Moore, mediante la publicación de una "Ruta de los Semiconductores". La ley de Moore expresa que cada dos años se duplica el número de transistores de un circuito integrado, al mismo tiempo que el costo se reduce 30% y la funcionalidad aumenta en 30%. Esto ha cambiado hasta la manera de ver la economía, ya que esta industria compite por ofrecer bianualmente productos de mayor funcionalidad a menor costo, lo que ha derivado en la mencionada ubicuidad de la electrónica.

Desde 2003, la "Ruta de los Semiconductores" sigue no sólo el camino de continuar reduciendo dimensiones de los dispositivos, sino también una alternativa que han llamado "Más allá de la Ley de Moore". Ésta, en pocas palabras, consiste en la incorporación de materiales que den mayor funcionalidad al silicio y todo integrado dentro de lo que se conoce ahora como "Sistemas en un paquete"; es decir, componentes optoelectrónicos, de alta frecuencia, componentes pasivos sensores, materiales nanoestructurados y hasta semiconductores, con el propósito de ofrecer mucho más funcionalidad e interacción con los usuarios en áreas de biología, medicina, deportes, comunicaciones, recreación, etcétera. En México se tiene una gran cultura y conocimiento en nanociencia, hay muchas instituciones involucradas en la producción de nuevos materiales nanoestructurados y su caracterización. Por otro lado, en el INAOE contamos con los laboratorios de Microelectrónica y de Innovación MEMS que permiten incorporar materiales nanoestructurados a

la tecnología del silicio. Con esto estamos en condiciones de innovar a nivel global en lo referente a “Más allá de la Ley de Moore”, ya que la meta no es simplemente obtener menores dimensiones en los dispositivos, sino aumentar las capacidades de la referida tecnología.

Vista multicolor del universo desde México

Raúl Mújica García*

La astronomía es un tanto diferente de otras ciencias, debido a que no es una ciencia experimental; generalmente no se puede manipular el objeto de estudio, con sus excepciones, como los que analizan planetas o meteoritos y que a veces pueden hasta tocar muestras. Sin embargo, no es posible reproducir los fenómenos celestes en un laboratorio, tampoco podemos repetirlos; por ejemplo, si hay una explosión de supernova y no la observamos por estar distraídos viendo la tele, pues se nos pasó, no hay posibilidad de solicitar que se repita tal explosión.

Empero, tenemos la luz. Y no me refiero a que los astrónomos sean seres iluminados, aunque muchos de ellos son realmente muy inteligentes, sino a que la luz es la materia prima de la astronomía. La luz es el principal medio por el cual podemos conocer la naturaleza de los objetos celestes y no sólo aquella que llamamos visible, sino todas las "luces", en las diferentes frecuencias del espectro electromagnético, la mayoría de las cuales no podemos observar con nuestros ojos, como los rayos X o el infrarrojo.

* Investigador Titular B de la Coordinación de Astrofísica del INAOE. Responsable de Divulgación y Comunicación.

Ya que casi toda la información que obtenemos es a través de la luz, entonces resulta importante saber más acerca de cómo funciona, lo que es y cómo podemos extraer la información de ella; de esta manera podremos utilizarla mejor para establecer las características de estrellas, nebulosas, galaxias y todos los objetos celestes que están fuera de nuestro alcance.

Desafortunadamente no sólo basta con observar, debemos colectarla y registrarla para posteriormente examinarla. Y así como en todas las ciencias, mientras más información tenemos, mejor; en Astronomía, mientras más luz podamos colectar mejor será nuestro análisis. Es por esto que se diseñan y construyen telescopios cada vez más robustos, se desarrollan detectores cada vez más sensibles y se utilizan computadoras cada vez más potentes.

Por otro lado, aunque no podemos efectuar experimentos controlados y además estamos limitados a observar todos los fenómenos desde casi la misma localización –la Tierra o sitios muy cercanos–, contamos con un gran laboratorio, del tamaño del Universo, que nos ofrece un vasto número de fenómenos a admirar (si se nos pasó la explosión de una supernova, habrá otras más que sí podremos ver, pero de todos modos es bueno no ver tanta tele), muchos de los cuales no es posible reproducir en laboratorios terrestres.

Sin embargo, lo que contemplamos es sólo una porción de la realidad, y no nos referimos a los límites de nuestra visión debido al brillo de los objetos que se encuentran a grandes distancias o a que son muy pequeños, sino a los tipos de luz que, como ya mencionamos, nuestros ojos no pueden ver, ya que están limitados para detectar una porción muy pequeña del espectro electromagnético.

Debemos recordar que la luz es una onda electromagnética. El espectro total de las ondas electromagnéticas está dividido en regiones, con diferentes frecuencias o longitudes de onda. Así, tenemos la región de radio, microondas, infrarrojo (IR),

luz visible (óptico), ultravioleta (UV), rayos X y rayos gamma. Las longitudes de onda mayores son para la radio (de hasta kilómetros), más cortas para la luz en el óptico (milésimas de milímetro) y mucho más cortas para rayos gamma (millonésimas de milímetro).

William Herschel descubrió la luz infrarroja, mientras que Heinrich Hertz generó y detectó ondas de radio en 1888, cuya existencia había sido predicha un cuarto de siglo antes de que se detectaran por James Clerk Maxwell. Por otro lado, en 1895, Wilhelm Roentgen descubrió un tipo de radiación desconocida, al grado que la llamó "X", y que podía revelar detalles del cuerpo humano, especialmente de los huesos. Pronto se reconoció que mientras el IR y el radio estaban en un extremo del espectro electromagnético, más allá del rojo, los rayos X estaban al otro lado, más allá del UV.

Sin embargo, estos hallazgos no fueron inmediatamente aprovechados por los astrónomos, básicamente porque, desafortunadamente, la atmósfera no permite el paso de la mayor parte de la radiación, y afortunadamente también, ya que los UV y la radiación más energética podrían haber inhibido la vida en el planeta.

Esta "opacidad" dificulta el estudio de la radiación que proviene de los objetos celestes con frecuencias fuera de la banda visible, y del radio. De tal manera que, para observar otras regiones diferentes a éstas, con excepción de unas ventanas muy angostas en el IR, es necesario salir de la atmósfera, colocar telescopios con sus detectores en globos a gran altura, en cohetes sonda o en satélites artificiales.

En México aún no instalamos satélites con telescopios en el espacio, aunque existen colaboraciones incipientes con esta orientación, pero sí tenemos acceso a datos obtenidos por diferentes misiones. Sin embargo, por otro lado, contamos con observatorios que son los mayores en el mundo y que cubren observaciones en varias bandas del espectro electromagnético, pero no en todo.

El Gran Telescopio Milimétrico (GTM) "Alfonso Serrano" se localiza en la cima del Volcán Sierra Negra o Tliltépetl, a 4 581 metros sobre el nivel del mar; es un radiotelescopio diseñado para operar en longitudes de onda de entre 0.85 y 4 milímetros, tiene una antena parabólica de 50 metros de diámetro. Su área colectora, de alrededor de 2 000 metros cuadrados, lo convierte en el radiotelescopio más grande de su tipo en el mundo. El GTM ya rinde muchos resultados científicos en tópicos como discos circunestelares, galaxias lejanas, lentes gravitacionales, proyectos de ciencia ciudadana y la observación del agujero negro supermasivo en el centro de la Vía Láctea.

En el mismo Volcán Sierra Negra se localiza HAWC (High Altitude Water Cherenkov). A 4 mil 100 metros de altitud, este observatorio estudia los fenómenos más energéticos del universo. Un año después de su inauguración, HAWC ya había captado más de 500 000 millones de rayos cósmicos y detectado rayos gamma de decenas de objetos celestes.

En otro continente, en las Islas Canarias (España), se encuentra el Gran Telescopio Canarias, el telescopio óptico más grande del mundo en la actualidad, con un espejo primario de 10.4 m de diámetro. México es socio, con 5%, de este proyecto que es gestionado por el INAOE y el IA-UNAM.

Volviendo a territorio mexicano, contamos con dos observatorios, con telescopios muy modestos (espejos primarios de 2 m de diámetro), que continúan siendo laboratorios ampliamente usados por la comunidad astronómica mexicana: el Observatorio Astronómico "Guillermo Haro", en Cananea, Sonora, y el Observatorio de San Pedro Mártir, en Baja California.

Tener acceso a todos estos instrumentos es muy importante, ya que actualmente los astrónomos utilizan, para sus investigaciones, observaciones en tantas frecuencias como les es posible, pues de esta manera podemos tener una idea más completa de la naturaleza de los objetos celestes.

Sin duda, estamos en una excelente época, en la cual podemos apreciar y estudiar el cielo en todo su esplendor y a todo color.

EL CEREBRO Y SUS PATOLOGÍAS

De la neurona al cerebro humano
Rosa Angélica Lucio

Del no me acuerdo al olvido
Samuel Bravo
Gabriel Roldán

De la adicción y otros desórdenes mentales
Claudia Juárez Portilla
Rossana Citlali Zepeda

¿Cómo afecta la depresión al cerebro?
Juan Francisco Rodríguez-Landa
Jonathan Cueto-Escobedo

Estrés en mamíferos: lucha, ataca o huye
José Armando Sánchez Salcedo
Anllely Grizett Gutiérrez Rodríguez

La enfermedad que nunca duerme
Álvaro Pavón-Rosado*
Montserrat A. Melgarejo-Gutiérrez

De la neurona al cerebro humano

Rosa Angélica Lucio*

Placer, alegría, tristeza, dolor y pasión vienen del cerebro y sólo de él. Con el cerebro pensamos y comprendemos. Vemos y oímos. Podemos diferenciar entre lo feo y lo hermoso, entre el bien y el mal.
Hipócrates (460-370 a. C.)

Para empezar

El cerebro es un órgano poco agradable en su apariencia y de blandengue consistencia. Aristóteles, el gran pensador griego del siglo III a. C., describió al cerebro como la masa blancuzca que enfría los sentimientos. Tal explicación satisfacía las interrogantes de la época, pero fue necesario que transcurrieran varios siglos de nuestra era para empezar a vislumbrar las funciones cerebrales, e iniciar el conocimiento de la belleza citoarquitectónica de las neuronas cerebrales. Nuestra intrincada masa encefálica, de armoniosa complejidad, no es una innovación de la naturaleza sino el fruto de millones de años de evolución.

*Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta, Universidad Autónoma de Tlaxcala.

No todos tienen neuronas

En el comienzo, hace 3 500 millones de años, las primitivas formas de vida que aparecieron en nuestro inmenso mar carecían de ese órgano blandengue. Se trataba de individuos unicelulares procariotas que reinaron por casi una eternidad en las aguas marinas, hasta que hace 570 millones de años surgieron los primeros seres multicelulares eucariotas. Eran organismos de frágiles y gráciles figuras denominados "cnidarios"; las anémonas de mar, los corales, las hidras y las medusas son ejemplos de ellos. El nombre del grupo, no musical sino filogenético, se debe a que portan cnidocitos donde se alojan delicados "arpones" que contienen sustancias urticantes. El disparo de estos cnidocitos, durante la defensa o el ataque, es eficazmente controlado por las neuronas, debutantes células, escuetamente distribuidas en los cuerpos de las anémonas y los corales. En contraste, en las hidras las neuronas son más numerosas y se organizan formando una red, por ello la distribución nerviosa se llama reticular. Sin embargo, en las medusas la organización se conoce como centralizada, dado que las neuronas se concentran en la parte anterior del cuerpo, formando dos anillos. En el borde de los anillos hay ocelos (células fotorreceptoras) y estatocistos (células del equilibrio).

Con neuronas, pero sin cerebros

Otro tipo de organización nerviosa se observa en los anélidos, que son los gusanos anillados, como la lombriz de tierra. Las neuronas forman agrupaciones en la parte anterior de su esbelto cuerpo, constituyendo ganglios cerebroides. En cambio, en los artrópodos –como los crustáceos e insectos– se distinguen en su cabeza tres lóbulos cerebroides: protocerebro, deuterocerebro y tritocerebro, que controlan a los ojos, las antenas y la boca, respectivamente. Esta estructura nerviosa se mantuvo durante otros millones de años, hasta llegar a formar cerebros resguardados en estructuras óseas.

Los primeros cerebros

Hace 500 millones de años aparecieron los primeros cerebros muy bien protegidos en el interior de la cavidad craneana de los vertebrados; los más pequeños fueron los de los peces y luego los de los anfibios. Se trataba de órganos en los que se distinguían tres pares de estructuras bulbosas alineadas, cada par antecedía al siguiente. El par más anterior corresponde a los lóbulos olfatorios; a continuación, los telencéfalos y luego los lóbulos ópticos, seguidos de una región globosa central, llamada cerebelo. Todas esas estructuras están comisionadas para controlar funciones básicas, como la respiración, el ritmo cardiaco y la presión arterial.

El cerebro de los reptiles

En los reptiles no sólo se conserva el arreglo cerebral de los peces y anfibios, sino que se añade el mesencéfalo, puente y bulbo raquídeo, conformando al tallo cerebral. Así, al conjunto de tallo cerebral y cerebelo se le da el nombre de cerebro reptiliano, que se encarga de las conductas instintivas como el apareamiento, la territorialidad, la necesidad de cobijo y de protección. El cerebro reptiliano sirve para la huida y la pelea, para beber, comer y regular la temperatura corporal. En otras palabras, es fundamental para la sobrevivencia del organismo, aunque no aprende ni anticipa, actúa en el momento; en suma, es impulsivo.

El cerebro de los mamíferos

Al cerebro reptiliano se le añadieron otras estructuras: hipocampo, amígdala, hipotálamo y tálamo, que conforman al sistema límbico característico de los mamíferos primitivos que aparecieron hace 60 millones de años. El sistema límbico de los mamíferos está relacionado con el miedo, el placer, la memoria, la atención, el aprendizaje, la agresión

y también con las emociones. Dicho sistema es activado por la estimulación del epitelio olfatorio, por genitales y boca. El cerebro de los mamíferos conservó las estructuras de los vertebrados que le antecedieron, no obstante, con una organización revolucionaria, dado que la parte anterior cubrió a la posterior. Con ello desapareció la exposición del tallo cerebral y permanecieron visibles el cerebelo y la nueva adquisición evolutiva: la corteza cerebral. Ésta permite la emisión de sonidos y tiene regiones especializadas que regulan el movimiento voluntario, así como el procesamiento de la información sensorial (visual, auditiva, gustativa, olfativa y táctil).

El cerebro de los homínidos y del *Homo sapiens*

Más recientemente, hace seis millones de años, el órgano cerebral de los mamíferos homínidos presentó nuevos cambios, siendo el más evidente la ganancia de tamaño debido esencialmente a la bipedestación. Los primeros homínidos que caminaron erguidos sobre las extremidades inferiores fueron los *australopithecus*. El bipedalismo facilitó tener las manos libres, favoreciendo que el *Homo habilis* empezara a tallar piedras, hace tres millones de años, y que el *Homo erectus* descubriera el fuego, hace dos millones de años. El hecho de mantenerse erguidos provocó modificaciones en las estructuras fónicas, facilitando así la comunicación que inició con sonidos guturales y culminó con el lenguaje. Todo lo anterior indujo el incremento cerebral de 400 cc en el *australopithecus*, a 1 400 cc en el *Homo sapiens* de hace 150 mil años.

La masa encefálica del *Homo sapiens sapiens* conserva reliquias biológicas de la evolución. La más antigua de ellas se encuentra en la posición más profunda, se trata del tallo cerebral; encima está el sistema límbico, que es menos antiguo, y la reliquia más reciente es la corteza cerebral que, ubicada superficialmente, envuelve a las dos anteriores. Cada reliquia corresponde a un cerebro distinto: instintivo, emocional y racional, respectivamente.

Del no me acuerdo al olvido

Samuel Bravo*

Gabriel Roldán*

Con frecuencia nos es difícil recordar dónde dejamos las llaves, qué día es hoy o el nombre de alguna persona, y es en esos momentos de la vida cotidiana que nos percatamos de una de las capacidades más valiosas que tenemos: la memoria. El aprendizaje y la memoria son funciones del sistema nervioso central que nos permiten adquirir, integrar, consolidar y recuperar información del pasado.

Gracias a la memoria podemos recordar tanto eventos y datos recientes, por ejemplo, una dirección o un teléfono que pronto olvidaremos (memoria de corto plazo), como vivencias del pasado remoto que es posible evocar vívidamente "como si hubieran ocurrido ayer" (memoria de largo plazo). Rememoramos, igualmente, información de muy distinto tipo, mediante la memoria declarativa y la no declarativa. A su vez, la memoria declarativa se divide en episódica y semántica; la episódica es el recuerdo de acontecimientos vividos de manera personal con una localización espacial y temporal específica, es nuestra memoria autobiográfica,

*Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina, UNAM.

como el día de tu boda o un accidente. La memoria semántica se refiere a nuestros conocimientos sobre cualquier tema, ese bagaje que adquirimos durante nuestra formación educativa: la historia de México, las operaciones matemáticas, las capitales del mundo, etcétera. Por su parte, la memoria no declarativa (también llamada implícita) se refiere a las habilidades motoras, como andar en bicicleta o escribir, y al condicionamiento, como cuando frenamos el auto ante una luz roja.

Aunque en nuestro sistema nervioso no existe un lugar específico para archivar la memoria, se ha demostrado que el sistema límbico –principalmente el hipocampo y la corteza cerebral– tienen un papel fundamental en la adquisición y almacenamiento de la memoria declarativa, mientras que otras estructuras subcorticales están vinculadas con la memoria no declarativa.

Los recuerdos no se forman de manera inmediata después de que se adquiere la información, sino que deben pasar por un proceso llamado consolidación para ser almacenados permanentemente y que puedan evocarse posteriormente. Al inicio de la formación de un recuerdo, la actividad eléctrica y los cambios a nivel molecular en las redes neuronales involucradas en el procesamiento de los estímulos suelen ser breves y frágiles, de manera que si la información no es relevante o reforzada por repetición, se pierde con facilidad. Sin embargo, cuando ésta es suficientemente importante o significativa ocurren cambios estructurales en las sinapsis, es decir, en las conexiones entre las neuronas que constituyen el soporte físico de los engramas (representaciones neuronales de las memorias) y así un recuerdo se mantiene por días, años e incluso toda la vida.

En las últimas décadas se ha investigado exhaustivamente la memoria normal, al igual que algunas entidades patológicas que producen amnesia. Este término, procedente de la raíz griega a-mnaomai (falta de recuerdo), hace referencia a la

pérdida de la memoria previamente adquirida. Así como existen distintos tipos de memoria, también los hay de amnesia, considerándose seis bien caracterizados hasta el momento. La amnesia retrógrada, anterógrada, global, de modalidad específica, transitoria y permanente.

La amnesia retrógrada se refiere a la pérdida de los recuerdos aprendidos antes de que ocurriera el evento desencadenante, como sucede en personas que no se acuerdan de quiénes son o dónde viven tras un fuerte golpe en la cabeza. La anterógrada es la incapacidad para adquirir nueva información después del evento amnésico. La global es la pérdida de la información que no se puede recuperar por ningún canal sensitivo. La amnesia de modalidad específica se refiere a la imposibilidad de recuperar la información por un canal sensorial determinado (auditivo, visual, olfativo, etcétera). Por último, la amnesia se puede clasificar en transitoria, como la que sucede posterior a un traumatismo cerebral o en permanente, como en las enfermedades neurodegenerativas.

Gran parte de nuestro conocimiento acerca la memoria proviene de la observación de pacientes con amnesia, como el famoso caso HM atendido por el doctor William Scoville, en 1953, quien estableció una relación directa entre las lesiones del lóbulo temporal medial y la amnesia anterógrada después de someter a HM a lobotomías bilaterales como un tratamiento extremo para sus crisis epilépticas incontrolables. La lesión redujo las crisis, sin embargo, provocó una importante merma de memoria declarativa y anterógrada, aunque dejó intacta la memoria implícita.

La pérdida de memoria puede presentarse de manera extraña. Esto se ha visto en algunos procesos patológicos del cerebro, en los cuales se afecta sólo un tipo de memoria y se preservan otras. Por ejemplo, los adultos mayores tienen problemas para recordar qué desayunaron o si ya tomaron su medicamento, empero, tienen muy claros y recuerdan con gran

detalle acontecimientos de su infancia. Asimismo, cuando una persona sufre un accidente cerebral es incapaz de acordarse de que pasó horas antes y después del mismo, pero sus recuerdos más antiguos se conservan íntegros.

Existen procesos patológicos complejos que pueden comprometer más de un tipo de memoria, tal es el caso de la enfermedad de Alzheimer, que es una patología neurodegenerativa cuyo síntoma principal es el déficit de memoria, lo que suele ser motivo de consulta con el médico. Frecuentemente se asocian otros trastornos de la conducta, como retraimiento, reducción progresiva de las actividades que se realizaban anteriormente e irritabilidad. Este trastorno cursa con un déficit en la consolidación y recuperación de la memoria, afecciones que son crecientes. Conforme va disminuyendo la capacidad para recordar, al padecimiento se agrega afasia (dificultad o imposibilidad para comunicarse por medio del lenguaje), apraxia (incapacidad para usar objetos, primero complejos y luego hasta los más simples), trastornos visoespaciales (inconveniente para orientarse espacialmente, confusión del lugar donde se encuentra y dificultad para interpretar objetos, como los espejos y la televisión). Por último, desarrollan perturbaciones del razonamiento, pensamiento abstracto y demás funciones ejecutivas.

Como hemos visto, prácticamente todo lo que somos como seres humanos reside en nuestra memoria: aprendemos desde caminar, hablar, comer o asearnos, hasta aquello que nos define individual y socialmente. Perder la memoria implica una despersonalización absoluta. ¡Cuidémosla!

De la adicción y otros desórdenes mentales

Claudia Juárez Portilla*

Rossana Citlali Zepeda*

En décadas pasadas se consideraba a la adicción como un simple vicio, pero gracias a las investigaciones en este campo hoy se reconoce como una enfermedad crónica del cerebro, un problema médico que puede ser tratado y rehabilitado, como se hace con otro tipo de enfermedades relacionadas con este órgano. La adicción se caracteriza por la dependencia física o psicofisiológica de determinada sustancia química, cuya supresión causa alteraciones en el individuo. En este sentido, el abuso de sustancias es definido como el uso de químicos psicoactivos sin fines terapéuticos, y se presenta cuando se cumple un patrón desadaptativo de consumo que conlleva un deterioro de la actividad ocupacional, social y de salud. Además, se acompaña de otros fenómenos fisiológicos, incluyendo la tolerancia y la sensibilización, ambos relacionados con la adaptación del cerebro, producida por la ingesta prolongada del estupefaciente.

*Centro de Investigaciones Biomédicas, Universidad Veracruzana.

Así, la adicción refleja un conjunto de trastornos caracterizados por: 1) la sensación compulsiva de ingerir la droga, 2) el síndrome de abstinencia al dejar de consumirla, que implica signos de hostilidad y 3) el uso continuo de la sustancia psicoactiva a pesar de las consecuencias adversas. Sin embargo, con frecuencia esta enfermedad se presenta junto con otros trastornos mentales, es decir, el abuso de drogas y el padecimiento mental suelen coexistir. Por ejemplo, desórdenes como ansiedad, depresión o esquizofrenia pueden preceder a la adicción, esto es, pueden conducir al abuso de drogas, posiblemente como una forma de automedicación. En otros casos, el exceso en el consumo de drogas puede desencadenar algunos desequilibrios mentales; por ejemplo, los pacientes que sufren de ansiedad o depresión pueden depender del alcohol, el tabaco u otros narcóticos para aliviar temporalmente sus síntomas.

A partir de la década de los 70 del siglo pasado, se documentó la relación entre el consumo de drogas y las enfermedades mentales. El investigador Moreau de Tours fue uno de los primeros que describió, entre otras cosas, que los consumidores de compuestos derivados de la marihuana, como el delta-9-tetrahidrocannabinol, tienen mayor riesgo de desarrollar psicosis, ansiedad y afecciones del estado de ánimo. Cabe mencionar que en estas personas parece existir algún tipo de predisposición al surgimiento de estos desórdenes mentales, de tal manera que la adicción podría considerarse como un detonante. De estas tres enfermedades, la psicosis es poco frecuente y suele confundirse con un episodio agudo de esquizofrenia paranoide, asociado a un estado de intoxicación o abstinencia caracterizado por confusión, ideas delirantes, ilusiones o alucinaciones. La asociación entre marihuana y ansiedad es menos clara, aunque se cree que la producción de síntomas de ansiedad, principalmente de crisis de pánico, se vincula con factores como la cantidad de droga suministrada. Así, hoy sabemos

que el efecto de la sustancia es relajante en dosis bajas y ansiogénico en cantidades altas.

El abuso de drogas puede provocar una enfermedad mental

En las últimas décadas ha aumentado considerablemente el consumo de drogas sintéticas como la metanfetamina, conocida comúnmente como anfeta, meta o cristal; es un polvo blanco, sin olor, con sabor amargo que se disuelve fácilmente en alcohol o agua. La metanfetamina es un derivado de la anfetamina, que al igual que ésta, aumenta la actividad y el habla, además de que provoca una sensación general de bienestar, entre otros efectos. Es una droga estimulante muy potente y altamente adictiva, que causa daño al sistema nervioso central, el cual en algunos casos es irreversible. Estos cambios van desde alteraciones del humor, paranoia, alucinaciones y pérdida de la memoria, mismos que parecen exacerbados después de un cese abrupto en el uso de esta sustancia, manifestándose con hiperinsomnio, incremento de síntomas relacionados con la depresión, ansiedad y deseo intenso por consumirlas. Es importante tomar en cuenta que los trastornos ocasionados por el consumo de drogas y otras enfermedades mentales son alteraciones del desarrollo; esto quiere decir que usualmente comienzan en la adolescencia o incluso a una edad más temprana, periodos cuando el cerebro experimenta cambios radicales. La exposición temprana a las drogas también puede cambiar el cerebro, de tal manera que el riesgo de sufrir desórdenes mentales es más alto. Por otro lado, no debemos olvidar que en el establecimiento de la adicción intervienen múltiples mecanismos que involucran la participación de factores que incluyen desde los ambientales hasta los genéticos, implicando modificaciones en la expresión de ciertos genes que probablemente interactúan en formas diversas entre los individuos para producir el fenotipo conductual de la sobrerreacción o reacción exagerada.

Hablemos de otros placeres

Cuando hablamos de adicciones no sólo nos referimos al consumo descontrolado de sustancias químicas sin efectos terapéuticos, sino también a la dependencia de otros incentivos como las apuestas, el sexo, el internet, el consumo desmedido de alimentos refinados con altos contenidos de carbohidratos, que en este último caso puede derivar en obesidad. Si bien la obesidad se trata de un desorden metabólico, también involucra un desorden cerebral, pues esta enfermedad se rige por una motivación aumentada hacia la ingestión de alimentos; es decir, los individuos comen de manera compulsiva, mostrando su incapacidad para contener sus impulsos. Estos síntomas son similares a los que presentan quienes consumen sustancias psicoactivas, de tal manera que la obesidad debe ser calificada como una adicción a la comida. Aunque en estas adicciones no está muy claro el papel que desempeñan en la aparición de otro desorden mental, sí sabemos que en las personas que las padecen es común el desarrollo de ansiedad, depresión y otras afecciones mentales.

¿Cómo afecta la depresión al cerebro?

Juan Francisco Rodríguez-Landa*

Jonathan Cueto-Escobedo*

Sentir tristeza es algo natural en el ser humano, estado que puede –en muchos casos– motivarnos a luchar por cambiar la situación que nos la produce. La depresión, por otro lado, es una enfermedad que se caracteriza una falta total de motivación para intentar hacer cualquier cosa; para una persona deprimida, levantarse de la cama y tomar un baño para iniciar el día puede ser una tarea imposible debido a esa falta de motivación. Esa ausencia de actividad no es flojera, quienes padecen depresión no disfrutan su inactividad, pues los hace sentir inútiles e innecesarios. La depresión es un padecimiento muy diferente a otras, pues no hay una bacteria, virus o tumor a quien culpar, tampoco existen pruebas claras de laboratorio que establezcan con certeza el diagnóstico; tal vez por eso el deprimido sigue siendo víctima de la incomprensión de los demás. Algo que sí tiene en común la depresión con otras enfermedades es que su consecuencia más grave puede ser la muerte, en este caso debida al suicidio.

*Investigadores del Instituto de Neuroetología, Universidad Veracruzana.

Su origen depende de las características genéticas del individuo, las cuales influencian el funcionamiento cerebral, pero también depende de las experiencias de vida. Afrontar eventos estresantes en la infancia y la juventud aumenta enormemente la posibilidad de desarrollar depresión en la edad adulta.

Los sistemas cerebrales involucrados en la depresión son los mismos que nos permiten regular las respuestas ante el estrés y las emociones. El estrés es una reacción fisiológica producida por estímulos que percibimos como desagradables y hasta peligrosos, llamados estresores; la información llega mediante nuestros sentidos a diferentes áreas del cerebro. La amígdala es una zona cerebral que codifica el valor afectivo de cualquier estímulo, lo que nos permite interpretar si es bueno, malo o es algo nuevo y desconocido. Hay partes de la amígdala que se activan fuertemente durante las respuestas al estrés. En quienes sufren depresión hay una respuesta exagerada ante incentivos negativos, que en parte está mediada por la amígdala. Cuando pacientes con depresión sometidos a una resonancia magnética funcional observan retratos de personas enojadas (estímulo negativo), se observa que la amígdala se activa más de lo que lo hace en personas sanas.

La activación de la amígdala es importante, porque sirve como un interruptor que enciende el sistema de respuesta hormonal del estrés. Como si se tratara de fichas de dominó que se empujan sucesivamente; entre más se activa la amígdala, más lo hará el hipotálamo, otro núcleo cerebral que acciona a la hipófisis, la cual produce sustancias químicas que viajarán en la sangre desde el cerebro hasta las glándulas suprarrenales (encima de los riñones) para movilizarlas. Estas glándulas producen el cortisol que inicia las respuestas autónomas que nos permiten enfrentar el peligro o el estrés. El cortisol eleva la actividad del corazón

y los pulmones para oxigenar y nutrir mejor todo el cuerpo, especialmente el cerebro y los músculos, así podemos pensar más rápido, pelear más fuerte o, si es necesario, correr más velozmente.

Cuando el peligro ha pasado, otra parte del cerebro llamada hipocampo frena la secreción de cortisol y sus efectos. Todos estos cambios son muy útiles ante situaciones de peligro, el problema es que estresores como las presiones del trabajo y la escuela, las deudas, los exámenes o disputas con seres queridos hacen que la respuesta de estrés aumente a diario y se vuelva perjudicial para la salud. El estrés continuo disminuye la capacidad del hipocampo para detener la producción de cortisol, mientras que la amígdala paulatinamente es más activa, así que cada vez la respuesta a estímulos estresantes es más intensa. A largo plazo estos cambios cerebrales aumentan la probabilidad de que una persona padezca depresión.

Una de las características más comunes en el cerebro de un deprimido es la disminución de la actividad del hipocampo, entre otras estructuras cerebrales como el núcleo septal, y el aumento de la actividad de la amígdala. También se observan alteraciones en los niveles de neurotransmisores en el cerebro, como la serotonina, la noradrenalina y la dopamina. Esta última se relaciona con la anhedonia, uno de los síntomas más graves de la depresión, que es la incapacidad de experimentar deleite con los estímulos placenteros cotidianos, como una rica comida o despertar tarde los domingos.

Entonces la pregunta es: ¿estamos indefensos ante el estrés? No del todo, estructuras como la corteza prefrontal nos sirven para regular nuestro estado afectivo. Gracias a ella podemos planear la manera de controlar lo que nos produce estrés; esta sensación de control ayuda a disminuir los efectos nocivos. En este sentido, podemos tratar de

dominar dos cosas: las condiciones estresantes (es decir, el exterior) o las emociones que nos las producen (es decir nuestro interior). Una recomendación basada en la psicología y las neurociencias es que resulta más efectivo tratar de regular nuestras emociones y buscar el aspecto positivo de las condiciones que nos generan estrés.

De hecho, intentar controlar nuestro exterior es mucho más difícil, más frustrante y se vincula con una mayor probabilidad de padecer depresión. Cuando el estrés desencadena tal padecimiento, los psiquiatras recetan medicamentos antidepresivos, los cuales son sustancias que restablecen los niveles de neurotransmisores y sus receptores en el cerebro, pero además poco a poco normalizan la actividad en la amígdala y el hipocampo, entre otras estructuras. Por desgracia esto toma tiempo y a veces se debe encontrar el antidepresivo ideal para cada persona; lo recomendable es tener paciencia durante el tratamiento para obtener mejores resultados. Junto con los antidepresivos, es conveniente tomar alguna terapia psicológica que enseñe al paciente a manejar el estrés y la depresión, si ésta vuelve a presentarse.

La evidencia científica demuestra que la depresión altera el funcionamiento normal de las partes del cerebro que controlan las emociones y que afecta gravemente la salud de quien la padece. Afortunadamente, los avances científicos conjuntos en psicología, neurociencias y medicina han ayudado a entender la enfermedad para desarrollar tratamientos cada vez más eficaces que permitan a los pacientes sobreponerse y seguir adelante con su vida.

Estrés en mamíferos: lucha, ataca o huye

José Armando Sánchez Salcedo*

Anllely Grizett Gutiérrez Rodríguez**

Hace ya algunas décadas, Charles Darwin publicó La expresión de las emociones en el hombre y en los animales, una obra resultado de su estudio a poblaciones distantes y aisladas que aun así mostraban emociones similares entre sí, como miedo o angustia. Estos hallazgos, sin lugar a dudas, dieron pie a pensar que debían existir diversos componentes hereditarios en las emociones de las personas y que tales emociones, a su vez, podían ser expresadas de manera parecida en otras especies, convirtiéndolas en un conjunto de emociones conservadas a través del tiempo. De esta forma se asumió la existencia de diversos circuitos emocionales cerebrales y la idea de que este cableado necesariamente tendría que compartirse entre varias especies de mamíferos, lo que posibilitaba entender las emociones humanas a través de explorar la conducta en animales.

*Laboratorio de Neurofarmacología. Instituto de Neuroetología, Universidad Veracruzana.
**Doctorado en Ciencias Biomédicas. Centro de Investigaciones Biomédicas, Universidad Veracruzana.

Es por esto que resulta maravilloso que en un principio el cerebro de los mamíferos haya sido necesario únicamente para funciones básicas, como la alimentación, la defensa y la reproducción, algo así como un cerebro primitivo, y que en la actualidad realice las abstracciones tan complejas de las que algunos humanos somos capaces. Así, no encuentro nada más elemental bajo esta premisa que la necesidad de sobrevivir, esa premura diaria que nos lleva a afrontar o a sobrellevar la vida según nuestro estado de ánimo. En concreto, ese sobrecogimiento al que llamamos estrés.

El estrés es definido como la respuesta ante una amenaza para la integridad de un individuo, ya sea real o interpretada, que compromete el equilibrio del organismo y que deriva en respuestas adaptativas tanto físicas como emocionales. Durante un episodio estresante, el equilibrio del organismo se ve involucrado negativamente, por lo cual diversos procesos fisiológicos se activan: sudoración excesiva, dilatación de pupilas, aumento de la frecuencia respiratoria, incertidumbre acerca de cómo y cuándo actuar y opresión en el pecho característica de un mal augurio.

De esta manera, los síntomas que aparecen en cuestión de milisegundos, como si de una explosión se tratara, obedecen a una maquinaria cerebral muy compleja: el eje hipotálamo-hipófisis-adrenal (HPA). Este conjunto fisiológico de procedimientos cuasi industrializados, conocido como eje HPA, se encuentra detrás de todo y de todos, orquestando el despliegue conductual detonado por un episodio estresante. Se trata de un sistema de estrés organizado jerárquicamente, involucrado en la adaptación de los organismos a las condiciones aversivas y cuya activación resulta en la secreción de glucocorticoides, sustancias capaces de alertar a nuestro sistema para hacer frente a dichos factores estresantes que ponen en riesgo nuestra supervivencia.

Ahora bien, si hablar de situaciones estresantes nos conduce casi de manera espontánea a episodios desagradables como un accidente inesperado, un despido injustificado o a la pérdida de un ser querido, el estrés como tal no es algo más complejo que la maquinaria que lo sustenta. Todos los mamíferos, por ejemplo, nos encontramos en un estado de estrés constante y pulsátil, mas no por eso crónico y patológico.

Imaginemos un supuesto un poco rudimentario, el simple hecho de que un ser humano necesite alimentarse activará al eje HPA con su característico cúmulo de sustancias que lo conducirán a cazar una presa como podría ser un venado, con la finalidad de alimentarse y saciar esa necesidad. En contraparte, el mismo venado hará lo propio para evitar ser cazado y servido en la mesa de piedra de aquel hombre de las cavernas.

De la misma manera, si este equilibrio llegara a salirse de control y el individuo dejara de reaccionar de forma eventual y pulsátil, como lo hace en condiciones normales, el estrés no sería más un componente adaptativo y útil para asegurar la vida, y comenzaría a ser un fenómeno patológico que causaría trastornos emocionales e incapacitantes.

Por más extraño que parezca, esta es una enfermedad bastante común, el padecimiento de estrés generalizado ocupa el primer lugar en las enfermedades mentales, siendo más frecuente en mujeres que en hombres, en una proporción 2:1; además, el riesgo a desarrollarla en cualquier momento de la vida es de 25%.

Otros factores que pueden influir en la respuesta biológica del individuo ante eventos estresantes son la edad, la raza y el estilo de vida; de manera tal que, ante un mismo agente estresante, las respuestas fisiológicas variarán según las características propias de cada persona.

Asimismo, la Asociación Americana de Psiquiatría menciona que el estrés crónico está directamente implicado en el origen de patologías como ataques de pánico, fobia, ansiedad generalizada, estrés postraumático y trastornos obsesivo-compulsivos.

Pero, ¿por qué un sistema emocional evolutivamente seleccionado para protegernos se transforma en un arma contra nosotros mismos? El origen de todo este conjunto de emociones y sensaciones descontroladas sucede dentro del cerebro, en un complejo conocido históricamente como sistema límbico, el cual dará lugar a las reacciones físicas y emocionales para posibilitar al individuo huir, atacar o –en el peor de los casos– "congelarse" e intentar pasar desapercibido.

Actualmente se ha reportado que no existe una única causa desencadenante del estrés patológico, en realidad es una combinación de factores que van desde componentes genéticos, anormalidades neuroquímicas, efectos estresores externos y elementos psicosociales, hasta conductas aprendidas.

Cualesquiera que sean los motivos iniciadores del estrés patológico, existen reportes clínicos en que pacientes con este padecimiento, mediante tratamiento farmacológico, lograron restaurarse e incluso experimentar resultados positivos como incremento de madurez personal, aumento de autoestima y replanteamiento del valor de la vida.

No hay que perder de vista que el origen y la función primaria del estrés es asegurar la supervivencia del individuo, por sobre todas las cosas. Mientras que si estas reacciones llegasen a presentarse fuera de contexto, lejos de favorecer al proceso evolutivo del que hemos sido objeto todos los mamíferos, irían en contra de los patrones comúnmente establecidos para el buen funcionamiento de los organismos, dejando a nuestro hombre de las cavernas con hambre y al venado, en alguna circunstancia, como presa, al no poder reaccionar ante un ataque.

La enfermedad que nunca duerme

Álvaro Pavón-Rosado*

Montserrat A. Melgarejo-Gutiérrez**

¿Alguna vez te has preguntado para qué dormimos? Pues bien, el sueño es un proceso natural realmente sorprendente, un fenómeno fisiológico, restaurativo, esencial y periódico, que es compartido con muchos otros seres vivos. En los seres humanos, ocupa una tercera parte de nuestras vidas, es generado de manera activa por el cerebro, posee una periodicidad circadiana que hace referencia a que su ciclo es repetitivo y sucede alrededor de cada 24 horas. Además, alterna con la fase de vigilia, en la que nos encontramos despiertos. El sueño está organizado en dos etapas, principalmente: el de Ondas Lentas (SOL), que a su vez se subdivide en N1, N2 y N3, dependiendo de su profundidad, y el Sueño de Movimientos Oculares Rápidos (SMOR). Un ciclo de sueño normal es de aproximadamente ocho horas, en el que hay una oscilación entre las fases, comenzando con N1 seguida de N2, N3 y posteriormente de SMOR; la transición en estas fases ocurre en un lapso de 90 minutos, por lo que pueden presentarse de cinco a seis ciclos por noche.

*Estudiante de la Maestría en Ciencias de la Salud. Instituto de Ciencias de la Salud (región Xalapa), Universidad Veracruzana.
**Investigadora de la Facultad de Medicina (región Xalapa), Universidad Veracruzana.

Entonces, ¿qué sucede si los ciclos de sueño se irrumpen o se modifican? ¿Te has imaginado cómo te sentirías si dejaras de dormir durante más de tres días o durante una semana? La respuesta es que si un ciclo de sueño es alterado, traerá consigo una serie de consecuencias o cambios en un sinnúmero de procesos fisiológicos, como la regulación endócrina, procesos cognitivos, físicos, en el sistema inmune y metabólico, entre muchos otros. Por ejemplo, alguna vez has escuchado expresiones como "No sé por qué subo de peso, ¡si cuido mi alimentación y hago ejercicio constante!"; en este caso, la alimentación y el ejercicio podrían no ser la única respuesta. Se ha demostrado que, junto con otros factores, el aumento de peso se encuentra relacionado a una alteración en el ciclo y ritmo de sueño, es decir, cuánto y a qué hora dormimos, por lo que dormir parece jugar un papel fundamental en la regulación de procesos metabólicos. La disminución en las horas de sueño en la población es una condición predominante en nuestra sociedad moderna. El estilo de vida que prevalece actualmente nos ha llevado a reducir paulatinamente nuestras horas de sueño e incluso no dormir, esto sucede primordialmente entre la población joven y aquella con horarios laborales nocturnos, rotatorios o bien simplemente por la preferencia de realizar actividades durante la noche. Un estudio realizado en Estados Unidos en 1998 describió que 35% de adultos reportaban dormir ocho horas diariamente; sin embargo, para el año 2005 este porcentaje disminuyó a por lo menos 26%. Tal reducción en el tiempo de sueño se ha relacionado con un aumento en los padecimientos de sobrepeso y obesidad, ya que se ha advertido que su prevalencia se registra de forma paralela. Por lo tanto, el sueño podría ser un importante regulador del metabolismo.

La epidemia de la obesidad es un problema de salud a nivel mundial, es el principal factor de riesgo para el desarrollo de enfermedades crónicas, como la diabetes

mellitus tipo 2, enfermedades cardiovasculares e incluso algunos tipos de cáncer. México no es la excepción, sino por el contrario, ocupa el primer lugar en obesidad a nivel mundial. Los principales factores para el desarrollo de esta enfermedad son la mala alimentación y la falta de actividad física. No obstante, diversas investigaciones en todo el mundo han aportado evidencia suficiente que demuestra que la disminución en el tiempo de sueño o la alteración en el ritmo de éste es un factor que favorece el aumento en el índice de masa corporal (IMC), principalmente en el índice de masa grasa. Cuando dormimos, de manera normal se liberan hormonas y elementos que participan organizada y sincronizadamente en el control del metabolismo. La grelina y la leptina, por ejemplo, son hormonas que regulan nuestro apetito y saciedad, respectivamente, y tienen un ritmo de liberación cercano a las 24 horas. La grelina, que estimula el apetito, tiene picos más altos durante el día cuando estamos despiertos, los cuales disminuyen de manera progresiva llegada la noche, cuando vamos a dormir. Con la leptina ocurre lo contario, ésta presenta niveles más altos durante la noche y niveles más bajos durante el día, que junto con la ingestión de los alimentos es regulada de forma sincrónica con el ciclo de sueño. Lo anterior quiere decir que si permanecemos despiertos más allá de lo que acostumbramos, la regulación de ambos sistemas se verá afectada y por consiguiente incrementará el consumo de alimentos, principalmente ricos en carbohidratos y grasas. Numerosos estudios epidemiológicos muestran que el trabajo nocturno está asociado a un aumento en el desarrollo de diabetes, obesidad abdominal y triglicéridos, ya que se altera la sincronía entre la luz-oscuridad, el sueño y la alimentación a horas no adecuadas. Para entender este estilo de vida en el que las personas permanecen activas y despiertas durante la noche en lugar de dormir, se han creado modelos biológicos utilizando roedores;

dichos modelos imitan las condiciones de trabajo nocturno y desvelo, implementando ruedas o actividades que los mantengan despiertos al inicio de la fase de sueño, con lo cual se ha corroborado que los animales desarrollan una alteración similar al síndrome metabólico, como incremento en los niveles de glucosa, triglicéridos, hígado graso, e incluso ganan peso en comparación con los que tienen un ciclo de sueño normal.

Un aspecto muy importante que cabe destacar es que no sólo dormir un tiempo adecuado resulta suficiente para mantener nuestra salud metabólica, sino que el horario en el que nos dispongamos a dormir y levantarnos de manera diaria es un factor importante para mantener la sincronía de nuestros sistemas biológicos. Entonces la pregunta obligada es: ¿cuánto tiempo debo dormir? Si bien esta necesidad es específica en cada persona, se ha llegado a un consenso entre las sociedades científicas del estudio de medicina del sueño, las que recomiendan que las horas de sueño están relacionadas principalmente con la edad.

En conclusión, nuestra salud metabólica no depende sólo de una alimentación y estilo de vida adecuado, ya que la eficacia de las intervenciones nutricionales y dietéticas podrían verse comprometidas si no se toma en cuenta al sueño como factor fisiológico desencadenante de diversas enfermedades metabólicas.

LA VIDA EN LOS OCÉANOS

Bacterias marinas, una fuente para la salud
Natalie Millán Aguiñaga
Mónica Torres Beltrán

El regreso del tiburón blanco
Omar Santana Morales
Luis Malpica Cruz

El pez león, anécdota de una invasión
Luis Malpica Cruz

Lo que tus genes inmunes cuentan
Jorge E. Montano Frías

Los microorganismos marinos, ingenieros químicos del planeta
Mónica Torres Beltrán
Natalie Millán Aguiñaga

Bacterias marinas, una fuente para la salud

Natalie Millán Aguiñaga*

Mónica Torres Beltrán**

*Doctora en Ciencias, Centro de Biotecnología y Biomedicina Marina, Instituto de Oceanografía de Scripps, Universidad de California San Diego.
**Candidata a Doctora en Ciencias, Departamento de Microbiología e Inmunología, Universidad de Columbia Británica.

¿Alguna vez te han recetado algún antibiótico?, ¿o te has preguntado de dónde vienen esos antibióticos que te tomas? La mayoría son aislados de productos naturales como las famosas plantas medicinales; pero, de hecho, 70% de los antibióticos que han sido descubiertos hasta hoy fueron aislados de microorganismos como las bacterias.

¿Bacterias? Lo primero que se viene a la mente cuando se escucha esta palabra es enfermedad, patógenos y que son perjudiciales para la salud. Sin embargo, gracias a ellas se han podido obtener los antibióticos más potentes que usamos actualmente. El dominio de las bacterias es uno de los más diversos genéticamente, ya que se encuentran presentes y son esenciales en todos los ecosistemas. Se han reportado cerca de 50 000 productos naturales de organismos bacterianos, de los cuales más de 10 000 son biológicamente activos y de ellos, 8 000 tienen propiedades antitumorales y antibióticas.

En particular, un grupo de bacterias que produce una alta cantidad de productos bioactivos es el orden Actinomicetales, también llamadas actinomicetos. Los estudios de este conjunto de bacterias como fuente de antibióticos comenzaron en 1940, cuando el científico de origen ruso Selman Waksman descubrió el compuesto actinomicina, y desde entonces dicho grupo ha sido el principal origen de antibióticos. El orden actinomicetales cuentan con más de 140 diferentes géneros descritos, en particular es del género Streptomyces del que se ha obtenido 80% de los productos naturales con actividad biológica reportados hasta hoy. Algunos ejemplos de antibióticos producidos por este género son la estreptomicina, tetraciclina, cloranfenicol y eritromicina. ¿Has tomado alguno de éstos?

Cabe mencionar que la mayoría de estas bacterias con potencial antibiótico han sido aisladas de sedimento terrestre, es por eso que las compañías farmacéuticas y centros de investigación han explorado nuevas fuentes de productos naturales, como es el ambiente marino. Los océanos cubren más de 70% de la superficie de la Tierra y se conoce muy poco sobre la diversidad bacteriana de los sedimentos marinos. Estudios han demostrado que en un gramo de sedimento marino se encuentran hasta 37 000 diferentes especies de bacterias, a diferencia de 20 000 en sedimentos terrestres, por lo cual es mayor el potencial para obtener nuevos antibióticos.

Los primeros descubrimientos de fuentes marinas comenzaron a finales de 1970, cuando investigadores mostraron el potencial de los microorganismos marinos con características genéticas y químicas únicas para producir compuestos bioactivos con capacidad farmacéutica. En particular, el grupo de actinomicetos marinos demostró producir una gran cantidad de compuestos bioactivos únicos. Un género de actinomiceto marino que produce

diversos compuestos activos es el Salinispora, éste fue uno de los primeros actinomicetos estrictamente marino que ha sido aislado de sedimentos y cuenta con una distribución geográfica pantropical, también ha demostrado producir diferentes tipos de compuestos bioactivos que incluyen anticancerígenos y antibióticos. Por ejemplo, uno de los compuestos aislados es el *Salinosporamide* A, que actualmente se encuentra en pruebas clínicas en humanos para el desarrollo de una nueva medicina contra diferentes tipos de cáncer.

Pero, ¿cómo se obtienen los compuestos bioactivos de estas bacterias? El aislamiento de éstos se lleva a cabo en general por extracción química con diferentes solventes. Este proceso involucra el crecimiento de la bacteria en gran cantidad, para después llevar a cabo una extracción química, seguida de procesos de purificación y aislamiento de compuestos químicos para después probar su actividad contra diferentes bioensayos, tanto células de cáncer como diferentes bacterias patógenas.

Con los avances científicos y de técnicas en biológica molecular, podemos predecir cuantos y que tipo de compuestos las bacterias producen con base a su información genética. Los primeros genomas secuenciados de actinomicetos productores de antibióticos fueron del género Streptomyces, en lo cual se reveló que entre el 6-11% de su genoma está dedicado a la producción de compuestos que pudieran tener una actividad bioactiva. Es por eso, que el análisis de los genomas bacterianos es hoy en día una herramienta indispensable para la prospección y obtención de nuevas medicinas. Esto es de vital importancia debido al creciente número de infecciones por bacterias patógenas que son mortales y que son resistentes a las terapias de antibióticos actuales.

A pesar de que podemos utilizar estos compuestos que producen las bacterias para nuestro beneficio en salud pública, se sabe muy poco la razón por la cual estas bacterias producen ciertos compuestos. Estudios han sugerido que las bacterias producen este tipo de compuestos como armas químicas, de estrategia de defensa, competencia, comunicación y supervivencia en su medio ambiente. La ecología química es el área que se encarga de entender a mayor detalle las funciones ecológicas de este tipo de compuestos Es importante entender las interacciones bacterianas y poder seguir tomando ventaja de estos compuestos para nuestro propio beneficio en la salud pública. La exploración de nuevas bacterias marinas y su genética para fines farmacológicos a un futuro cercano, es fundamental para el descubrimiento de nuevas medicinas. Y a ti, ¿te gustaría ser parte del grupo de científicos que descubra un compuesto bioactivo derivado de actinomicetos para la cura para alguna enfermedad?

El regreso del tiburón blanco

Omar Santana Morales*

Luis Malpica Cruz**

*Coordinador de Proyectos Marinos, ECOCIMATI, A.C.
**Candidato a Doctor en Ciencias, Departamento de Biología, Universidad Simon Fraser.

La imaginación del ser humano no sólo es capaz de crear monstruos ficticios, también puede hacer que animales que coexisten con nosotros en este planeta sean vistos como tales. Este es el caso de uno de los depredadores marinos más malentendidos de nuestros mares: el tiburón blanco o Carcharodon carcharias, por su nombre científico. La reputación de este tiburón se vio gravemente afectada gracias a una famosa novela y posterior película (Tiburón o Jaws, en inglés). Si bien la novela está basada en una serie de ataques a bañistas y la captura de un gran tiburón blanco cerca de Nueva York, Estados Unidos, a principios de 1900 la imaginación del ser humano desató una de las mayores cacerías de tiburones en las playas de ese país.

Sin embargo, estudios indican que las agresiones de tiburones a humanos son extremadamente raras, pues ocurren cerca de 70 cada año en todo el mundo. En general, las personas comemos más tiburones que ellos a nosotras. ¡Cerca de 100 millones de tiburones se capturan anualmente en todo el

mundo! Tan sólo en México consumimos tiburones en diferentes platillos, como la famosa minilla de cazón, en Veracruz, o los populares tacos de pescado de Baja California. En China y otras comunidades asiáticas, como en San Francisco, Estados Unidos, o en Vancouver, Canadá, se prepara una sopa de aleta de tiburón que se considera una exquisitez; de hecho, la ingesta de aleta de tiburón ha motivado que diferentes especies se encuentren en peligro de extinción. En nuestro país, el tiburón blanco está protegido por diferentes leyes, como la NOM-059-SEMARNAT-2001 y la NOM-029-PESC-2006, las cuales en su conjunto prohíben su captura y comercialización.

Hasta hace menos de una década se sabía muy poco del tiburón blanco, en particular en México, y no fue sino hasta principios del presente siglo que se encontró en Baja California uno de los santuarios de tiburón blanco más importantes en el mundo, el cual se encuentra en la Reserva de la Biósfera de Isla Guadalupe, ubicada en el Pacífico Noroeste y es la frontera hacia el Oeste de México. Este pequeño macizo rocoso alberga una importante flora y fauna marina. Más allá de las diferentes especies nativas que habitan aquí, esta isla es notable porque todos los años, a finales de verano, arriban a sus aguas hasta 200 tiburones blancos, entre machos y hembras, principalmente adultos, pero también uno que otro juvenil. ¡Se tienen registros de individuos que pueden llegar a medir hasta seis metros de longitud total! Aún se desconoce con certeza por qué se reúnen aquí tantos tiburones blancos, aunque se piensa que es con propósitos de reproducción o alimentación.

A pesar de su mala fama, los tiburones blancos de Isla Guadalupe siempre han coexistido con los humanos que estacionalmente viven en este remoto lugar. Los pescadores que aquí residen capturan diferentes especies de invertebrados marinos, principalmente el abulón y la langosta. Es importante destacar que mientras que la

caza de langosta se realiza desde la relativa seguridad de una lancha, a través de trampas, la pesca del abulón es otra historia: para atrapar a este codiciado invertebrado se requiere de sumergirse en el agua usando un tipo de buceo conocido como hooka, en el cual el buzo desciende conectado a una manguera del comprensor en una lancha, a través de la cual se le envía aire. Mientras el buzo se desplaza por el fondo en busca de los abulones, no es raro que un tiburón curioso se aproxime a explorar qué ocurre y afortunadamente hasta la fecha no se han registrado ataques a los pescadores.

La agregación estacional de tiburón blanco que ocurre en Isla Guadalupe ha permitido el estudio de esta maravillosa especie. Mediante el uso de marcas satelitales en los tiburones que diferentes investigadores de México y Estados Unidos les han colocado, hemos conocido detalles respecto de su comportamiento y hábitos migratorios. Se sabe, por ejemplo, que prácticamente todos los tiburones que aquí se agregan regresan cada año, en especial los machos. Te preguntarás a dónde van; bueno, ahora sabemos que la mayoría realiza una travesía oceánica hacia el Oeste, algunos llegan hasta Hawái. Esta travesía la inician a principios del invierno y les toma el resto de esa temporada, la primavera y concluye a mediados del verano, cuando retornan a Isla Guadalupe. Algunas hembras toman un rumbo más hacia el Este, otras viajan hasta las costas de Baja California e incluso hasta aguas del Golfo de California. La combinación de estudios migratorios con genéticos ha podido establecer que los tiburones de Isla Guadalupe son cien por ciento mexicanos, pues muy probablemente estos traslados por parte de hembras de tiburón blanco hacia las costas de nuestro país sean para dar a luz.

Desafiando el temor predominante, un grupo de desarrolladores turísticos creó una redituable actividad ecoturística que muestra una cara diferente de este

depredador al público. Tal actividad es el buceo en jaula con tiburón blanco. Aunque se realiza desde hace muchos años en otros sitios en el mundo, como Sudáfrica o Australia, Isla Guadalupe es considerada uno de los mejores lugares, lo cual se debe a dos principales razones: una es la claridad del agua, que alcanza una visibilidad de al menos 20 metros; la segunda razón, que bien puede estar relacionada con la claridad, es el comportamiento pasivo que el tiburón blanco aquí muestra. En los puntos de agregación antes mencionados, las aguas turbias y turbulentas permiten al escualo cazar activamente sus presas preferidas, como los lobos marinos y focas de diferentes especies. Sin embargo, en Isla Guadalupe los tiburones se desplazan pasivamente a través de la columna de agua, brindando un espectáculo único en el mundo.

El cambio en la percepción de este depredador, así como las diferentes acciones de conservación, bien puede estar ayudando a su retorno a aguas mexicanas. Como especie dominante en el planeta Tierra debemos preguntarnos el papel que desempeñamos en la conservación de los diferentes ecosistemas. Esto implica no sólo cuidar sino también coexistir con otros depredadores, con el fin de alcanzar un equilibrio ecológico. Lo anterior nos permitirá vivir de manera sustentable con el medio ambiente. Depende de ti y de todos nosotros que esto sea una realidad.

El pez león, anécdota de una invasión

Luis Malpica Cruz*

A mediados de 1980, algunas familias en Florida, Estados Unidos, compraron un exótico pez para que acompañara a los demás que había en sus acuarios. Este exuberante pez tenía un patrón de rayas rojizas y blancas, con aletas radiadas a manera de abanicos, una excelente adición. Mientras el extravagante pez era pequeño, parecía adaptarse a su nuevo hogar sin mayor problema y con el mínimo interés por parte de los demás ejemplares. Misteriosamente, semanas después los dueños comenzaron a notar que algunos peces del acuario habían desaparecido. Esto continuó ocurriendo hasta que ningún otro, más que aquél exótico, se encontraba solo en la pecera. El aumento de su tamaño era evidencia del destino del resto de la población: ¡Habían sido devorados! Así que los dueños decidieron no conservarlo más. Al vivir cerca del mar, decidieron liberarlo al océano, para que así, según ellos, volviera a su hogar natural.

*Candidato a Doctor en Ciencias. Departamento de Biología, Universidad Simon Fraser

Esta anécdota, aunque caricaturizada, es la historia de la invasión del pez león, originario del Indo Pacífico, cuyo nombre científico es Pterois volitans o Pterois miles. Esta invasión constituye una de las mayores catástrofes de ecosistemas arrecifales provocadas por la llegada de especies invasoras. Una especie invasora es aquella que se introduce a un nuevo medio en el que no han evolucionado para habitar de manera natural. Los dueños de los acuarios poco sabían de especies invasoras, que el hogar natural del pez león no eran los arrecifes de Florida y menos aún conocían el impacto que tendría su irrupción.

Con base en estudios genéticos y de desplazamiento larval por corrientes oceánicas, se ha podido determinar que algunos especímenes de pez león fueron liberados en la costa Este de Florida, y sólo un par de décadas más tarde éstos se expandieron a zonas del Atlántico Noroeste, Mar Caribe y Golfo de México. Ésta es, sin duda, una de las invasiones por un depredador marino más exitosas de los últimos tiempos. Para entender la relevancia de esta invasión, debemos conocer un poco su biología, ecología y comportamiento.

Empecemos por su biología. El pez león se reproduce rápidamente, las hembras son capaces de poner hasta 15 000 huevos cada dos semanas. Otra de sus características distintivas es que pertenece a una familia de peces venenosos (*Scorpenidae*); el pez león cuenta con espinas (11 en la aleta dorsal y seis en las aletas anales) capaces de inyectar una sustancia tóxica sobre cualquier depredador que decida aventurarse a ingerirlo.

Respecto de su ecología, sabemos que el pez león es capaz de adaptarse a diversos ambientes: arrecifes de coral, manglares, planicies de pastos marinos, fondos rocosos e incluso arrecifes artificiales, como barcos hundidos. Asimismo, se encuentra desde zonas someras

hasta profundidades de 300 m y tiene una gran tolerancia térmica que va desde los 12 hasta los 28°C. Además de su adaptabilidad a diversas condiciones ambientales, el pez león es un depredador generalista, por lo que se alimenta de una gran variedad de presas, lo que le permite variar su dieta cuando alguna de sus presas habituales disminuye o cuando existe mucha competencia con otros depredadores nativos o con individuos de su misma especie.

El último aspecto que ha ayudado a su exitosa invasión es una mezcla de su ecología y comportamiento. El pez león tiene la facilidad de identificar a sus presas y depredadores como resultado de millones de años de evolución, esta información se encuentra impresa en su código genético. Estudios de comportamiento indican que diferentes especies de peces del Caribe reaccionan de forma distinta ante la presencia del pez león y ante la de sus depredadores habituales. Además, a menos que el pez león esté muerto, rara vez es consumido por otro más grande. Entonces, el pez león en el Atlántico es ¡virtualmente invisible!, no sólo para las especies de las que se alimenta, sino también para sus potenciales depredadores.

Te preguntarás, ¿por qué se considera esta invasión una catástrofe? La respuesta radica en el impacto negativo que ha tenido sobre las especies de peces nativas. La depredación del pez león es capaz de reducir la abundancia, riqueza y reclutamiento de ejemplares naturales de los arrecifes que invade. Este resultado puede desatar desequilibrios ecológicos que afectan no sólo a los ecosistemas arrecifales, sino también a las actividades socioeconómicas que se desarrollan en éstos. Por ejemplo, se ha encontrado que el pez león se alimenta de especies que son capturadas por pescadores o de las presas de especies de importancia para esta actividad. Además, el pez león puede llegar a impactar el atractivo turístico de los arrecifes de coral, al

afectar la riqueza de especies que en éstos habitan. Esto puede impactar negativamente en zonas como el Caribe mexicano, en donde el buceo es de importancia económica para la comunidad.

Hace apenas una década se hizo evidente la serie de consecuencias que esta invasión podría tener y entonces se emprendieron acciones de manejo y control del pez león. Instituciones académicas, gubernamentales y asociaciones civiles en todos los países que el citado pez ha invadido, realizan diferentes tareas para reducir el número de individuos y así minimizar sus impactos. En general, hasta el momento la mejor manera de controlarlo es a través de la pesca y su posterior consumo.

Ya que el pez león "sabe" que no tiene depredadores, es muy fácil que se acerque y capturarlo usando algún tipo de arpón, la técnica más efectiva hasta ahora. Al capturarlo se le debe manipular con cuidado, pues sus espinas pueden inyectar su veneno aun muerto, lo más sencillo es quitarlas con unas tijeras. En el ser humano, la picadura y el veneno rara vez resultan mortales, a menos que la persona afectada presente una reacción alérgica (en cuyo caso se debe de buscar atención médica inmediata); Por lo demás, el veneno se descompone cuando es cocinado y como no se encuentra en el músculo o en sus órganos, su consumo es posible incluso si está crudo (en ceviche).

Te invitamos a que la próxima vez que visites el puerto de Veracruz o vayas al Caribe mexicano, a la hora de comer no olvides preguntar si tienen pez león, no sólo disfrutarás un delicioso platillo, sino también estarás ayudando a controlar a este invasor. Su ingesta es actualmente la mejor manera de apoyar acciones que reduzcan su impacto y así disfrutar los arrecifes de coral de México por muchos años más.

Lo que tus genes inmunes cuentan

Jorge E. Montano Frías*

Cómo son y cómo funcionan ciertos fenómenos en la naturaleza son algunas preguntas recurrentes que podrían despertar al detective que llevamos dentro. Cuando ese detective es impulsado a investigar las características que definen a los seres vivos, luego de un intenso debate sobre incluir o no a los virus en esta categoría, encontrará que la parte esencial de la vida como la conocemos es la reproducción ("replicarse o morir en el intento"). Aunque le parece difícil de imaginar, encuentra que gran parte de la información que nos caracteriza como individuos de una especie y controla la "maquinaria interna" que nos permite nacer, crecer, reproducirnos y morir está contenida en cada célula de nuestro cuerpo, en fragmentos diminutos supercomprimidos de ADN, a los que denominamos genes.

El detective observa que los fragmentos contienen instrucciones precisas para que las células puedan replicarse, diferenciarse y sintetizar las herramientas (moléculas) necesarias para mantenerse con

*Candidato a Doctor en Ciencias, Universidad Autónoma de Querétaro.

vida, protegerse del ambiente externo o "programar" su muerte cuando llega la hora de partir. Su interés aumenta al detectar que el material genético nos es heredado en igual proporción por nuestros progenitores, y que éstos, a su vez, lo heredaron de sus antecesores inmediatos; sin embargo, lo que hace estallar su mente es descubrir que, generación tras generación, la información genética se origina o se pierde al compás de una interminable danza entre las distintas fuerzas evolutivas (mutaciones, deriva y presiones selectivas).

La teoría evolutiva predice que poblaciones e individuos con niveles altos de variabilidad genética presentarán mayor capacidad de adaptación a las distintas presiones ambientales, en comparación con aquellos que tienen una baja variabilidad. No obstante, es cada vez más evidente que la plasticidad –la capacidad de un genotipo para generar diferentes fenotipos según el contexto– es la que determina esa adaptabilidad a presiones ambientales, entre ellas la disponibilidad de alimento, el cambio climático y la exposición a diversos patógenos. La enorme presión selectiva que los patógenos han ejercido sobre nuestra capacidad de sobrevivir y dejar descendencia nos ha colocado durante millones de años en una carrera armamentista patógeno-hospedero, en la que reproducción y azar se combinan para generar variantes genéticas que favorecen temporalmente las estrategias de ataque de unos, hasta que son contrarrestadas por los mecanismos de defensa de los otros ("lo que no te mata te hace más fuerte").

Entonces el detective se ve obligado a buscar evidencia de variabilidad en ciertos genes relacionados con los mecanismos de defensa ante patógenos y encuentra en el Complejo Principal de Histocompatibilidad (MHC, por sus siglas en inglés) a los candidatos idóneos para evaluar la plasticidad en nuestras respuestas inmunes. Se trata de una familia de genes con una variabilidad extraordinaria,

cuya información impulsa a las células a producir diversas moléculas MHC que permiten a nuestro sistema inmune, esa maravillosa y compleja red de máxima seguridad, diferenciar entre agentes "aliados" e "intrusos" mediante la detección de proteínas "propias" y "foráneas", respectivamente. Nuestras células inmunes especializadas (por ejemplo, macrófagos y linfocitos) utilizarán todo su arsenal para atrapar, procesar y ejecutar al patógeno intruso, mientras éste intentará replicarse lo más pronto posible en espera de mutaciones al azar que permitan a su descendencia evadir las respuestas inmunes dependientes del MHC.

El detective asume que las enfermedades infecciosas que afrontamos en el pasado determinan los altos niveles de variabilidad del MHC que observamos en las poblaciones actuales, lo que significaría una mayor capacidad inmune para contrarrestar las estrategias de infección. Sin embargo, encuentra una relación evidente entre la presencia/ausencia de variantes genéticas del MHC y la protección/vulnerabilidad contra ciertos patógenos y desarrollo de enfermedades. Veamos: está documentado que la ausencia de variantes MHC específicas hace vulnerable al demonio de Tasmania a desarrollar tumores faciales muy agresivos y aumenta la mortalidad en muchas especies de anfibios infectados por el hongo quitridiomiceto; en contraste, la presencia de algunas variantes MHC en los mamíferos aumenta la probabilidad de infectarnos con herpesvirus asociados al desarrollo de cáncer urogenital. El detective se encuentra ahora en una encrucijada, en la que sus preguntas lo mantendrán recorriendo el extenso camino genético que patógenos y hospederos hemos labrado durante millones de años, o lo motivarán a explorar una ventana de tiempo más corta y tangible basada en la expresión de genes inmunes, el uso de recursos energéticos disponibles y las transformaciones del ambiente.

En el contexto actual del deterioro progresivo de los océanos, el lobo marino de California (*Zalophus californianus*) es considerado un modelo ideal para evaluar la plasticidad de las respuestas inmunes en función de variabilidad genética, costo energético, edad, sexo y exposición a patógenos. Mi detective y yo hemos reportado variaciones espacio-temporales en la expresión de genes MHC que dependen del contexto. Es decir, la expresión de genes MHC específicos en crías de lobo marino es explicada por la variabilidad genética individual, los cambios en la dieta y la exposición diferencial a patógenos locales (virus y bacterias entéricos y de tracto genital). Restricciones de la historia de vida, procesos fisiológicos asociados al desarrollo temprano y un "ambiente patogénico" cambiante parecen explicar la plasticidad observada en el MHC del lobo marino. Y tu detective, ¿qué te cuenta?

Los microorganismos marinos, ingenieros químicos del planeta

Mónica Torres Beltrán*

Natalie Millán Aguiñaga**

La primera vez que escuché que había aproximadamente un millón de microorganismos en cada mililitro de agua de mar, me quedé con la boca abierta. ¡No podía creer que cada gota de mar estuviera tan viva! En ese momento tampoco me imaginaba las implicaciones globales de la serie de reacciones metabólicas que pueden ocurrir en ese mililitro de agua, como resultado de la actividad microbiológica.

Aunque los microorganismos pueden llegar a medir micras (10-6 m), son más abundantes que nosotros los humanos y los podemos encontrar en todo tipo de ambientes. Debido a su estructura celular y capacidad metabólica, les es posible sobrevivir incluso bajo condiciones letales para cualquier otra forma de vida, por ejemplo, la ausencia de oxígeno (O_2) o condiciones anaeróbicas, altas temperatura y condiciones de pHs en extremo ácidos. Esta diversidad metabólica está repartida entre distintas especies de microorganismos que desempeñan importantes papeles en los ciclos biogeoquímicos que mantienen la vida en nuestro planeta ¡Increíble!, ¿no crees?

*Candidata a Doctora en Ciencias, Departamento de Microbiología e Inmunología, Universidad de Columbia Británica.
**Doctora en Ciencias, Centro de Biotecnología y Biomedicina Marina, Instituto de Oceanografía de Scripps, Universidad de California San Diego.

En un principio, los únicos microorganismos que habitaron los océanos fueron los anaerobios; sin embargo, eventualmente las formas de vida microscópica en los océanos se fueron diversificando y con esto nuestro planeta cambió de ser un mundo hostil para la vida, a otro que permitiría la evolución de maravillosos seres vivos. Uno de los eventos que definiría la historia de la Tierra fue el "gran suceso de oxidación" que ocurrió hace 2.3 billones de años, aproximadamente, el cual está definido como el repentino aumento de O_2 en la atmósfera terrestre a consecuencia de la acción metabólica de microorganismos marinos denominados cianobacterias.

Las cianobacterias marinas fueron los primeros organismos capaces de fotosintetizar, y por lo tanto de producir, O_2. Actualmente la diversidad de microorganismos marinos fotosintetizadores incluye al fitoplancton y cianobacterias, que en conjunto producen cerca de 50% del oxígeno de nuestra atmósfera. Además de su considerable contribución de O_2, intervienen de manera relevante en el secuestro de dióxido de carbono (CO_2), en un proceso conocido como la "bomba biológica de carbono". Este proceso es un elemento más del ciclo del carbono global, en el que el CO_2 es transformado a materia orgánica durante la fotosíntesis, en forma de la biomasa celular del fitoplancton, y es transportado al fondo del océano. Aproximadamente 5-10 giga toneladas de carbono al año son llevadas hasta ahí por acción de la bomba biológica, por lo que el océano es considerado como un sumidero de CO_2.

El papel del fitoplancton en el ciclo del carbono no termina con la bomba biológica. Al morir, las células del fitoplancton liberan al medio marino carbón orgánico disuelto que puede ser reciclado por las bacterias marinas. Éstas pueden servir de alimento para otros microorganismos y de esta manera, a través del proceso del "loop microbiano",

el carbono orgánico llega a los eslabones superiores de la cadena alimenticia. De hecho, si te gustan los pescados o maricos, ¡tú también eres parte del loop!, ya que ese pez o marisco que comes, seguro se alimentó de otros más pequeños, que se alimentaron de otros seres que en algún momento se alimentaron de bacterias. En efecto, ¡todos estamos conectados! Sin embargo, el papel de las bacterias marinas no sólo es servir de alimento, también llevan a cabo importantes reacciones metabólicas que influyen en procesos globales, como el equilibrio de gases invernadero en la atmósfera.

El metano (CH_4) es el segundo gas invernadero más importante, después del CO_2, y es producido y consumido por microorganismos en el océano. Los microorganismos anaerobios, como las arqueas marinas, son capaces de consumir elementos o compuestos inorgánicos alternativos al oxígeno que sirven como aceptores terminales de electrones (ATE) en los procesos de óxido-reducción para la descomposición de la materia orgánica. Los ATE alternativos se encuentran disueltos en el agua de mar y están disponibles en función de la concentración de oxígeno, que varía con la profundidad en los océanos. Cuando los ATE alternativos son utilizados para descomponer la materia orgánica, los microorganismos obtienen, además de energía, carbono y nitrógeno para la formación de su masa celular. Sin embargo, el producto final de estas reacciones químicas pueden ser gases invernadero, como el CH_4.

En el sedimento marino, las arqueas pueden utilizar CO_2 como ATE y como producto final liberan CH_4, a este proceso se le denomina metanogénesis. El CH_4 que es liberado hacia la superficie del océano desde los sedimentos es consumido aeróbicamente por un grupo de bacterias llamadas metanótrofas, las cuales utilizan el CH_4 como fuente de carbono y energía. Este proceso de oxidación

aeróbica del CH_4 es el filtro biológico con mayor influencia en el balance del CH_4 que es liberado a la atmósfera desde el océano. ¿Te habías imaginado que un ser tan pequeño pudiera influir en algo tan importante como el equilibrio de los gases de la atmósfera?

Desafortunadamente diferentes actividades humanas han desestabilizado en gran medida los ciclos biogeoquímicos del planeta, y con esto se ha irrumpido el equilibrio físico-químico de los océanos. No cabe duda de que los microorganismos lograrán adaptarse a estos cambios; sin embargo, no sabemos cuáles serán las consecuencias para nosotros. Afortunadamente, los ecólogos microbianos de hoy en día se dedican a estudiar las modificaciones en el metabolismo microbiano a consecuencia del cambio climático ¿Qué sorpresa nos tendrán preparada los microorganismos marinos? ¿Cuáles son los alcances del metabolismo microbiano en un tiempo de cambio climático? ¿Podrán estos microorganismos restaurar el equilibrio de nuestro planeta? Estamos seguros de que pronto habrá respuestas. Nosotros estamos impacientes por conocer los resultados de los estudios de ecología microbiana de los próximos años, pues nos permitirán tomar mejores decisiones que ayuden a la acción de los microorganismos marinos para la conservación de nuestro planeta.

GLOSARIO

AMP: Áreas Marinas Protegidas.

CITES: Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres.

CONABIO: Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad.

CMS: Acuerdo para preservar las especies migratorias.

IMC: Índice de Masa Corporal.

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

IUCN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.

MHC: Complejo Principal de Histocompatibilidad.

SEMAR: Secretaría de Marina.

SEMARNAT: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

SMOR: Sueño de Movimientos Oculares Rápidos.

Ciencia hacia el futuro se terminó de imprimir
en diciembre de 2016. La edición consta de
3000 ejemplares y en su formación se usó la
familia tipográfica Futura Lt BT Light.

VERACRUZ
Gobierno del Estado

VER Educación
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN

COVEICYDET
Consejo Veracruzano de Investigación
Científica y Desarrollo Tecnológico

CONACYT
FORDECyT
Fondo Institucional de Fomento Regional para el
Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación

Universidad Veracruzana