

# *VIDA MARINA DE MÉXICO*

tesoro de las profundidades

**GERARDO CEBALLOS**

RODRIGO A. MEDELLÍN • FERNANDO ÁLVAREZ

OCTAVIO ABURTO • ILIANA ORTEGA BACMEISTER

PRÓLOGO SYLVIA EARLE



## Protección y conservación de las aves y el medio ambiente

**F**undación Carlos Slim desde hace varias décadas ha apoyado una amplia estrategia de conservación de la biodiversidad y el desarrollo sustentable de México. Para ello ha establecido alianzas estratégicas con World Wildlife Fund (WWF), la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), el Centro Mario Molina, la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) y la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp), entre otras igualmente relevantes.

Destaca en este programa el trabajo que se realiza con WWF en 6 regiones del país en las que se agrupan 18 áreas prioritarias:

- Arrecife Mesoamericano Mexicano
- Desierto Chihuahuense
- Golfo de California
- Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca
- Oaxaca
- Chiapas

En lo referente a la conservación de las aves en México, la Alianza Fundación Carlos Slim-WWF, apoya varios proyectos que promueven el cuidado y protección de especies como: el quetzal, la gaviota bajacaliforniana, el gorrión de Worthen, la pardela mexicana, el tecolote llanero, el zarapito pico largo, la guacamaya roja, entre muchas otras, y sus respectivos hábitats. Gran parte de estos esfuerzos han estado enfocados en Áreas de Importancia para la Conservación de Aves (AICAS) ubicadas en tres regiones del país; noreste, noroeste y sureste. Estas AICAS se encuentran en la Isla Asunción, Isla Guadalupe, Isla Natividad, Isla San Roque, Archipiélago de Revillagigedo, Chimalapas, Uxpanapa, Cuchillas de la Zarca, El Triunfo, Janos-Nuevo Casas Grandes y Pradera de Tokio, por mencionar algunas.

De igual forma se han conformado en varias regiones de nuestro país Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA) con la finalidad de contribuir con la reproducción, rescate, protección, resguardo, educación ambiental e investigación.


**Fundación Carlos Slim y TELMEX** ratifican su compromiso con el entorno natural y el medio ambiente.

FUNDACIÓN  
*Carlos Slim*

  
**TELMEX**®  
está contigo

# *VIDA MARINA DE MÉXICO*

tesoro de las profundidades



*Si hay magia en este planeta,  
está contenida en el agua*

*LOREN EISELEY*



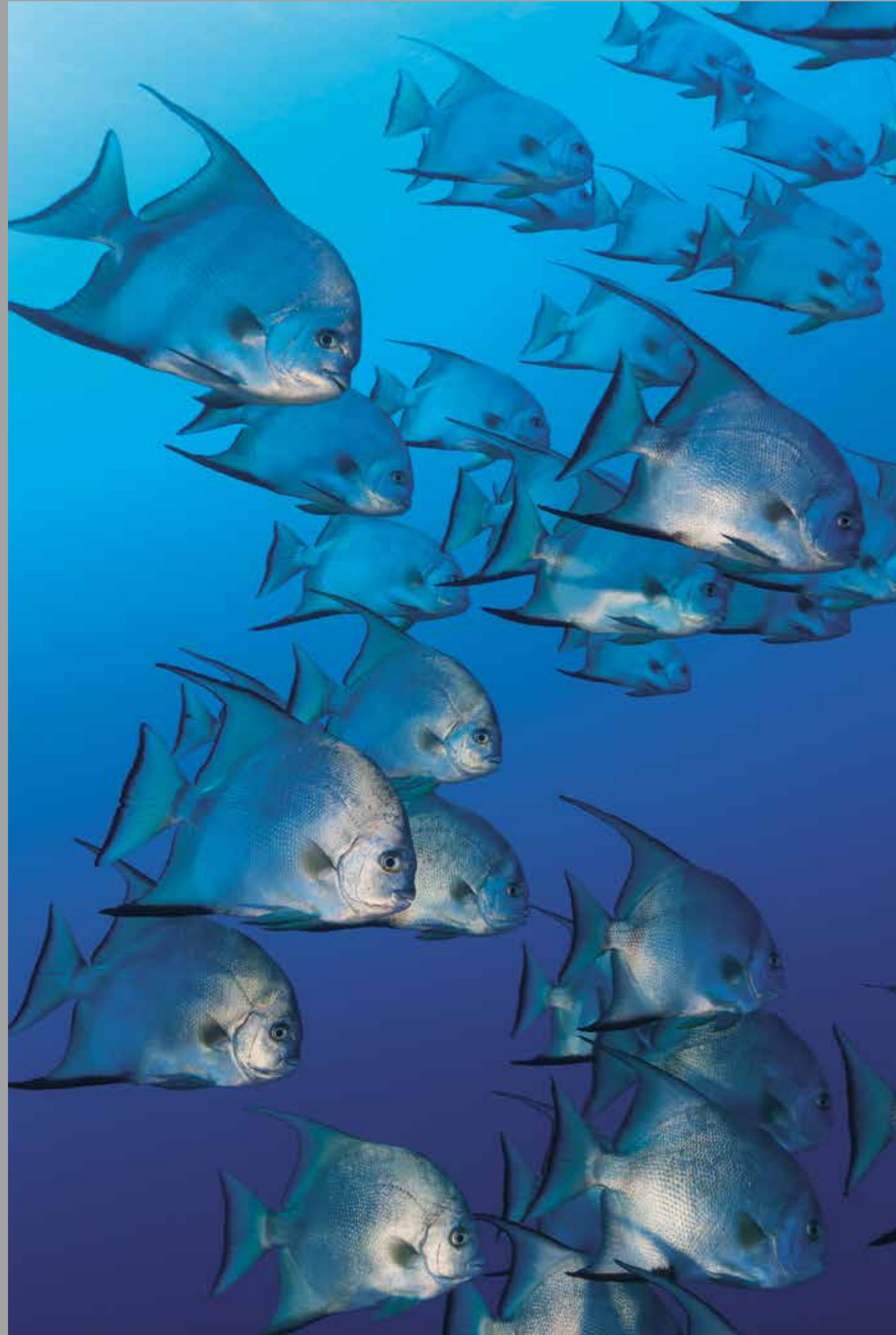












# *VIDA MARINA DE MÉXICO*

tesoro de las profundidades

**GERARDO CEBALLOS**  
RODRIGO A. MEDELLÍN • FERNANDO ÁLVAREZ  
OCTAVIO ABURTO • ILIANA ORTEGA BACMEISTER  
PRÓLOGO SYLVIA EARLE



# CONTENIDO

PRESENTACIÓN 21

PRÓLOGO 23

MARES MEXICANOS 29

AMENAZAS CRECIENTES 113

CONSERVACIÓN Y FUTURO INCIERTO 235

EPÍLOGO 291

NOMBRES COMUNES Y CIENTÍFICOS 300

BIBLIOGRAFÍA SELECTA 301

*bellezas flotantes 39*  
*constructores coloniales 47*  
*con apariencia de plantas 63*  
*de mil colores 69*  
*tentáculos al acecho 77*  
*de fuertes corazas 87*  
*diversidad asombrosa 99*  
*formidables depredadores 123*  
*volando en el agua 134*  
*del mar abierto 145*  
*reflejos en el agua 159*  
*entre la tierra y el mar 191*  
*de algas gigantes 203*  
*en la oscuridad profunda 219*  
*reptiles marinos 245*  
*del cielo y del mar 259*  
*mamíferos del mar 269*



# PRESENTACIÓN



Los océanos son fundamentales para conservar la vida en la Tierra. Mantienen la mayor cantidad de agua en el planeta, generan la mayor cantidad de oxígeno, absorben el dióxido de carbono producido por el hombre y son una fuente de alimento para miles de millones de personas. Los océanos cuentan con una maravillosa diversidad biológica, con una mayor variedad de grupos de animales que los ambientes terrestres. Como dice Sylvia Earle en el prólogo de este nuevo libro, “Si no hay océanos, no hay vida”.

México alberga un gran número de ecosistemas complejos y diversos que reúnen cerca de 10 por ciento de la diversidad del planeta, incluyendo su fauna y flora marinas. Este décimo tercer tomo de nuestro programa editorial sobre naturaleza y conservación, titulado *Vida marina de México: tesoro de las profundidades*, está dedicado a la diversidad marina de México. Las costas de nuestro país son bañadas por el Océano Atlántico, el Mar Caribe, el Golfo de California y el Golfo de México, cuentan con manglares e islas, corales en aguas poco profundas y hasta ventanas hidrotermales a más de tres mil metros de profundidad; pocos países tienen esta complejidad ambiental. Por eso, su belleza natural y riqueza ecológica, así como su diversidad histórica y cultural, lo vuelven sorprendente.

Fundación Carlos Slim mantiene su compromiso con el medio ambiente, apoyando programas de protección y conservación, así como planes de educación y desarrollo social para evitar y revertir el deterioro ambiental y el daño a la biodiversidad del país. Todo en beneficio de las generaciones presentes y futuras.

En alianza con World Wildlife Fund (wwf) ha trabajado en seis regiones prioritarias del país: Arrecife Mesoamericano Mexicano, Desierto Chihuahuense, Golfo de California, Reserva de la Mariposa Monarca, Oaxaca y Chiapas, con 104 proyectos para la conservación de especies prioritarias como el jaguar, la mariposa monarca, el tiburón blanco, la tortuga laúd y las mantarrayas.

Fundación Carlos Slim y Teléfonos de México refrendan su compromiso con México para seguir difundiendo y apoyando la conservación y mejora del medio ambiente, buscando con ello dejar un legado a las futuras generaciones.

HÉCTOR SLIM SEADE



## ESPERANZA PARA LA HERENCIA AZUL DE MÉXICO

Los grandes y moteados tiburones ballena que se reúnen en el verano a lo largo de la isla Holbox lo saben. El pez loro que destella los colores del arcoíris entre los bosques de coral en Cozumel también lo sabe. También lo saben las ballenas grises que viajan miles de kilómetros para encontrarse en cálidas y superficiales lagunas en la costa del Pacífico de México. Las mantas que se unen a las corrientes circundantes a través de las rocosas islas Revillagigedo lo han sabido por miles de años. Ahora, tú que estás sosteniendo este libro, puedes unirte a las criaturas marinas que han sabido lo que los humanos apenas comienzan a descubrir. Los más de tres millones de kilómetros cúbicos de los mares de México —en tres dimensiones— son el hogar atesorado o el destino irresistible de una enorme diversidad de formas de vida que incluye desde ballenas azules gigantes hasta minúsculos fragmentos de plancton que simulan joyas.

Los mares de México no solamente son vitales para las criaturas que prosperan allí, sino que se conectan más allá del océano, el sistema de soporte vital para toda la vida en la Tierra. La vida requiere de agua y es ahí donde se almacena 97 por ciento del agua de la Tierra, donde la mayor parte del oxígeno de la atmósfera y el océano se genera, y donde gran parte del dióxido de carbono generado naturalmente y por el hombre es absorbido y convertido en alimento por medio de legiones de organismos microscópicos más pequeños que las puntuaciones de esta página. Si no hay océanos, no hay vida. Si no hay vida marina, tampoco hay humanos. Este libro cuidadosamente diseñado y hermosamente escrito e ilustrado transmite la realidad de cómo toda la vida se encuentra entrelazada a través de interdependencias y a través del océano. El océano que permite que este planeta sea el único lugar en donde la vida, tal como la conocemos, pueda prosperar en lo que, de lo contrario, sería un universo hostil.

Cuando era niña y vivía en la costa oeste de Florida, a menudo observaba el golfo de México, preguntándome quién vivía más allá del horizonte y, además, quién vivía en las profundidades más allá de donde podía aventurarme con una máscara de buceo y aletas.

Décadas más tarde, puedo recordar los tiempos en que tuve el privilegio de unirme a colegas en México para explorar montañas, desiertos, aldeas y ciudades densamente pobladas y en los que me he deleitado con la profunda historia de las culturas humanas y con la aún más profunda y larga historia de la fauna mexicana que habita tanto en la tierra como en el mar.

En una noche memorable me sumergí en un pequeño submarino para una sola persona, justo en la costa de Veracruz. Las luces de la ciudad brillaban en el horizonte mientras yo descendía 33 metros hacia un espacio despejado entre montículos, columnas y enredadas ramas de coral. Durante once horas, como bióloga, observé, filmé y de alguna manera documenté la interacción caleidoscópica entre las criaturas de los arrecifes. Sin embargo, durante un rato, no pude resistirme a deshacerme de las restricciones disciplinadas de la ciencia y me imaginé a mí misma como una criatura marina, no solamente pasando horas sino, como algunos tipos de plancton, viviendo durante días como una parte fugaz pero vital de los ciclos de nutrientes que fluyen a través de la cadena alimentaria y dan forma a la química del océano. O ser uno de los elegantes calamares de arrecife que entraron y salieron del resplandor generado por las luces del submarino y quienes, si tienen suerte, podrían sobrevivir el año. O tal vez como un pez mariposa de cuatro ojos, escondido en una grieta con su compañero de la noche, pero viviendo por dos décadas o más sin moverse más de medio kilómetro de ese lugar. Me pregunté cómo sería ser la anguila morena moteada que se deslizaba, deteniéndose para observar el extraño objeto que había caído desde la superficie ondulante. Debido a su tamaño, de por lo menos dos metros de largo, la anguila probablemente habría sido testigo de casi medio siglo de acción en esta parte del océano.

En medio siglo, más se ha aprendido de los mares mexicanos —y del océano a nivel mundial— que durante toda la historia precedente. Pero tristemente, durante las mismas décadas, más se ha perdido. Desde la década de los años setenta, 90 por ciento de los grandes tiburones, atunes, meros, pargos y de muchos otros animales ha sido substraído del mar para alimento y otros productos destinados a los humanos, quienes ahora superan a las orcas y a los tiburones blancos como los mayores depredadores del océano. El plástico, los desechos tóxicos y otros contaminantes ahora dañan al océano en todas partes. La mitad de los arrecifes coralinos, las marismas salinas, los manglares y las praderas de pastos marinos que han tomado millones de años para formarse, han desaparecido. En 1952 la foca monje del Caribe, alguna vez abundante en el golfo de México, fue vista por última vez y entonces declarada extinta. El mismo destino podría esperarle a la pequeña vaquita marina, cuyo único hogar se encuentra en el mar de Cortés de México.

A lo largo de la historia del género humano hemos tomado todo de la naturaleza para fomentar nuestra prosperidad. Pero por primera vez, ahora es posible observar, medir y comprender las consecuencias de los cambios que estamos imponiendo en la tierra, el aire, el agua y en la estructura de la vida de la cual dependemos. Ahora, sabemos lo que no se podía saber hace cincuenta años. Lo más importante que extraemos del océano es nuestra existencia. Necesitamos el océano y ahora, como nunca antes, el océano nos necesita para proteger lo que aún queda de la naturaleza, la tierra y el mar, y restaurar los sistemas dañados para mejorar la salud planetaria.

Bravo, a Gerardo, Rodrigo y los demás coautores de este magnífico homenaje a las criaturas que tienen la suerte de llamar hogar a los mares de México. En este volumen se celebran los esfuerzos que se están llevando a cabo y que son razón de esperanza. Gracias a las acciones de las personas y del gobierno de México hay más ballenas grises, más ballenas azules, más manatíes y más tortugas marinas que cuando yo era niña. Un número creciente de arrecifes, lagunas y aguas que rodean las islas costeras y áreas litorales críticas están siendo protegidas, con consecuencias que proporcionan un futuro más brillante para la vida marina —y para la vida terrestre también, con especial referencia a los humanos. Saber es la clave para cuidar y, al cuidar, existe la esperanza de que los hijos de los niños del presente miren hacia atrás a los que ahora están salvaguardando la herencia azul de México y, junto con las nuevas generaciones de tortugas, tiburones, y tal vez las pequeñas vaquitas, digan “¡Gracias!”.

SYLVIA EARLE





FERNANDO ÁLVAREZ

## MARES MEXICANOS

¿Qué es en definitiva el mar?  
¿por qué seduce? ¿por qué tienta?  
suele invadirnos como un dogma  
y nos obliga a ser orilla

es probable que nunca haya respuesta  
pero igual seguiremos preguntando  
¿qué es por ventura el mar?  
¿por qué fascina el mar?  
¿qué significa ese enigma que queda  
más acá y más allá del horizonte?

MARIO BENEDETTI

México es un gran cruce de caminos, un caldero en el que se han fundido elementos de orígenes diversos. Es un ensamble de lugares y paisajes en donde se relatan historias antiguas y donde hoy se mantiene la vida en una pluralidad de formas que nos sigue maravillando. El ambiente marino es un componente clave de este ensamble. Baña al territorio mexicano por dos flancos principales, el océano Atlántico y el Pacífico, que después se descomponen en golfos, bahías, caletas, lagunas costeras, esteros y entradas de mar de todas dimensiones. Nuestros mares bañan 11 122 kilómetros de costas, el mar territorial es una banda de unos 22 kilómetros de ancho que crea un área de 232 000 km<sup>2</sup> y la zona económica exclusiva, que considera una banda de 200 millas náuticas o 322 kilómetros, se traduce en un área de 3 150 000 km<sup>2</sup>. Esto quiere decir que las dimensiones del patrimonio marino mexicano son enormes, representando 1.6 veces el territorio terrestre del país. El intervalo de latitud que ocupa México, combinado con esa doble frontera acuática al este y al oeste, crea grandes zonas de transición y una extraordinaria variedad de hábitats fuertemente influenciados por las corrientes marinas.

La dinámica de las corrientes oceánicas frente a las costas mexicanas está compuesta por varios flujos que la hacen particularmente compleja. La corriente

de California, que se desplaza de norte a sur con agua fría, alcanza una profundidad de 500 metros y se caracteriza por un flujo lento; después de pasar frente a toda la península de Baja California se desvía a la altura de Bahía de Banderas —donde se encuentra el Cabo Corrientes como una gran saliente del continente— hacia el oeste para integrarse a la corriente Norecuatorial. Cabo Corrientes también marca la latitud hasta la cual llega la corriente costera de Costa Rica, que viene del sur con aguas cálidas y se integra también, cuando cambia de rumbo hacia el oeste, a la corriente Norecuatorial. Por su parte, el golfo de California, al este de la península de Baja California y con 1 200 kilómetros de extensión y 240 kilómetros de anchura máxima, tiene un flujo entrante en verano y otro saliente en invierno.

En el Caribe mexicano se presenta la corriente de Yucatán, que se mueve de sur a norte entre la península de Yucatán y Cuba, incluyendo el canal de Cozumel. Al alcanzar la punta noreste de la península, una parte de la corriente penetra hacia el golfo de México, donde circula en el sentido de las manecillas del reloj y se le denomina corriente de Lazo. Una vez terminada esta trayectoria circular, sale al este por el Estrecho de Florida y se convierte en la corriente del Golfo que cruza el océano Atlántico.

Todas las corrientes en aguas mexicanas tienen variaciones estacionales en cuanto a su velocidad, temperatura, profundidad y salinidad. Además, pueden ser alteradas por grandes perturbaciones como huracanes, nortes o el fenómeno de El Niño. Durante años de El Niño las aguas del océano Pacífico central y oriental, desde el este de Indonesia hasta Ecuador, aumentan su temperatura superficial en 1 a 3°C por arriba de sus niveles normales. Esto provoca que se evapore más agua en esta área y que suba hacia la atmósfera, con la consecuente disminución de lluvia en Indonesia y su aumento en el centro y este del océano Pacífico. Además, los vientos que generalmente soplan de este a oeste sobre la línea del Ecuador se debilitan o, en algunos casos, soplan en dirección contraria. Así, la diferencia en la temperatura del Pacífico tropical genera cambios en la circulación atmosférica global, impactando las corrientes que aportan la humedad (es decir, la lluvia) a las zonas terrestres. Típicamente en un año con presencia del fenómeno de El Niño hay más huracanes en las costas mexicanas del océano Pacífico y menos en el océano Atlántico.

Debido a este complejo mosaico geográfico y temporal de condiciones, nuestras aguas oceánicas representan un ambiente muy dinámico en el que varían los grupos de especies que se presentan en cada zona geográfica y temporada del año. Generalmente se piensa que nuestros mares son muy ricos tanto en número de especies como en su gran abundancia. Si bien tenemos una buena idea de la diversidad de muchos grupos biológicos en nuestro país, que-



dan numerosos ambientes y grupos de organismos por estudiar que sin duda enriquecerán nuestro conocimiento futuro.

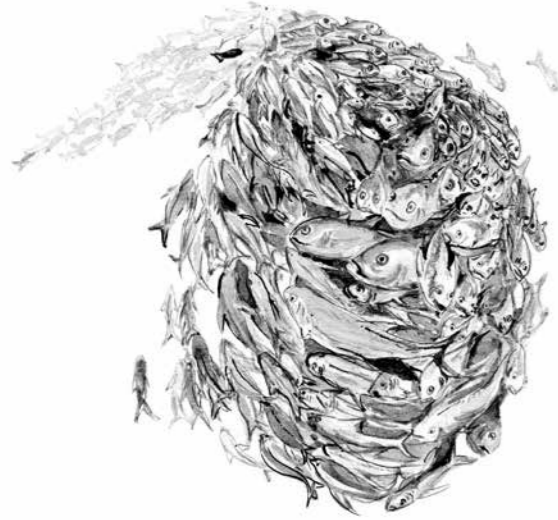
## *Diversidad biológica*

Algunos cálculos derivados de grandes recuentos de especies sugieren que en México se encuentra alrededor de 10% de la diversidad biológica mundial, que hay un nivel de endemismo de casi 40% y que nos falta conocer hasta 3.3 veces más especies de las que ahora encontramos en nuestro país. Sobre el medio marino no se puede más que generar cifras provisionales para visualizar la magnitud del reto que representa el estudio de nuestros mares.

Un recuento del número de especies de los grupos marinos más importantes indica que en los mares mexicanos se distribuyen 2 000 especies de macroalgas, 1 490 de algas planctónicas, 152 de corales pétreos, 2 787 de peces, 1 500 de anélidos poliquetos, 2 707 de crustáceos, 42 de pycnogónidos —arañas marinas—, 4 643 de moluscos, 517 de esponjas, 289 de medusas, 643 de equinodermos y 45 de mamíferos, lo que en conjunto arroja un gran total de 16 815 especies. Seguramente, estas cifras son una subestimación del número real, que debe ser mucho mayor. Hay además grupos de organismos marinos muy importantes como protistas, cianobacterias, briozoarios, ctenóforos, varios grupos de crustáceos, equiúridos, quetognatos y foraminíferos, entre otros, que aún no han sido evaluados.

## *Océano Pacífico*

Las aguas frente a la costa occidental de la península de Baja California tienen temperaturas que oscilan estacionalmente entre los 10 y 20°C. Son aguas templadas a frías porque son la parte más sureña de la corriente de California proveniente de Alaska. Estas condiciones de temperatura y las surgencias a lo largo de las costas de Oregon y California en los Estados Unidos de América, que proveen grandes cantidades de nutrientes, permiten la presencia en aguas mexicanas de una excepcional diversidad de especies. Entre los mamíferos marinos que se distribuyen en aguas mexicanas del Pacífico norte están el elefante marino del norte, el lobo marino de California, la foca común del Pacífico, la nutria marina, muchas especies de delfines, zifios y marsopas, y la presencia es-



tacional de varias especies de ballenas. Dentro del golfo de California se encuentra una especie única que es la vaquita marina. La vaquita marina comparte su área de distribución en el alto golfo con la totoaba, un pez sciánido al que se le atribuyen propiedades afrodisíacas y que ha sido pescado incansablemente, por lo que está siendo llevada al borde de la extinción.

En el Pacífico norte de México se presentan zonas de alta productividad, reconocibles por altas concentraciones de fitoplancton fotosintético, zooplankton y larvas de peces. Gracias a la abundancia de estos organismos que constituyen los primeros eslabones de la cadena trófica, la fauna de peces es diversa y algunas especies alcanzan grandes abundancias que las hacen sujetas de explotación. Se han registrado en esta zona unas 220 especies de peces demersales (asociados al fondo marino). Si bien la mayoría de estas especies tienen áreas de distribución muy grandes, en esta región se traslapan especies de afinidad templada con especies de afinidad tropical. Destacan en aguas costeras el calamar gigante, la guitarra común, el cazón pardo, la raya gavián, el tiburón azul y el tiburón mako. A lo largo de la línea de costa, en las aguas someras, en la zona intermareal y lagunas costeras se presenta otro conjunto de especies como la tortuga verde, abulón, langosta espinosa, camarones, callo de hacha, almejas catarina y pata de mula, mejillones y percebes.

Además de caracterizarse por esta gran diversidad de especies, el Pacífico mexicano también es un mar generoso en donde algunas especies llegan a tener enormes poblaciones capaces de mantener pesquerías de gran valor. La sardina, la anchoveta y la macarela del Pacífico, conocidos como *pelágicos menores*, sostienen altos volúmenes de captura. Las cuatro variedades de atún —aleta amarilla, patudo u ojo grande, aleta azul y barrilete— representan un recurso de gran importancia en la región. El pargo y el róbalo plateado son de los peces más codiciados por su excelente sabor. Los ostiones son cultivados y también capturados de poblaciones silvestres para comercializarse con gran éxito. Muy apreciados, pero cada vez menos accesibles por su explotación desmedida y poblaciones diezgadas, son el pepino de mar y el abulón consumidos como alimento y el caracol púrpura aprovechado por su tinte natural.

El golfo de California mantiene una alta diversidad y reviste una gran importancia porque muchas de sus especies son endémicas, es decir, solamente se encuentran ahí y en ningún otro mar del mundo. Se estima que en él se encuentran cinco de las siete tortugas marinas que hay en el mundo, más de 700 especies de peces y más de 6 000 especies de macroinvertebrados, es decir, invertebrados observables a simple vista.

La extensión del mar patrimonial mexicano en el Pacífico se extiende hacia el oeste gracias a una serie de islas. Las más cercanas al continente son las islas

Marietas, frente a Bahía de Banderas, después la isla Isabel, frente a costas de Nayarit; les siguen mar adentro las islas Marías y a distancias que van de 720 a 970 kilómetros de la costa de Colima el archipiélago de Revillagigedo. Alrededor de estas islas existen condiciones oceánicas que no se encuentran en las costas de la parte continental, de manera que la diversidad de especies es distinta y muy alta.

El Pacífico sur mexicano, de Jalisco hasta Chiapas, destaca por su gran diversidad de ambientes y riqueza de especies. Debido a la cercanía de la Sierra Madre del Sur y Sierra Madre de Chiapas la línea de costa es una combinación de extensas playas interrumpidas por peñones y acantilados, de lagunas costeras y de zonas estuarinas en las desembocaduras de ríos. Se desarrollan numerosos crecimientos de coral cercanos a las costas rocosas, lo que añade una gran complejidad estructural al ecosistema costero. La costa de Oaxaca, recientemente estudiada, basta como ejemplo para visualizar la alta diversidad de esta región. Allí conviven 2 157 especies pertenecientes a 15 grupos biológicos: algas, esponjas, cnidarios, lombrices planas, nemertinos —gusanos listón—, anélidos, crustáceos, moluscos, briozoarios, equinodermos, peces, reptiles, aves y mamíferos. Entre ellos destacan 594 especies de peces, 120 de aves marinas, cinco tortugas marinas, el cocodrilo americano, el caimán de anteojos y mamíferos marinos como el rorcual común, la ballena gris, el rorcual de Minke y el cachalote pigmeo.

## Golfo de México

Este mar semicerrado por dos penínsulas y una isla —la de Yucatán, la de Florida y Cuba— cuenta con un amplio rango de profundidades, desde la línea de costa hasta la planicie abisal de Sigsbee en su centro, que alcanza 3 900 metros. Si bien la plataforma continental —el fondo marino que llega hasta 200 metros de profundidad— es estrecha frente a las costas de Tamaulipas y Veracruz, empieza a ensancharse considerablemente frente a Tabasco y Campeche, alcanzando su mayor amplitud frente a costas del estado de Yucatán. Esta extensa plataforma continental es hogar de poblaciones muy grandes de algunas especies que son explotadas comercialmente, como los camarones blanco, café y rosado; las jaibas azul, negra y enana; y peces como el huachinango, el jurel y el pargo.

La porción mexicana del golfo de México alberga más de 5 520 especies animales y representa una gran zona de transición entre aguas templadas y tropicales, además de tener una biota propia. La porción norte del golfo, principalmente frente a costas de los Estados Unidos de América, se caracteriza por albergar una agrupación de fauna templada y se le denomina provincia caro-



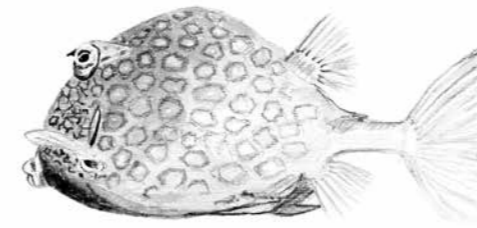
liniana. Por su parte, la porción sur del golfo pertenece a la provincia caribeña cuyas especies son de afinidad tropical. Además de la convergencia de fauna proveniente de estas dos provincias, muchas de las especies litorales del golfo tienen una amplia distribución en el océano Atlántico, desde la región de las Carolinas en la costa este de los Estados Unidos de América hasta el sur de Brasil.

El estudio de las comunidades del litoral rocoso también ha revelado que hay un recambio de especies muy alto, hasta de 50% de un año a otro, debido a las interrupciones que ocasionan los *nortes*. Se trata de fuertes vientos producidos por los frentes fríos que recorren el golfo de octubre a febrero y que alcanzan velocidades superiores a los 100 kilómetros por hora, por lo que generan marejadas muy fuertes.

De gran importancia para la productividad del litoral del golfo son las lagunas costeras que se forman en las desembocaduras de los grandes ríos. En este golfo desembocan la mayoría de los ríos más caudalosos de nuestro país: Bravo, Pánuco, Papaloapan, Coatzacoalcos y Grijalva-Usumacinta. Una vez que han dejado las altas sierras donde se reúne casi toda el agua que llevan, los ríos llegan a las extensas llanuras costeras que bordean el litoral del golfo, amplias y de poca pendiente, donde el flujo de agua disminuye su velocidad y se forman ricos ecosistemas donde se encuentran el mundo terrestre y el mundo acuático. Con la desembocadura de cada río encontramos, de norte a sur, la laguna Madre en Tamaulipas; las lagunas de Tamiahua, Alvarado y Sontecomapan en Veracruz; las lagunas de Carmen-Pajonal y Machona y de Mecoacán en Tabasco, y la de Términos en Campeche. Aunque se les denomina lagunas, se trata propiamente de estuarios donde el agua marina se mezcla con el agua dulce bajo una fuerte influencia de las mareas.

La vegetación que bordea los cuerpos lagunares va cambiando conforme nos alejamos del ambiente terrestre y nos acercamos al agua salada del mar, de estrictamente dulceacuícola a estuarina. Entre las especies dulceacuícolas de las lagunas está el apompo, un árbol que alcanza los 18 metros de altura y cuyos grandes contrafuertes consolidan las orillas. Entre las plantas acuáticas se encuentran los nenúfares, que son plantas enraizadas emergentes que también estabilizan los fondos, los lirios, la lechuga y la lenteja de agua. Conforme la salinidad del agua aumenta hacia las bocas que comunican con el mar, las orillas se van poblando de mangles, con una primera línea de mangle negro o botoncillo en las zonas más firmes, seguido de mangle blanco y luego de mangle rojo que crece con sus raíces dentro del agua de mar.

La presencia de este conjunto de mangles es de vital importancia para el funcionamiento del estuario y de la zona costera. En primera instancia protegen la línea de costa del constante cambio de mareas, captando sedimentos y



estabilizándolos entre sus raíces. Adicionalmente, son importantes recicladores de materia orgánica, pues regresan una gran cantidad de nutrientes al medio acuático por medio de su hojarasca. En combinación con los mangles que forman las orillas, los pastos marinos que se desarrollan en el fondo de las aguas someras cubriendo grandes extensiones completan las zonas de refugio y crianza de innumerables organismos. Especies tan importantes como los camarones peneidos, ostiones, jaibas y una gran diversidad de peces del golfo de México, especialmente en sus etapas larvales y juveniles, aves marinas y mamíferos acuáticos y terrestres, dependen de este ecosistema.

El gran aporte de agua dulce y sedimentos que estos ríos descargan en el mar provoca que la zona costera frente a sus desembocaduras esté compuesta de extensas playas y, junto con las bajas temperaturas que prevalecen en el agua en la época invernal, limita el desarrollo de los arrecifes de coral. Sin embargo, fuera de las zonas de influencia directa de los ríos y en áreas donde la temperatura es más benigna, sí existen importantes formaciones arrecifales, únicas en su tipo precisamente por crecer en aguas más frías y por encontrarse fuertemente aisladas unas de otras. La más norteña en aguas mexicanas es la isla Lobos y los arrecifes frente a Tuxpan, más al sur están los ubicados frente al puerto de Veracruz y los de la región de Los Tuxtlas entre Alvarado y Coatzacoalcos. Otra serie importante de arrecifes, ubicados mar adentro entre 100 y 200 kilómetros frente a las costas de Campeche en los límites de la plataforma continental, son Cayo Arcas, Triángulos, Cayo Arenas, Banco Ingleses y Alacranes. Con base en el estudio del grosor del arrecife, principalmente formado por coral cuerno de alce, y de su composición química, se estima que la isla Pérez, la más grande del arrecife Alacranes, crece a una velocidad de 12 metros cada mil años, lo que equivale a 1.2 cm al año.

En todos estos arrecifes podemos hallar corales como el cuerno de alce, cerebro, de estrella, de gran estrella, de dedos, una variedad de zoantídeos y anémonas. Los arrecifes del golfo de México son ricos en especies de algas en rosetas e incrustantes, esponjas, gusanos anélidos y sipuncúlidos, almejas horadoras, percebes, cochinillas de mar, camarones, cangrejos, estrellas de mar, pepinos de mar y erizos.

## Mar Caribe

La primera imagen que viene a la mente cuando uno habla del mar Caribe son sus playas blancas y sus aguas azul turquesa. En México tenemos 418 kilómetros de línea de costa sobre el Caribe, del cabo Catoche a Xcalak en el esta-

do de Quintana Roo, sobre la costa este de la península de Yucatán. El principal rasgo que distingue a esta región es el Sistema Arrecifal Mesoamericano, que se extiende desde Quintana Roo en México hasta las costas de Belice, Guatemala y Honduras hacia el sur. Mejor conocido como el Arrecife Mesoamericano, no es una barrera continua, sino que son docenas de arrecifes que se alternan alineados sobre la estrecha plataforma continental a corta distancia de la costa.

Estos arrecifes están conformados por unas 56 especies de corales. Los corales hermatípicos, que son aquellos que mantienen una simbiosis con algas zooxantelas, son los principales constructores de estructuras arrecifales. Al crecer depositan carbonato de calcio para formar su esqueleto y conforme se van sucediendo las generaciones de coral —con los corales vivos en la parte más alta de la estructura y los esqueletos vacíos de las generaciones anteriores debajo de ellos— se van formando estructuras de gran tamaño. Más importante que su tamaño, esta acumulación cuenta con una gran complejidad estructural, constituyéndose en un ambiente de alta heterogeneidad que es aprovechada por miles de otras especies. Por su papel clave en la formación y manutención del arrecife, los corales constructores como el cuerno de alce y cuerno de ciervo tienen un papel central en las estrategias de protección y recuperación de los ecosistemas arrecifales.

En la conformación característica de la zona litoral del Caribe mexicano se presentan playas extensas que son utilizadas por aves, crustáceos, moluscos y tortugas, entre otros organismos. En la zona intermareal y submareal se desarrollan extensas zonas de bajos, que son en realidad parte de los sistemas arrecifales cubiertos por pastos marinos. Estos pastos son plantas vasculares verdaderas (es decir, no son algas) e incluyen varias especies, como el pasto de tortugas, pasto de manatí y pasto de los bajos. Las praderas de pastos marinos son áreas de crianza y de refugio durante alguna etapa de su vida para cientos de especies costeras y, a la vez, tienen una fauna propia muy diversa que hace de este ecosistema uno de los más productivos del planeta. Aquí encontramos más de 225 especies de algas, ácaros, medusas, esponjas, briozoarios, nemátodos, anélidos, sipuncúlidos, moluscos (985 especies), crustáceos, equinodermos, urocordados, peces y tortugas.

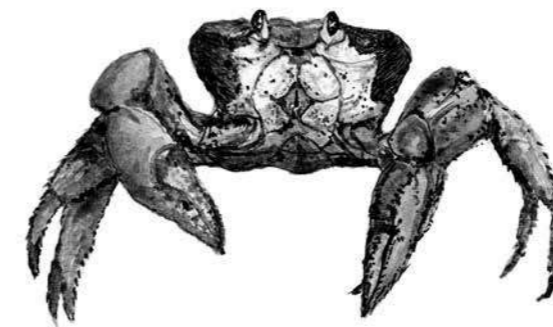
Destacan en el Caribe mexicano tres grandes bahías —de la Asunción, de Espíritu Santo y de Chetumal—, la isla de Cozumel y Banco Chinchorro. La isla de Cozumel, a pesar de estar a solo 18 kilómetros de la península de Yucatán, tiene características únicas en cuanto al desarrollo de arrecifes que la circundan y a la diversidad de especies marinas que albergan. Esto se debe en parte a que al oeste de la isla, entre ésta y el continente, se encuentra un canal profundo que llega a los 400 metros, mientras que hacia el este se encuentra otro canal con una

profundidad de 1 000 metros que le confiere a la isla condiciones oceánicas. Los arrecifes de Cozumel son muy diversos, pues cuentan con por lo menos 33 especies de corales, con algunos géneros dominantes. Se han catalogado también 334 especies de algas en la isla, 73 de camarones y cangrejos y 93 de peces.

Banco Chinchorro es una formación arrecifal a unos 30 kilómetros de la costa sur de Quintana Roo, enfrente del poblado de Mahahual. Su forma ovoidal puede asociarse a una formación de atolón o bien puede ser debido a la forma de la plataforma en donde se desarrolla. El caracol rosado, las langostas, pepinos de mar y cocodrilos son especies emblemáticas de este sitio. Hay que destacar que la biodiversidad del arrecife ha sido muy poco estudiada y que conforme avancen los estudios en el futuro seguramente se registrarán cientos de especies que ahí se distribuyen. Su ubicación remota, difícil acceso y condición de área natural protegida se combinan para mantener este gran ecosistema en excelentes condiciones de conservación.

## *Consideraciones finales*

Así como el poeta plantea “¿Qué es en definitiva el mar?”, así vuelve y contesta “es probable que nunca haya respuesta”. Lo que queda es que cada uno de nosotros tendrá su propia verdad sobre el mar y así lo apreciará. Nuestros mares, los mares de México, son un recurso natural, pero son también una riqueza, una responsabilidad y una oportunidad. Hay que entender que apenas lo empezamos a conocer, que su uso racional nos puede catapultar con éxito hacia el futuro, pero que lo tenemos que entender y cuidar, que la conservación es un asunto de los hombres, no de la naturaleza.





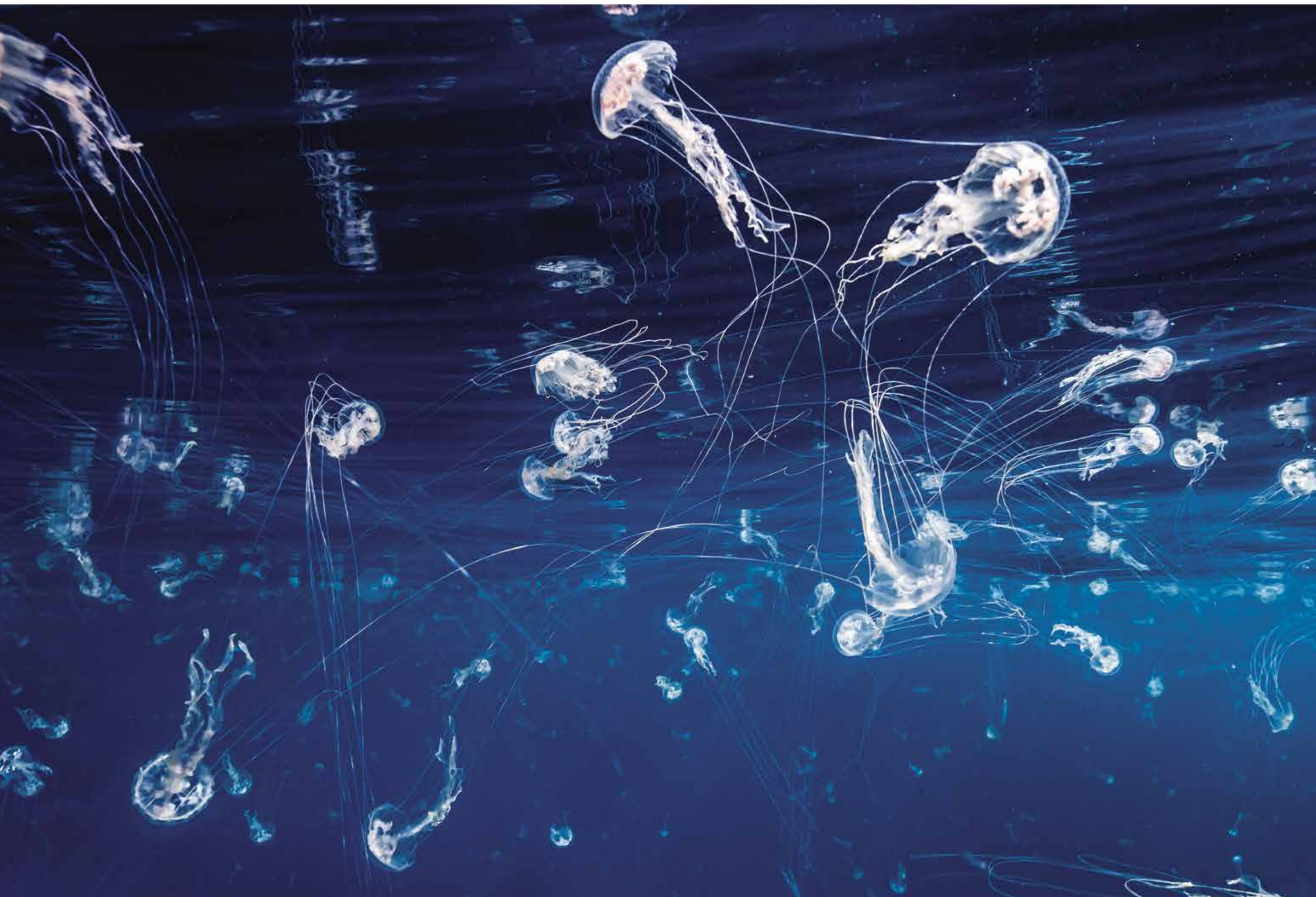
Las medusas y las nueces de mar se encuentran entre los animales más bellos del océano. Sus cuerpos semitransparentes no tienen ningún tipo de esqueleto y sus tejidos comprenden 95% o más de agua, por lo que son delicados y se dañan fácilmente. Si se les saca del agua, se colapsan amorfas sobre la arena, ya que necesitan el soporte que les brinda el ambiente acuoso del mar.

A pesar de tener un aspecto parecido por su transparencia y consistencia “gelatinosa”, estos animales representan dos linajes distintos separados por millones de años de evolución. Las medusas pertenecen al filo Cnidaria, que incluye a corales y anémonas, todos ellos con tentáculos armados de nematocistos urticantes. Las nueces de mar conforman el filo Ctenofora, palabra griega que significa “portadores de peines” en referencia a las ocho hileras de filamentos alineadas a lo largo de su cuerpo. Además, los ctenóforos no cuentan con ninguna clase de nematocistos.

Las medusas son fácilmente reconocibles gracias a su estilo de nado, en el que usan su cuerpo en forma de campana para moverse con propulsión a chorro, lo que logran contrayéndose rítmicamente. Aprovechan las corrientes marinas e incluso el viento en la superficie para viajar grandes distancias. Con sus tentáculos atrapan su comida: larvas de peces, invertebrados y krill que conforman el zooplancton. Como también usan sus tentáculos para defenderse, la picadura de algunas medusas puede ser extremadamente dolorosa para los humanos, o incluso letal; la mayoría de las especies son, sin embargo, inofensivas.

Los ctenóforos se impulsan usando sus filamentos. Atrapan a sus presas gracias a células pegajosas conocidas como coloblastos. La mayoría flota cerca de la superficie en las aguas costeras, pero hay algunas especies que viven en el fondo del mar. Algunos tienen un par de tentáculos y la mayoría son bioluminiscentes.

*bellezas flotantes*

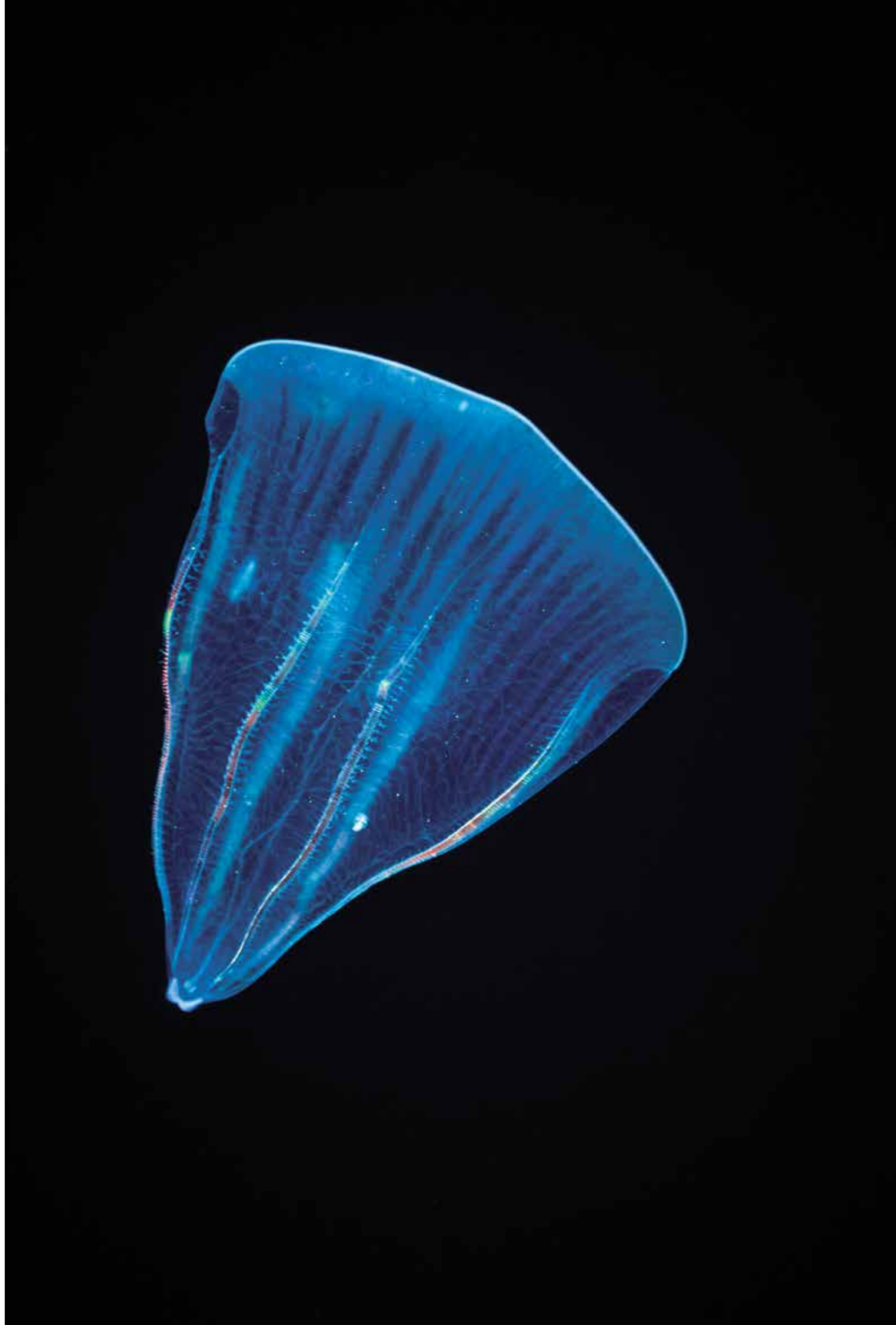


*La forma acampanada de las medusas, que han visto el mar por más de 600 millones de años, les permite moverse en cualquier dirección, aunque prefieren dejarse arrastrar por las corrientes marinas. La formación cada vez más común de grandes agrupaciones de medusas, sobre todo en lugares adonde antes no llegaban, son un síntoma de los cambios en la temperatura y salinidad del mar.*



*Las medusas son carnívoras. Capturan a sus presas y se defienden de posibles depredadores gracias a unas células urticantes denominadas nematocistos, distribuidas en sus tentáculos. Algunas son diminutas, apenas visibles, mientras que otras son verdaderamente enormes.*





Los ctenóforos se diferencian de las medusas por su forma esférica u ovalada, un sistema digestivo más complejo, su nado basado en el movimiento de los filamentos que recorren su cuerpo, la ausencia de nematocistos urticantes y por que siempre viven suspendidos en el agua, sin fase de vida sésil (fija, sin movimientos libres).



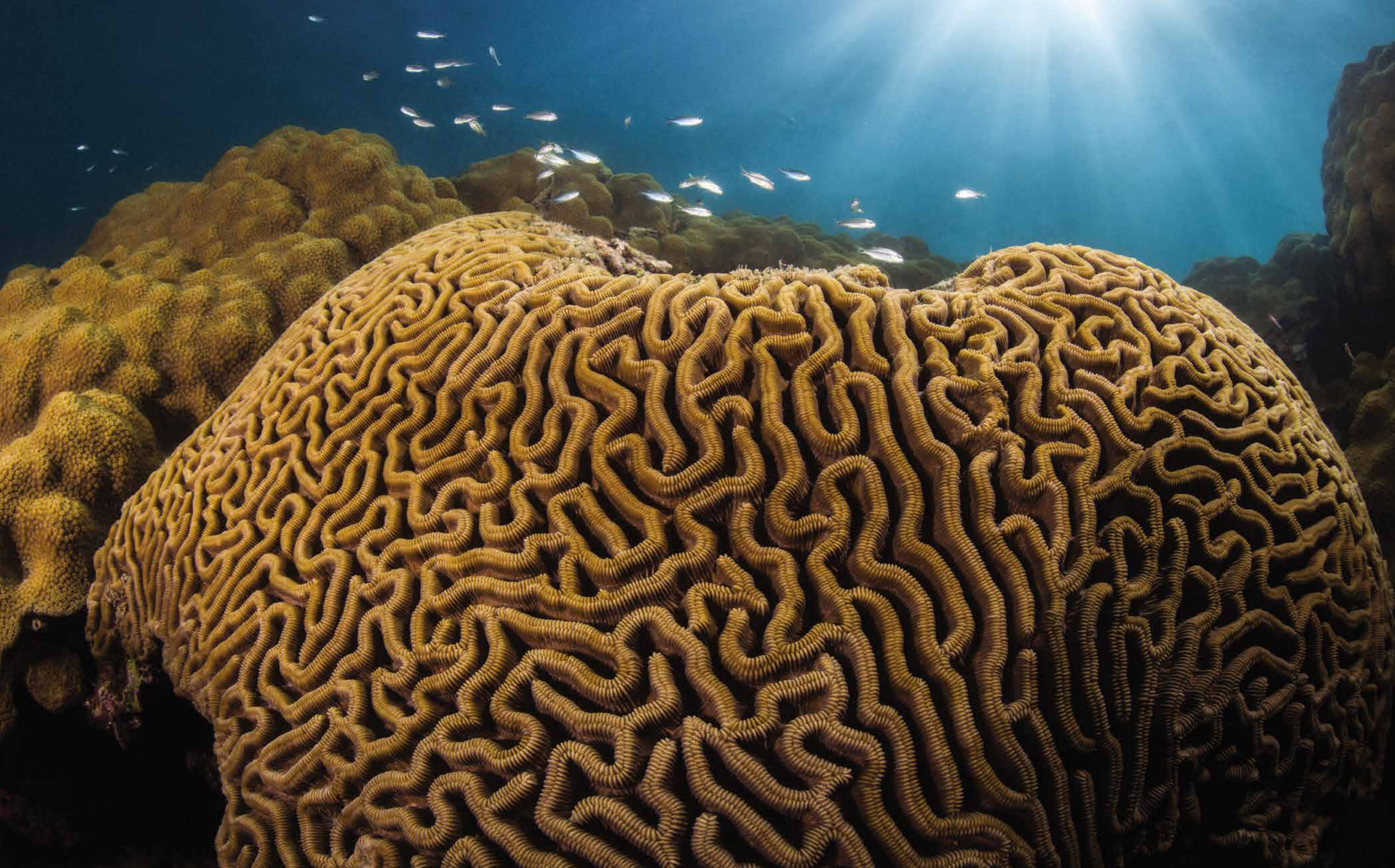
El grupo Cnidaria, que significa “ortiga” en latín, agrupa a más de 10 000 especies de corales, hidroides, medusas y anémonas. Estos animales tienen un cuerpo en forma de copa que sólo cuenta con una apertura central rodeada por tentáculos. Cuando tienen este aspecto se les llama pólipos. Los pólipos pueden vivir solos y fijos al sustrato, como las anémonas y ciertas medusas en su primera fase de vida. También pueden formar colonias, como los corales. Su característica más distintiva son las cápsulas irritantes llamadas nematocistos ubicadas en los tentáculos que les sirven para cazar su alimento y defenderse.

Los corales son pequeños animales que se agrupan por miles, formando colonias. Construyen su esqueleto externo duro absorbiendo carbonato de calcio disuelto en el agua de mar. Por su parte, las gorgonias carecen de esqueletos rígidos y permanentes, por lo que se les conoce como “corales suaves”, e incluyen a las plumas y los abanicos marinos.

Dentro del tejido de los pólipos crecen algas unicelulares llamadas zooxantelas que les proveen oxígeno y otros compuestos; a cambio, ellas reciben nutrientes y dióxido de carbono. Los pigmentos de estas algas son los que dan a cada coral su color. Si a esto se suma la variabilidad en la que los pólipos se organizan al formar su colonia, la diversidad de formas, tamaños y colores de los corales resulta asombrosa.

Las agrupaciones de corales se conocen como arrecifes coralinos, uno de los ecosistemas más fascinantes y biológicamente diversos del planeta. Para desarrollarse, los arrecifes necesitan factores ambientales críticos como la temperatura y la claridad del agua, corrientes marinas, salinidad y una base donde adherirse. El crecimiento de los corales es lento, menor a 3 cm por año en la mayoría de las especies. Lamentablemente, los arrecifes están amenazados por el incremento de la temperatura y la acidificación de los océanos, factores causantes del blanqueamiento de los corales (pues desaparecen sus zooxantelas), lo que causa su muerte.

*constructores coloniales*





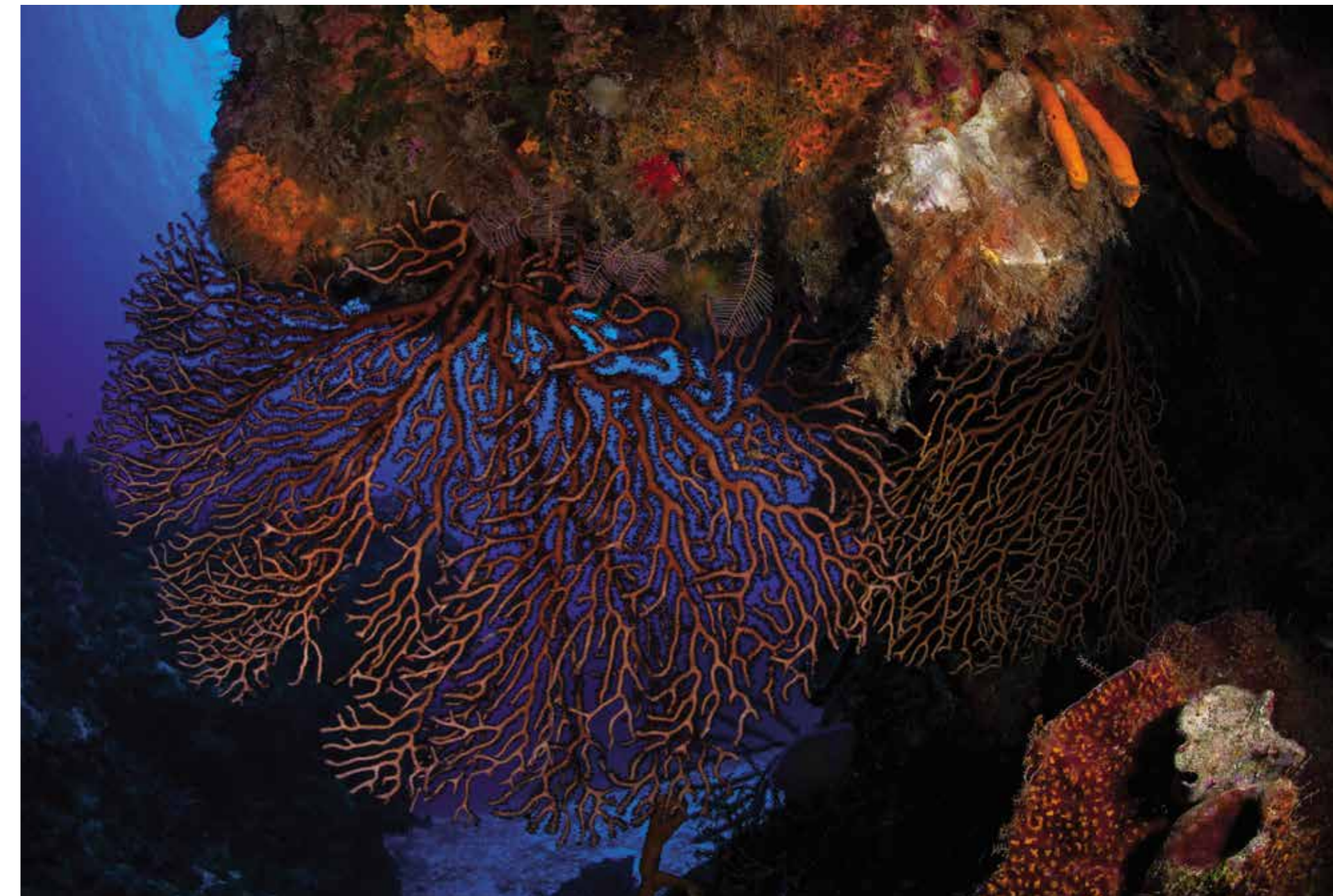
*La forma rígida de los corales se debe a que cada pólipo, que representa a un animal individual, secreta carbonato de calcio que se endurece a su alrededor. Conforme se multiplican, los pólipos forman colonias, una generación sobre la otra, creando arrecifes.*

*En los arrecifes coralinos  
se refugian, alimentan,  
reproducen y crían  
numerosas especies más.*









*Al interior de los corales, es decir, dentro de los tejidos de los pólipos, viven algas llamadas zooxantelas que les proveen de oxígeno. A su vez, los corales les aportan protección y nutrientes. Lamentablemente, el aumento en la temperatura del mar provoca la desaparición de estas algas generando el blanqueamiento y muerte de los corales.*

*Por su diversidad de especies los arrecifes coralinos son los equivalentes de las selvas húmedas de los ambientes terrestres. Se encuentran actualmente amenazados por la proliferación de macroalgas asociada a la descarga de efluentes agrícolas y urbanos, así como por la sobrepesca comercial, la captura de especímenes para acuarios, la acumulación de sedimentos provenientes de ambientes terrestres y la invasión de especies exóticas.*







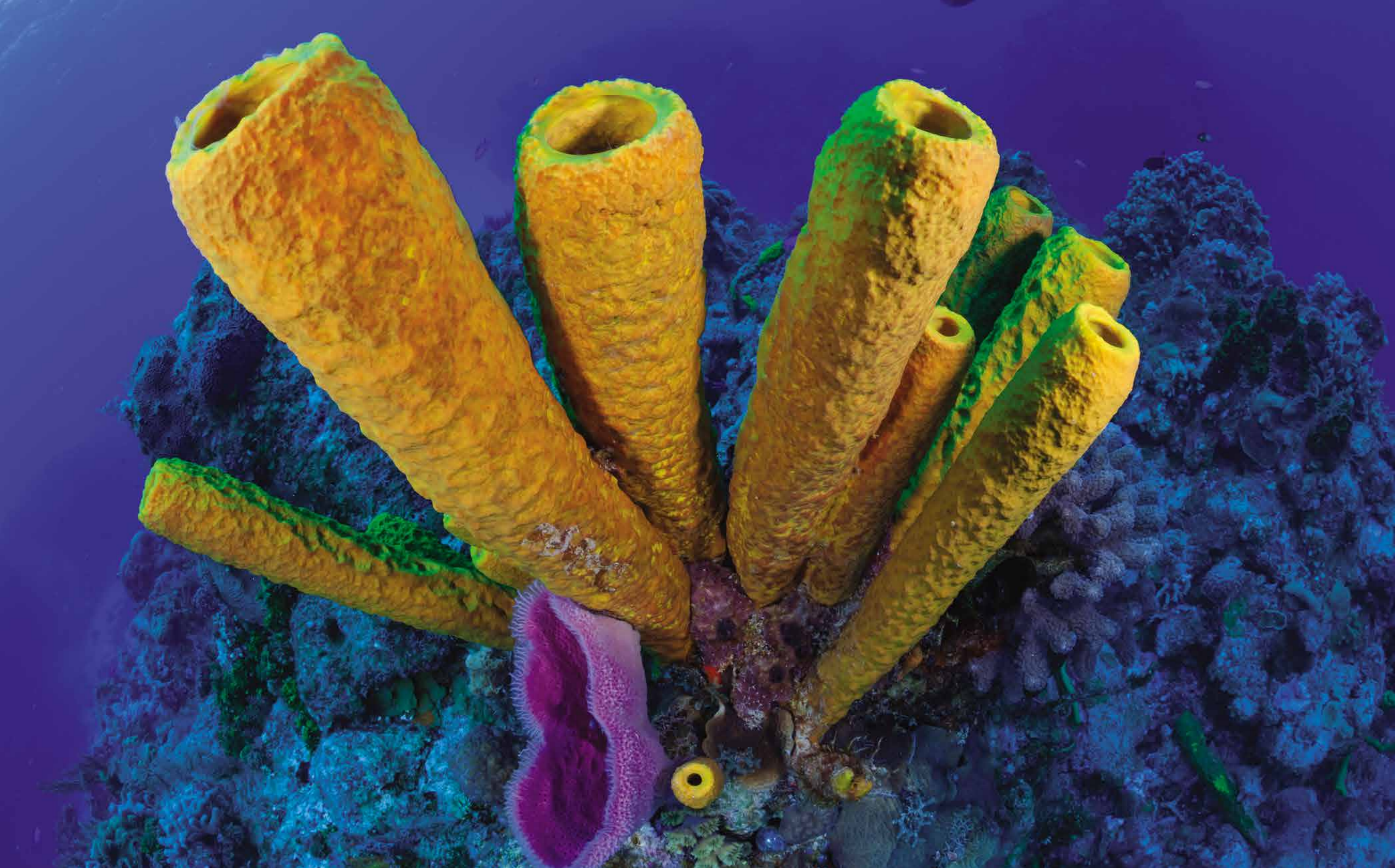
Por su apariencia y modo de vida inmóvil, las esponjas no fueron reconocidas como animales hasta 1825. Habitan sobre todo en aguas someras, sujetas al fondo o a objetos sumergidos, aunque también hay algunas especies que viven en aguas profundas hasta 5 000 metros y algunas, muy pocas, son dulceacuícolas. No obstante, a pesar de su aparente simplicidad, son organismos que han prevalecido en nuestro planeta desde la aparición de los primeros animales, hace más de 580 millones de años.

Una de sus peculiaridades más notables es la estructura porosa de su cuerpo, por la que han recibido el nombre de Poríferos. Cuando se examinan de cerca es posible advertir numerosos poros pequeños y algunos poros más grandes pero escasos. Por los primeros, llamados poros inhalantes u ostiolas, penetra el agua de mar y con ella la materia orgánica en suspensión de que se alimentan. Por los segundos, denominados ósculos, el agua sale al exterior. El cuerpo de la esponja, que generalmente es asimétrico y carece de órganos definidos, tiene en su interior conductos y cavidades que conectan a los poros y cuya complejidad difiere según las especies.

En nuestro país se han registrado formalmente alrededor de 517 especies, pero a nivel mundial se tienen documentadas cerca de 8 400. Aun así, su diversidad es tan grande que se calcula que podrían existir más especies.

Algunas especies han sido utilizadas por los humanos desde hace siglos como esponjas para baño, siendo suaves y delicadas. En México no existe una explotación de las esponjas como tal, aunque algunos pescadores las recolectan de manera informal. Por falta de estudios se desconoce su abundancia y estado de conservación en nuestras costas. La amenaza más importante a la que se enfrentan es la destrucción de su hábitat causada por la industria turística de masas, la construcción de marinas y la contaminación del mar.

*con apariencia de plantas*





*Las esponjas no tienen sistema nervioso, digestivo ni circulatorio. Su cuerpo está conformado por poros y canales que les permiten filtrar grandes cantidades de agua para atrapar su alimento, principalmente bacterias y materia orgánica disuelta en el agua. Contribuyen de manera importante a la regeneración de nutrientes en el ecosistema, pues una esponja de un kilo puede filtrar hasta 1 000 litros de agua al día.*

*A pesar de su aparente sencillez, las esponjas constituyen gran parte de la biomasa de los ecosistemas. En zonas cálidas, como en el Caribe, pueden alcanzar más de dos metros de altura, mientras que en zonas frías, como en el Antártico, representan hasta 75% de la biomasa total a profundidades entre 100 y 200 metros.*



Los nudibranchios, conocidos como babosas de mar, son en realidad caracoles ya sea sin concha o con una concha extremadamente reducida. Son especialmente llamativos y muy fotogénicos, fácilmente reconocibles por sus branquias visibles en la parte posterior del cuerpo, de donde proviene su nombre, derivado de palabras en latín y griego, que significa “branquias desnudas”. Las prolongaciones de su cabeza, llamadas rinóforos, cumplen un papel olfativo mientras que las extensiones sobre su dorso, denominadas cerata, tienen funciones sensoriales, de defensa y respiración.

Los nudibranchios muestran una increíble diversidad de intrincados patrones de color que pueden servir para camuflarse en el sustrato o, a la inversa, para hacerse ver. Su espléndida coloración puede advertir a los depredadores que contienen toxinas. Pero de manera sorprendente, no producen sus propias defensas, sino que las obtienen de su alimento. Después de comerse una esponja o un coral suave, los nudibranchios reciclan los compuestos que éstos contienen y los incorporan a sus propios tejidos. Si se alimentan de una medusa, un coral o una anémona son capaces de ingerir los nematocitos (las cápsulas urticantes) e incorporarlos a su propio sistema de defensa. También pueden adquirir zooxantelas –algas fotosintéticas– de los corales de los que se alimentan, dándoles hospedaje en sus propios tejidos y manteniendo la relación de simbiosis con ellas.

Las babosas de mar se encuentran en todos los mares del mundo, desde las heladas aguas del Ártico hasta los trópicos, y desde aguas someras en la línea de costa hasta sitios cerca de 2 500 metros de profundidad. Si bien la mayoría de las especies, cerca de 3 mil, viven en aguas someras, cada vez se descubren más especies en aguas profundas. A finales del año 2018 se describieron cinco especies nuevas en el fondo marino profundo frente a las costas de California y Baja California.

*de mil colores*



*Estos animales deben su nombre a sus branquias desnudas, que asemejan hermosos plumeros de vivos colores. Se caracterizan también por carecer de concha, la cual desaparece al finalizar su estadio larvario.*



*Al ser tan llamativos, los nudibranchios cuentan con diversas estrategias para protegerse de sus depredadores. Secretan una mucosidad con un fuerte y desagradable olor e incluso sabor, además de que algunas especies pueden ser tóxicas o venenosas.*







Con sus inconfundibles tentáculos unidos a una gran cabeza, los cefalópodos (que en griego significa “pie en la cabeza”) incluyen unas 800 especies con una historia muy antigua, pues los primeros aparecieron hace más de 400 millones de años. Entre ellos hay pulpos, calamares y sepias, así como amonites —extintos— y nautilus con sus características conchas en espiral. Estos animales han sido protagonistas en leyendas clásicas de monstruos marinos y en la mitología de numerosas culturas asentadas en las costas.

Hoy sabemos que el cerebro de los pulpos es el más grande de todos los invertebrados y que son sorprendentemente inteligentes. No es fácil comparar su cerebro con el de los vertebrados, pues la mayoría de sus neuronas está en sus ocho brazos, que tienen un muy desarrollado sentido del tacto y del gusto para explorar lo que les rodea. Los pulpos pueden reconocer personas individuales y aprender cómo alcanzar alimento dentro de un frasco con tapa de rosca al final de un laberinto tridimensional, incluso ¡hay indicios de que tienen conciencia de ser!

Su papel de depredadores conlleva gran importancia ecológica. Acechan a sus víctimas y usan el fuerte poder de succión de las ventosas de sus tentáculos, que pueden mover de forma independiente, para sujetar a la presa. Luego, su boca en forma de pico córneo corta a la víctima en pequeños pedazos. Los cromatóforos de su piel —células con pigmentos en su interior que reflejan la luz, controladas por músculos— les dan la capacidad de cambiar su color rápidamente para camuflarse o atraer pareja.

La pesquería de pulpos y calamares es muy importante en México y el mundo. Por ejemplo, tan solo del calamar de Humboldt, que mide hasta 1.5 metros de longitud, se pescan entre 60 y 100 toneladas al año en el litoral del Pacífico mexicano.

*tentáculos al acecho*



Los cefalópodos pueden cambiar de color en pocos segundos gracias a células especializadas llamadas cromatóforos. También pueden modificar la textura de su piel e incluso emitir luz, efecto conocido como bioluminiscencia, gracias a células que captan la luz solar. Esta característica les permite comunicar su estado de ánimo, iniciar el cortejo, o bien como medio de defensa y evasión.





*Entre los invertebrados, los cefalópodos tienen el sistema nervioso central más desarrollado y complejo. Sus tentáculos tienen un sofisticado sentido del tacto e incluso del gusto, pues con ellos pueden probar lo que les rodea.*





*Los cefalópodos pueden expulsar tinta desde su aparato digestivo con la que desorientan a sus posibles depredadores, ya sea evitando su detección o bien creando una silueta de sí mismos.*



Los camarones, langostas y cangrejos pertenecen, junto con otros animales, al grupo de los crustáceos. Se caracterizan por un plano básico de cabeza, cuerpo y diez patas caminadoras, un caparazón duro y articulaciones móviles. Hay más de 70 000 especies con infinidad de variaciones en forma y tamaño.

Los más pequeños son camarones que miden 0.1 milímetro, forman parte del plancton y viven suspendidos toda su vida en las corrientes marinas. Los más grandes son cangrejos de hasta casi 4 metros de largo. Los hay transparentes o de colores, con pinzas cortas o más largas que el cuerpo, con patas largas y delgadas o cortas y fuertes, y con grandes ojos o sin ellos. Viven desde las playas arenosas hasta las profundidades del océano en todos los mares del planeta. Algunas especies pueden ser increíblemente abundantes, como los camarones eufasiáceos que conocemos como *krill* y se encuentran entre las especies con mayor biomasa en el planeta –nada más imaginar que son el alimento de las ballenas.

En contraste con los camarones de cuerpo aplanado en los costados, las langostas están aplanadas en la parte superior e inferior, ya que viven sobre el fondo. Las formas más familiares son las langostas espinosas, un recurso pesquero muy codiciado. Parientes cercanos a ellas son la langostilla, que forma bancos gigantescos en el golfo de California y varias especies de langostas zapateras comunes en fondos rocosos.

En los cangrejos el abdomen se ha plegado por debajo del caparazón. Desde los enormes cangrejos araña hasta los diminutos cangrejos chícharo que viven dentro de almejas, presentan comportamientos y ciclos de vida complejos, pues pueden comunicarse entre sí, defender territorios y cuidar a sus crías. Representan un grupo de organismos fundamentales para el funcionamiento de los ecosistemas marinos tanto por su diversidad de funciones e interrelaciones como por su abundancia.

*con la armadura puesta*



*Los crustáceos cuentan con un esqueleto externo rígido constituido de quitina y artropodina. Algunos crustáceos viven en conchas abandonadas por otros animales, mientras que otros fabrican su propio caparazón.*



*Además de sus 10 patas, las langostas (página 96), como otros invertebrados, tienen en la base de sus anténulas unas estructuras llamadas estatocistos. Los estatocistos tienen una función similar a la de los oídos, proporcionándoles equilibrio al distinguir con ellas la profundidad y las variaciones del terreno.*





*Los crustáceos son la única clase de artrópodos acuáticos. Los hay carroñeros, filtradores y carnívoros y son uno de los recursos de mayor demanda comercial para consumo humano.*







Cuando uno descubre un animal marino nunca antes visto queda la impresión de que jamás conoceremos a todas las especies de los océanos. Existen formas familiares como peces, camarones o ballenas, pero entre los animales invertebrados existe una diversidad insospechada.

Hay animales que viven en colonias donde se alimentan, crecen y reproducen mejor, como los briozoarios cuyas colonias asemejan plantas o arreglos de flores de gran belleza y delicadeza. Uno puede sorprenderse al encontrar en playas tranquilas animales acorazados con apariencia prehistórica; se trata de las cacerolitas de mar, que durante millones de años se han defendido con su cola en forma de lanza. En aguas poco profundas, saliendo de una roca o de los recovecos del arrecife se observan mechones de colores, algunos con arreglos radiales y otros en espiral. Se trata de las coronas de tentáculos de gusanos poliquetos que viven dentro de un tubo de calcio en el sustrato duro, las cuales les permiten atrapar las partículas suspendidas en el agua más eficientemente gracias a su forma de peine.

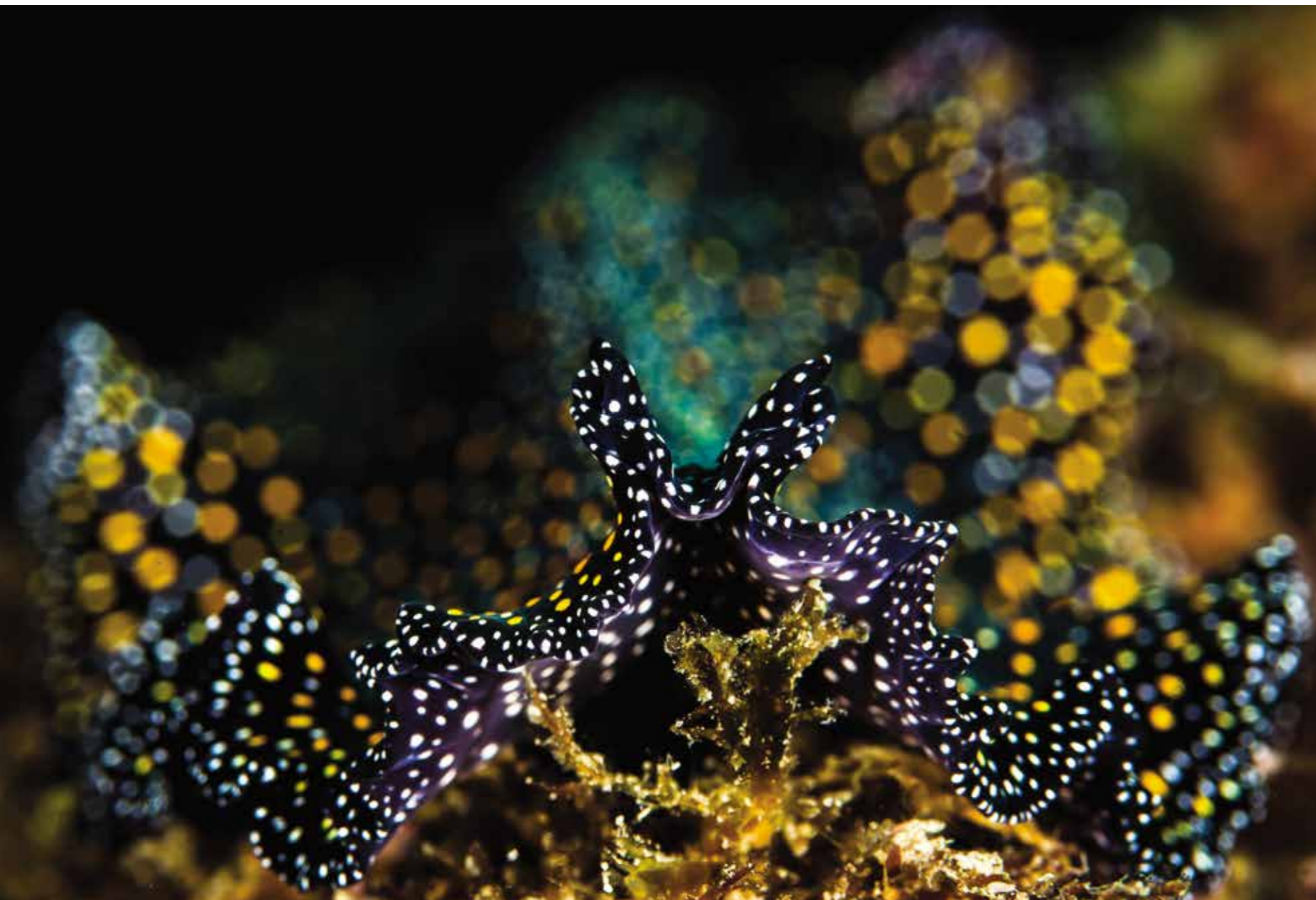
Un grupo muy diverso y común desde hace millones de años en los mares de todo el mundo es el de los equinodermos, los organismos que tienen púas en la piel. Su característica principal es la simetría pentarradial, es decir, que tienen cinco lados. En este grupo encontramos las estrellas y los pepinos de mar, los erizos, los crinoideos o lirios de mar y los ofúridos o estrellas serpiente. Las combinaciones de forma y color que existen con sus variadas espinas, placas y tentáculos son de gran belleza para los seres humanos, pero para los organismos representan soluciones vitales a problemas de alimentación, protección y reproducción. Las amenazantes espinas de los erizos, la gracia de las estrellas de mar, el encanto de los crinoideos y la agilidad de los ofúridos son a la vez sorprendentes y fascinantes.

*diversidad asombrosa*



*La anémona gigante del Caribe es conocida por su interacción simbiótica con los peces, en la que ellos se protegen de posibles depredadores entre sus tentáculos y la anémona se beneficia con las acciones de limpieza que ellos le brindan.*

*Las plumas de mar son parientes de las medusas y los corales. Su cuerpo tiene una estructura similar a la de los corales, de modo que cada pluma consta de numerosos animales (pólipos) interconectados. Viven en sedimentos limosos o arenosos.*



*No todos los gusanos son como los imaginamos. En el mar existen coloridas y ondulantes especies de caprichosas formas, como este gusano plano.*

*El caracol lengua de flamenco es un familiar de los caracoles terrestres. Vive en el fondo marino y es carnívoro. Su concha también es colorida, pero solo se ve cuando el caracol se encuentra completamente dentro de él. Se alimenta de gorgonios.*



*Por extraño que parezca, el gusano árbol de navidad forma parte del grupo de los anélidos, mismo al que pertenecen las lombrices de tierra y las sanguijuelas. Este gusano marino se esconde entre los corales vivos, mostrando sus coloridos espirales con los que se alimenta de plancton y otras partículas suspendidas en el agua.*

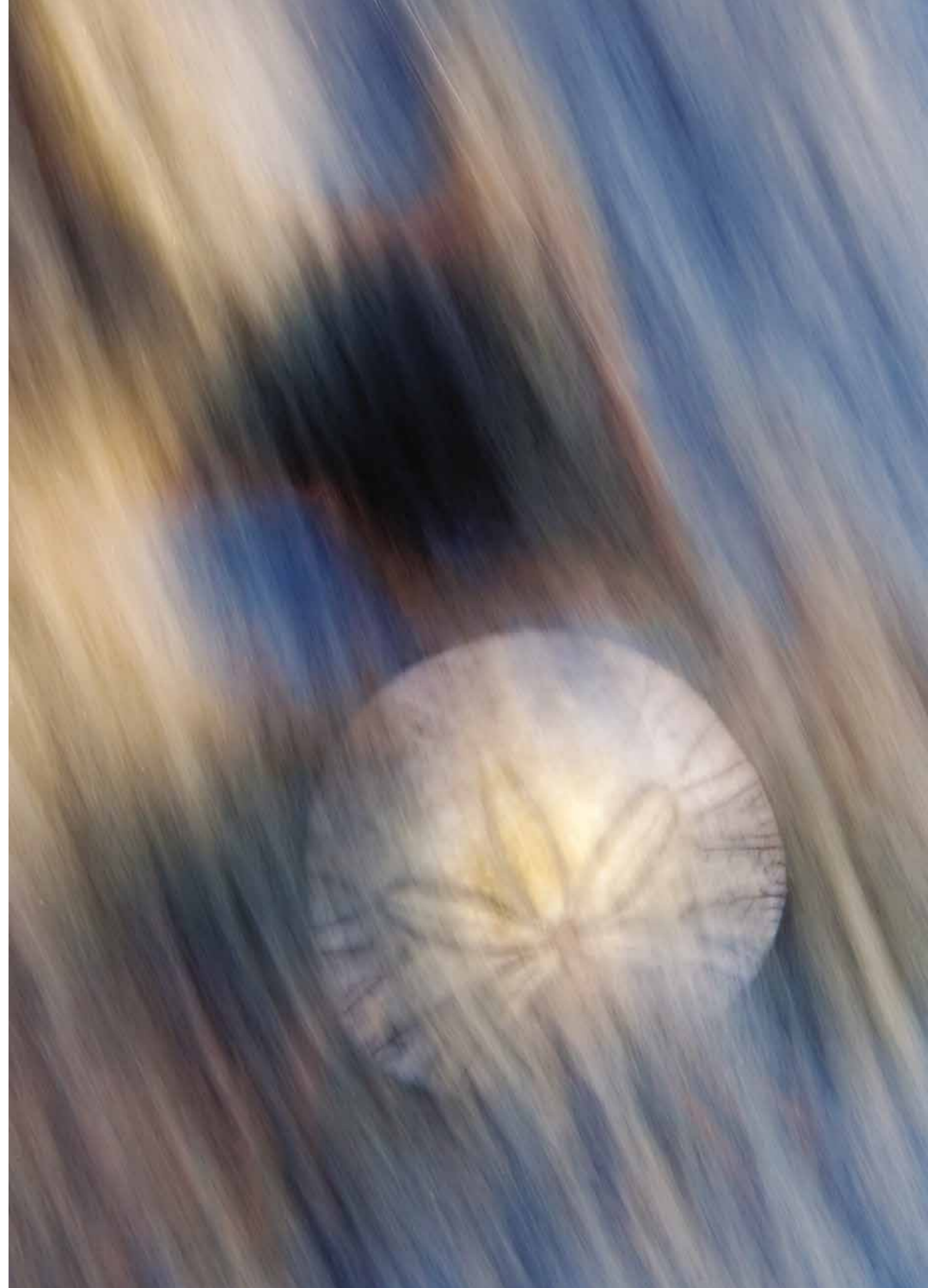


*Las cacerolitas no han sufrido cambios morfológicos en los últimos doscientos millones de años. Viven enterradas en la arena donde capturan diversos invertebrados. Su comportamiento permite detectar cambios en el ambiente donde viven y son muy valoradas en la industria farmacéutica, ya que su sangre permite la detección de diversas bacterias. En México sólo se les encuentra en las costas de la península de Yucatán.*





*Las estrellas de mar están formadas por un disco central del que parten desde 5 hasta más de 20 brazos. Normalmente se alimentan de almejas y ostras, pero también pueden capturar peces pequeños.*



*Las galletas de mar (derecha) son parientes cercanas de las estrellas marinas. Debido a su estructura rígida tienen pocos depredadores; algunos son las estrellas de mar, cangrejos, pulpos y gaviotas.*



Isla San Benedicto, Parque Nacional Revillagigedo, Colima

OCTAVIO ABURTO

## AMENAZAS CRECIENTES

Si los océanos de nuestra Tierra murieran  
—esto es, si, de algún modo,  
la vida de pronto desapareciera—,  
sería la más formidable,  
pero también la más definitiva,  
de las catástrofes en la historia  
atormentada del hombre  
y de los demás animales  
que con él comparten este planeta.  
JACQUES YVES COUSTEAU

**E**l mar de Cortés o golfo de California es una de las joyas naturales más preciadas del planeta. Se extiende a lo largo de 1 250 kilómetros desde la desembocadura del río Colorado, cerca de la frontera de México con Estados Unidos de América, hasta el extremo de la península de Baja California. Es uno de los mares más conservados del planeta, salpicado por numerosas islas. Es el “acuario del mundo” como lo bautizó Jacques Yves Costeau, el famoso naturalista y explorador francés.

Sus frías aguas albergan numerosos secretos, entre los que destaca el arrecife de coral más norteño del Pacífico en el continente americano: Cabo Pulmo. Este sitio empezó a ser aprovechado por pescadores en el siglo XVIII debido a la presencia de madreperla y de peces. Pero a partir de la década de 1980, ya con sus recursos pesqueros agotados y una evidente pobreza en la comunidad, los pescadores empezaron a considerar la opción de dejar de pescar y establecer un parque nacional marino. Éste fue decretado en 1995 y habría de hacer historia. Con el apoyo de la Universidad Autónoma de Baja California Sur en la evaluación y seguimiento de sus arrecifes, en menos de 15 años el número

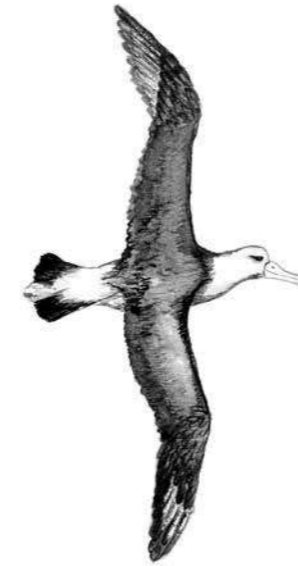
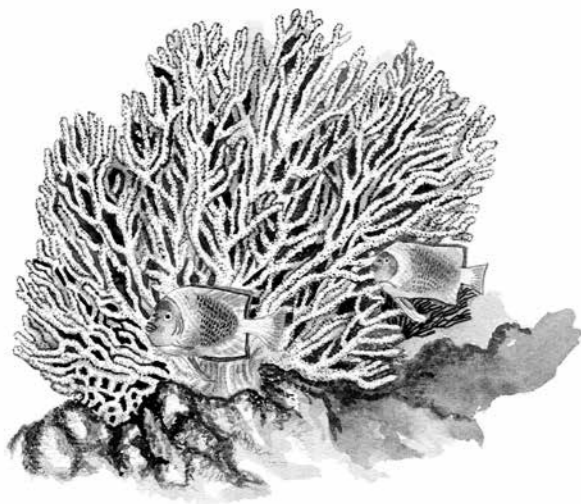
de especies en el parque se duplicó, al mismo tiempo que la cantidad de peces y la productividad del ecosistema. Los pobladores gozan ahora de una mejor calidad de vida, producto de la conservación de su capital natural. Cambiaron la pesca por el turismo, en especial el buceo, y con eso cambiaron su destino. Una foto que tomé en 2012, a la que llamé “David y Goliat”, mostró fehacientemente la magnitud de la recuperación, ya que se observa un buzo cerca del fondo del mar rodeado de un gigantesco cardumen, en un lugar donde 20 años antes prácticamente ya no había peces.

### *El Goliat de nuestros tiempos*

Los océanos, tan vastos, tan enormemente vastos, han sido totalmente transformados por el hombre en el último siglo, pero sobre todo en las últimas décadas. Ahora quedan muy pocos lugares en la inmensidad aparentemente infinita de estos cuerpos de agua donde no haya rastro de nuestras acciones.

Vivimos un momento de transformación planetaria ocasionada por las actividades de las sociedades humanas, una era geológica denominada *Antropoceno* en la que impera la pérdida de biodiversidad y la transformación de todo el clima del planeta. Los impactos negativos de la humanidad sobre los océanos se derivan de muchos factores, incluyendo la sobrepoblación humana, las tecnologías ineficientes basadas en combustibles fósiles, la ausencia de políticas de manejo de desechos y, en general, de ignorar los costos ambientales en los procesos de producción y consumo de bienes.

Estos impactos se pueden dividir en los que están asociados a la transformación de los ciclos biogeoquímicos —en los que circula la materia entre los organismos vivos, la tierra, los océanos y la atmósfera— y los que modifican directamente los ecosistemas. Los cambios en los ciclos del carbono y el nitrógeno están directamente relacionados con el cambio climático global y la acidificación de los océanos. Entre los impactos sobre los ecosistemas y sus especies están la sobrepesca, la contaminación, la destrucción y la modificación de los ambientes naturales. La complejidad de los primeros es mucho mayor que los segundos y, por ende, las soluciones para cada uno implican distintas estrategias. México, su sociedad y gobierno, pueden atender los impactos en especies y ecosistemas de manera directa y soberana. Sin embargo, para atender la primera problemática se necesita una concertación política internacional y soluciones globales.



### *Modificando ciclos de millones de años*

La acumulación de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) en la atmósfera es el resultado de las emisiones por el uso de combustibles fósiles como carbón y petróleo. Hoy en día la concentración media de  $\text{CO}_2$  atmosférico es de 414 partes por millón (ppm), lo que representa un incremento de 48% con respecto al nivel de 280 ppm que tenía el planeta alrededor del año 1850, antes de la revolución industrial. Este desbalance está elevando la temperatura del mar y cambiando su química a un ritmo vertiginoso.

En los últimos cuarenta años la temperatura del mar ha aumentado en promedio  $0.6^\circ\text{C}$ , desde la superficie hasta casi un kilómetro de profundidad. El deshielo de los polos, que aporta una enorme cantidad de agua dulce al mar, y el cambio en la temperatura del agua afectan a las grandes corrientes que conectan a todos los océanos a nivel planetario. En particular, la corriente del Golfo en el Atlántico Norte está reduciendo su velocidad. Esta corriente se origina cerca de Florida y corre hacia el este en dos brazos principales: la deriva del Atlántico norte, que llega a las costas del norte de Europa, y la corriente de Canarias, que recircula desde las costas de África occidental. Esta corriente es responsable de mantener la temperatura terrestre en el sureste de los Estados Unidos y el norte de Europa. Con una velocidad promedio de 2.5 metros por segundo, un ancho de 100 kilómetros y una profundidad de un kilómetro, lleva agua caliente del trópico y la pone en contacto con los vientos fríos del Ártico, lo que genera frentes oceánicos a lo largo de todo su caudal e incrementa la productividad del océano. La debilitación de esta corriente en las últimas décadas puede significar en un futuro cercano una reducción catastrófica de la temperatura terrestre de  $4$  a  $6^\circ\text{C}$  en países como el Reino Unido e Irlanda. También ha afectado los patrones de lluvias en otras partes del mundo y la reducción de la productividad ha impactado severamente a las pesquerías de bacalao y langostas.

Cuando la temperatura superficial del mar se eleva, el agua se evapora con mayor facilidad y permite que pequeñas tormentas se conviertan en sistemas de mayor tamaño e intensidad, es decir, en huracanes. En el año 2015 se registró un evento nunca visto: tres huracanes categoría 4 alineados simultáneamente en el océano Pacífico. En el año 2017 tres huracanes, también categoría 4, devastaron el Atlántico generando daños por más de 250 000 millones de dólares. Y en el año 2018 por primera vez se formó una tormenta tropical en el golfo de California, 2 000 kilómetros al norte del Ecuador, donde estas tormentas suelen formarse.

De las emisiones causadas por las actividades humanas el mayor porcentaje queda atrapado en la atmósfera (45%), cerca de 24% es absorbido por los

ecosistemas terrestres y el resto es absorbido por los océanos (31%). Cuando el  $\text{CO}_2$  se disuelve en el agua de mar se forma ácido carbónico. Es un ácido débil, pero cambia la acidez o pH del océano, y vuelve el agua de mar más corrosiva. Por más de 300 millones de años, el pH promedio de los océanos fue 8.2, pero actualmente es de 8.1. Aunque aparentemente pequeño, este cambio en 0.1 de pH representa un aumento exponencial de 30% en la acidez de los océanos en tan sólo 200 años. El efecto más importante de esta acidificación es que reduce drásticamente la cantidad de carbonato, que es el utilizado por organismos marinos como almejas y corales para construir sus conchas y esqueletos. Por debajo de un umbral de pH se hace imposible la vida de estos animales, pues incluso se han comprobado afectaciones metabólicas (alimentación y respiración) y cambios en su comportamiento (reproducción y movimiento).

Los ciclos naturales de dos elementos más, el nitrógeno y el fósforo, se han alterado también. Aunados a la quema de combustibles fósiles, tres son los factores que han trastornado estos ciclos: descargas de fertilizantes, desechos orgánicos industriales sin tratamiento y descarga de drenajes. Estos factores ocurren principalmente en tierra, en las partes altas de las cuencas hidrológicas, pero se conectan con el mar a través de ríos y acuíferos. Allí ocurre el proceso de *eutrofización*, que es el enriquecimiento artificial de las aguas por nutrientes (nitratos y fosfatos). Este exceso de nutrientes genera dos efectos negativos. Primero, la proliferación de algas en la superficie que compiten con otros organismos por espacio y no permiten que la luz del sol llegue al fondo, produciendo la muerte de organismos fotosintéticos como pastos marinos. El segundo efecto es que, al morir y descomponerse toda esta materia orgánica, las bacterias proliferan por este exceso de alimento y acaparan todo el oxígeno del área, creando zonas sin oxígeno (anóxicas) que se conocen también como "zonas muertas". Las bacterias además liberan ácido sulfhídrico como parte de su metabolismo, lo que incrementa la mortalidad de animales y plantas. Se estima que las zonas muertas en áreas costeras han aumentado diez veces en las últimas cinco décadas y cuatro veces en aguas abiertas adonde las corrientes han llevado esas descargas.



## *Blanqueamiento arrecifal e invasión del sargazo*

Los impactos en los ciclos biogeoquímicos, la temperatura y la eutrofización favorecen la proliferación de especies invasoras y de enfermedades marinas. Las grandes barreras de arrecife, como el Sistema Arrecifal Mesoamericano en el

Caribe, están muriendo. Los corales se blanquean por el aumento de temperatura, ya que pierden las microalgas que les ayudan a producir su alimento y, una vez debilitados, las bacterias los terminan de matar. Pero el ejemplo que podría ser el epítome de todos estos cambios es la llegada masiva e incontrolable de algas a las playas del Caribe mexicano: el sargazo. Esta marea interminable está, literalmente hablando, ahogando toda la biodiversidad y la economía de la Riviera Maya.

La invasión de este sargazo está relacionada con poblaciones de esta alga en el Atlántico entre Brasil y África, donde las altas temperaturas favorecen su reproducción. A través de las corrientes y los nuevos patrones de conectividad que se están dando por el surgimiento de tormentas y los cambios de densidad del agua marina, este sargazo está llegando hasta el mar Caribe. Los bajos nutrientes que naturalmente se presentan en esta región no permitirían, sin embargo, el crecimiento exponencial que se observa de esta alga al llegar a este paraíso caribeño. ¿Qué pasa entonces? La explosión del sargazo es producto del aumento de la temperatura del mar y de la enorme cantidad de nutrientes que provienen de la cuenca del río Misisipi en Estados Unidos y del río Amazonas en Brasil, producto del uso de fertilizantes y aguas residuales sin tratar. Desde el año 2015 el sargazo se ha incrementado anualmente en todo el Caribe; aparece más temprano en el año (mayo) y se pronostica que desaparecerá más tarde (octubre). Esta alga puede duplicar su peso en tan sólo 20 días y al descomponerse masivamente genera los mismos efectos que las zonas muertas descritas con anterioridad: la muerte de la vida marina por asfixia y exposición al ácido sulfúrico. Este problema ecológico ha transformado la región, reduciendo el turismo hasta en 50% en ciertas temporadas y cambiando los patrones de vida de los operadores turísticos, ya que dedican más de la mitad de la semana a limpiar las playas. En resumen, una crisis económica por no tener ecosistemas saludables.

## *Más gente, menos peces en el mar*

Los recursos naturales de los océanos son finitos y no se distribuyen homogéneamente. En los últimos 50 años el aumento desmedido en la explotación de los recursos pesqueros ha causado una severa y alarmante disminución de las especies de importancia comercial y ha llevado al colapso a muchas pesquerías como la de la sardina en la costa de California. Se estima, por ejemplo, que solo queda 2% de los grandes peces como tiburones y atunes que había en 1950.

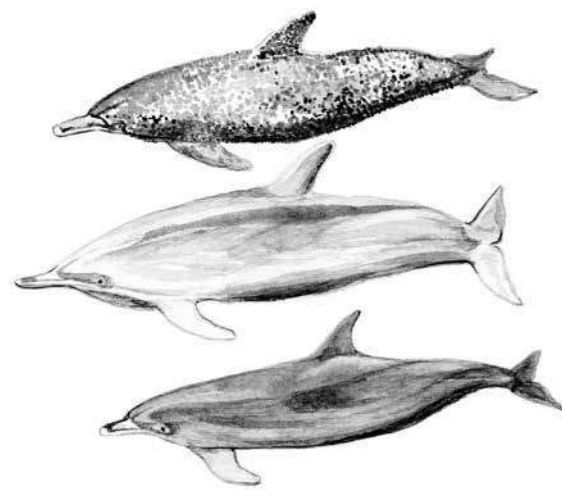
En México la productividad natural máxima de los mares mexicanos, sus arrecifes, pastos marinos y lecho submarino no ha cambiado en los últimos

siglos. Es decir, la producción de fitoplancton del mar, que es la base de la red trófica, depende de la misma energía solar y espacio marino que ha existido a lo largo de los miles de años que los humanos han habitado el planeta. Desde 1950, sin embargo, la población humana de México, las capturas pesqueras y el consumo de productos pesqueros per cápita han cambiado significativamente. En 1970 México tenía una población de unos 52 millones de habitantes que consumían alrededor de 3.8 kilogramos de productos pesqueros al año. Había producción pesquera de unas 385 000 toneladas anuales y se invertía muy poco en acuicultura, que producía 500 toneladas anuales. En el año 2013 la población del país era de 115 millones de personas, con un consumo per cápita de 10.7 kg anuales, 1 635 000 toneladas de pesca anuales y 169 000 toneladas de producción acuícola en granjas. En la actualidad la población es mayor, al igual que la explotación pesquera, con las consecuencias negativas de ese incremento.

Además de estas alarmantes estadísticas hay otros elementos que dimensionan claramente el gran problema de la sobrepesca en México. La productividad pesquera tiene claros signos de colapso. Las estadísticas oficiales de la Comisión Nacional de Pesca y Acuicultura demuestran que la producción pesquera no ha aumentado desde hace poco más de una década. Solo 10% de las pesquerías tienen un pequeño margen para ser desarrolladas, 70% están a su máximo rendimiento y no se pueden incrementar sin colapsarse, y 20% ya ha colapsado.

A lo anterior hay que sumarle la gran destrucción de hábitats costeros y marinos que ha ocurrido desde la expansión pesquera. Por un lado, la pesca de arrastre para camarón sigue siendo considerada en México como una pesquería prioritaria, pese a que ha sido eliminada en muchos países del mundo. La pesca de arrastre no sólo destruye jardines de pastos marinos, arrecifes coralinos, incluso hábitats de profundidad que no se han estudiado suficiente, también captura una inmensidad de individuos juveniles de muchas especies que no se aprovechan y que afectan las reservas pesqueras. Además, se ha destruido cerca de 50% de los humedales y manglares mexicanos en los últimos 50 años para construir desarrollos urbanos, turismo, agricultura o construcción de granjas camaronícolas. La gran tragedia es que los manglares proveen hábitat para el apareamiento y crecimiento de innumerables especies marinas, así como nutrientes esenciales de la red alimenticia. Una gran variedad de peces y moluscos comerciales o no comerciales dependen de estos bosques costeros, principalmente para sobrevivir su estadio juvenil. Una hectárea de manglar es valorada en 37 000 dólares anuales sólo en productos pesqueros capturados en aguas abiertas, y hasta en 100 000 dólares anuales si se incluyen todos los servicios ambientales que presta.

Por si no fuera suficiente, la contaminación por plásticos ha modificado todos los hábitats marinos, principalmente los giros oceanográficos. La cantidad

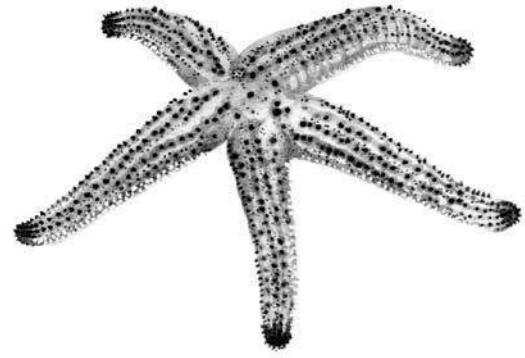


de plástico vertida al mar se estima en ocho millones de toneladas al año, de las cuales 15% se queda en la superficie, 15% a media agua y más de 70% se va al fondo. La parte más preocupante son los microplásticos, partículas menores a 5 mm que se forman por la desintegración del plástico y que pueden ser ingeridos por la fauna marina, incluyendo el plancton, los crustáceos y los peces. Los efectos son devastadores para estos animales e incluso pueden ir pasando a lo largo de la red alimenticia, llegando a los depredadores tope. A final de esta década, el crecimiento de esta contaminación podría llegar a ser de 900%, lo que sugiere que, aunado a la sobrepesca explicada anteriormente, los océanos tendrían en el año 2050 más plásticos que peces.

## *Sólo una década para lograr grandes transformaciones*

¿Qué podemos hacer? ¿Qué debemos hacer? Son preguntas que deben ocuparnos totalmente. Internacionalmente se han fijado metas que todavía están lejos de cumplirse. El Pacto de los Océanos es la iniciativa de la Organización de las Naciones Unidas con la visión más estratégica; surgió como parte del reporte final de la reunión Río+20 “El futuro que queremos”. Este reporte fijó un camino claro a seguir, pero que políticamente ha sido difícil consolidar. Plantea que para el año 2015 se deberían haber reducido las múltiples presiones antropogénicas sobre los arrecifes de coral y otros ecosistemas vulnerables, a fin de mantener su integridad y funcionamiento. Para el año 2020, al menos 10 por ciento de las zonas marinas y costeras, especialmente aquellas de especial importancia para la biodiversidad y los servicios ambientales, deberían ser conservadas a través de una ordenación eficaz y equitativa, incluyendo sistemas de zonas protegidas ecológicamente representativas y bien conectadas, y otras medidas de conservación integradas con los paisajes terrestres y marinos más amplios. Finalmente, para el año 2025 todos los países deberían establecer objetivos para atender problemas de eutrofización, desechos marinos y aguas residuales. Además se deberían identificar las regiones y los países más vulnerables a la elevación del nivel del mar para elaborar planes de mitigación y adaptación.

En México la meta al año 2015 no se cumplió. Se han implementado cerca de la mitad de las metas del año 2020, y no se ven estrategias claras para lograr la meta al 2025. Aunque es claro que parte de estas metas requiere una colaboración internacional, México puede y debe hacer más para cambiar los patrones de degradación que vemos en nuestros mares.



Primeramente, la administración pesquera en México sigue enfocándose a acciones políticas que solamente fomentan la pesca y no la sustentabilidad de las pesquerías. El fomento de la pesca se relaciona con la cantidad de capturas pesqueras, número de barcos y personas en el sector. La sustentabilidad pesquera se mide por la salud de las comunidades marinas, las áreas vírgenes en el mar, las normas ambientales para mantener el equilibrio ambiental y las acciones de vigilancia para que esas normas se cumplan. Desde la etapa de crecimiento del sector pesquero en la década de 1970 la administración pesquera en México no ha evolucionado; incluso se ha opuesto a cambios que ayuden a la sustentabilidad pesquera, como incrementar las áreas protegidas totalmente vedadas, y a que las acciones de vigilancia sean atribuciones de otras agencias de gobierno o de esfuerzos que involucren a las comunidades. Es urgente un cambio en cómo se administra la pesca en el país.

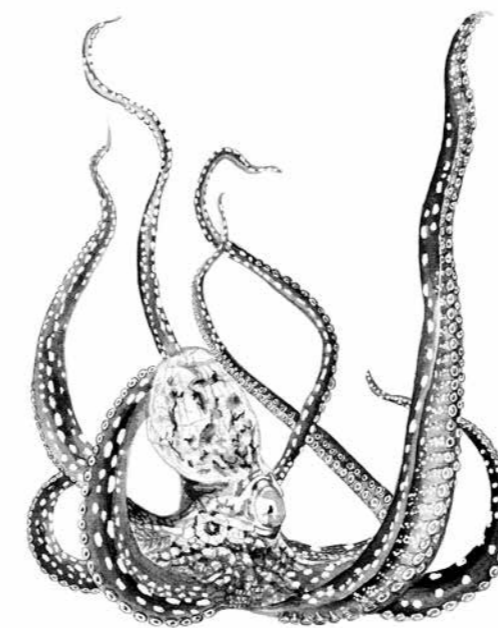
La segunda razón de la degradación es el interés de explotar y pescar cada rincón de los mares mexicanos, sin que existan reservas marinas. Las reservas marinas, áreas donde no se autoriza la pesca, permiten un aumento en la abundancia y el tamaño de los peces, lo que trae enormes beneficios. Cerrar algunas áreas a la pesca no es algo nuevo. Naciones insulares en Polinesia y Micronesia han regulado y protegido sus recursos por siglos utilizando reservas marinas, pues han entendido la importancia de proteger áreas donde algunas especies se agregan para reproducirse o alimentarse. También han aprendido que preservar y no pescar en manglares o pastos marinos lleva a un aumento de las poblaciones adultas que más tarde se pescan fuera de esos hábitats. La administración pesquera en México se ha quedado rezagada, utilizando modelos pesqueros que sólo toman en cuenta una especie o las ganancias económicas, sin considerar la importancia de mantener la integridad de los ecosistemas.

## *Piedras para la honda de David*

En el cuento bíblico de David y Goliat, el pequeño desafía al poderoso y, con una pequeña piedra, hiere de muerte a la gran amenaza. Esta historia, contada de muchas maneras y difundida ampliamente, ha inspirado a muchas personas en el mundo recordándoles que, aun teniendo todo en su contra para ganar, siempre hay posibilidades de salir triunfante. Esta historia, para mí, está completamente ilustrada por la historia de Cabo Pulmo, una pequeña comunidad que venció el desafío de la sobrepesca.

¿Quién hubiera pensado que los pescadores dejarían de pescar cuando se estableció el Parque Nacional en 1995? ¿Quién hubiera pensado que, sin ningún hotel de cinco estrellas o grandes obras públicas, un pequeño pueblo podría generar ganancias que, *per cápita*, son mayores que en cualquier otro polo turístico mexicano? ¿Quién hubiera pensado que el número de especies marinas en el parque nacional se duplicaría, la biomasa de peces (toneladas por hectárea) se incrementaría en más de 400% y que la productividad biológica sería cinco veces mayor que en otros arrecifes del golfo de California? ¿Quién hubiera pensado que los pulmeños serían dueños de sus negocios y de sus propiedades, sin pagar rentas, manteniendo los servicios de electricidad y agua al mínimo, y que su inversión y ahorro estaría en esos arrecifes? Los turistas lo saben y cada vez más llegan de otras partes del mundo para conocer los grandes peces, aquellos que hicieron famoso al golfo de California. La reserva marina totalmente protegida es la piedra con la que los pulmeños vencieron al gran Goliat de la sobrepesca.

La verdadera importancia de Cabo Pulmo es que demuestra que las comunidades costeras pueden crecer económicamente sin dilapidar sus recursos naturales. Recuperar los arrecifes ha aportado bienestar a los descendientes de los pobladores que se decidieron a dar el paso con el establecimiento de la reserva marina. Se trata de un modelo que tiene que replicarse en otras regiones. México necesita un cambio de 180 grados respecto al modelo de desarrollo que se ha fomentado en las costas. Además, se necesita un nuevo modelo de inversión pública-privada, que invierta en áreas que por sí solas, conservando sus ecosistemas, producirán más beneficios económicos y mayor igualdad social. Cabo Pulmo es un ejemplo de sustentabilidad que, aunado a otras acciones encaminadas a la conservación de los mares de México, aporta esperanza de que esta enorme riqueza natural, herencia de los mexicanos y el mundo, puede conservarse hasta el fin de los tiempos.





Los tiburones han nadado en el planeta por cerca de 400 millones de años. Hay muchos dientes y escamas de tiburón fosilizados que nos han permitido seguir su rastro a lo largo de la evolución. El origen de los tiburones es anterior al de los dinosaurios, de los mamíferos e incluso al de los insectos. Los tiburones han sobrevivido a las cinco extinciones masivas que han diezclado la vida en la Tierra. Hoy existen más de 400 especies en el mundo, descendientes de aquellos que sobrevivieron a la quinta extinción en la que desaparecieron los dinosaurios hace 65 millones de años.

México tiene más de 100 especies de tiburones. El pez más grande del océano, el tiburón ballena, vive en ambas costas de México y sustenta una importante industria turística basada en la increíble experiencia de nadar junto a este animal de cerca de 10 metros de largo. Los tiburones han logrado vencer numerosas amenazas a lo largo de su existencia y hoy en día son pocos los depredadores y enfermedades naturales que los afectan. Sin embargo, el ser humano y su insaciable sed de recursos naturales han puesto la supervivencia de estos animales en jaque. Actualmente existen cerca de 140 especies de tiburones en peligro de extinción o amenazadas por la sobrepesca —pues se capturan tantos animales que se impide la regeneración de las poblaciones— y la captura incidental —cuando caen en redes destinadas a otras especies. Instrumentos como la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) permiten adoptar medidas para mejorar la identificación de carne y aletas, así como la trazabilidad de éstas, en los mercados, así como para ordenar las pesquerías y fomentar prácticas sustentables que aseguren el futuro de este fascinante grupo de peces.

*formidables depredadores*



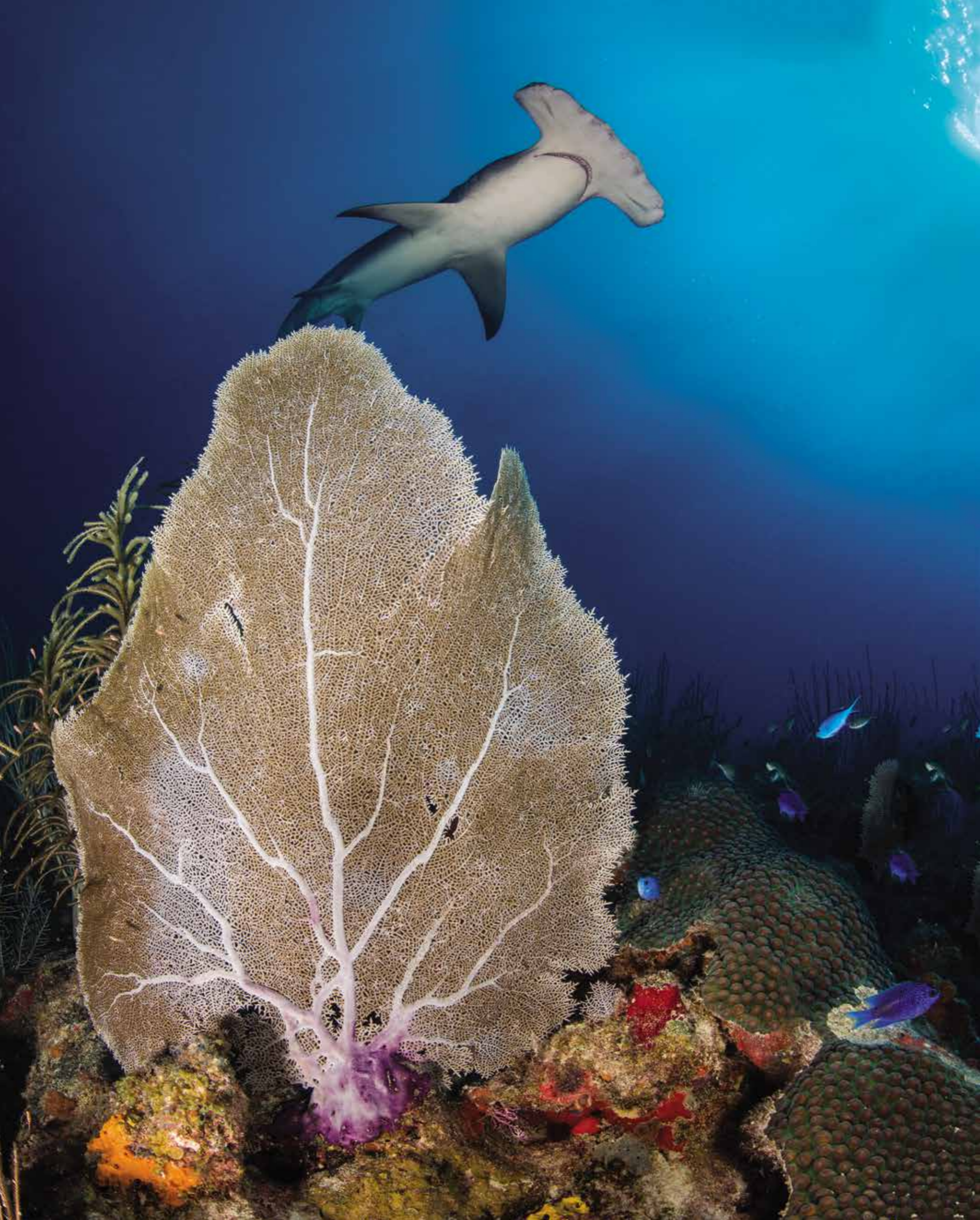




*Los tiburones son ejemplo del éxito adaptativo de este linaje de animales marinos. Su ágil cuerpo, extraordinario sentido del olfato y poderosos dientes los colocan como los mayores depredadores de los mares. El tiburón blanco (página 124) es el mayor cazador de mamíferos marinos. Existe una población abundante en la isla Guadalupe a 250 kilómetros de la costa de Baja California.*



*En algunos lugares –como en las aguas de las islas Revillagigedo– las poblaciones de tiburones aún son tan abundantes como hace 50 años. Es posible observar grandes concentraciones alimentándose de atunes y de cardúmenes de sardinas. También es posible observar a grupos de tiburones punta blanca de arrecife en formaciones muy peculiares en el fondo del arrecife. Los tiburones hoy en día están severamente amenazados por la sobrepesca y la captura incidental, que han hecho desaparecer más de 80% de algunas especies.*



*En México se encuentran más de 100 especies de tiburones incluyendo el tiburón toro (arriba), el tiburón tigre, el tiburón ballena, el tiburón blanco y el tiburón martillo (izquierda). Las áreas marinas protegidas como Cabo Pulmo y el archipiélago de Revillagigedo son sitios muy importantes para la conservación de este grupo.*



*El tiburón ballena es el pez más grande. Miden en promedio 12 metros de largo y pesan hasta 9 toneladas. A pesar de su gigantesco tamaño, se alimentan principalmente de plancton, que capturan filtrando enormes cantidades de agua través de sus branquias. Realizan largas migraciones siguiendo la línea de la costa. En México se les puede observar fácilmente en el mar Caribe, especialmente en las islas Holbox y Mujeres, y en La Paz, Baja California Sur.*

Los peces cartilagosos, cuyo esqueleto está hecho de cartílago en vez de hueso, incluyen especies altamente especializadas con características morfológicas y biológicas únicas en el mundo. Las más antiguas se adaptaron a la vida sobre el suelo de los océanos hace unos 200 millones de años. Hay por lo menos 600 especies de rayas, de las que la mayoría vive en el mar, y unas 100 habitan en aguas mexicanas. Con su forma aplanada, muchas de ellas habitan los fondos marinos y otras nadan (vuelan, se podría decir) a media agua, donde atrapan el plancton del que se alimentan.

Uno de los grupos más espectaculares de rayas son las mantas y las llamadas móbulas, que son las especies de mayor tamaño en este grupo. ¡Las mantas alcanzan los seis metros de una punta de aleta a la otra! Además, tienen la curiosa costumbre de saltar fuera del agua y hacer toda clase de piruetas en el aire y en el agua, aunque no se conocen con precisión los motivos por los que saltan así. Su valor para el ecoturismo es incalculable. Además, se trata de los peces que tienen el cerebro más grande del mundo, con áreas especializadas en el aprendizaje, en resolución de problemas y en comunicación. El cerebro de una manta es diez veces más grande que el de un tiburón ballena.

Desafortunadamente, como es el caso con tantas otras especies marinas, las mantas se encuentran en peligro de extinción. El pez sierra, otro pez cartilaginoso muy singular cuyo hocico está cubierto por dos series de dientes alargados, está a punto de desaparecer de las aguas mexicanas. Afortunadamente, la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), incluye en sus apéndices a las mantas, móbulas y otras rayas, proporcionándoles un manto de protección.

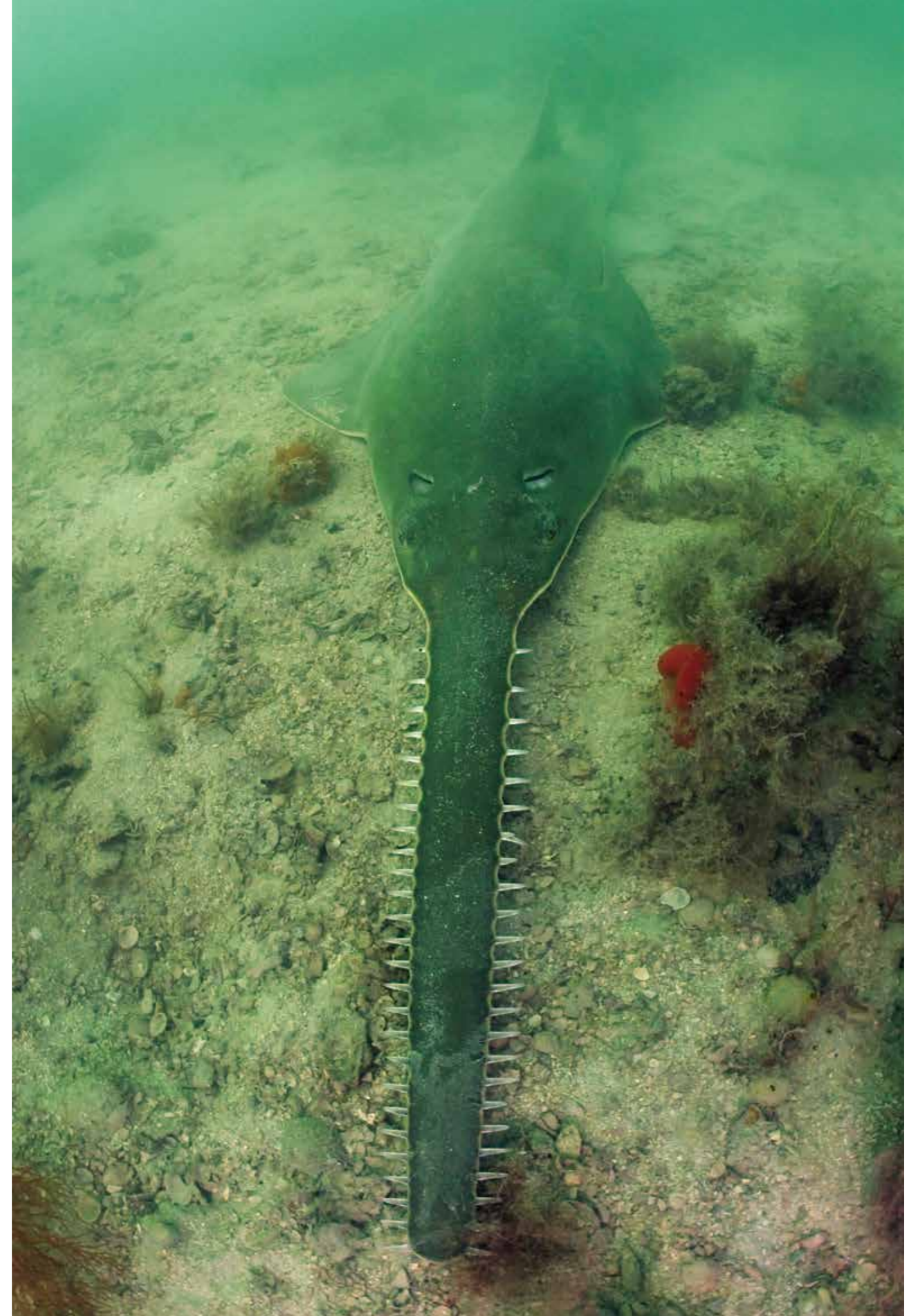
*volando en el agua*





ARRIBA Es común que la móbula y otras especies realicen saltos majestuosos afuera del agua, que sirven para eliminar parásitos de la piel y para, posiblemente, comunicarse entre ellas. Al caer en el agua producen sonidos que pueden escucharse a varios kilómetros de distancia.

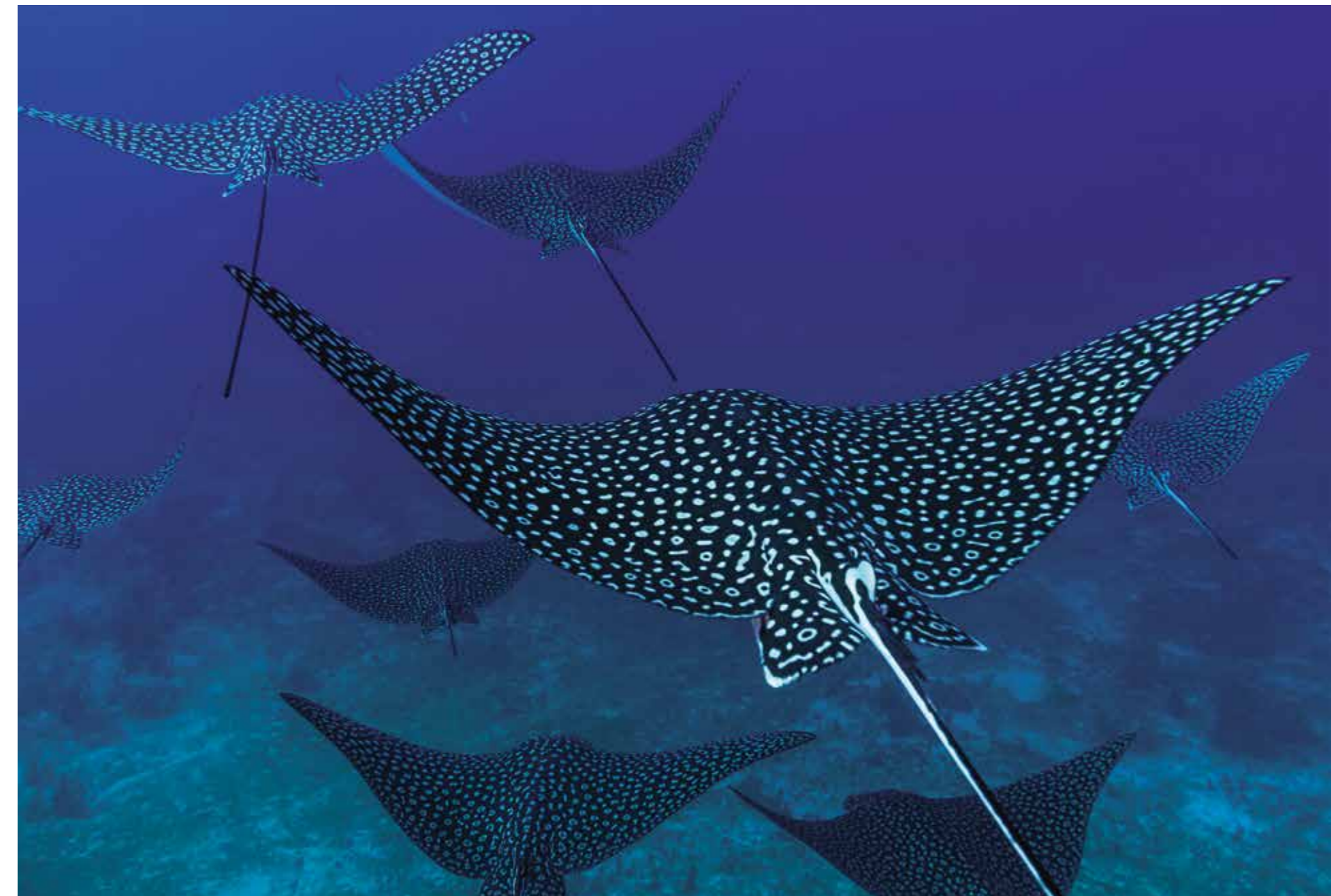
DERECHA Existen cinco especies de peces sierra que pueden encontrarse en los mares tropicales de todo el mundo. Se caracterizan por presentar un hocico alargado con dientes en forma de serrucho, y al igual que los tiburones y rayas, poseen órganos llamados ampollas de Lorenzini que son sensibles a la electricidad y les permiten detectar a sus presas ocultas en el fondo. Están seriamente amenazados con la extinción por su captura indiscriminada.



*La diferencia entre las rayas y las mantarrayas es que las primeras tienen un aguijón venenoso en la cola que, entre otras cosas, las hace peligrosas para el hombre.*



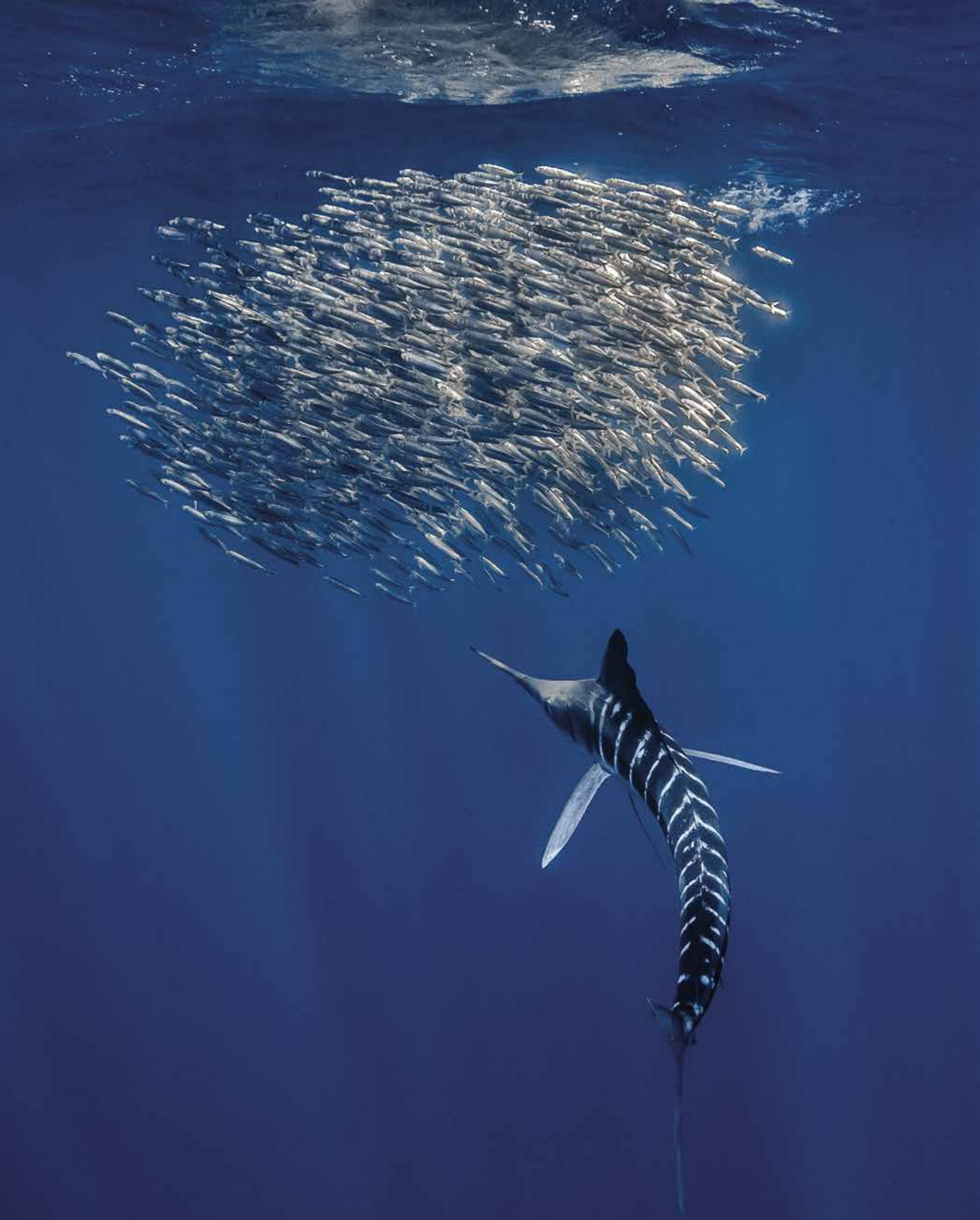




*Las rayas y mantarrayas pertenecen al grupo de peces cuyo esqueleto está formado por cartílago y en el que también están incluidos los tiburones y los peces sierra (clase Chondrichthyes). Tienen el cuerpo aplanado y sus aletas pectorales ensanchadas. La mayoría de las especies viven en el fondo marino y se alimentan de crustáceos, caracoles, almejas e incluso algunos peces. Algunas especies, como la manta gigante, viven en mar abierto y se alimentan de plancton.*



*Es común observar a rémoras, que son peces también, adheridos a las mantas, que les sirven de medio de transporte. Son inofensivas para las especies a las que se adhieren.*



Se puede sugerir, como una definición práctica, que las aguas abiertas son aquellas que se pueden observar desde la playa más allá del horizonte, a más de 10 kilómetros de la costa. Los peces que las habitan son generalmente de tonos grises, algunos brillantes y otros opacos, por lo que pasan desapercibidos en el profundo océano. En esas aguas se avistan grandes peces como el tiburón ballena –el pez más grande del mundo con más de 12 metros de largo y 20 toneladas de peso–, una gran variedad de tiburones de otros tipos que raramente se acercan a la costa, o los grandes atunes con más de 3 metros de longitud y varios cientos de kilogramos. Las especies de gran talla que habitan estas aguas son poderosos nadadores, realizan grandes migraciones y tienen ciclos de vida largos, como el pez espada, marlin y dorado. Otras especies de talla pequeña pueden formar cardúmenes inmensos en ciertas temporadas del año, siguiendo surgencias y cambios de temperatura de las aguas oceánicas.

Los cardúmenes son un eslabón fundamental de la cadena alimenticia marina, pues son los intermediarios entre el plancton y los depredadores de mayor tamaño como otros peces, delfines y aves marinas. Los peces más grandes de estas aguas como los atunes y los tiburones no tienen depredadores cuando son adultos, pero sus poblaciones han sido diezgadas por la sobreexplotación en las últimas décadas. Se estima, por ejemplo, que solo existe ahora 2% de los grandes peces como los peces espada, los atunes y los tiburones que había hace 50 años. Es crucial entender que los peces de aguas abiertas cruzan fronteras entre aguas internacionales y zonas económicas exclusivas de distintos países, lo que hace necesario plantear estrategias compartidas para su aprovechamiento y conservación.

*del mar abierto*





*Las aguas abiertas –conocidas como la zona pelágica del océano– se han clasificado de acuerdo con la profundidad y presencia de luz. La zona fótica, que es en la que penetra la luz, incluye desde la superficie hasta los 200 metros de profundidad. Los peces pelágicos suelen ser de colores sobrios, como grises y plateados. Muchos de ellos forman grandes cardúmenes que les dan protección contra los depredadores.*



*La zona pelágica es el hábitat acuático más grande que existe, con un volumen aproximado de 330 millones de millas cúbicas.*



*El marlín rayado (página 144) y el pez vela (izquierda) forman parte de un grupo de especies pelágicas o de mar abierto que habitan en aguas tropicales y subtropicales. Se caracterizan por presentar la parte superior de la aleta dorsal en forma de vela y la mandíbula superior extremadamente prolongada, en forma de pico. Utilizan el pico de manera extraordinaria para atontar y cercenar a sus presas.*



*El atún y especies afines son de gran importancia económica dentro de las pesquerías, pues están destinadas al consumo humano. Su extracción ha ido al alza, por lo que las poblaciones de algunas especies están amenazadas. La mayoría de la pesca comercial de atún se realiza en el Pacífico, seguido por el océano Índico, Atlántico y Mediterráneo.*







Los peces están relacionados con el hombre desde tiempos inmemoriales. Símbolo esencial del mundo acuático, sus atributos están presentes en dioses de diversas culturas y en seres mitológicos, extraordinarios, mitad mujer y mitad animal. Hoy en día también están presentes en nuestra vida cotidiana bajo la forma de juguetes, como mascotas y, desde luego, como comida.

Los peces más familiares son aquellos que habitan aguas costeras, capturados con embarcaciones menores, que se observan desde un muelle o un peñasco. Hay una variedad muy grande de especies en las aguas costeras y nosotros los distinguimos por sus formas, colores, nombres comunes y por la temporada en que aparecen. Vienen a la mente nombres como: sierra, lisa, sardina, barrilete, pargo, bonito, cabrilla, cazón, raya, mero, bandera, esmedregal y mojarra, entre otros. También los hay que están en fondos accidentados, rocosos o arrecifes, que en general no comemos y que son más difíciles de encontrar como: rayas, morenas, barracudas, caballitos de mar, peces garrobo, trompeta, viejita, cirujano, damisela, loro, mariposa, ángel, ronco, cofre, escorpión, ardilla, palometa, sábalo y más.

Cientos de especies pueblan nuestros litorales, cada una aprovechando un ambiente particular. Algunas forman cardúmenes de miles de individuos y otras llevan una existencia solitaria, unas nadan a gran velocidad mientras las demás permanecen estáticas en un punto, unas se entierran en la arena del fondo y otras se convierten en voladores que surcan el aire por decenas de metros a la vez. Hay peces que liberan en el agua huevecillos y peces que los retienen con gran cuidado parental. Unos ostentan espinas y grandes dientes, mientras otros tienen cuerpos lisos y bocas pequeñas. Pueden tener los colores más fantásticos o simplemente nadar con un discreto pero elegante gris metálico. Los peces, con su coraza de escamas llenan nuestros platos y nuestros mares, pero sobre todo son parte vital de nuestro entorno.

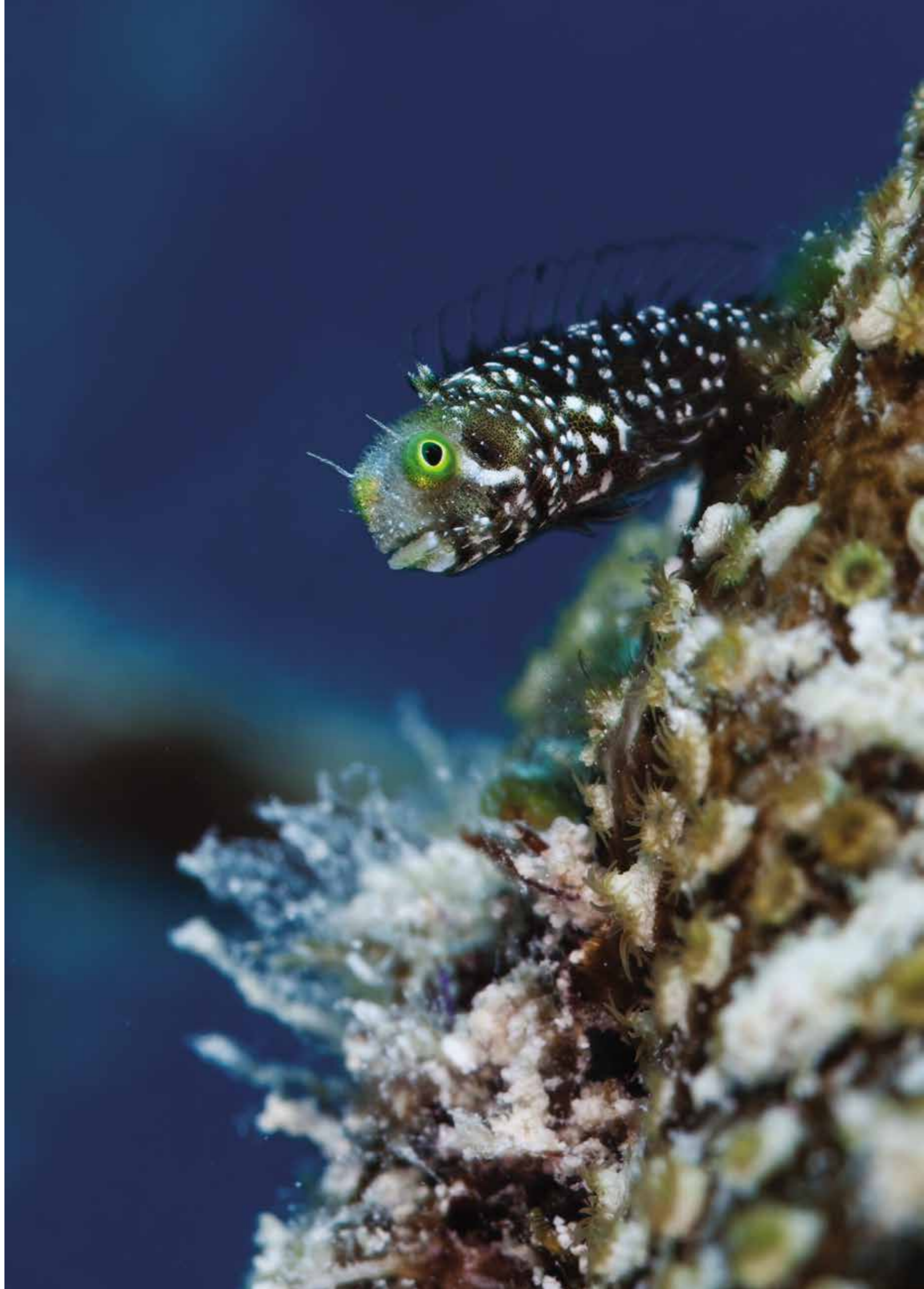
*brillando bajo el agua*



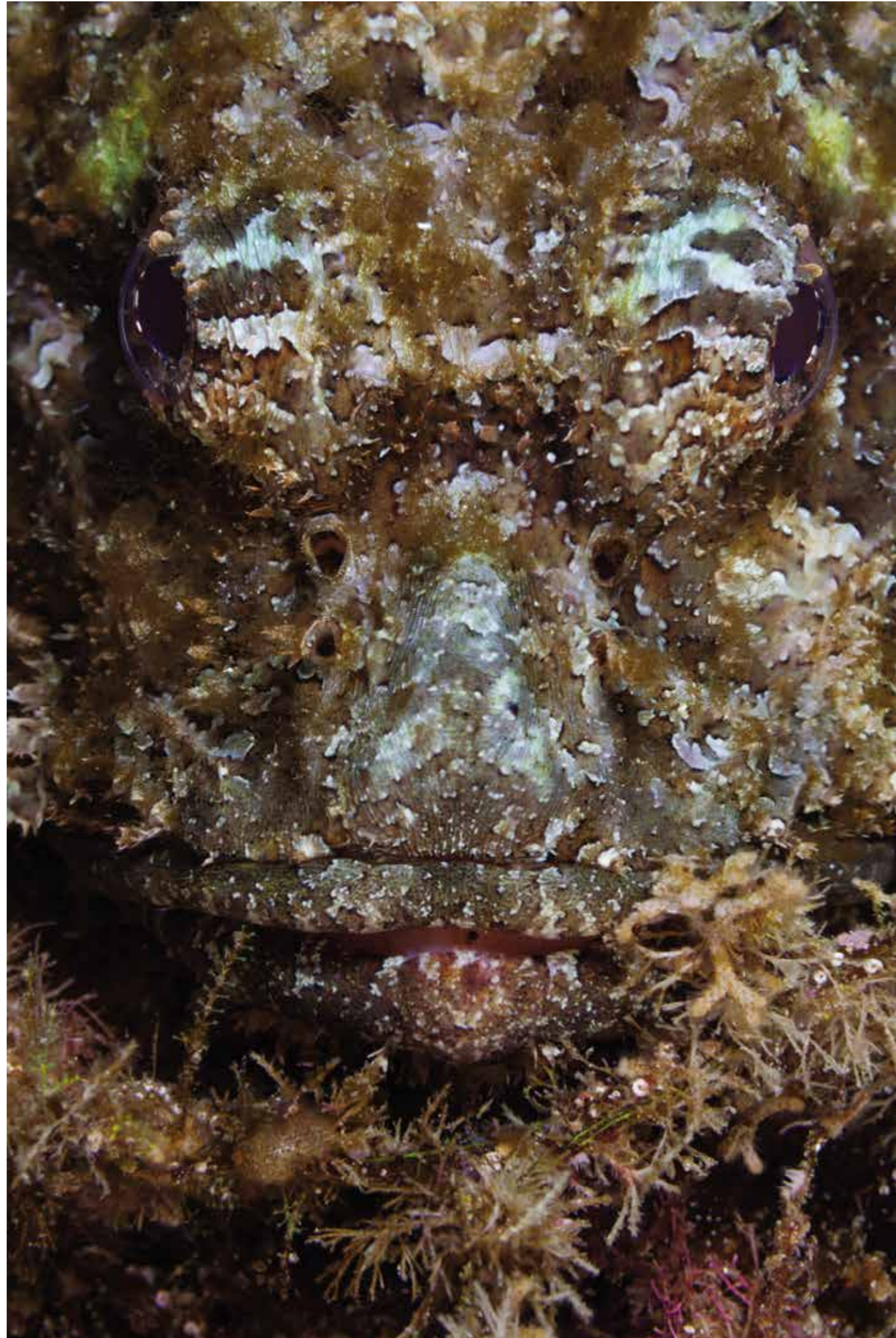
Los peces costeros habitan en amplia variedad de ambientes en zonas cercanas a las costas y en la plataforma continental, un área que representa cerca de 5% del total del planeta. Son los peces más diversos, con miles de especies. Su coloración varía desde especies muy inconspicuas que se confunden con el fondo marino, hasta los más coloridos.



Los arrecifes de coral son uno de los ecosistemas con mayor diversidad y abundancia de especies en el mundo. En ellos habitan cerca de 25% de todas las especies de peces marinos que llenan de color y vida los arrecifes junto con una infinidad de especies de corales, invertebrados, tortugas marinas y tiburones.







Algunas especies de peces costeros, como el pez piedra (izquierda) o el pez sapo espléndido endémico de Cozumel (arriba), se camuflan de manera extraordinaria con su entorno. Estos tipos de peces pueden confundirse con las rocas, corales, algas o arena.



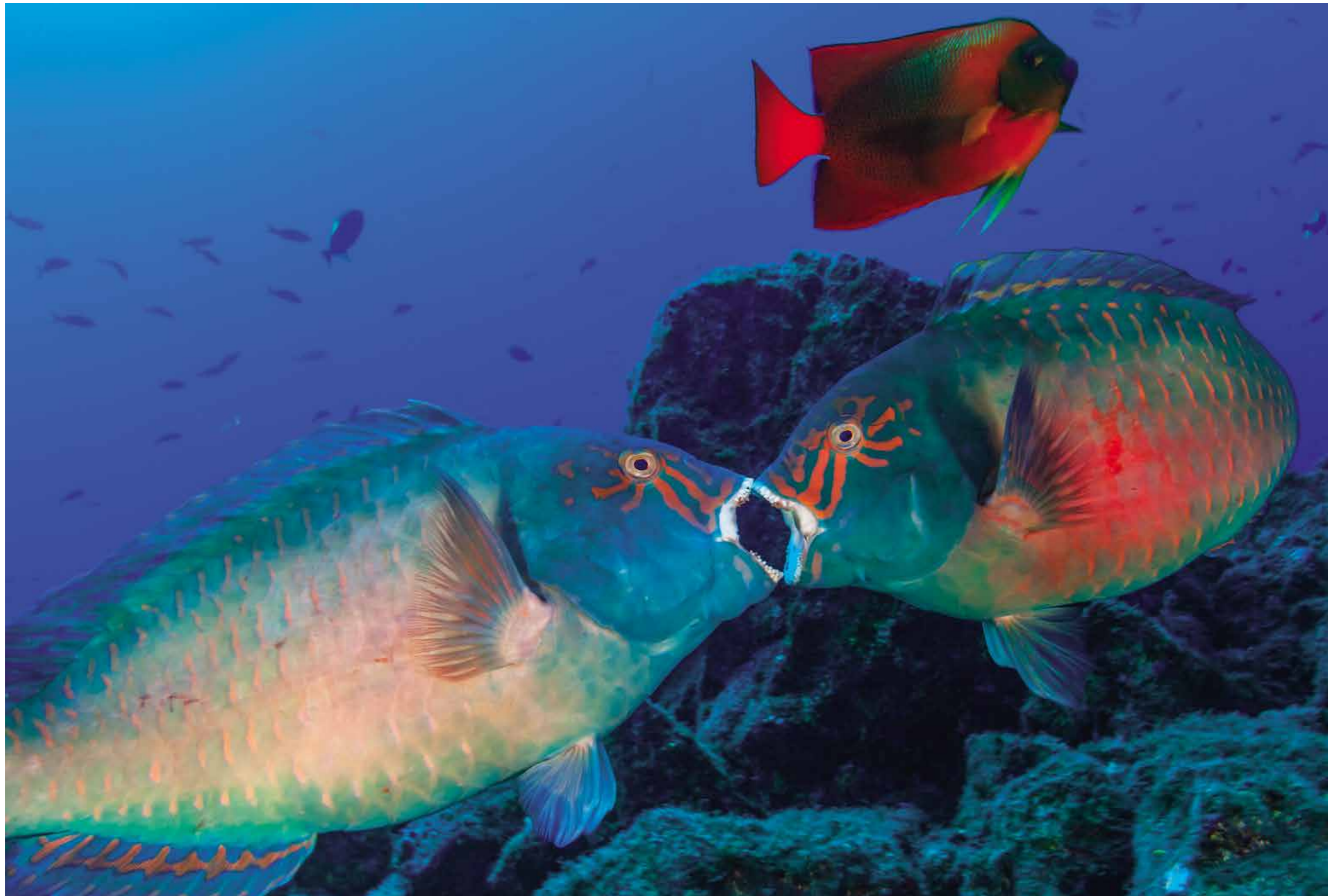
*Existen diversas especies de peces conocidos como limpiadores, que establecen una relación de beneficio mutuo (mutualista) con otros peces. Unos, como el burrito almejero, se benefician al dejar que les limpien la boca, las agallas y la piel de parásitos, mientras los limpiadores, como el pez mariposa, obtienen su alimento.*

*¡El mar, el mar!  
Dentro de mí lo siento.  
Ya sólo de pensar  
en él, tan mío,  
tiene un sabor de sal  
mi pensamiento.*

*JOSÉ GOROSTIZA*







*Diferentes especies de peces de los arrecifes, como el pez loro, establecen territorios para atraer a las hembras en la época de reproducción. Defienden con sus afilados dientes agresivamente sus territorios de otros machos.*



Anualmente se comercializan entre 18 y 30 millones de peces de arrecife destinados a los acuarios en todo el mundo. Los principales países exportadores son Filipinas, Indonesia, Australia, México y Tailandia. Especies características provenientes de este ecosistema son el pez payaso, pez loro, morenas, caballitos de mar, peces cirujano y peces mariposa.



*Una interesante característica de algunas especies de los arrecifes de coral y otras zonas costeras es que el macho o la hembra cuida a los huevos o a las crías. Los caballitos de mar hembras depositan los huevos maduros en la bolsa incubadora de los machos (izquierda), donde son fertilizados. Las crías se desarrollan ahí, protegidas de los depredadores para después dispersarse. Otros, como los machos de pez bocón punteado (arriba) protegen a los huevos en su boca por varias semanas.*



Los meros son grandes peces pelágicos, de cuerpo muy robusto, que pueden medir hasta dos metros y medio de largo y pesar hasta 60 kilogramos. En general son de color oscuro como el mero baya (derecha) aunque otras como el mero cabrilla roja (arriba) son más coloridos. Son generalmente solitarios. Sus poblaciones han sido diezmadas por la sobrepesca.





*Los peces de los arrecifes de coral tienen una extraordinaria variedad de formas, tamaños y colores. Hay algunos muy pequeños como los blenios y gobios que pasan desapercibidos entre los corales. Otros como los peces soldado se refugian en cuevas y oquedades. Visitar un arrecife coralino en buen estado de conservación, como los de Cozumel o Revillagigedo, permite apreciar esa maravillosa variedad de formas de vida, única en el planeta.*





Las morenas son extraordinarios habitantes de los arrecifes de coral. Se caracterizan por sus alargados cuerpos, que les dan una apariencia semejante a una serpiente. Son excelentes depredadores que encuentran refugio en las oquedades entre los corales. Las más grandes, como la morena verde de Revillagigedo (izquierda) llegan a medir dos metros de largo y son de color café oscuro. Otras como la morena cebra (arriba) son más pequeñas y tiene una coloración hermosa.







Los manglares son un ecosistema ubicado en la interfase entre la tierra y el agua en las líneas de costa. Los árboles que lo conforman tienen la excepcional (dentro del mundo vegetal) capacidad de tolerar la salinidad del agua de mar, lo que logran a través de diversos mecanismos.

Las raíces aéreas en forma de arco permiten al mangle rojo anclarse fuertemente en el suelo lodoso y respirar adecuadamente. El mangle negro se distingue por excretar la sal en la superficie de sus hojas. También, al igual que el mangle blanco, tiene raíces que desarrollan extensiones sobresalientes del suelo a modo de estacas, las cuales les permiten respirar aun sumergidas. A su vez, el mangle botoncillo tiene glándulas excretoras de sal en la base de las hojas. Típicamente estos cuatro mangles, que son los predominantes en nuestro país, se ubican en distintas franjas: dentro del mar, el mangle rojo, después los mangles negro y blanco que crecen en suelo más estable y pueden exponer sus raíces al aire al menos en marea baja, y finalmente el mangle botoncillo como última transición hacia los ambientes terrestres.

Este bosque estabiliza y protege la línea de costa contra la erosión del oleaje, permite el reciclaje de gran cantidad de materia orgánica acarreada por ríos y arroyos, y ofrecen espacios de anidación a innumerables aves como pelícanos, fragatas, gaviotas y garzas. También albergan reptiles como cocodrilos, iguanas y serpientes, y mamíferos como mapaches y tlacuaches. Del lado acuático, sus raíces crean microambientes utilizados por invertebrados y peces como áreas de crianza y de refugio, lo que resulta estratégico para numerosas especies de importancia comercial que regresan a aguas abiertas después de pasar sus primeras etapas de vida en el manglar. Sobre y entre sus raíces crecen algas, balanos, mejillones, camarones y cangrejos. En México todas las especies de mangle están protegidas por las leyes ambientales y en conjunto cubren un área de cerca de 775 mil hectáreas en ambas costas.

*entre la tierra y el mar*





*Los manglares se encuentran entre los ambientes más productivos del planeta. Albergan una gran cantidad de especies marinas, que los frecuentan para reproducirse. Grandes cardúmenes de peces (derecha) atraen a muchos depredadores, incluyendo aves como la aninga (arriba), el rayador (página 196) y el ibis blanco (página 197) que emplean diferentes técnicas para capturarlos.*



Los cangrejos violinistas (página 198) habitan en lagunas costeras de agua salobre. Los machos tienen una pinza delantera de gran tamaño y a menudo de color llamativo, que a veces llega a pesar la mitad de su peso corporal. Esta pinza es empleada para competir contra otros machos en su característico ritual de cortejo.



El flamenco rosado o americano (página 200) es un ave de coloración rosa en los adultos y blanca en los juveniles. La coloración se debe a la ingesta de crustáceos con alto contenido en carotenoides. Esta especie puede alcanzar una altura de hasta 1.4 metros y posee un pico curvo que le permite filtrar su alimento del lodo. En México, el flamenco rosado se distribuye en la costa de la Península de Yucatán, en un conjunto de humedales que abarcan cerca de 8000 kilómetros cuadrados, en donde se encuentran las reservas de la Biosfera Celestún y Ría Lagartos. En esta última anida la única población reproductiva del país.



*Cada individuo importa  
Cada individuo tiene un  
papel que desempeñar.  
Cada individuo hace  
una diferencia*

*JANE GOODALL*





En el océano Pacífico de Norteamérica, desde Alaska hasta el norte de Baja California, crece el bosque de algas pardas, conocido en inglés como “kelp forest”. También se le puede encontrar en otras aguas del planeta, siempre en aguas someras frías, a una temperatura menor a 15°C.

Las algas se fijan al sustrato con grandes discos de los cuales salen tallos que dan origen a láminas parecidas a grandes listones de entre 5 y 20 metros de longitud. Este bosque alberga una singular diversidad de especies animales y provee de variados servicios ambientales, es decir, beneficios aprovechados por las comunidades humanas basados en el adecuado funcionamiento de estos ecosistemas.

Conforme crecen, estas algas absorben grandes cantidades de dióxido de carbono, disuelto en el agua del mar pero originalmente proveniente de la atmósfera. Armadas con pigmentos fotosintéticos que incluyen clorofila y fucoxantina (que les da su color pardo), crecen en promedio 25 centímetros al día. Todo este carbono convertido en biomasa contribuye significativamente a combatir el cambio climático. Luego, las láminas se desprenden y sus nutrientes son aprovechados por animales descomponedores, comúnmente cangrejos y camarones. Las algas también son depredadas por erizos, abulones y caracoles, los cuales modulan su crecimiento y regeneración, manteniendo el bosque sano. En conjunto, estos pequeños animales son la base de complejas tramas tróficas en las que participan toda clase de moluscos, peces y mamíferos marinos.

Además de ser una fuente de alimento, los bosques de algas pardas también representan la estructura de este ecosistema donde viven docenas de especies. Aquí encuentran alimento y refugio carnívoros dominantes como la nutria marina, la langosta espinosa y el pez conocido como “vieja de California”. La presencia de restos arqueológicos de etapas tempranas de colonización de América, hace 13 000 años, sugiere que los grupos humanos asentados en las costas de California y Baja California dependieron de la alta productividad de los bosques de kelp para subsistir.

*de algas gigantes*





*Entre algas, corales, pastos marinos, invertebrados y peces, los mares adquieren cautivadoras tonalidades. Además de deleitar al ojo humano, los bosques de kelp tienen gran importancia económica. Más de 4000 toneladas son cosechadas anualmente con la finalidad de extraer alginatos y emulsificantes usados en pastas de dientes y cosméticos.*



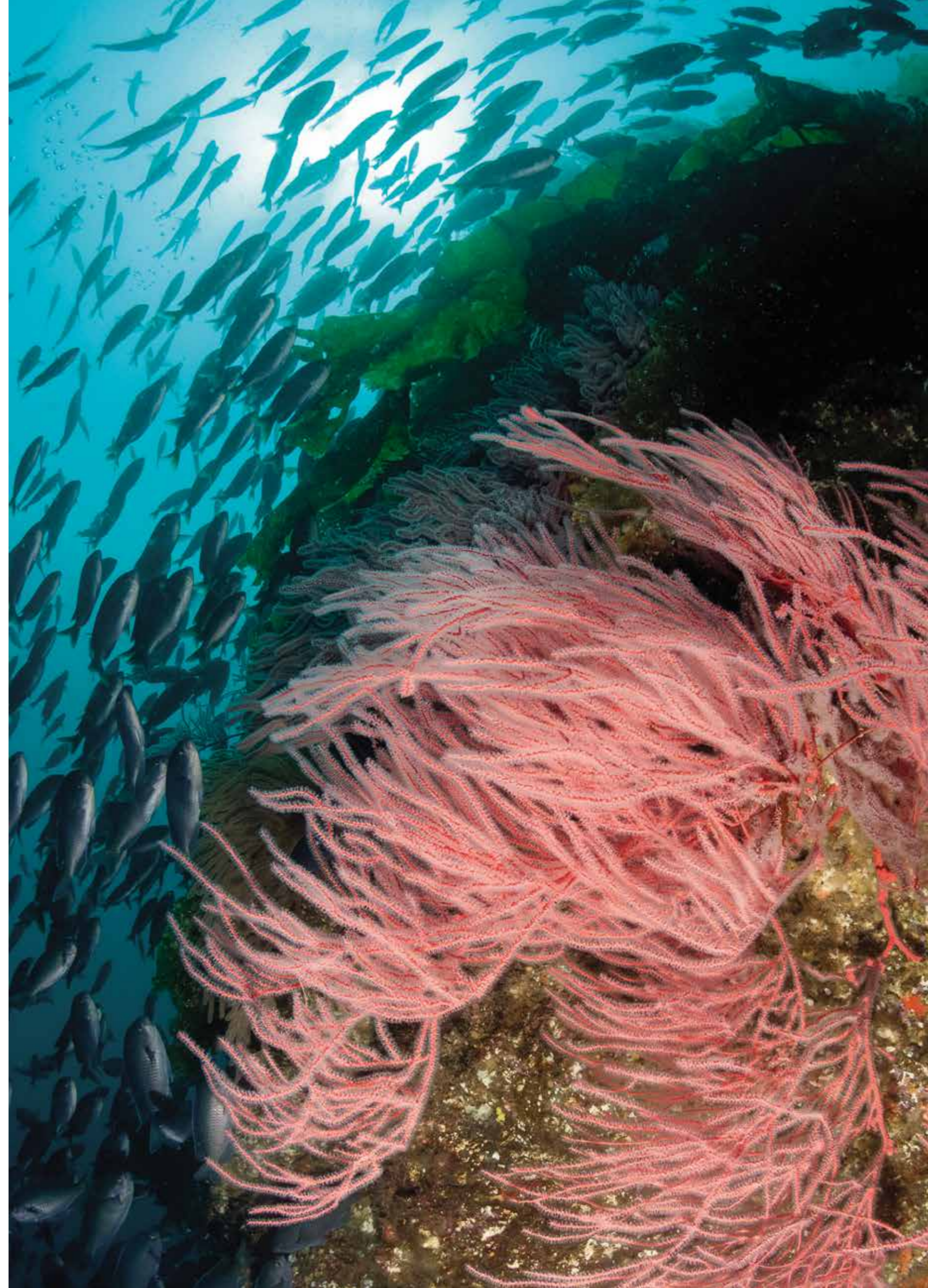


*No solo invertebrados y organismos de importancia pesquera, como las langostas, se alimentan y refugian en los bosques de algas. Mamíferos marinos de gran carisma como las focas son visitantes frecuentes en estos paraísos submarinos.*

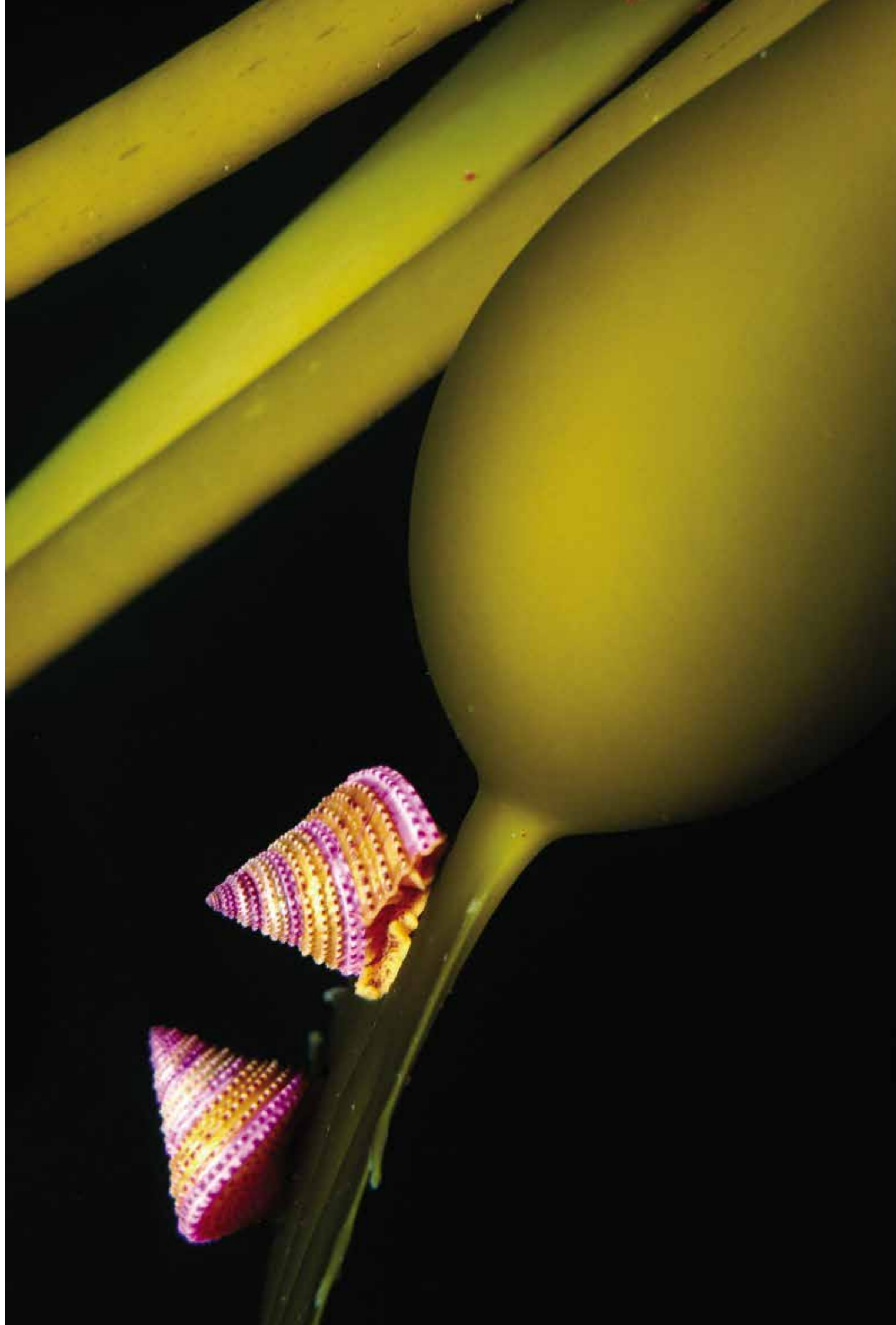
*Antes que el sueño (o el terror) tejiera  
mitologías y cosmogonías,  
antes que el tiempo se acuñara en días,  
el mar, el siempre mar, ya estaba y era.*

JORGE LUIS BORGES





*Los bosques de algas han sido estudiados por la complejidad de las redes tróficas que mantienen. Las algas funcionan como productores de alimento para muchos organismos –como los erizos de mar– que al ser consumidos por carnívoros –como la nutria marina– se mantienen en equilibrio. Sin embargo, el impacto humano en las poblaciones de nutrias causó un aumento descontrolado de los erizos, que a su vez consumieron sin límite las algas. Actualmente la recuperación de las nutrias está ayudando a controlar a los erizos nuevamente.*



*Animales de todos tamaños se alimentan de las algas, como la caracola marina de anillo púrpura (derecha) que mide entre 15 y 35 milímetros.*



*El sargacero (arriba) es un pez que se puede encontrar oculto entre las algas cafés y el sargazo gigante, principales componentes de los bosques de kelp.*

*El pez luna (derecha) es el pez óseo más pesado del mundo. Puede medir más de tres metros de longitud y superar las dos toneladas de peso. Se alimenta de grandes cantidades de medusas y es asiduo visitante de los bosques de kelp, en donde otros peces retiran los parásitos que se acumulan en sus escamas. Son muy cotizados en el mercado oriental y reconocidos por acercarse a la superficie del agua a "tomar el sol".*



La zona abisal se encuentra más allá de los 2 000 metros de profundidad, donde la temperatura del agua es menor a 4°C. En este ambiente sin luz proliferan formas de vida que dependen para alimentarse de la llegada de restos que caen desde capas superiores y, en el caso de las ventilas hidrotermales, de procesos de quimiosíntesis, que reemplazan a la fotosíntesis, en el que las bacterias convierten compuestos inorgánicos en orgánicos, constituyendo el primer eslabón de la cadena alimenticia.

Las zonas abisales son uno de los ecosistemas menos conocidos, a pesar de ser el ambiente más grande de todo el planeta. La extraña fauna abisal vive sin luz, a grandes presiones –hasta 600 atmósferas– y con poco oxígeno. Muchos de estos animales pueden producir su propia luz mediante la oxidación de compuestos conocidos como luciferinas. Esta bioluminiscencia les permite evitar a sus depredadores y atraer presas. A pesar de estas condiciones aparentemente adversas, en las zonas abisales viven corales, hidrozoarios, calamares, medusas, caracoles, pulpos, ctenóforos, anfípodos, camarones, cangrejos, gusanos y peces.

Las ventilas o chimeneas hidrotermales, son grietas en el fondo del océano donde fluye agua muy caliente, gracias a la presencia de magma, por lo que se localizan típicamente en lugares de separación de placas tectónicas consecuencia de procesos geotermales. En México existen ventilas hidrotermales en el golfo de California y en la Cuenca de Guaymas, a 2 000 m de profundidad y una temperatura de entre 12 y más de 300°C. Son ambientes muy localizados que cuentan con una sorprendente diversidad de organismos incluyendo gusanos en forma de tubo, almejas y cangrejos. Toda esta fauna depende de las bacterias que se alimentan de los compuestos provenientes de las chimeneas hidrotermales como carbonatos, sulfuros metálicos y minerales de sílice.

*en la oscuridad profunda*





*A pesar de las duras condiciones de las profundidades marinas, no hay impedimento para la vida y su diversidad de formas. El calamar gelatinoso de profundidad (arriba), al sentirse amenazado, introduce la cabeza y tentáculos al interior de su cuerpo y se hincha formando una pelota, haciendo complicado que sus posibles depredadores lo devoren. El pez diablo negro o rape abisal (derecha), que habita a profundidades entre los tres y cuatro mil metros, posee un tipo de antena bioluminiscente que sirve para atraer a sus presas.*



*Sabemos menos sobre  
el fondo del océano  
que sobre la cara oculta  
de la Luna.*

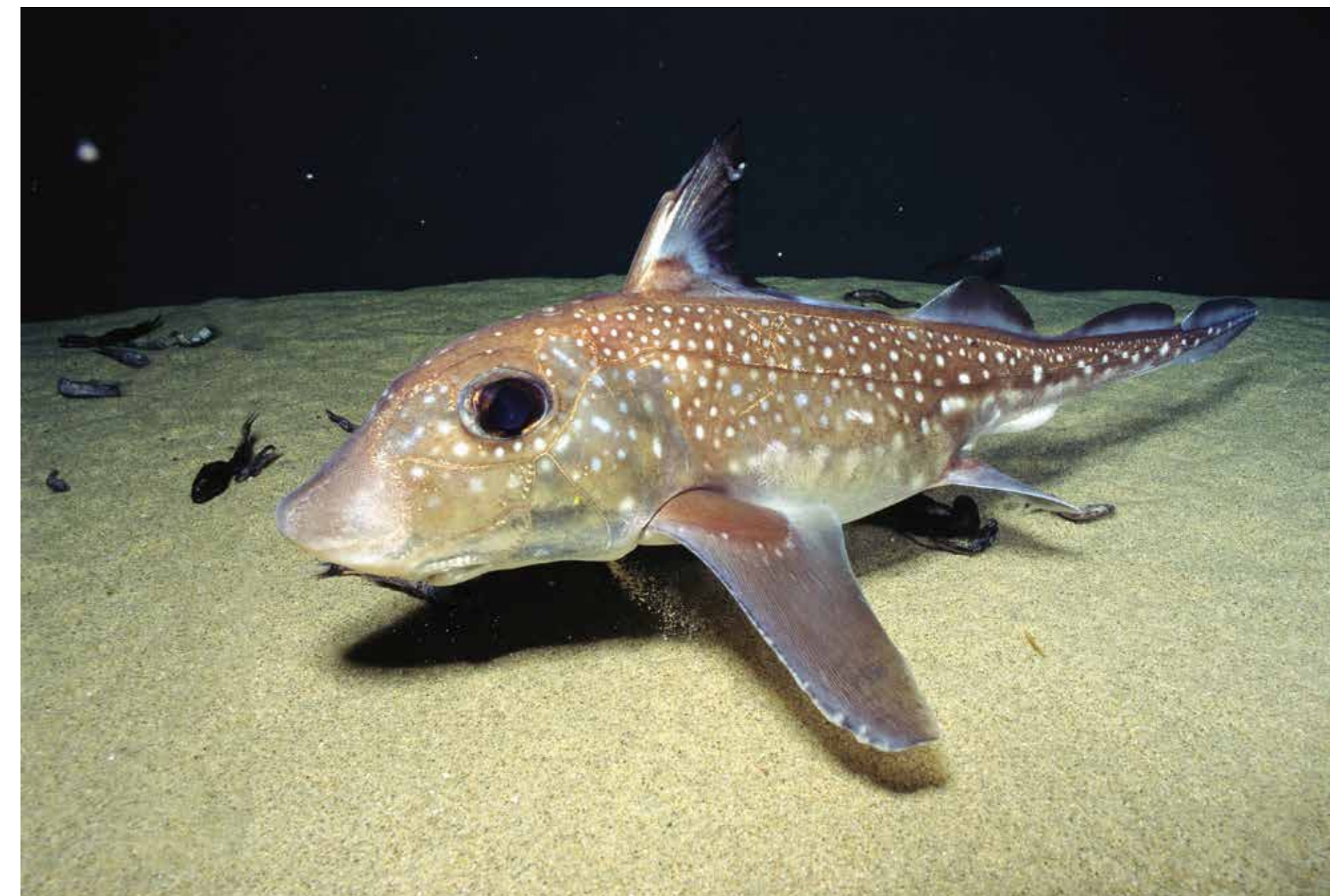
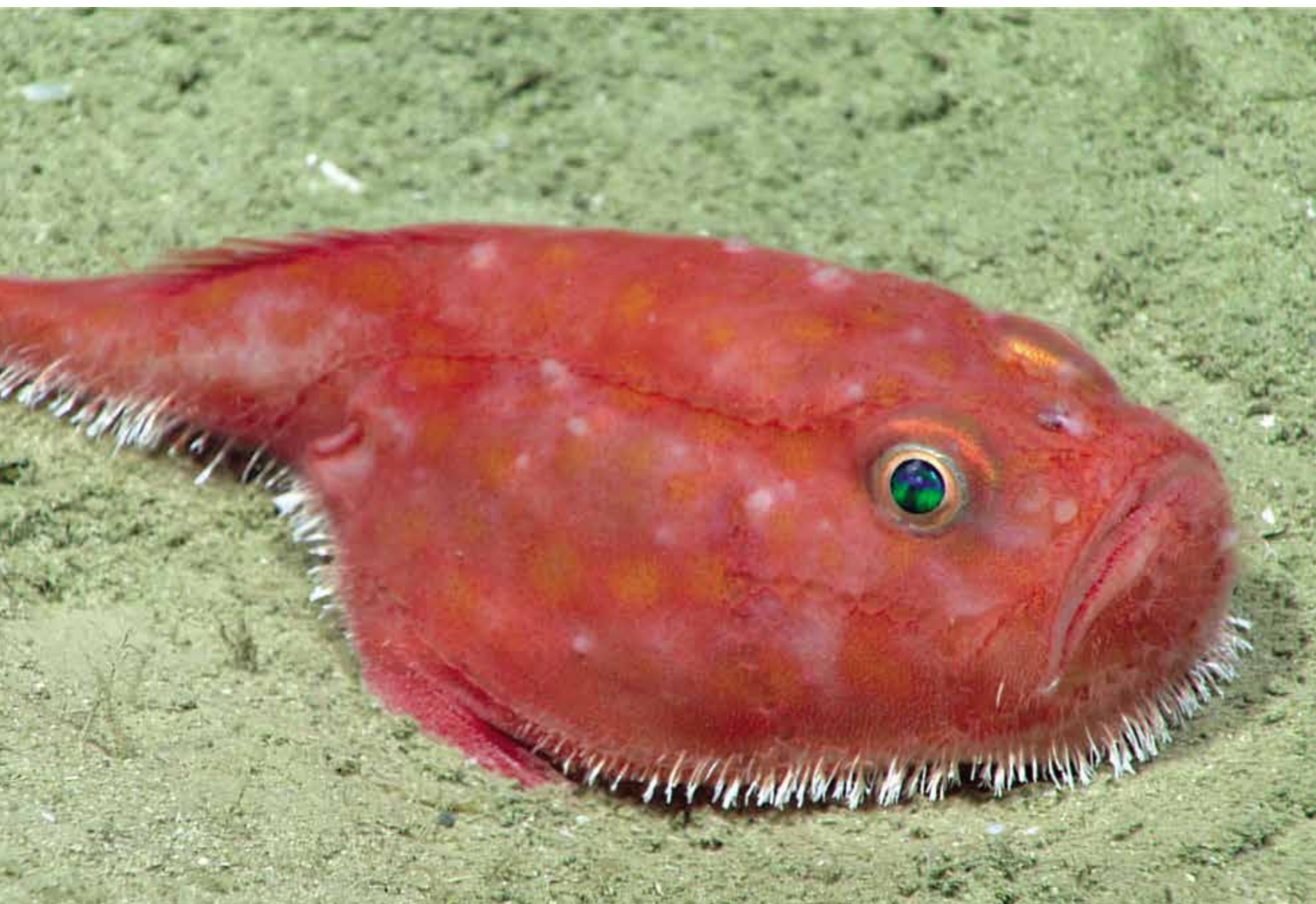
*ROGER REVELLE*



*Los animales abisales parecen salir de una historia de terror. Tienen cuerpos blandos, grandes bocas y algunos, como los anfípodos gigantes, son translúcidos.*



*Fuera del alcance de la vista humana, más allá de los 1000 metros de profundidad, la zona abisal no tiene luz ni calor y sus habitantes deben contar con cuerpos adaptados a condiciones extremas. Este pez de aguas profundas tiene un señuelo bioluminiscente con el que atrae a sus presas para luego devorarlas con sus enormes dientes. Además, tiene estructuras llamadas fotóforos que producen luz roja y ayudan a ver posibles presas de esa coloración, como los langostinos.*



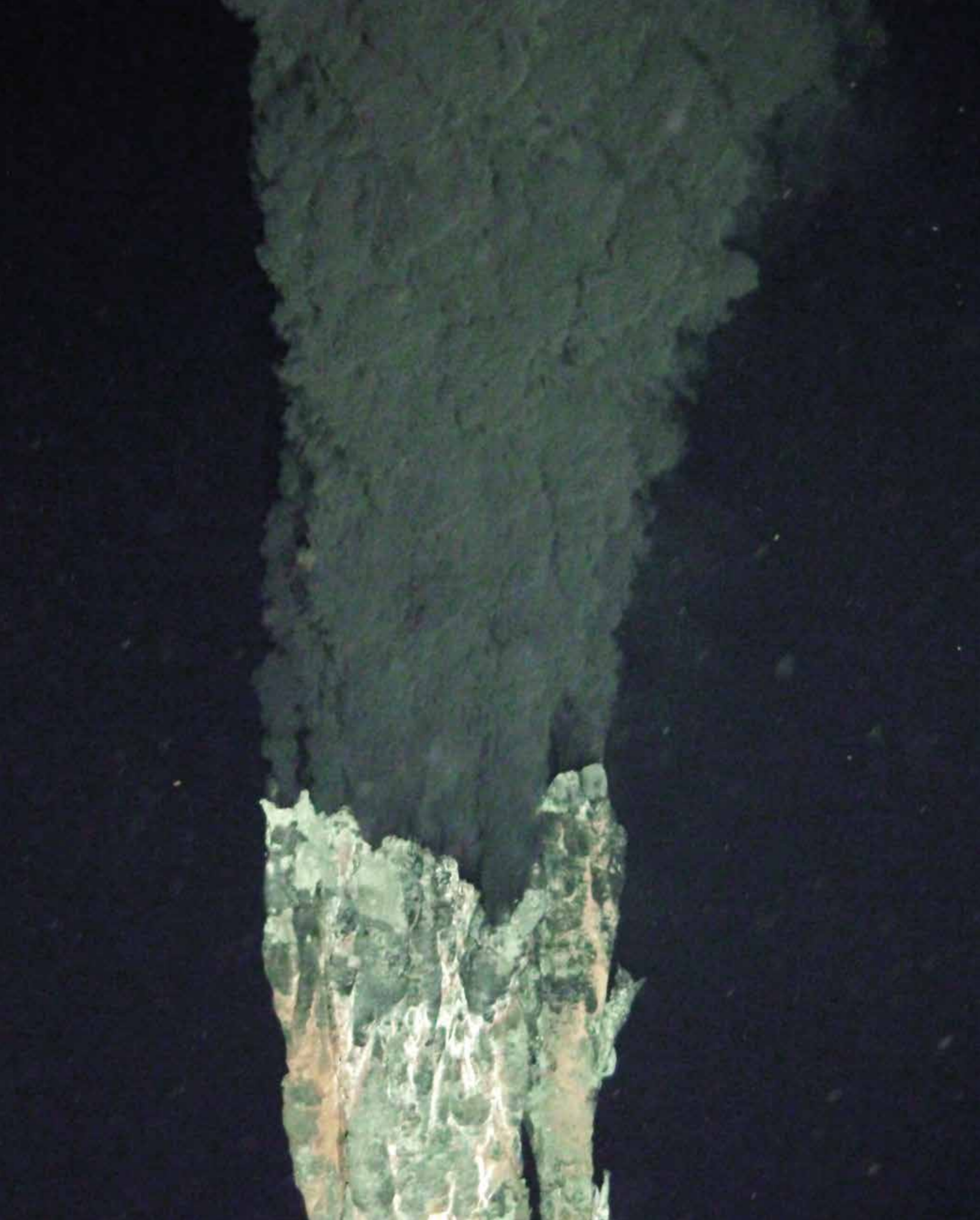
*El mar esconde maravillosos y extraños tesoros. Algunas especies asemejan más a sapos que a peces.*

*El pez rata manchado forma parte del grupo de las quimeras. Habita entre los 300 y 400 metros de profundidad y se caracteriza por presentar una espina dorsal tóxica. Es un pariente de los tiburones.*



*La tijera esbelta, aunque pareciera tener pico como las aves, es un pez emparentado con las anguilas. Este pico está presente en las hembras, mientras que los machos lo pierden al madurar. Ambos tienen dientes afilados con los que cazan crustáceos.*

*La mayoría de los peces perciben la luz con sus ojos, aunque muchos peces abisales carecen de ellos. El pez telescopio, con sus impresionantes ojos nublados, tiene una extraordinaria vista que le permite rastrear presas bioluminiscentes en la profundidad. Para evitar ser descubierto con los restos de las presas brillantes en su estómago, cuenta con un revestimiento de tejido negro para evitar que se transparenten.*



*Las fuentes hidrotermales marinas se descubrieron en 1977 a bordo de un submarino a una profundidad de 2400 metros en el océano Pacífico. Los también conocidos como respiraderos hidrotermales o fumaderas, son grietas en la superficie del fondo marino de las cuales fluye agua geotermal a temperaturas de hasta 400°C. Se encuentran comúnmente en lugares volcánicamente activos donde el magma se encuentra cerca de la superficie. El agua que fluye de las fuentes hidrotermales del fondo oceánico consiste principalmente de agua de mar y de agua magmática lanzada por la ascensión del magma. Algunas fuentes hidrotermales forman chimeneas casi cilíndricas de hasta 60 metros de altura.*



Isla Espíritu Santo, Parque Nacional Archipiélago de Espíritu Santo, Baja California Sur.

GERARDO CEBALLOS

## LA CONSERVACIÓN Y EL FUTURO INCIERTO

El océano Pacífico se salía del mapa.  
No había donde ponerlo.  
Era tan grande, desordenado y azul  
que no cabía en ninguna parte.  
Por eso lo dejaron frente a mi ventana.  
PABLO NERUDA

Aún recuerdo la primera vez que vi y toqué el mar. Era un niño pequeño, me fascinó caminar en la playa, con mis pies hundiéndose un poco en la arena, y escuchar el rugido amenazante de las olas. Muchos años después recorrí parte del golfo de California en un pequeño crucero cuyo objetivo era buscar fauna marina —incluyendo mamíferos— y admirar la enorme belleza escénica de esta región. El crucero zarpó de La Paz en la tarde y pasó por la isla Espíritu Santo, con sus abundantes lobos marinos, justo antes del anochecer. Durante ocho días exploramos islas, bahías y el mar. Observamos lobos marinos, delfines y varias especies de ballenas, incluyendo una ballena azul, que es el animal más grande que ha existido. El crucero aumentó mi asombro por el mar, asombro que es compartido por muchos otros seres humanos, para los que ese vastísimo universo líquido esconde incontables misterios. Nuestra inagotable atracción por el mar se debe, tal vez, a que aún llevamos el registro de nuestro lejanísimo origen marino en la sangre, cuya concentración de sales es la misma que la del mar.

Esto me ha ayudado a comprender que los océanos son ecosistemas fundamentales para mantener las condiciones que hacen posible la vida en la Tierra. Y he visto cómo se encuentran amenazados por nuestras actividades. Sabemos ahora que solo quedan dos o tres décadas para evitar un posible colapso



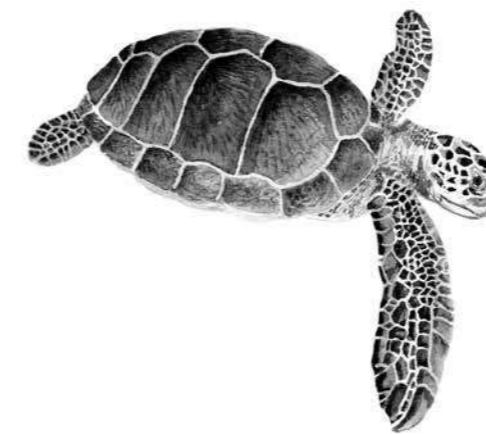
ambiental de consecuencias severísimas para la vida en la Tierra en general y para el ser humano en particular. El desenlace de esta etapa dependerá exclusivamente de nuestras acciones y marcará la historia de la humanidad.

## *Un mundo poco conocido*

Los mares y océanos cubren 65% de la superficie de la Tierra y se estima que albergan la inimaginable cantidad de 1 347 millones de kilómetros cúbicos de agua. Un kilómetro cúbico tiene un billón de litros de agua. La mayor parte de los mares y océanos es aún desconocida o solo conocida de manera muy superficial. Por ejemplo, se conoce mejor la topografía de la superficie de Marte que la topografía del fondo del mar, a pesar de que William Beebe, naturalista y explorador estadounidense, se adentró por primera vez en las profundidades del océano en la década de 1930, décadas antes de que las primeras naves exploraran ese planeta. La exploradora Sylvia Earle preguntó a la NASA por qué estaban más interesados en el espacio que en el mar, a lo que respondieron “Porque arriba están el cielo y las estrellas; abajo la oscuridad profunda”. Y llegó el siglo XXI con las profundidades del mar como la última frontera por explorar.

La mayor parte de las especies que viven en nuestro planeta, especialmente las marinas, aún no ha sido descrita. La descripción científica de una especie consiste en coleccionar uno o varios ejemplares, determinar que es diferente a otras especies conocidas, depositar el ejemplar en una colección de referencia y asignarle un nombre científico. Por regla, el nombre científico se encuentra en latín, pero su significado puede derivar de otras lenguas. El nombre científico está formado por el género y el epíteto de la especie; por ejemplo, la vaquita marina es *Phocoena sinus*, que proviene del latín *Phocoena* que significa marsopa y *sinus* que significa cavidad —en referencia al golfo de California. Por lo tanto, el nombre quiere decir la marsopa del golfo de California.

El sistema de clasificación de especies data de 1758, cuando fue propuesto por el naturalista sueco Carlos Von Linneo en su obra “Sistema Natural”. A lo largo de más de dos siglos y medio de ardua labor, los biólogos especializados en ese tema, conocidos como taxónomos, han logrado clasificar y asignarles nombre científico a unas 2.2 millones de especies. Hasta hace una década se pensaba que podría haber 50 millones de especies silvestres y cálculos recientes indican que este número, especialmente por los microorganismos, puede llegar a ¡más de 24 mil millones! Esto quiere decir que probablemente el ser humano nunca llegará a tener clasificadas a todas las especies con las cuales convive en el planeta azul.



Constantemente se describen nuevas especies. En el año 2007 se describieron más de 18 000 especies, desde organismos microscópicos hasta primates y delfines. La sensación de encontrar una especie nueva es difícil de describir, una mezcla de enorme satisfacción, estupefacción y euforia. En cierta forma es la coronación de esfuerzos de trabajo de muchos años y por eso me puedo imaginar el júbilo de colegas que han hecho descubrimientos notables recientemente.

En aguas mexicanas se describió hace poco el tiburón de bolsillo, como se le denominó. En el año 2010, mientras desarrollaban un estudio sobre el cachalote en aguas del golfo de México, investigadores de la universidad de Tulane encontraron fortuitamente ese pequeño tiburón de escasos 14 centímetros de largo. Esta especie vive entre 100 y 2 000 metros de profundidad, en permanente oscuridad. Como es negro, visto desde arriba pasa desapercibido. Por debajo, sin embargo, produce un fluido brillante en unas pequeñas glándulas localizadas cerca de sus aletas frontales, que se piensa útil para atraer a sus presas. Uno de sus descubridores expresó “Ojalá tengamos tiempo para seguir descubriendo la miríada de especies y tesoros que la naturaleza tiene para nosotros, en lugar de continuar con su depredación obsesiva”. Es solo la segunda especie conocida de este rarísimo grupo de tiburones. La primera se descubrió en las aguas de Chile en 1979, lo que significa que tuvieron que pasar 40 años para encontrar una especie similar.

En julio de este año se llevó a cabo el descubrimiento reciente de mayor relevancia sobre la diversidad marina de México. Investigadores de la Universidad Veracruzana y del Instituto Tecnológico de Boca del Río, con apoyo del Centro Mexicano de Derecho Ambiental y pescadores de la región, descubrieron ocho nuevos arrecifes. Seis son arrecifes coralinos bautizados con los nombres de Corazones, Oro Verde, Pantepec Norte, Pantepec Sur, Blake y Piedras Altas, y dos arrecifes no coralinos nombrados Camaronera y Los Gallos. Cubren un área de más de 7 kilómetros cuadrados a lo largo de un corredor que se extiende 500 kilómetros desde la laguna de Tamiahua hasta la desembocadura del río Papaloapan. Corazones tiene cinco kilómetros de largo y 700 metros de ancho y es el arrecife más septentrional en el golfo de México. Al igual que muchos otros ecosistemas en el golfo se encuentran amenazados por la exploración petrolera, por lo que es imperativo protegerlos.

## *Amenazas a la vida marina*

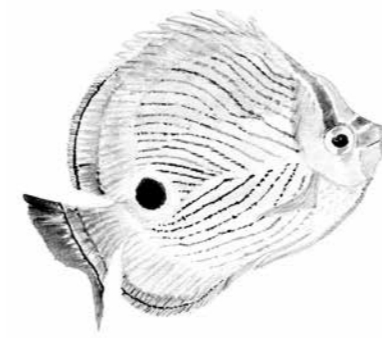
¿Qué otras maravillas esconden los océanos en México y el mundo?  
¿Qué les espera a esos ecosistemas y especies, ante el asedio de nuestras activi-

dades? Hace tiempo describí con un par de colegas la situación de la siguiente manera: "La humanidad ha desencadenado un ataque masivo y progresivo contra todos los seres vivos de este planeta... Las raíces de esta destrucción tienen un origen antiguo... Sin embargo, en la actualidad nuestro ataque colectivo a los animales, plantas y microorganismos ha alcanzado niveles tan horribles, que cualquier alerta que emitamos será demasiado tenue para igualar la tragedia que está desarrollándose. La alarma debe amplificarse". Y una manera de amplificarla es difundirla.

Los océanos del planeta enfrentan serios problemas que amenazan sus condiciones físicoquímicas, su diversidad biológica, su estructura y su función. El cambio climático, la sobrepesca y la contaminación son algunos de los problemas que se describen en el Capítulo 2 del libro. Los cambios ocasionados por las actividades del hombre son complejísimo, y en muchos casos las implicaciones desconocidas. Por ejemplo, el cambio climático está provocando el deshielo de las masas polares, lo que incrementa el nivel del mar, cambia la salinidad e impacta las corrientes marinas. El aumento en la temperatura del mar está provocando, entre otras cosas, la muerte masiva por blanqueamiento de los corales, lo que podría provocar la desaparición de este ecosistema en la siguiente década. De igual manera, el dióxido de carbono producto de la quema de combustibles fósiles se acumula en la atmósfera y es absorbido por los océanos, lo que causa su acidificación. Esto ocasiona que el calcio disponible para los organismos que hacen sus exoesqueletos de calcio sea más escaso, lo que al final puede producir su muerte.

En el caso de la contaminación el aporte de descargas no tratadas del río Misisipi en Estados Unidos y de las aguas del río Amazonas, con gran cantidad de sedimentos y nutrientes, más el aumento en la temperatura de la superficie del mar, han causado el desarrollo de una enorme población de sargazo, la cual se extiende a lo largo de dos mil kilómetros en el océano Atlántico entre ambos deltas. El sargazo es un alga flotante que impide la entrada de luz, por lo que afecta a las algas zooxantelas fotosintéticas de los corales. Este gran "mar" de sargazo, como comúnmente se le llama, afecta ya las playas de Quintana Roo en México y las de las islas del Caribe. Se calcula que 30% de los corales en arrecifes de Quintana Roo han muerto en los primeros meses de este año a consecuencia del sargazo y el calentamiento global.

La contaminación del mar es difícil de concebir. Cada año se acumulan 7 millones de toneladas de plástico en los océanos. En la actualidad hay cinco gigantescas "islas" flotantes de plástico tanto en el Pacífico como en el Atlántico. Una de esas acumulaciones, llamada Gran Parche de Basura del Pacífico, se encuentra entre las costas de Baja California y Hawai, y se extiende en 1.6



millones de kilómetros cuadrados, tamaño equivalente a 70% del territorio de México o tres veces el de Francia. El plástico flota desde la superficie hasta unos 5 metros de profundidad. Los efectos de esas acumulaciones de plástico son enormes. Las micropartículas de plástico son ingeridas por el plancton y acaban en los peces que forman parte de la dieta humana, con consecuencias aún no del todo entendidas. Afectan también a aves y mamíferos marinos, que confunden el plástico con alimento o lo ingieren de manera accidental, provocando en muchos casos su muerte. Noticias que han ayudado a entender estos impactos son los videos de albatroses crías muertos, en cuyos cuerpos se ven los pedazos de plástico que causaron su muerte, o el de una ballena con decenas de kilos de plástico en su estómago.

Es imperativo llevar a cabo acciones contundentes para evitar que el océano se siga contaminando y para también lograr limpiarlo, aunque esta labor titánica se antoje imposible con las tecnologías actuales. Pero de la salud de los océanos depende nuestro futuro. Acciones como aminorar el cambio climático, evitar la contaminación, reducir la sobreexplotación y tráfico ilegal de especies y establecer reservas para proteger los ecosistemas son fundamentales para la conservación de los océanos.

## *Especies al borde del abismo*

En la década de 1940 el escritor John Steinbeck, Premio Nobel de Literatura, publicó su novela *Cannery Row*, contextualizada en esa época en el pueblo de Monterey, ubicado en la costa central de California. Es esos tiempos, Monterey tenía una floreciente economía basada en la pesquería de sardinas, establecida a principios de ese siglo. Los cardúmenes de sardinas, alimentados por las riquísimas aguas frías que afloraban del Pacífico, parecían inacabables. En su apogeo más de dos millones de latas de sardinas se procesaban anualmente, la industria pesquera más exitosa del mundo. Pero un día, después de la Segunda Guerra Mundial, los cardúmenes desaparecieron súbitamente, colapsados por la pesca indiscriminada.

La lección de la pesquería de Monterey pasó desapercibida. Hoy en día la mayoría de las pesquerías del mundo están siendo explotadas a su máximo nivel posible y más de 30% ya ha colapsado. Tiburones, atunes, sardinas, pargos son solo algunas de las especies afectadas. Se ha calculado que solo sobreviven 2% de los grandes peces que había en los océanos en 1950. Además de los peces, organismos como camarones, langostas y pepinos de mar, entre otros, son sobreexplotados, en muchos casos de manera ilegal.



Algunas especies marinas han llegado a niveles poblacionales tan bajos que ya se encuentran en peligro de extinción. La más emblemática en México es la vaquita marina endémica del alto golfo de California. La población de esta pequeña marsopa, similar a un delfín, ha pasado de alrededor de 570 en el año 1997 a 10 o menos en la actualidad. Su extinción es una historia anunciada. A pesar de los enormes esfuerzos que se han hecho para salvarla, su pesca incidental en las redes agalleras que se usan para la captura de la totoaba, un pez también endémico del golfo de California y en peligro de extinción, ha sido incontrolable. La totoaba se pesca de manera ilegal porque su vejiga natatoria tiene un elevadísimo valor en el mercado negro. Un kilo se vende en alrededor de 4 mil dólares en México, en 20 mil una vez que ha cruzado la frontera a Estados Unidos y hasta en 100 mil en China. Mafias bien organizadas, corrupción e impunidad en los tres países casi auguran que la vaquita dejará de existir muy pronto. Qué enorme tristeza ser cronistas de la desaparición de una especie más, que solo quedará recordada en los anales de la historia como muestra de la apatía y ambición humanas.

### *Conservación: casos de éxito*

Afortunadamente existen casos de éxito en donde acciones de conservación han tenido impactos positivos para mantener especies y ecosistemas. La conservación de la naturaleza en México se basa en las áreas naturales protegidas, que privilegian el mantenimiento de los ecosistemas naturales y la diversidad biológica, y en la conservación de especies en peligro, que diseñan estrategias particulares para una o un grupo emparentado de especies. Existen más de 190 áreas protegidas decretadas por el gobierno federal entre parques nacionales, reservas de la biosfera, áreas de protección de flora y fauna, y santuarios. Comprenden más de 20% del territorio continental y marino del país. Estas reservas son manejadas por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp) de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). La creación de esta Comisión en 1994 fue un acierto enormemente visionario en la historia de la conservación en México.

En el país se ha hecho un gran esfuerzo para la conservación de la diversidad biológica marina desde principios del siglo xx. Ahora se protegen más de 40 millones de hectáreas de los mares mexicanos. Lograr decretar un área natural protegida en México requiere de esfuerzos verdaderamente titánicos. Además de los estudios técnicos sobre la diversidad biológica del área se requieren

acuerdos con los dueños de la tierra y diferentes actores políticos y económicos. En un país con una población creciente y demandas en aumento de sectores económicos como la minería y el petróleo, destinar áreas para la conservación es extremadamente difícil. ¿Cómo compaginar, por ejemplo, los intereses de las grandes empresas pesqueras con los intereses del país para que se decrete un área marina excluida a la pesca? Existen numerosas razones científicas que indican los beneficios de excluir áreas a la pesca, como se describe en el Capítulo 2. Esas áreas tienen grandes impactos positivos en la industria pesquera y en la economía, pero es difícil hacer ver esos beneficios de mediano y largo plazo cuando se prioriza la explotación inmediata de los recursos.

A pesar de las dificultades que ha enfrentado y enfrenta el país para lograr un desarrollo sustentable en lo ambiental y lo social, los logros de las últimas tres décadas son una luz de esperanza. La bondad de las áreas naturales protegidas es evidente en el caso del Parque Nacional Marino Cabo Pulmo, pues apenas tres décadas después de su creación mostró que con la veda total de pesca es posible recuperar muy rápidamente la fauna marina.

Otras áreas protegidas marinas son el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano que protege los arrecifes coralinos de esa región. La Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro, el Parque Nacional Arrecifes de Cozumel, el Parque Nacional Isla Contoy y la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an se han decretado para proteger la diversidad marina de la costa en Quintana Roo, la región más diversa del país. En la costa del Pacífico destaca el Parque Nacional Huatulco en Oaxaca, que protege un arrecife de cuernos de ciervo único en México. Más al norte la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno en la costa de Baja California protege las lagunas costeras donde se reproduce la ballena gris y la Reserva de la Biosfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado se estableció para proteger a la vaquita marina y a la totoaba, entre otras especies.

En los últimos años se han decretado tres gigantescas áreas naturales protegidas —el Parque Nacional Islas Revillagigedo, la Reserva de la Biosfera Caribe Mexicano y la Reserva de la Biosfera Pacífico Mexicano Profundo.

Estas áreas protegidas cubren más de 22% de los mares del país. La Reserva de la Biosfera Caribe Mexicano protege más de 5.7 millones de hectáreas, incluyendo todos los arrecifes de Quintana Roo, que representan la mitad del Sistema Arrecifal Mesoamericano. Estos arrecifes protegen a más de 90 especies de coral y 200 especies de peces.

El Parque Nacional Islas Revillagigedo es una de las “joyas de la corona”. Protege a las 4 islas del archipiélago y a 15 millones de hectáreas marinas, lo que la convierte en la reserva natural más grande de Norteamérica. Las islas han sido comparadas con las famosas islas Galápagos, cuya diversidad y unicidad fue

fundamental para que Charles Darwin desarrollara su teoría de la evolución. Las aguas de las islas mantienen una abundantísima fauna con más de 750 especies de animales como ballenas de aletas, grandes agrupaciones de mantas y tiburones, y cardúmenes de atunes.

Finalmente, la Reserva de la Biosfera Pacífico Mexicano Profundo se extiende desde las islas Revillagigedo y la costa de Colima hasta la costa de Chiapas, protegiendo las ventilas hidrotermales y el lecho marino de la explotación minera. Es una reserva que muestra la creatividad y liderazgo de la sociedad mexicana para proteger sus recursos marinos.

## *Conservación de especies*

En un mundo lleno de heridas como el que vivimos, como lo describió Aldo Leopold hace ya décadas, los casos de éxito en la conservación de especies deben ser esperanza para la humanidad. La protección centrada en especies en particular ha tenido casos muy exitosos, como el de los elefantes marinos y el lobo fino de la isla Guadalupe, la ballena gris y la tortuga golfina. En todos estos casos las poblaciones llegaron a estar en condiciones precarias pero se logró su recuperación.

La historia de los mamíferos marinos empezó a principios del siglo XIX cuando barcos dedicados a su explotación llegaron a las costas de México. La isla Guadalupe, perdida en el vasto océano Pacífico a 250 kilómetros de las costas de la península de Baja California, mantenía enormes poblaciones de nutrias marinas, lobos finos, lobos marinos y elefantes marinos. La isla estaba deshabitada y fuera del alcance de las autoridades del naciente país. La matanza de esas especies fue brutal. En pocas décadas las enormes agregaciones ya eran solo un recuerdo del pasado. La población de lobo fino llegó a ser de menos de 10 animales y por varias décadas se consideró que la especie estaba extinta. Los enormes elefantes marinos —cuyos machos llegan a pesar 3 toneladas y cuya población en la isla se estima era de 100 mil individuos— también fueron exterminados y en el momento más crítico su población fue de 100 individuos. Fue un verdadero milagro de la naturaleza que hayan logrado sobrevivir. Laurence M. Huey, científico americano, escribió en 1930: “pocas, tal vez ninguna otra, especies vivientes hoy han sido tan profundamente perseguidas, conducidas al borde de la extinción” como el elefante marino.

En las costas de la península de Baja California se cazaron miles de ballenas grises hasta orillarlas también a la extinción. En un hecho inusitado para esa

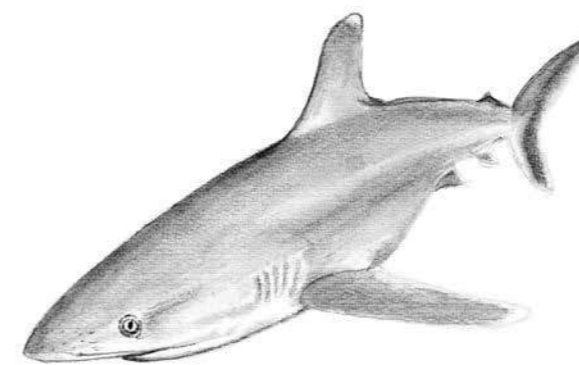


época y de enorme visión para la conservación, el entonces Presidente Álvaro Obregón salvó a estas especies prohibiendo la cacería de todos los mamíferos marinos. Además, decretó la isla Guadalupe como parque nacional. Hoy en día la población del lobo fino y del elefante marino es de más de 15 mil y más de 180 mil respectivamente. La población de ballena gris supera 15 mil individuos, que llegan cada invierno a las lagunas costeras Ojo de Liebre y San Ignacio en Baja California Sur para reproducirse, procedentes del mar de Bering en Alaska. Su migración cubre unos 15 mil kilómetros y es una de las más largas entre los mamíferos marinos.

El caso de la recuperación de las poblaciones de tortuga golfina es sorprendente. A mediados de la década de 1980 la pesca había causado su alarmante disminución. Debido a la prohibición de su explotación y el cuidado de las playas donde anida, la población actual en México es de más de 1 300 000 individuos. En algunas playas como Escobilla en Oaxaca se han visto más de 150 000 hembras que llegan a anidar en una sola temporada. Observar miles de tortugas anidando simultáneamente es una experiencia inolvidable.

## *El futuro incierto*

Los mares y océanos de México y del mundo están en peligro. El crecimiento excesivo de la población humana, el consumo desmedido y las tecnologías ineficientes son la causa de problemas ambientales como el cambio climático global, la extinción de especies y la contaminación. El futuro de los mares y océanos depende de las acciones que se lleven a cabo a nivel global en las siguientes dos o tres décadas. De su futuro dependerá el futuro de las maravillosas flora y faunas silvestres y de extraordinarios ecosistemas, por un lado, y de la humanidad, por el otro.





Con patas tan cortas, o sin ellas, que rozan el suelo con su vientre, los reptiles tienen la piel cubierta de escamas, ponen huevos y tienen una temperatura corporal variable. Curiosamente, sus dientes cortan, pero no mastican. Los más grandes son los cocodrilos. En México hay tres especies de las 23 que existen en el mundo: el cocodrilo de río, el cocodrilo de pantano y el caimán. Las dos especies de cocodrilos viven en ocasiones en el mar. Al cocodrilo de río se le llega a encontrar muy lejos del continente en lugares como Banco Chinchorro en Quintana Roo.

Entre los reptiles marinos de México también están las tortugas y serpientes marinas. En el mundo hay siete especies de tortugas marinas, seis presentes en México. Con sus cuatro apéndices en forma de aleta parecen volar dentro del agua. Todas las tortugas marinas hembras salen a la playa para anidar, único momento en que dejan el océano. Debido a su longevidad y característico caparazón diversas culturas las han integrado en su mitología. En Mesoamérica existen representaciones de tortugas en códices y murales mayas y aztecas. Desde tiempos históricos han sido cazadas por el consumo de su carne, de sus huevos y por las escamas de su caparazón, material conocido como carey usado en la elaboración de peines, joyas y otros accesorios. Si bien su caza se prohibió desde la década de 1970 y hoy en día están protegidas, las tortugas marinas están aún amenazadas por su captura incidental en redes de pesca y la caza furtiva. La tortuga laúd, la más grande de todas, está en serio peligro de extinción.

De las 60 especies de serpientes marinas, solo la serpiente marina amarilla, vive en las aguas del Pacífico. Todas son venenosas, con la cola en forma de remo y el cuerpo comprimido lateralmente.

*reptiles marinos*



*Seis de las siete especies de tortugas marinas visitan las costas mexicanas para desovar: carey (página 244), lora (arriba), golfinia (derecha), laúd, (página 248), verde (página 250) y caguama (página 252). En México todas se encuentran catalogadas como especies en peligro de extinción debido a su explotación para el consumo ilegal de carne y huevo y, en el caso de la tortuga carey, por su preciado caparazón cotizado para joyería.*

*El apareamiento de las tortugas marinas se lleva a cabo en el mar, pero las hembras deben salir a la playa a excavar sus nidos y desovar. La mayoría de las especies desova por la noche, aunque la tortuga golfinia lo hace durante el día. Si al salir del agua las tortugas son perturbadas por luces o por ruidos, las hembras de la mayoría de las especies retornarán al agua sin haber puesto sus huevos.*



*La tortuga laúd es la tortuga marina más grande del mundo. Puede alcanzar más de dos metros de longitud y un peso de más de 600 kilos. Su principal alimento son las medusas, seguido de diversos peces, crustáceos, calamares, erizos y algas. Esta especie se ha vuelto icónica en la lucha para reducir nuestro consumo de plástico, en particular de bolsas desechables, ya que frecuentemente las confunden con su alimento y mueren.*

*Las tortugas marinas han recorrido los mares por más de 100 millones de años, acompañando a reptiles ya extintos como los dinosaurios. Se ha estimado que pueden vivir más de cien años. Además de longevas, son migratorias y pueden recorrer cientos y hasta miles de kilómetros, por lo que para ellas no existen las fronteras. Pueden tener sus sitios de anidación en un país, mientras que se alimentan y reproducen en otros. Conservarlas es una tarea internacional.*



*Cada vez que duermo  
en el océano,  
es como ir a casa.*

SYLVIA EARLE







*En México se encuentran dos especies de cocodrilos, el mexicano y el americano. Pueden llegar a medir entre 3 y 6 metros de longitud respectivamente. Ambas especies pueden encontrarse en zonas de humedales costeros y de aguas salobres.*

*La mayor amenaza para  
nuestro planeta es la creencia  
de que alguien más lo salvará.*

ROBERT SWAN





Las aves marinas están adaptadas a la vida en el medio marino, de donde obtienen su alimento y refugio. Se trata de un grupo muy diverso con adaptaciones excepcionales que les permiten volar, nadar, flotar y bucear. Por ejemplo, cuentan con glándulas nasales que expulsan la sal, plumas hidrófobas (que repelen el agua), patas palmeadas y un cuerpo muy ligero que les permite volar durante largo tiempo así como mantenerse a flote. Cuentan con características anatómicas que les permiten bucear sin que, por ejemplo, se les meta el agua en la nariz o se les rompa el cuello cuando impactan en la superficie del mar a toda velocidad para atrapar un pez.

Algunas especies pasan toda su vida en el océano, excepto durante la temporada de anidación. Otras especies habitan los ecosistemas de la línea de costa, donde permanecen todo el año. Existen también aves marinas famosas por realizar largas migraciones, como el charrán ártico que anida en el Ártico (al norte de Canadá, Europa y Asia) durante el verano septentrional, pero pasa el invierno (el verano del hemisferio Sur) en las aguas del Círculo Polar Antártico.

En general las aves marinas viven más años que otras aves, crían a mayor edad y ponen menos huevos (algunas sólo ponen uno por año), ya que invierten gran cantidad de su tiempo cuidando su descendencia. La mayoría forman colonias de anidación formadas por unas docenas a millones de aves, en lugares inaccesibles como islas o acantilados donde existen menos depredadores terrestres.

Las aves marinas son uno de los grupos de aves más amenazado con la extinción en la actualidad. Según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) 28% de las 346 especies de aves marinas del planeta se encuentran catalogadas *Amenazadas* y otro 10% de las especies están catalogadas como *Casi Amenazadas*. La pesca accidental, la contaminación, la construcción de infraestructura en los mares y el litoral son las principales causas de su desaparición.

*del cielo y del mar*





Existen decenas de aves marinas que habitan en nuestro país. Algunas viven en los humedales costeros, otras en la orilla de la playa y riscos, mientras que otras pasan la mayor parte de su vida volando en mar abierto. Entre las adaptaciones de estas aves se encuentran la secreción de un aceite que las vuelve impermeables al sumergirse, patas palmeadas para nadar con facilidad y glándulas que excretan la sal del agua de mar.

Aves marinas con claros ejemplos de cuidado parental incluyen a los bobos de patas azules (izquierda) quienes son famosos por sus elegantes rituales de cortejo en los que muestran sus coloridas patas. Ambos padres cuidan de los polluelos.

El charrán elegante (arriba) que anida en la isla Rasa, es famoso por su formación de "guarderías", en donde concentran a los polluelos para evitar la depredación, el robo de alimento y facilitar el proceso de socialización entre ellos.



*La espuma juega con el sol  
desde el amanecer hasta la noche,  
la música del mar no se repite nunca.*

*MARÍA GUERRA*



*Existen tres especies de pájaros bobos en México, los bobos patas azules, los bobos cafés y los patas rojas (izquierda). Estas carismáticas aves anidan en árboles y son las más pequeñas de este grupo.*

*Los albatros (página 264) son un grupo de aves marinas que se distribuyen en los océanos Antártico, Pacífico y Atlántico sur. Presentan la envergadura alar más extensa de todas las aves, lo que les permite planear y pasar la mayor parte de sus vidas en mar abierto. Se alimentan principalmente de peces, calamares y krill. Son especies que forman colonias, forman relaciones monogámicas de por vida y anidan comúnmente en islas, siendo este el único momento en donde tocan tierra.*





Los mamíferos marinos pasan parte o todo su ciclo de vida en el mar. Los que nunca dejan el mar son los cetáceos –ballenas, delfines y marsopas– y los sirenios –dugong y manatíes. Mientras que los delfines y las marsopas cuentan con dientes y pueden alimentarse de diversas presas, las ballenas llevan en la boca barbas asociadas a una alimentación muy especializada: *krill*, pequeñísimos crustáceos que forman grandes agrupaciones. Los sirenios comen principalmente pastos marinos. En el mundo existen unas 90 especies de cetáceos, de las cuales 40 habitan mares mexicanos, la mayoría en el Pacífico y el golfo de California.

Debido a que la disponibilidad de alimento no coincide geográfica ni temporalmente con la época de reproducción, las ballenas suelen alimentarse en verano en las aguas polares ricas en *krill*, para después pasar el invierno en aguas subtropicales donde nacen sus crías. La ballena gris pasa el verano en el Círculo Polar Ártico y en otoño inicia su migración a las lagunas costeras de Baja California, como Guerrero Negro, cuya poca profundidad, alta salinidad y aislamiento ofrecen un lugar ideal para el nacimiento de los ballenatos.

Los mamíferos marinos que pasan parte de su vida en tierra son las focas, lobos marinos y morsas (pinnípedos), la nutria marina (mustélidos) y el oso polar (úrsidos). Se alimentan en el mar pero regresan a las playas a descansar y a reproducirse.

Desafortunadamente, especies como la nutria marina y la foca monje del Caribe desaparecieron de México por la cacería indiscriminada. Actualmente el caso más trágico es el de la vaquita marina, la especie más pequeña de mamífero marino con alrededor de 50 kilos. Endémica del alto golfo de California, se encuentra en inminente peligro de extinción debido a su captura incidental en redes de pesca y a la destrucción de su hábitat.

*mamíferos del mar*





*La ballena azul, con una longitud de hasta 30 metros y un peso de 180 toneladas, es el mamífero más grande del mundo. Tan solo su lengua pesa lo equivalente a un elefante y su corazón lo de un automóvil. La ballena azul habita en todos los océanos. En México visita el golfo de California entre los meses de diciembre y abril. Esta majestuosa especie se vio afectada por la industria del aceite en el siglo xvii. Actualmente se estima que hay poco más de 1 600 ballenas en el Pacífico norte; sus poblaciones se encuentran en recuperación gracias a políticas que prohíben su cacería.*



*Al igual que los mamíferos terrestres, los mamíferos marinos se alimentan exclusivamente de leche materna cuando son crías. Las hembras presentan un par de glándulas mamarias ubicadas por debajo de las aletas pectorales. En el caso de las ballenas azules se sabe que durante el primer año de vida pueden aumentar ¡hasta 90 kilos por día! Otra similitud con los mamíferos terrestres es la presencia de vibrisas, un tipo de pelo vestigial que puede observarse cerca de la comisura de la boca en las crías y que desaparece a las pocas semanas.*



*Todo pasa y todo queda,  
pero lo nuestro es pasar,  
pasar haciendo caminos,  
caminos sobre la mar.*

ANTONIO MACHADO



*La vaquita marina es una especie única del golfo de California. En la actualidad no se tiene esperanza de que haya más de 10 ejemplares, por lo que solo medidas críticas, urgentes e internacionales entre México, Estados Unidos y China pueden ayudar a revertir la inminente extinción de la especie provocada por la pesca ilegal de totoaba en la que las vaquitas quedan accidentalmente atrapadas en las redes.*

*(Imagen captada con permiso expreso (Oficio DR/488/08) de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas / Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en un área natural protegida sujeta a manejo especial. Agradecemos la colaboración del Coordinador de Investigación y Conservación de Mamíferos Marinos, Instituto Nacional de Ecología.)*

*Estos ágiles delfines reciben el nombre de falsas orcas debido a su similitud en coloración con las orcas, así como a su gran tamaño, a algunos hábitos de alimentación y a su agresividad hacia otras especies de delfines.*



*Al igual que otros delfines y ballenas, los delfines de costados blancos encuentran su alimento gracias a la ecolocalización con la cual emiten sonidos cuyas ondas rebotan al llegar a objetos sólidos. Así, pueden detectar presas y amenazas fuera de su alcance visual. Cada individuo cuenta con un sonido único que les permite identificarse entre los demás. Además de esta comunicación auditiva, se comunican mediante el tacto, son extremadamente activos y suelen interactuar con otros cetáceos.*



*Los manatíes, también llamados vacas marinas por sus hábitos herbívoros, pueden habitar en aguas costeras de baja profundidad tanto dulces como saladas del golfo de México, mar Caribe y algunas lagunas y ríos del sureste. Aunque no tienen depredadores naturales, se ven amenazados por la pérdida, degradación y fragmentación de su hábitat, ya sea por contaminación, explotación petrolera o bien por la captura accidental en redes de pesca ilegal.*





*Los lobos marinos tienen orejas visibles y un cuello delgado, mientras que las focas solo tienen un orificio que comunica su oído con el exterior y su cuello no se diferencia del resto de su cuerpo.*

*Los lobos finos de Guadalupe (izquierda) habitan únicamente en la isla Guadalupe y en el archipiélago San Benito. En el siglo XIX fueron casi exterminados por cazadores de pieles y para 1897 se creían extintos. Hoy se ven amenazados por la contaminación, la introducción de especies exóticas, el incremento de temperatura superficial y la disminución de presas en el mar cuando hay presencia del fenómeno climático de El Niño.*

*El lobo marino de California (arriba) es uno de los cazadores más carismáticos y ágiles del golfo de California. Su cuerpo hidrodinámico le permite alimentarse de una amplia variedad de peces, moluscos y calamares. Al ser longevos y frecuentes visitantes de los mismos sitios cada año, son excelentes indicadores de la salud del ecosistema; desde la década de 1980 se considera que tienen mejor estado de conservación y sus poblaciones están aumentando.*



Los elefantes marinos son los pinnípedos más grandes del hemisferio Norte, se distribuyen desde las costas de Alaska hasta la península de Baja California. Su nombre proviene de la característica protuberancia del rostro, similar a la trompa de un elefante. Un macho adulto puede llegar a pesar 2 toneladas y medir más de 4.3 metros de longitud, mientras que las hembras son significativamente menores, y pueden alcanzar pesos desde 600 kilos hasta una tonelada y medir tres metros de longitud. Comúnmente pueden observarse descansando en la costa, aunque pasan cerca de 85% del tiempo buceando.





Poza de Xcalak, Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Quintana Roo.

GERARDO CEBALLOS

## EPÍLOGO

**M**éxico es uno de los países más diversos del planeta. Su abundante flora y fauna silvestres, sus variadísimos ecosistemas y su belleza escénica, tanto terrestre como marina, lo vuelven un lugar único, especial.

Nuestro país es bañado por las aguas del océano Pacífico, el golfo de México, el mar Caribe y el golfo de California. Tiene más de 11 mil kilómetros de litoral, cientos de islas e islotes, manglares, lagunas estuarinas, extensas camas de pastos marinos, arrecifes, incluyendo los más norteños del continente americano, ventanas hidrotermales a más de 3 mil metros de profundidad y otros numerosos ambientes. La unión de aguas templadas y tropicales, la recepción de agua dulce y sedimentos provenientes de las costas y una compleja topografía submarina hacen que los mares mexicanos sean altamente heterogéneos, a pesar de que desde tierra parezca que el mar siempre es azul y que las olas son siempre olas. El mar es uno y es muchos mares también, pues lo que parece un ambiente continuo y sin fronteras se ha revelado como un mundo altamente conectado pero estructurado según las dinámicas de las corrientes marinas, de las temperaturas, de la salinidad y de la historia evolutiva de las especies. Algunos organismos marinos siguen viviendo y nadando tal como lo hacían sus ancestros hace cientos de millones de años, y otros surgieron hace apenas un suspiro —en términos geológicos— como aquellas especies que quedaron

separadas entre el mar Caribe y el océano Pacífico cuando se formó el estrecho de Panamá hace tres millones de años, el cual también representó la unión de Norte y Sudamérica en un solo gran continente.

Cerca y lejos de la costa, en aguas frías y cálidas, los ecosistemas que existen en nuestras aguas albergan una diversidad biológica marina excepcional, dentro de la cual podemos contar a más de 50% de todas las especies de mamíferos marinos, 6 de las 7 especies de tortugas marinas que existen en el planeta, miles de especies de peces y decenas de miles de especies de otros organismos.

Una muestra de esta riqueza son los arrecifes del Caribe mexicano. Sumergirse en las aguas tibias de Cozumel y bucear entre los extensos arrecifes coralinos es una experiencia extraordinaria. Abajo, a pocos metros de profundidad, las variadísimas formaciones del arrecife esconden corales de increíbles formas, esponjas, cientos de especies de peces multicolores, pulpos, camarones, cangrejos, anémonas, estrellas y pepinos de mar, por mencionar solo algunos grupos. Con suerte es posible observar, en ocasiones, alguna tortuga y, rara vez, un manatí. Los arrecifes de Cozumel y toda la costa de Quintana Roo forman parte de la segunda barrera arrecifal más larga del planeta, que se extiende a lo largo de toda la costa del estado hasta Honduras. Solo es más extensa la Gran Barrera Arrecifal de Australia.

Desgraciadamente, el país enfrenta una compleja situación social, económica y política que, aunada a problemas ambientales globales, pone en riesgo la conservación de su herencia biológica. En este sentido, los océanos y mares de México y el mundo están seriamente amenazados por el calentamiento y acidificación de sus aguas, la sobreexplotación y desaparición de especies, la contaminación por descargas sin tratar, el exceso de fertilizantes y millones de toneladas de plásticos y otros residuos sólidos. Esto está cambiando sus condiciones de tal manera que es posible que en pocos años se llegue a un punto en el que ya no sea posible recuperar la funcionalidad que han mantenido por cientos de miles de años. Estos cambios pueden ser literalmente catastróficos y pueden llegar a ocasionar en pocas décadas la pérdida del mayor porcentaje de la diversidad marina del planeta.


Y sin embargo, es imperativo que el futuro de los mares y océanos sea prometedor, porque sin mares y océanos saludables, vivos, no es posible mantener la diversidad biológica del planeta y el bienestar humano como lo hemos gozado desde los orígenes de la humanidad.



*Lo que está en juego es la  
sobrevivencia misma de la Humanidad*







*La verdad es que el mundo natural está cambiando. Nosotros dependemos totalmente de este mundo. El provee nuestro alimento, agua y aire. Es lo más preciado que tenemos y debemos defenderlo.*

DAVID ATTENBOROUGH



## NOMBRES COMUNES Y CIENTÍFICOS

Abulón • *Haliotis* sp.  
 Alga café • *Macrocystis pyrifera*  
 Almeja catarina • *Argopecten circularis*  
 Almeja pata de mula • *Anadara tuberculosa*  
 Anémona gigante del Caribe • *Condylactis gigantea*  
 Anchoveta • *Engraulis mordax*  
 Anguila morena moteada • *Gymnothorax moringa*  
 Anfípodo gigante • *Cystisoma* sp.  
 Aninga americana • *Anhinga anhinga*  
 Apompo • *Pachira aquatica*  
 Atún • *Thunnus* sp.  
 Bagre bandera • *Bagre marinus*  
 Ballena azul • *Balaenoptera musculus*  
 Ballena gris • *Eschrichtius robustus*  
 Bobo patas azules • *Sula neboxii*  
 Bobo café • *Sula leucogaster*  
 Bobo patas rojas • *Sula sula*  
 Burrito almejero • *Haemulon sexfasciatum*  
 Caballito de mar • *Hippocampus erectus*  
 Cacerolita de mar • *Limulus polyphemus*  
 Cachalote pigmeo • *Kogia breviceps*  
 Caimán • *Caiman crocodilus*  
 Calamar de arrecife • *Sepioteuthis sepioidea*  
 Calamar gelatinoso de profundidad • *Cranchia scabra*  
 Calamar gigante o de Humboldt • *Dosidicus gigas*  
 Callo de hacha • *Atrina* sp.  
 Callo de hacha larga • *Pinna rugosa*  
 Camarón café • *Farfantepenaeus californiensis*  
 Camarón azul • *Litopenaeus stylirostris*  
 Camarón blanco • *Litopenaeus setiferus*  
 Camarón rosado • *Farfantepenaeus duorarum*  
 Cangrejo araña • *Stenorhynchus seticornis*  
 Cangrejo violinista • *Uca* sp.  
 Caracola marina de anillo púrpura • *Calliostoma annulatum*  
 Caracol lengua de flamenco • *Cyphoma gibbosum*  
 Caracol marino • *Tegula* sp.  
 Caracol púrpura • *Plicopurpura pansa*  
 Caracol rosado • *Lobatus gigas*  
 Cazón pardo • *Mustelus henlei*  
 Charrán ártico • *Sterna paradisaea*  
 Cuerno de alce • *Acropora* sp.  
 Cocodrilo americano de río • *Crocodylus acutus*  
 Cocodrilo de pantano • *Crocodylus moreletii*  
 Coral cerebro • *Diploria clivosa*  
 Coral cuerno de venado • *Acropora cervicornis*  
 Coral de estrella • *Siderastrea radians*  
 Delfín de costado blanco • *Lagenorhynchus obliquidens*  
 Dorado • *Coryphaena* sp.

Dugong • *Dugong dugon*  
 Elefante marino • *Mirounga angustirostris*  
 Erizo • *Stongylocentrus* sp.  
 Erizo • *Lytechinus* sp.  
 Esmedregal • *Rachycentron canadum*  
 Falsa orca • *Pseudorca crassidens*  
 Foca común o del Pacífico • *Phoca vitulina*  
 Foca monje del Caribe • *Neomonachus tropicalis*  
 Flamenco rosado • *Phoenicopterus ruber*  
 Fragata • *Fregata magnificens*  
 Guitarra común • *Rhinobatos productus*  
 Gusano árbol de Navidad • *Spirobranchus giganteus*  
 Gusano plano • *Pseudobiceros bajae*  
 Huachinango • *Lutjanus campechanus*  
 Ibis blanco • *Eudocimus albus*  
 Jaiba azul del Golfo • *Callinectes sapidus*  
 Jaiba negra • *Callinectes toxotes*  
 Jurel • *Trachurus trachurus*  
 Langosta espinosa • *Panulirus interruptus*  
 Langosta • *Panulirus argus*  
 Langosta zapatera • *Scyllarides nodifer*  
 Langostilla • *Pleuroncodes planipes*  
 Lechuga de agua • *Pistia stratiotes*  
 Lenteja de agua • *Lemna* sp.  
 Lirio acuático • *Eichhornia crassipes*  
 Lobo marino de California • *Zalophus californianus*  
 Lobo fino de Guadalupe • *Arctophoca philippii*  
 Macarela del Pacífico • *Scomber japonicus*  
 Manatí • *Trichechus manatus*  
 Mangle blanco • *Laguncularia racemosa*  
 Mangle botoncillo • *Conocarpus erectus*  
 Mangle prieto • *Avicennia germinans*  
 Mangle rojo • *Rhizophora mangle*  
 Manta gigante • *Manta birostris*  
 Mero • *Epinephelus marginatus*  
 Mero baya • *Mycteroperca jordani*  
 Mero cabrilla roja • *Cephalopholis fulva*  
 Nenúfar • *Nymphaea mexicana*  
 Nutria marina • *Enhydra lutris*  
 Orca • *Orcinus orca*  
 Oso polar • *Ursus maritimus*  
 Ostión de placer • *Crassostrea corteziensis*  
 Ostión japonés • *Crassostrea gigas*  
 Pargo • *Lutjanus peru*  
 Pasto de tortugas • *Thalassia testudinum*  
 Pasto de manatí • *Syringodium filiforme*  
 Pasto de los bajos • *Halodule wrightii*  
 Pepino de mar • *Isostichopus fuscus*

Pepino de mar • *Holothuria* sp.  
 Percebes • *Pollicipes elegans*  
 Pez bocón punteado • *Opistognathus punctatus*  
 Pez cirujano • *Paracanthurus hepatus*  
 Pez diablo negro • *Melanocetus johnsonii*  
 Pez espada • *Xiphias gladius*  
 Pez loro • *Sparisoma viride*  
 Pez luna • *Mola mola*  
 Pez mariposa de cuatro ojos • *Chaetodon capistratus*  
 Pez piedra • *Scorpaena mystes*  
 Pez payaso • *Amphiprion frenatus*  
 Pez rata manchado • *Uranoscopus scaber*  
 Pez sapo espléndido • *Hydrolagus collei*  
 Pez sierra • *Pristis pectinata*  
 Pez telescopio • *Gigantura* sp.  
 Pez trompeta • *Aulostomus maculatus*  
 Pez vela • *Istiophorus platypterus*  
 Pez "vieja de California" • *Semicossyphus pulcher*  
 Raya gavilán • *Myliobatis californica*  
 Rayador americano • *Rhynchops niger*  
 Rémora • *Remora remora*  
 Robalo plateado • *Centropomus viridis*  
 Rorcual común • *Balaenoptera physalus*  
 Rorcual de Minke • *Balaenoptera acutorostrata*  
 Rorcual tropical • *Balaenoptera edeni*  
 Sardina • *Sardinops sagax*  
 Sargacero gigante • *Heterostichus rostratus*  
 Sargazo gigante • *Macrocystis* sp.  
 Sargazo • *Sargassum* sp.  
 Serpiente marina amarilla • *Pelamis platura*  
 Tiburón azul • *Prionace glauca*  
 Tiburón blanco • *Carcharodon carcharias*  
 Tiburón ballena • *Rhincodon typus*  
 Tiburón de bolsillo • *Mollisquama mississippiensis*  
 Tiburón mako • *Isurus oxyrinchus*  
 Tiburón martillo • *Sphyrna mokarran*  
 Tiburón punta blanca de arrecife • *Triaenodon obesus*  
 Tiburón tigre • *Galeocerdo cuvier*  
 Tiburón toro • *Carcharhinus leucas*  
 Tijera esbelta • *Nemichthys scolopaceus*  
 Tortuga verde • *Chelonia mydas*  
 Tortuga caguama • *Caretta caretta*  
 Tortuga carey • *Eretmochelys imbricata*  
 Tortuga golfinia • *Lepidochelys olivacea*  
 Tortuga laúd • *Dermochelys coriacea*  
 Tortuga lora • *Lepidochelys kempii*  
 Totoaba • *Totoaba macdonaldi*  
 Vaquita marina • *Phocoena sinus*

## BIBLIOGRAFÍA SELECTA

Aburto-Oropeza, O., E. Ezcurra, G. Danemann, V. Valdez, J. Murray, E. Sala. 2008. Mangroves in the Gulf of California increase fishery yields. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 105:10456-10459. doi.org/10.1073/pnas.0804601105.

Aburto-Oropeza, O., B. Erisman, G.R. Galland, I. Mascareñas-Osorio, E. Sala, E. Ezcurra E. 2011. Large recovery of fish biomass in a No-Take marine reserve. *PLoS One* 6:e23601. doi.org/10.1371/journal.pone.0023601.t002.

Bastida-Zavala, J.R., M.S. García-Madrigal, E.F. Rosas-Alquicira, R.A. López-Pérez, F. Benítez-Villalobos, J.F. Meraz-Hernando, A.M. Torres-Huerta, A. Montoya-Márquez, N.A. Barrientos-Luján. 2013. Marine and coastal biodiversity of Oaxaca, Mexico. *CheckList* 9: 329-390.

Beebe, W. 1934. *A half mile down*. Harcourt, Brace and Company, Nueva York.

Bonan, G.B. y S.C. Doney. 2018. Climate, ecosystems, and planetary futures: The challenge to predict life in Earth system models. *Science* 359. doi.org/10.1126/science.aam8328.

Ceballos, G. (ed). 2015. *Mares de México y el Mundo*. Telmex, México.

Ceballos, G. (ed.). 2016. *Riquezas Naturales de México, servicios ambientales y conservación*. Telmex, Ciudad de México.

Ceballos, G., R. Medellín, E. Ponce, P. Guadarrama. 2017. *Conservación de la naturaleza en México: casos de éxito*. Telmex, Ciudad de México.

Ceballos, G., P.R. Ehrlich, R. Dirzo. 2017. Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. doi.org/10.1073/pnas.1704949114.

Ceballos, G., A. Barnosky, A. García, R.M. Pringle, T.M. Palmer, P.R. Ehrlich. 2015. Accelerated Modern Human Induced Species Losses: Entering the Sixth Mass Extinction. *Science Advances* 1:e1400253. doi.org/10.1126/sciadv.1400253

Cousteau, J.Y., F. Dumas. 1953. *The silent world*. Nueva York y Londres.

Cousteau, J. Y. 1964. At home in the sea. *National Geographic*, 125(4): 465-507.

De la Lanza, G. 1991. *Oceanografía de mares mexicanos*. AGT Editor, S.A. México.

Earle, S.A. 2009. *The world is blue: How our fate and the ocean's are one*. National Geographic Books.

Earle, S.A. 2014. *Blue Hope: Exploring and Caring for Earth's Magnificent Ocean*. National Geographic, Washington.

Girón-Nava, A., A.F. Johnson, A.M. Cisneros-Montemayor, O. Aburto-Oropeza, 2018. Managing at maximum sustainable yield does not ensure economic well-being for artisanal fishers. *Fish and Fisheries* 20:214-223. doi.org/10.1111/faf.12332.

Gruber, N., D. Clement, B.R. Carter, R.A. Feely, S. van Heuven, M. Hoppema, M. Ishii, R.M. Key, A. Kozyr, S.K. Lauvset, Monaco, C. Lo, J.T. Mathis, A. Murata, A. Olsen, F.F. Perez, C.L. Sabine, T. Tanhua, R. Wanninkhof. 2019. The oceanic sink for anthropogenic CO2 from 1994 to 2007. *Science* 363: 1193-1199. doi.org/10.1126/science.aau5153.

Jackson, J.B.C., 2008. Colloquium paper: ecological extinction and evolution in the brave new ocean. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 105 Suppl 1, 11458-11465. doi.org/10.1073/pnas.0802812105

Link, J.S., R.A. Watson. 2019. Global ecosystem overfishing: Clear delineation within real limits to production. *Science Advances* 5:eaav0474. doi.org/10.1126/sciadv.aav0474.

Lluch-Belda, D. 2000. Centros de actividad biológica en la costa occidental de Baja California. En: D. Lluch-Belda, J. Elorduy-Garay, S.E. Lluch-Cota y G. Ponce-Díaz (eds.), *BAC: Centros de Actividad Biológica del Pacífico mexicano*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. México.

Lubchenco, J., S.D. Gaines. 2019. A new narrative for the ocean. *Science* 364:911-911. doi.org/10.1126/science.aay2241.

Martínez-Meyer, E., J.E. Sosa-Escalante, F. Álvarez. 2014. El estudio de la biodiversidad en México: ¿una ruta con dirección? *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:51-59.

Nash, K.L., C. Cvitanovic, E.A. Fulton, B.S. Halpern, E.J. Milner-Gulland, R.A. Watson, J.L. Blanchard. 2017. Planetary boundaries for a blue planet. *Nature Ecology & Evolution* 1: 1625-1634. doi.org/10.1038/s41559-017-0319-z.

Ripple, W.J., C. Wolf, T.M. Newsome, M.G. Betts, G. Ceballos, F. Couchap, M.W. Hayward, B. Van Valkenburgh, A.D. Wallash. 2019. Are we eating the World's megafauna to extinction? *Conservation Letters* 12:e12627. doi.org/10.1111/conl.12627.

Rodríguez-Romero, J., D. Palacios-Salgado, J. López-Martínez, S. Hernández-Vázquez, G. Ponce-Díaz. 2008. Composición taxonómica y relaciones zoogeográficas de los peces demersales de la costa occidental de Baja California Sur, México. *Revista de Biología Tropical* 56: 1765-1783.

Rojas-Bracho, L., R.C. Brusca, S. Álvarez-Borrego, R.L. Brownell, V. Camacho-Ibar, G. Ceballos, H. de la Cueva, J. García-Hernández, P.A. Hastings, G. Cárdenas-Hinojosa, A.M. Jaramillo-Legorreta, R. Medellín, S.L. Mesnick, E. Nieto-García, J. Urbán, E. Velarde, O. Vidal, L.T. Findley y B.L. Taylor. 2018. Unsubstantiated Claims Can Lead to Tragic Conservation Outcomes. *BioScience* 69(1): 12-14. doi.org/10.1093/biosci/biy138.

Safina, C.L. 1999. *Song for the Blue Ocean: Encounters Along the World's Coasts and Beneath the Seas*. Holt Paperbacks, Nueva York.

Sala, E., J. Lubchenco, K. Grorud-Colvert, C. Novelli, C. Roberts, U.R. Sumaila. 2018. Assessing real progress towards effective ocean protection. *Marine Policy* 91: 11-13. doi.org/10.1016/j.marpol.2018.02.004.

Sumaila, U.R., W.W.L. Cheung, V.W.Y. Lam, D. Pauly, S. Herrick. 2011. Climate change impacts on the biophysics and economics of world fisheries. *Nature* 1:449-456. doi.org/10.1038/nclimate1301.

Villarrubia-Gómez, P., S.E. Cornell, J. Fabres. 2018. Marine plastic pollution as a planetary boundary threat –The drifting piece in the sustainability puzzle. *Marine Policy* 96:213-220. doi.org/10.1016/j.marpol.2017.11.035.

Vassallo, A., Y. Dávila, N. Luviano, S. Amozurrutia, X. Vital, C. Conejeros, L. Vázquez, F. Alvarez. 2014. Inventario de invertebrados de la zona rocosa intermareal de Montepío, Veracruz. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:349-362.

Yaccarino, D. 2012. *The fantastic undersea life of Jacques Cousteau*. Dragonfly Books.

## FOTOGRAFÍAS PRIMERAS Y ÚLTIMAS PÁGINAS

PÁGINA 4 Si bien los océanos cubren 70 por ciento de la superficie de nuestro planeta, el agua es un elemento escaso en la galaxia. La vida se originó y depende en gran medida de los océanos. La Tierra es un planeta azul, imponente y frágil al mismo tiempo.

PÁGINA 6 La riqueza de vida marina puede ser imperceptible a simple vista. Más allá de las majestuosas ballenas, existen organismos sumamente pequeños. Se calcula que en solo un litro de agua marina pueden encontrarse más de un millar de animales y algas microscópicas.

PÁGINA 8 Los mares albergan hábitats rebosantes de vida. Diversos factores físicos y químicos, como la temperatura del agua oceánica, mantienen la gran diversidad de especies marinas y también influyen en la composición de los ecosistemas terrestres vecinos.

PÁGINA 10 Los bosques de algas pardas pintan de tonos rojos y verdes las frías aguas de las costas de Baja California, el golfo de México y el mar Caribe. En ellos la vida florece en diversidad y abundancia, lo que los vuelve fundamentales para la actividad económica de estas regiones.

PÁGINA 12 Las orcas, por su enorme tamaño, sus hábitos carnívoros y su increíble capacidad de comunicación vocal, son destacadas representantes de los cetáceos. Se distribuyen en todo el mundo y pueden encontrarse en todas las costas mexicanas. Aunque son migratorias, existe un grupo residente en Baja California.

PÁGINA 14 Numerosas especies de peces se congregan en bancos para reproducirse y protegerse de depredadores. Además de su atractiva belleza, estos grandes grupos sostienen pesquerías muy importantes como la de los atunes, sardinas, jureles y pargos.

PÁGINA 16 El mar esconde tesoros gigantes y minúsculos, coloridos y transparentes, cazadores y presas. Aunque son diferentes entre sí, todos juegan un papel indispensable en el funcionamiento de los océanos.

PÁGINA 22 Las rayas, junto con los tiburones, peces sierra y las quimeras, pertenecen al grupo de peces cartilaginosos, pues su esqueleto está compuesto por cartilago. Este grupo, a pesar de ser uno de los más antiguos y de mayor diversidad, se encuentra en peligro debido a la sobrepesca y a la pesca incidental.

PÁGINA 26 Las intrincadas interacciones entre las especies marinas mantienen la riqueza biológica de los océanos.

PÁGINA 294 Se calcula que, debido al calentamiento global, más de la mitad de los arrecifes de coral han muerto. Aún hay muchas formas de proteger los arrecifes restantes y la vida que emana de ellos.

PÁGINA 296 De los grandes bancos de peces depende la vida de miles de depredadores marinos: aves, mamíferos y peces. La protección de los espacios marinos mediante la regulación de la actividad pesquera y turística, así como del decreto de reservas, es fundamental.

PÁGINA 298 Desde tiempos inmemorables, las ballenas han cautivado al ser humano por su gran belleza y tamaño. México es un país de gran importancia para este grupo de animales ya que en sus mares se encuentran importantes sitios de alimentación y reproducción.

## REALIDAD AUMENTADA

En este volumen de la serie editorial de TELMEX se introduce nuevamente Realidad Aumentada infinitum, una tecnología que está experimentando una gran expansión y que ofrece al lector tener acceso a información adicional a la presentada por medio de un video, audio o modelo 3D.

Para acceder al contenido de Realidad Aumentada es necesario contar con un smartphone o una tablet y descargar la aplicación **RA infinitum**, misma que se encuentra disponible de forma gratuita en Play Store y App Store. Simplemente descarga la aplicación, ábrela, apunta a la foto y disfruta el contenido.

En este libro las imágenes en las que se puede disfrutar Realidad Aumentada infinitum están identificados por el símbolo **RA** en las siguientes páginas:

- Portada
- Página 66
- Página 133
- Página 178
- Página 274



## Agradecimientos

Queremos expresar nuestro más profundo y sincero agradecimiento a Fundación Carlos Slim y a Teléfonos de México por su decidido apoyo a lo largo de más de una década para la elaboración de este excepcional proyecto editorial. Esta serie extraordinaria de libros integran la colección más completa sobre temas ambientales y la diversidad biológica de México, los problemas que amenazan su persistencia y los retos de su conservación. Este volumen, el 13 de la serie, está dedicado a los mares de México, país singularmente rico en diversidad biológica y cultural, pero también con grandes problemas ambientales. Hacemos patente nuestra profunda gratitud y agradecimiento al Lic. Héctor Slim Seade por su confianza en nuestro trabajo, su compromiso con este proyecto de largo plazo y su interés en la conservación de la naturaleza. También a Graciela Chacón de Teléfonos de México, por su dedicación y coordinación del proyecto. Nuestro agradecimiento especial a nuestras familias, fuente de inspiración y apoyo constante. A Guadalupe Mondragón, Pablo Ceballos, Regina Ceballos; a Clementina Equihua, Rodrigo Medellín, Alejandra Medellín; a María Elena Camacho, María Elena Álvarez, Fernando Álvarez; a Catalina López, Ari Maetzi Aburto, Guadalupe Oropeza, Octavio Aburto González; a Guillermina Silva, Patricio Silva Ortega y Ana Elizabeth Bacmeister; Mares Mexicanos, a Rocio del Mar Liveaboard y Dora Sandoval y a Fay Crevoshay de Wildcoast; a Arturo Orta. Queremos resaltar nuestro más profundo reconocimiento al equipo de colaboradores y amigos cuya dedicación y trabajo han hecho posible alcanzar la calidad de esta obra. A lo largo de estos años su participación ha sido la base del éxito de este proyecto editorial. A Rosalba Becerra por el diseño y coordinación editorial, a Claudio Contreras Koob por su trabajo iconográfico, a Xitlali Aguirre Dugua por la revisión y corrección de estilo, a Greta Cerecedo Palacios, Lourdes Martínez Estévez y Daniela Medellín por los pies de foto, a Yanet Sepúlveda por la traducción, a Ronald Bjorkland por la revisión de estilo del inglés. Finalmente, a Héctor Tobón y Hernández y a Adriana Iwasaki Otake por las ilustraciones.

Coordinación: GERARDO CEBALLOS

Diseño: ROSALBA BECERRA

Investigación iconográfica: CLAUDIO CONTRERAS KOOB

Pies de foto: GRETA CERECEDO-PALACIOS, LOURDES MARTÍNEZ, DANIELA MEDELLÍN

Corrección de textos: XITLALI AGUIRRE DUGUA

Ilustraciones: HÉCTOR TOBÓN Y HERNÁNDEZ Y ADRIANA IWASAKI OTAKE

Cuidado editorial: TRAZOS, CONSULTORÍA EDITORIAL

#### Fotografía:

Alain Mafart-Renodier / Biosphoto, página 287

Alex Mustard / Naturepl.com, páginas 96, 208

Andy Murch / SeaPics, páginas 84, 122, 255

B. Murton / Latinstock México, página 232

Blue Planet Archive / SeaPics, página 233

Cesare Naldi / National Geographic Creative, página 70

Christian Vizl, páginas 19, 40, 102, 144, 252, 257, 282

Christopher Swann / Biosphoto, página 258

Christopher Swann / SeaPics, páginas 6, 12, 135, 136

Claudio Contreras Koob, páginas 2, 4, 10, 14, 16, 28, 46, 50, 51, 53, 54, 56, 58, 59, 62, 64, 66, 68, 79, 86, 88, 89, 90, 91, 98, 100, 101, 108, 110, 111, 112, 126, 132, 139, 140, 141, 146, 148, 149, 150, 158, 160, 163, 164, 166, 167, 168, 171, 172, 175, 177, 178, 184, 185, 186, 188, 190, 195, 197, 198, 200, 202, 204, 205, 206, 211, 216, 234, 244, 247, 250, 260, 262, 264, 266, 274, 284, 285, 286, 290, 294, 296

Danté Fenolio / Science Source, páginas 80, 218, 222, 224, 226, 230, 231

David Fleetham / Naturepl.com, página 124

David Shale / Naturepl.com, páginas 220, 221

Doug Perrine / Naturepl.com, páginas 137, 270

Doug Perrine / SeaPics, página 176

Erick Higuera, página 272

Fred Bavendam / Latinstock México, página 187

HBahenaBasave, página 38

Isaí Domínguez, páginas 26, 103, 209, 212

Lawson Wood / Robertharding, página 76

Luis Javier Sandoval, páginas 8, 22, 60, 67, 73, 85, 92, 94, 105, 131, 142, 180, 182, 194

Lóránt Vörös, página 196

Malcolm Schuyll / Latinstock México, página 276

Mark Carwardine / Naturepl.com, página 268

Mark Conlin / SeaPics, página 43

Mauricio Handler / National Geographic Creative, página 72

Michael Melford / National Geographic Creative, página 298

Michael Patrick O'Neill / SeaPics, página 248

Michael Patrick O'Neill / Science Source, página 246

NOAA Office of Ocean Exploration and Research / Science Source, página 228

Norbert Wu / Latinstock México, páginas 156, 214, 229

Octavio Aburto, páginas 74, 109, 174, 179, 183, 192, 263

Phillip Colla / SeaPics, páginas 42, 44, 213, 215

Ralph Pace / Latinstock México, página 128

Reinhard Dirscherl / SeaPics, página 45

Richard Herrmann / Latinstock México, páginas 217, 273, 280

Richard Herrmann / SeaPics, página 154

Rodrigo Friscione, páginas 254, 288

Tim Fitzharris / Latinstock México, página 152

Thomas P. Peschak / National Geographic Creative, página 20

Thomas A. Jefferson, página 278

Yvette Tavernier / Biosphoto, página 106

Valeria Mas, páginas 48, 75, 78, 82, 104, 130, 161, 162, 249, 279

---

Separación de color y pre prensa: UniPlus Hong Kong Limited

Impresión: Toppan Leefung Printing Ltd, China

DR © de la primera edición Teléfonos de México, S.A.B. de C.V., 2019

Parque Vía 190, Col. Cuauhtémoc, C.P. 06599, Ciudad de México

ISBN 978-607-9057-13-8

Todos los derechos reservados. Ninguna parte del contenido de este libro puede ser reproducida por ningún medio sin el permiso escrito del titular de los derechos de autor.



### **Gerardo Ceballos**

Es doctor en ecología y biología evolutiva. Su investigación científica se centra en ecología y conservación vertebrados, como el jaguar. Es un experto mundial en extinción biológica. Ha publicado 500 artículos científicos y de divulgación y 52 libros. Es miembro de la Academia de Ciencias de Estados Unidos. Le gusta leer, escribir, viajar, fotografiar, dibujar, viajar y el deporte.



### **Rodrigo A. Medellín**

Ecólogo mexicano dedicado por más de 40 años a la ecología y conservación de los mamíferos de México y del mundo. Sus estudios lo han llevado a más de 60 países y tiene proyectos o alumnos en 14 países de 4 continentes. Ha publicado muchos artículos y libros y aparece frecuentemente en documentales de la BBC de Londres y National Geographic. Su pasión es estar en el campo con sus alumnos y cocinar para su familia y amigos.



### **Fernando Álvarez**

Es doctor en zoología, especializado en biología de crustáceos, pero con intereses en otras áreas y grupos de invertebrados acuáticos. Es Curador de la Colección Nacional de Crustáceos y Editor de la Revista Mexicana de Biodiversidad, del Instituto de Biología, UNAM. Es autor de 170 contribuciones científicas y 10 libros. Dentro de su obra no académica destaca una novela.



### **Octavio Aburto Oropeza**

Es doctor en ecología marina y biología de la conservación. Fotógrafo profesional asociado a la Liga Internacional de Fotógrafos para la Conservación y National Geographic. Coordina investigaciones sobre manglares, pesquerías, reservas marinas y monitoreos de largo plazo. Becario del PEW Charitable Fund, la Fundación Hellman, y el Fondo de Ciencia para la Naturaleza Kathryn Fuller del wwf.



### **Iliana Ortega Bacmeister**

Bióloga conservacionista amante de la naturaleza, durante 15 años trabajó como naturalista para Ecoturismo Lindblad Expeditions, viajando por el Golfo de California, Alaska, Costa Rica, Ecuador y Antártica. Trabajó para Conservation International y para El Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza. Estuvo a cargo de la Iniciativa Internacional para Arrecifes Coralinos en la Conanp y fue directora del Programa de Conservación y Uso Sustentable de la Fundación Carlos Slim.



ISBN: 978-607-9057-13-8



9 786079 105713 8