



BITÁCORA DEL MAR PROFUNDO  
UNA EXPEDICIÓN POR EL GOLFO DE CALIFORNIA

# BITÁCORA DEL MAR PROFUNDO

## UNA EXPEDICIÓN POR EL GOLFO DE CALIFORNIA



Compiladores

Octavio Aburto-Oropeza

Margarita Caso

Brad Erisman

Exequiel Ezcurra



## Créditos

Dirección editorial: Ana Ezcurra

Diseño: Juan Carlos Burgoa, Ana Ezcurra

Edición gráfica: Octavio Aburto-Oropeza, Ana Ezcurra

Retoque digital: Álvaro Couttolenc

Imágenes satelitales y cartografía: Exequiel Ezcurra

Acuarelas: Lorenzo Rosenzweig

Primera edición, 2010

DR © de esta edición: Octavio Aburto-Oropeza, Margarita Caso, Brad Erisman, Exequiel Ezcurra

DR © de los textos: sus respectivos autores

Impreso en Grupo Fogra S.A. de C.V.

Mártires de Tacubaya 62, Col. Tacubaya 11870, Ciudad de México



Dedicamos este libro a

Steve Drogin, *in memoriam*,

y Christy Walton, quien creyó en el proyecto

desde el primer día.













Baja California y Golfo de California (imagen satelital MODIS, Goddard Space Flight Center, NASA).

## Índice

<b>Prólogo</b>	Steve Drogin	15
<b>Presentación</b>	Exequiel Ezcurra	21
<b>Los expedicionarios</b>	Exequiel Ezcurra	25
	<b>San Marcial</b> Octavio Aburto-Oropeza, Margarita Caso, Richard Cudney-Bueno, Brad Erisman, Exequiel Ezcurra, Lorenzo Rosenzweig, Carlos Sánchez-Ortiz, Francisco A. Solís-Marín y Vivianne Solís-Weiss	33
<b>Chubasco</b>	Exequiel Ezcurra	43
	<b>Las Ánimas</b> Octavio Aburto-Oropeza, Margarita Caso, Richard Cudney-Bueno, Brad Erisman, Exequiel Ezcurra, Lorenzo Rosenzweig, Carlos Sánchez-Ortiz, Francisco A. Solís-Marín y Vivianne Solís-Weiss	49
<b>Agrupaciones de desove</b>	Octavio Aburto-Oropeza, Richard Cudney-Bueno y Brad Erisman	67
	<b>Mariela</b> Octavio Aburto-Oropeza, Margarita Caso, Richard Cudney-Bueno, Brad Erisman, Exequiel Ezcurra, Lorenzo Rosenzweig, Carlos Sánchez-Ortiz, Francisco A. Solís-Marín y Vivianne Solís-Weiss	79
<b>Riqueza y productividad</b>	Exequiel Ezcurra	91



<b>San Diegui to</b>	Octavio Aburto-Oropeza, Margarita Caso, Richard Cudney-Bueno, Brad Erisman, Exequiel Ezcurra, Lorenzo Rosenzweig, Carlos Sánchez-Ortiz, Francisco A. Solís-Marín y Vivianne Solís-Weiss	101
<b>Zonas de vida</b>	Carlos Sánchez-Ortiz	107
<b>El Cochi</b>	Octavio Aburto-Oropeza, Margarita Caso, Richard Cudney-Bueno, Brad Erisman, Exequiel Ezcurra, Lorenzo Rosenzweig, Carlos Sánchez-Ortiz, Francisco A. Solís-Marín y Vivianne Solís-Weiss	115
<b>El impacto de las pesquerías</b>	Brad Erisman, Octavio Aburto-Oropeza y Richard Cudney-Bueno	121
<b>La red de vida en el arrecife</b>	Carlos Sánchez-Ortiz	135
<b>Epílogo</b>	Exequiel Ezcurra y Lorenzo Rosenzweig	147
<b>Acerca de Steve Drogin</b>	Exequiel Ezcurra	155
<b>Listas de especies</b>		
Macroinvertebrados de aguas someras		161
Macroinvertebrados de aguas profundas		167
Peces		171
<b>Apéndice 1.</b>		
Descripción geográfica de los montes submarinos del Golfo de California		177
<b>Apéndice 2.</b>		
Participantes de la expedición		181
<b>Apéndice 3.</b>		
Bitácora del viaje		185
<b>Referencias básicas</b>		193

Baja California Sur, localización de los principales montes submarinos en el corredor Loreto-La Paz (imagen satelital MODIS, Goddard Space Flight Center, NASA).







## Prólogo

Steve Drogin

Durante los meses de agosto, septiembre y octubre de 2008 trajimos desde Costa Rica a México el Argo, nuestro barco de 132 pies recién remodelado. El barco fue trasladado al Golfo de California donde realizamos varios viajes para turismo, investigación científica, filmación y exploración del fondo submarino. Mi propósito primario era filmar el calamar gigante de Humboldt, que se ha expandido por todo el golfo durante los últimos 5 a 10 años. Esperaba que usando mi sumergible pudiéramos zambullirnos entre ellos. Estuvimos en México un total de 84 días, incluyendo un mes en Isla Guadalupe, y tuvimos 63 días de inmersiones con el sumergible, durante los cuales hicimos 118 descensos.

Como parte del proyecto pudimos apoyar a un grupo de científicos que trabajan en este mar extraordinario, provenientes de universidades y centros de investigación mexicanos, así como del Instituto Scripps de Oceanografía y del Museo de Historia Natural de San Diego. Un gran equipo de investigadores fue convocado para explorar los montes submarinos entre la Bahía de La Paz y Loreto, buceando con tanque y realizando al mismo tiempo inmersiones en el sumergible. Durante su expedición, los investigadores colectaron innumerables muestras, tomaron miles de fotos, grabaron horas de video e hicieron observaciones minuciosas. Científicos y buzos de México y California trabajaron unidos para llevar a buen término una larga lista de tareas y para realizar nuevas y apasionantes investigaciones. Con el sumergible DeepSee y su innovador sistema de brazo mecánico y manipulador remoto, los investigadores colectaron cientos de muestras que fueron a enriquecer el acervo de las colecciones científicas mexicanas.

Barco oceanográfico Argo,  
la nave nodriza del sumergible DeepSee.  
Foto: © Undersea Hunter Group.



Fue un verdadero placer poder colaborar con mis amigos Brad Erisman, Octavio Aburto y Exequiel Ezcurra, y con el gran equipo de investigadores mexicanos, reunido para estudiar los montes submarinos del Golfo de California. Fueron días de eventos emocionantes, de historias para recordar, de aventuras intensas.

Un día, realizando una inmersión en el sumergible en la búsqueda de nuevos rasgos geológicos en el fondo marino, a una profundidad de 136 metros y cerca de la punta norte de Isla Danzante, nos encontramos con un gran montículo de rocas. Al observarlo más de cerca vimos lo que parecía ser una escena de ésas que experimenta uno en el desierto durante el verano, un espejismo que hacía reverberar el agua en los torbellinos de un flujo vertical turbulento. Acercamos el sumergible a las rocas y, para nuestro asombro, resultó ser una ventila de agua caliente que salía de entre las rocas a una temperatura que ha sido estimada por investigadores de Scripps en 135°C.

En mis 50 años de buceo Scuba nunca había visto algo así. El área alrededor de las rocas estaba cubierta por películas multicolores de bacterias. Era pasmosamente hermoso.

Después, nos encontramos con un cardumen de pequeños peces y, de golpe, como salido de la nada, el submarino fue atacado por una multitud de calamares gigantes. Estaban como enloquecidos. Golpeaban contra el submarino, devoraban a los peces, se atacaban entre ellos, reverberaban cambiando de color y rodeaban el sumergible como un enjambre de avispas. Como balazos, los calamares entraban y salían de nuestro campo visual, y cuando terminaron de comer desaparecieron como por encanto. Esta ventila hidrotermal nunca había sido vista por otras personas. Fue una gran emoción para nosotros descubrir algo nuevo, especialmente en el Golfo de California, uno de los mares más bellos del mundo.

Y es también para mí un motivo de emoción prologar el trabajo de los investigadores de la expedición. Espero que este trabajo sea el inicio de muchos nuevos descubrimientos en este ecosistema tan singular, tan único.

Brad Erisman y Ralph Chaney iniciando una inmersión en el DeepSee.  
Foto © Octavio Aburto-Oropeza.

En las pp. 18-19,  
al atardecer, el sumergible DeepSee es remolcado por la lancha de apoyo TopSee de regreso al Argo. Foto © Margarita Caso.











Islas de Baja California Sur según una carta oficial de 1823 (fragmento de la Carta Esférica de los Territorios de la Alta y Baja Californias y Estado de Sonora; José M. Narváez, México, 1823).

## Presentación

Exequiel Ezcurra

Las costas son una fina línea que divide al mar de la tierra, que delimita dos mundos totalmente segregados. En el momento en el que nos sumergimos bajo el agua, nos sentimos inmersos en un universo por completo diferente: silencioso, de luces extrañamente azuladas y tenues, con formas de vida distintas a las que nos resultan cotidianamente familiares en la tierra firme.

De los 3 700 millones de años que tienen los seres vivos de existencia en el planeta, las primeras formas de vida multicelulares aparecieron hace unos 700 millones de años, bajo las aguas someras de los mares del Precámbrico. Unos 300 millones de años después, en el Silúrico, la vida macroscópica empezó a manifestarse fuera del agua. Si para comprender la escala del tiempo profundo pusiéramos el tiempo transcurrido desde la aparición de los primeros organismos multicelulares complejos en una escala de un año, durante los primeros cuatro meses de ese “año evolutivo” la vida transcurrió exclusivamente bajo los mares. Las primeras muestras de vida emergida capaces de poblar la tierra firme tuvieron lugar en el mes de junio del año evolutivo, cuando ya la vida pululaba desde hacía millones de años bajo las aguas de los océanos. Sólo unos pocos grupos biológicos fueron capaces de adaptarse a vivir en tierra, y una vez emergidos, radiaron evolutivamente en un sinnúmero de especies, casi todas desarrolladas sobre unos pocos diseños morfológicos elementales: los artrópodos, con un esqueleto quitinoso externo; los vertebrados, con un sistema nervioso central y una espina dorsal; las plantas vasculares, con hojas verdes dispuestas alrededor de un tallo conductor; los hongos, con blancos tejidos algodonosos capaces de crecer sobre la materia orgánica en descomposición.



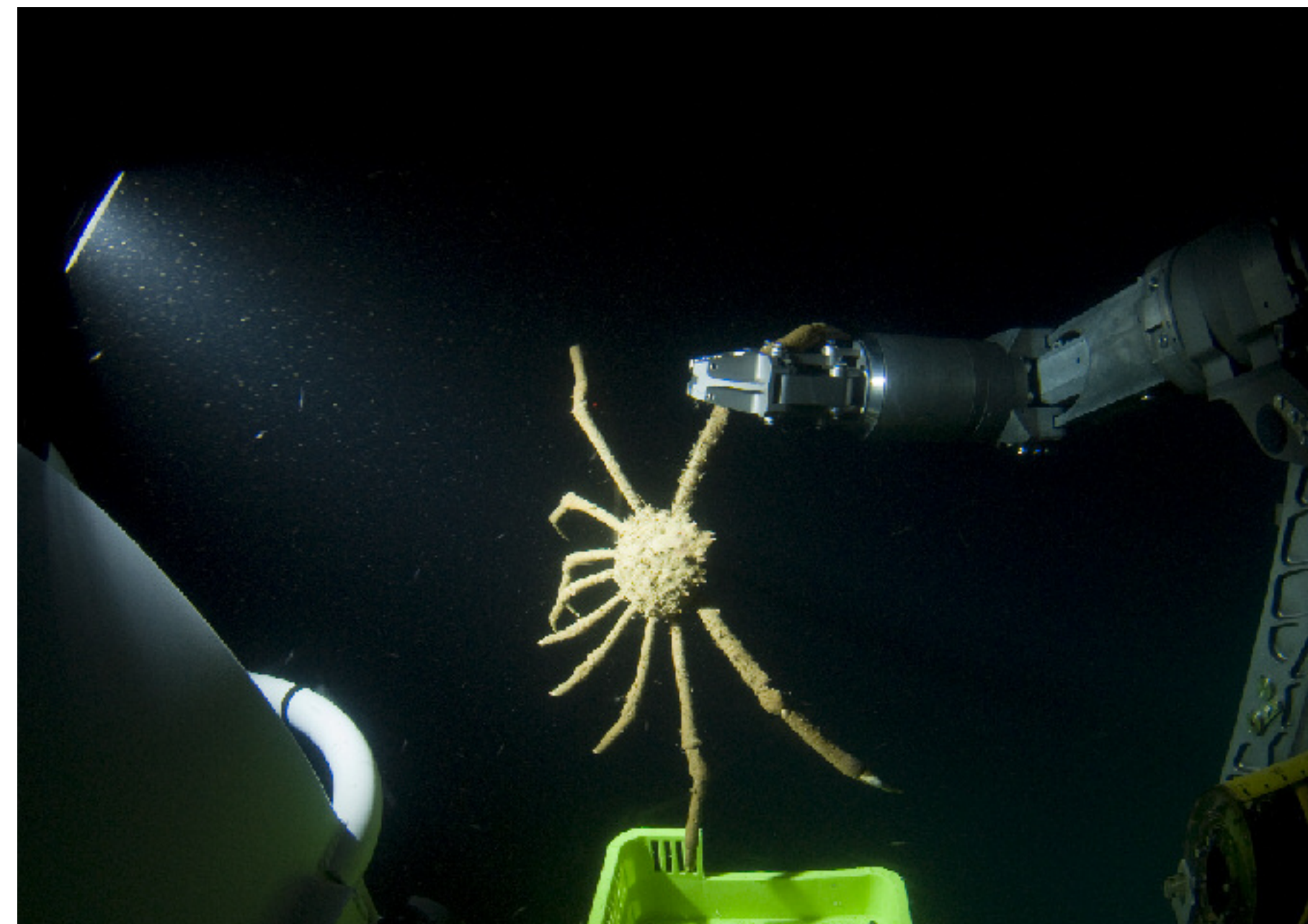
La memoria de la evolución pasada subsiste en la vida presente, y por eso la diversidad de grupos evolutivos es arrolladoramente mayor bajo el mar que en la tierra. Mientras que los invertebrados terrestres se reducen sobre todo a los insectos y otros grupos menores, bajo el agua sobreviven en grandes cantidades esponjas, anémonas, corales, medusas, erizos, poli-quetos, equinodermos, crustáceos y una miríada de moluscos, por mencionar sólo algunos grupos dentro de una verdaderamente portentosa mezcla biológica. Lo mismo ocurre con las plantas fotosintéticas, las que bajo el mar muestran un increíble conjunto de organismos muy antiguos, cuya edad evolutiva se remonta a miles de millones de años, con formas variables y extrañas que van desde microscópicas diatomeas, algas rojas y dinoflagelados, hasta las algas coralinas y los gigantes sargazos.

El mar y la tierra son, en efecto, dos mundos dramáticamente divididos por la tenue línea de las costas y por la arena de las playas. Entre rompientes y mareas se encuentran y se miran desde lejos, parecería que con cierta respetuosa distancia.

Con el ánimo de romper esa distancia evolutiva y de entender mejor la dinámica de la vida profunda bajo el mar, organizamos una expedición a las aguas profundas del Golfo de California. Queríamos asomarnos a ese microcosmos desconocido donde la luz no llega, ver la diversidad de formas, la riqueza de especies y la abundancia de vida bajo el agua, dejarnos maravillados por ese mundo que ha venido evolucionando por miles de millones de años antes que el nuestro, y que muchas veces destruimos sin tener siquiera clara conciencia de lo que estamos perdiendo. Queríamos ver el tiempo evolutivo reflejado en el esplendor de algas, esponjas, corales y anémonas, poli-quetos, crustáceos, caracoles y almejas, cefalópodos, equinodermos, tunicados y peces de todo tipo.

Queríamos ver la riqueza profunda del Golfo de California; investigar un ambiente desconocido para saciar un ansia personal de búsqueda y exploración, pero también para reflexionar sobre nosotros mismos, sobre nuestra relación con el resto del mundo biológico, y sobre el sentido recóndito de nuestra percepción de la naturaleza.

Colecta del cangrejo de agua profundas *Maiopsis panamensis* con el brazo mecánico del DeepSee a más de 300 metros de profundidad. Foto © Octavio Aburto-Oropeza.







## Los expedicionarios

Exequiel Ezcurra

Como tantas otras empresas improvisadas y algo frenéticas, organizamos la expedición en algo menos de dos meses, convocando a los mejores especialistas y personal de apoyo dentro del mínimo margen de tiempo con el que contábamos. La idea original la incubamos de manera conjunta Octavio Aburto-Oropeza, investigador de la Universidad Autónoma de Baja California Sur y estudiante doctoral del Scripps Institution of Oceanography; Brad Erisman, un joven investigador posdoctoral de Scripps, y yo, Exequiel Ezcurra, en ese entonces decano del Museo de Historia Natural de San Diego, a instancias de Steve Drogin, un conocido explorador y fotógrafo submarino, dueño del sumergible DeepSee y amigo personal de los tres. La propuesta era sencilla pero al mismo tiempo difícil y osada: Steve generosamente estaba dispuesto a donarnos 10 días de uso de su sumergible para explorar el Golfo de California, sujeto a la condición que pudiéramos conseguir los recursos para pagar el tiempo del barco nodriza, el Argo en este caso, que lleva y abastece el sumergible, y que pudiéramos desarrollar un proyecto de investigación suficientemente interesante como para hacer toda la empresa valedera.

La empresa era, en verdad, excitante. El sumergible que usaríamos —bautizado como DeepSee— es un pequeño sumergible tipo Triumph, construido por la empresa SEAmagine Hydrospace Corporation, de Claremont, California. Es una nave avanzada, de propulsión eléctrica, que puede llevar tres ocupantes (el piloto y dos pasajeros) dentro de una esfera de acrílico a profundidades de 450 metros bajo la superficie del mar. Tiene 5.3 metros de eslora, 3.1 metros de manga y 3 metros de altura total, y opera con baterías eléctricas que permiten hasta

Los expedicionarios:  
al frente de izquierda a derecha,  
Octavio Aburto-Oropeza, Lorenzo Rosenzweig  
y Francisco A. Solís-Marín; segunda fila, Carlos  
Sánchez-Ortiz, Vivianne Solís-Weiss, Paula Ezcurra,  
Ana Ezcurra, Richard Cudney-Bueno y  
Exequiel Ezcurra; detrás, en la cabina del DeepSee,  
Brad Erisman y Ralph Chaney; fuera de la foto,  
Margarita Caso. Foto © Octavio Aburto-Oropeza.

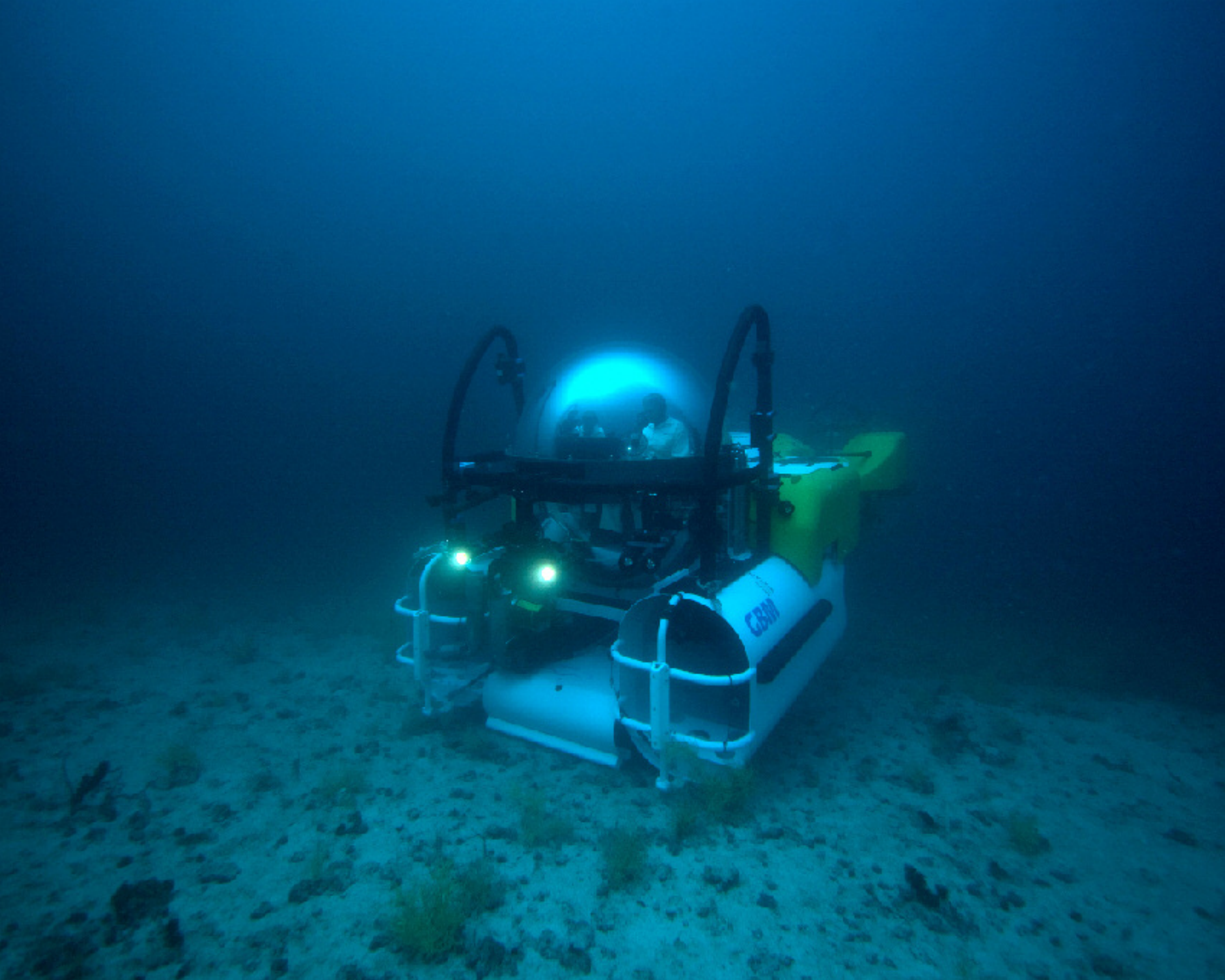


seis horas de tiempo de inmersión (normalmente, dos descensos) y tardan seis horas en recargarse. La cabina esférica de acrílico reforzado se abre como una almeja a lo largo de su línea ecuatorial para permitir la entrada y salida de los ocupantes. Una vez cerrada la cabina, ésta posee un sistema de regulación de aire en el que el dióxido de carbono emitido por los ocupantes es removido constantemente por captadores, el oxígeno es renovado a un flujo regulado y el ambiente es constantemente monitoreado por analizadores electrónicos. La cabina se mantiene presurizada a una atmósfera y regulada constantemente para mantener buenas condiciones para la respiración.

Dos largas bolsas inflables bajo el fuselaje permiten a la nave flotar en la superficie y navegar de manera autónoma. Cuando los flotadores se desinflan por completo la nave se mantiene levemente boyante y sólo se sumerge cuando es empujada hacia abajo por los propulsores verticales. El control de la profundidad y los movimientos horizontales son controlados por propulsores eléctricos que pueden impulsar tanto en un sentido como en el otro, según el sentido de rotación de las hélices. El piloto opera el sumergible usando una palanca electrónica de mando. Al finalizar la inmersión, los flotadores son inflados nuevamente de manera que la nave pueda flotar otra vez en la superficie y, una vez atracada contra la nave nodriza, la cabina pueda ser abierta. La cabina transparente del sumergible, de 1.5 metros de diámetro, ofrece un campo visual amplio y abierto en todas direcciones, incluso directamente debajo de los tripulantes. El DeepSee está equipado además con un brazo robótico, operado hidráulicamente desde la cabina para colectar muestras en las profundidades, un sistema de iluminación en la proa y una cámara de video de alta definición, también controlada hidráulicamente, para filmar la naturaleza y la vida submarina durante el descenso. Para un explorador submarino, la oportunidad parecía verdaderamente un sueño, una verdadera fantasía.

Nos pusimos a trabajar con verdadero furor para, antes que nada, tratar de conseguir los recursos que hicieran posible esta fantasía. Para nuestra maravillada sorpresa, en unas pocas semanas habíamos asegurado las generosas donaciones que hicieron el proyecto posible. Recibimos apoyos de dos instituciones del Gobierno Federal Mexicano, el Instituto Nacional de

A unos 40 metros de profundidad, el DeepSee desciende hacia el fondo profundo deslizándose sobre una ladera arenosa poblada de coral negro *Antipathes galapagensis*. Foto © Ofer Ketter.





Ecología y la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, que entendieron inmediatamente el valor del proyecto y lo apoyaron desde el primer momento, así como del Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza que comprometió su apoyo desde el primer día. Una amiga personal y entusiasta del Golfo de California, Christy Walton, nos envió un donativo personal en cuanto supo de nuestro sueño, y casi al mismo tiempo recibimos noticia de Susan Anderson y Anne Gondor, dos amigas muy queridas de la oficina de Tucson, Arizona, de The Nature Conservancy, indicándonos que su organización también apoyaría financieramente el proyecto. El resto de los fondos fue llegando poco después, proveniente de otras instituciones filantrópicas con interés en la conservación: Sandler Family Supporting Foundation, Marisla Foundation, Walton Family Foundation, The David and Lucile Packard Foundation, International Community Foundation y National Geographic Society, a quienes les agradecemos de todo corazón haber hecho posible este proyecto.

Con algo menos de dos meses nos pusimos a organizar el equipo humano. Haciendo honor a los excelentes científicos naturales que tiene México, decidimos que la expedición estuviera conformada mayoritariamente por mexicanos. El núcleo científico estaría conformado por cinco especialistas en distintos grupos marinos y por dos ecólogos, quienes se encargarían de poner los datos de los especialistas taxonómicos en el contexto general del ecosistema. En pocos días, los investigadores invitados habían dado su respuesta positiva y el grupo estaba ya conformado: Carlos Sánchez-Ortiz, investigador de la Universidad Autónoma de Baja California Sur, se encargaría de estudiar cnidarios y otras especies del ecosistema arrecifal; Francisco A. Solís-Marín, del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México, concentraría sus esfuerzos en los equinodermos, su grupo de especialidad, y Vivianne Solís-Weiss, también del Instituto de Ciencias del Mar, se dedicaría al inventario de los poliquetos. Por otro lado, Octavio Aburto-Oropeza, Brad Erisman y Richard Cudney-Bueno se concentrarían en el estudio de los peces y especies asociadas con pesquerías, y Margarita Caso, investigadora del Instituto Nacional de Ecología, junto conmigo, nos dedicaríamos a integrar la información e interpretarla en un contexto ecosistémico.

El resto del equipo estaba conformado por Lorenzo Rosenzweig, del Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, quien documentaría fotográficamente el trabajo del grupo; Ana Ezcurra, editora de libros, quien se encargaría de darle formato editorial al material recopilado durante la expedición; Ralph Chaney, videógrafo de San Diego, a cargo de documentar todo el proyecto en imágenes de video digital; Paula Ezcurra, estudiante de ciencias ambientales, con la responsabilidad de apoyar el trabajo general de procesamiento de muestras y de imágenes, y, finalmente, Christian McDonald, oficial de buceo de Scripps, a cargo de la seguridad de las inmersiones y de la expedición en general.

La mayor parte de los miembros del grupo no se conocía hasta el momento de la partida, y el interrogante acerca de cómo funcionaría una expedición organizada de una manera tan súbita y tan espontánea flotaba en el aire. ¿Podríamos convivir 10 días en armonía en medio de las tensiones y el esfuerzo de la expedición? ¿Podríamos hacer compatibles nuestras visiones y nuestro enfoque a la investigación, trabajar en armonía y acabar el viaje entregando un producto de alta calidad? ¿Seríamos capaces, como grupo, de trabajar juntos de manera original y creativa?

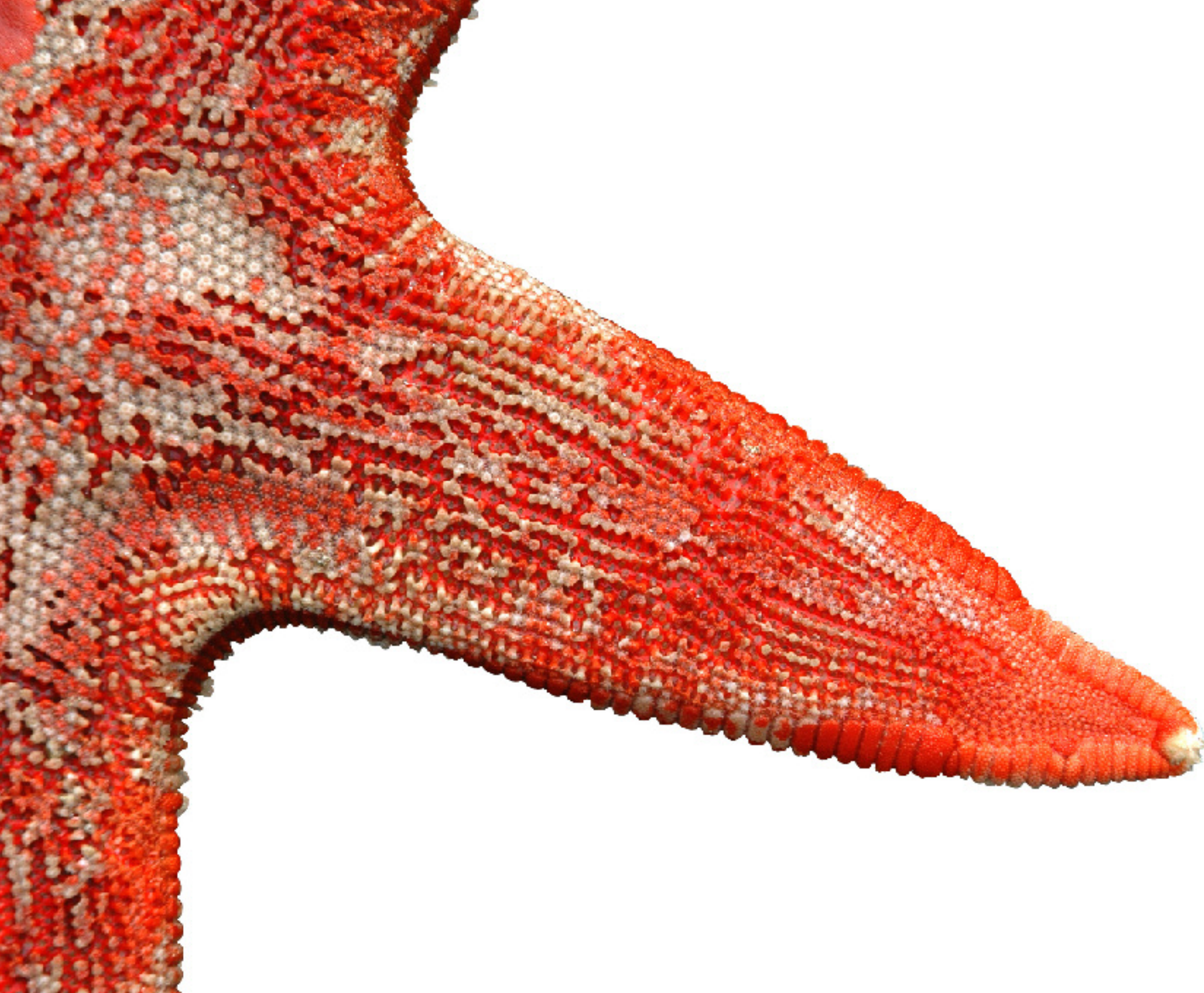
Esta narrativa es, de alguna forma, la respuesta. Una respuesta que no teníamos al comenzar pero que fuimos encontrando a lo largo del viaje.

En las pp. 30-31, en el islote de Las Ánimas, a 120 metros de profundidad, las luces del sumergible iluminan un promontorio rocoso con colonias de abanicos de mar naranja *Ellisella limbaughi* y una especie nueva, aún no descrita, de abanico de mar blanco *Eugorgia* sp. Foto © Carlos Sánchez-Ortiz.









Detalle de un brazo de *Tethyaster canaliculatus*, una estrella de mar de aguas profundas.  
Foto © Lorenzo Rosenzweig.

## San Marcial

Octavio Aburto-Oropeza, Margarita Caso, Richard Cudney-Bueno, Brad Erisman, Exequiel Ezcurra, Lorenzo Rosenzweig, Carlos Sánchez-Ortiz, Francisco A. Solís-Marín y Vivianne Solís-Weiss

Los montes submarinos no se ven a simple vista. Están debajo de la superficie del agua y sólo son visibles a través de la ecosonda. El bajo San Marcial o bajo sur de Catalana —el primer monte submarino de nuestra expedición—, se encuentra unas ocho millas náuticas al sur de Isla Santa Catalina, el nombre que le dieron los jesuitas en el siglo XVIII, o Isla Catalana, como la conocen los pescadores actualmente.

Como todos los demás montes submarinos que exploramos en el Golfo de California, el bajo San Marcial está formado por los restos de un volcán submarino, cuya columna de basalto llega hasta unos pocos metros debajo la superficie. El bajo tiene un centro rocoso que yace en su parte más somera a unos 10 metros bajo el agua, rodeado de una plataforma arenosa que desciende gradualmente hacia las profundidades del

golfo. Dado lo gradual de la pendiente de este monte submarino, con excepción de la roca central, los fondos son arenosos, poblados por una fauna bentónica típica de sustratos sedimentarios.

El arrecife rocoso somero presenta muchos de los elementos típicos de las comunidades de costas someras de Baja California, como estrellas y pepinos de mar y una fauna diversa de peces arrecifales. Por otro lado, y a diferencia de los arrecifes costeros, presenta una gran riqueza y abundancia de corales blandos, como los abanicos de mar y el coral negro. Todos ellos se alimentan de partículas orgánicas en suspensión y dependen para su desarrollo de corrientes intensas y de alta productividad en el agua. Por ejemplo, el coral de copa naranja (*Tubastrea*) se ve aquí en gran abundancia, mientras que en la costa se lo observa sólo protegido



dentro de oquedades o entre grietas de las rocas.

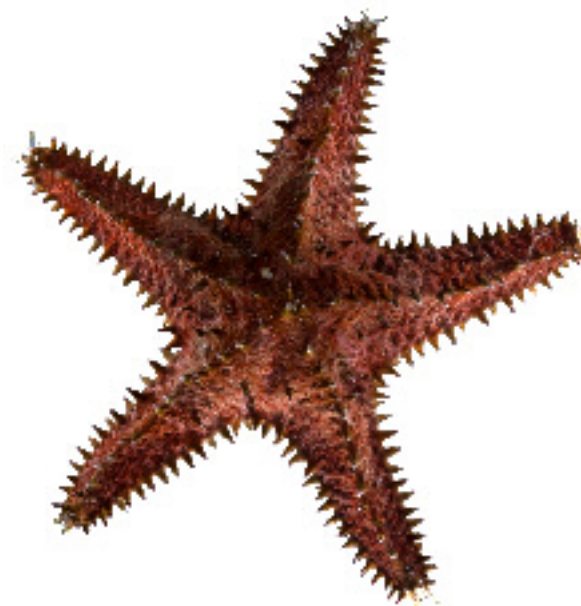
#### **Aguas someras**

Las zonas rocosas someras (menos de 30 metros de profundidad) aledañas al bajo San Marcial son habitadas por especies de equinodermos muy coloridas como las estrellas de mar color uva (*Tamaria* sp.), las de color azul con tintes violetas (*Phataria unifascialis*), las rojas (*Pentaceraster cumingi*), las color chocolate (*Nidorellia armata*), y las amarillas como *Pharia pyramidatus*. Todas son especies adaptadas a vivir entre rocas someras y se alimentan de maneras muy variadas. Entre las rocas, y protegiendo su cuerpo de los reflejos de la luz que se filtra hasta esa profundidad, se encuentra el erizo rosa (*Toxopneustes roseus*), habitante común del golfo, junto con el pepino café (*Isostichopus fuscus*). Esta especie, fino bocado en la comida oriental y de algunos países europeos, ha sido depredada por pesquerías artesanales muy agresivas desde los años 80. El gobierno federal la ha protegido y ahora es la única especie de equinodermo en aguas mexicanas que se encuentra protegida en la norma oficial de pro-

tección de especies nativas de flora y fauna silvestres (NOM 059 SEMARNAT 2001).

#### **Aguas profundas**

Los fondos arenosos alrededor de los macizos de piedra poseen una fauna de equinodermos típica de arenales: las estrellas de mar carnívoras *Tethyaster canaliculatus*, *Luidia phragma*, *Luidia ludwigi* y *Narcissia gracilis* vagabundean por el fondo buscando presas más pequeñas que ellas, por lo general moluscos y crustáceos, sobre los cuales evierten su estómago para digerirlos; el ofiuoideo *Ophiolepis crassa*, de gran abundancia, forma densos grupos poblacionales en extensiones considerables del fondo y se alimenta del detritus que cae desde los estratos superiores. Cerca de las rocas, en la transición arena-piedra, encontramos especies de equinodermos adaptadas a estos ecosistemas: la estrella de mar *Amphiaster insignis* y el ofiuo canasta *Astrocanneum spinosum*. Este último se distribuye desde zonas someras del Golfo de California (12 metros) hasta más allá de los 300 metros; es una especie carnívora que, durante las noches, extendiendo sus brazos a manera de una gran telaraña



Fila superior,  
izquierda: *Tethyaster canaliculatus*.

Foto © Paula Ezcurra;

centro: *Pentaceraster cumingi*.

Foto © Margarita Caso;

derecha: parte inferior o zona actinal  
de *Narcissia gracilis*. Foto © Margarita Caso.

Fila inferior,  
izquierda: *Astereopsis spinosus*.

Foto © Carlos Sánchez-Ortiz;

centro: *Nidorellia armata*. Foto © Paula Ezcurra;

derecha: parte inferior o zona actinal  
de *Pentaceraster cumingi*. Foto © Margarita Caso.





Ofiuo canasta *Astrocanonium spinosum*.  
Foto © Carlos Sánchez-Ortiz.



Pepino de mar *Isostichopus fuscus* en su hábitat rocoso.  
Foto © Carlos Sánchez-Ortiz.



viviente, captura y se alimenta de pequeños peces y microcrustáceos. En el fondo arenoso del bajo San Marcial se puede constatar la existencia de una especie de erizo de hábitos excavadores: *Metalia espatagus*, una especie rara y difícil de observar en otras áreas del golfo; en este caso, pudimos observar decenas de esqueletos de ella esparcidos por el fondo, muy posiblemente víctimas del voraz molusco *Cassia*.

A pesar de lo gradual de la pendiente y de la presencia dominante de fondos arenosos, se hicieron algunas observaciones significativas en la fauna de peces. En un rango de profundidad de 100 a 120 metros encontramos varios cardúmenes pequeños de señoritas (familia Labridae) que los expertos no pudieron identificar. Fue hasta un mes más tarde que el ictiólogo y taxónomo de peces Benjamin Victor, de la Universidad de California en Irvine, pudo identificarlos sobre las fotos y las tomas de video. Se trata de *Halichoeres raesnori*, una especie de lábrido que ha sido descrita recientemente en las Islas Galápagos. Este hallazgo es realmente de la mayor importancia, porque esta sencilla observación extiende el rango de

distribución de la especie en varios miles de kilómetros, y señala la existencia de una conexión biogeográfica importante entre los montes submarinos del Golfo de California y los arrecifes de las Galápagos.

Dos inmersiones posteriores nos confirmaron la naturaleza arenosa-sedimentaria de este bajo, con la identificación de varias especies de peces típicas de estos ambientes, incluyendo varias especies de anguilas culebra o tiesos, de la familia Ophichthidae, enterradas en la arena del fondo con sólo sus cabezas emergiendo. Había también blanquillos y piernas (*Caulolatilus* spp.) y catalufas (*Pristigenys serrula*) que habían hecho sus moradas en pequeñas madrigueras y fosas de arena y grava en el fondo. Vimos varios pejegatos (*Cephaloscyllium ventriosum*) y guitarras rayadas (*Zapteryx exasperata*), dos especies típicamente asociadas con aguas someras del Pacífico en California, que en el golfo buscan su morada en aguas más profundas para encontrar temperaturas similares. Asimismo observamos especies de las familias Triglidae, Synodontidae, Paralichtidae y Lophidae.

A 25 metros de profundidad en el bajo San Marcial, se puede observar una nueva especie de abanico de mar del género *Muricea* rodeada de peces señorita *Thalassoma lucasanum* y *Halichoeres dispilus*. Foto © Carlos Sánchez-Ortiz.

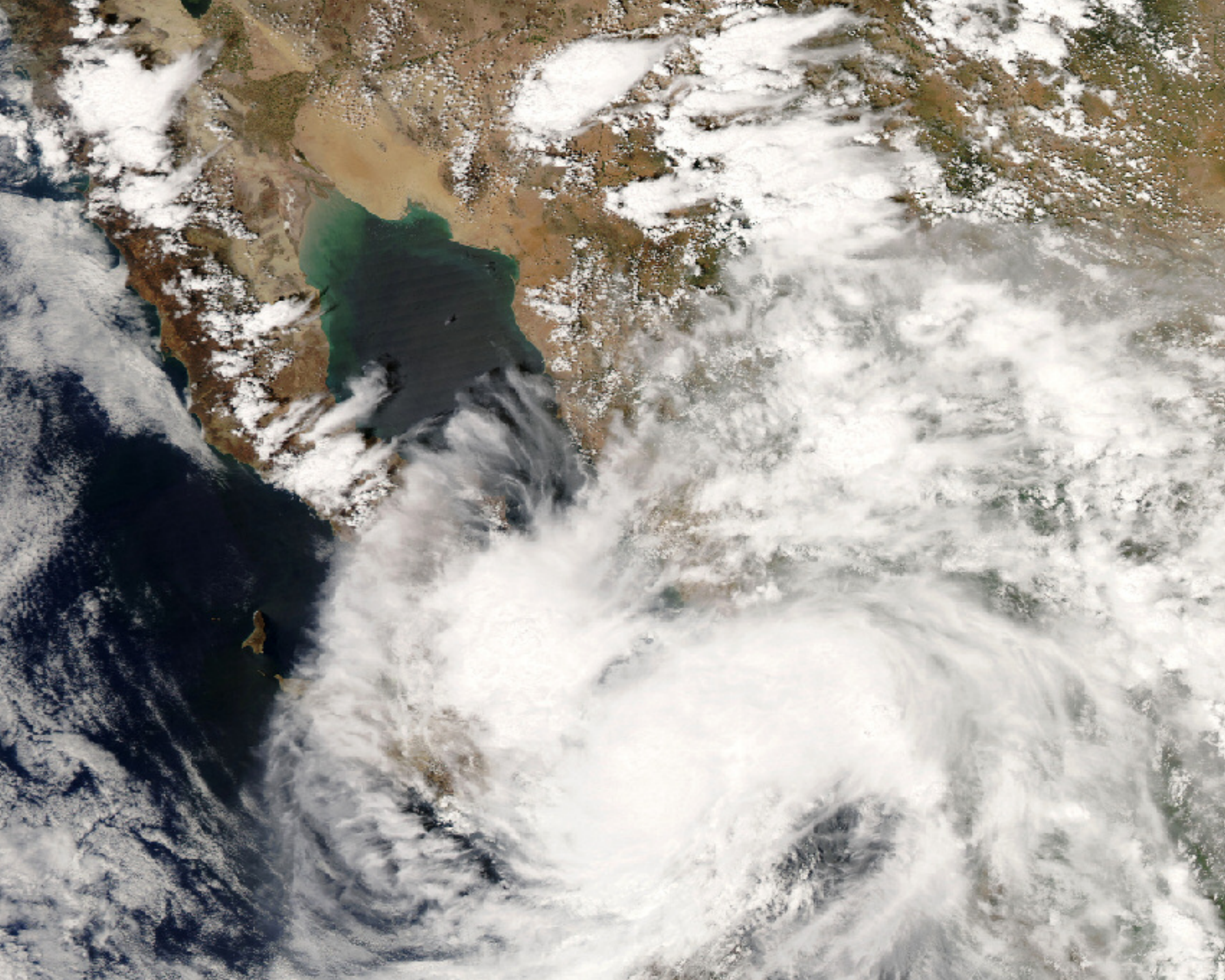
En las pp. 40-41, agregación de estrellas de mar *Pentacaster cumingi* sobre un fondo arenoso en el bajo San Dieguito. Foto © Octavio Aburto-Oropeza.











## Chubasco

Exequi el Ezcurra

Los grandes desiertos costeros del mundo —el Namib en el sur de África, Atacama en Chile, el desierto costero de Marruecos y la Baja California en México— yacen en el margen occidental de los continentes americano y africano, asociados con las corrientes frías costeras que fluyen hacia el ecuador en el margen este del Atlántico y del Pacífico: las corrientes de Benguela y de Humboldt, en el hemisferio sur, y la de las Canarias y de California en el norte. Baja California es árida porque la corriente fría de California corre en el Pacífico a lo largo de su costa, y el frío de la corriente trae estabilidad a la atmósfera, impidiendo la formación de grandes centros de baja presión, generadores de lluvias.

Pero la península es tan larga que la estacionalidad de las tormentas y las lluvias cambia dramáticamente de norte a sur. La costa del Pacífico norte recibe tormentas de diciembre a marzo, cuando los vientos del noroeste, al entrar a la costa peninsular enfriada por el invierno, condensan su humedad y la descargan en largos días de cielos grises y lluvia continua. En el sur, en cambio, las tormentas son traídas por los chubascos de fin del verano, cuando el Pacífico tropical, recalentado por el calor acumulado durante los meses de insolación, comienza a evaporar agua a la atmósfera formando inmensos centros de baja presión sobre el océano —los temibles ciclones tropicales. La mayor parte de ellos se aleja de las costas mexicanas en dirección oeste, alimentados por las aguas cálidas de la corriente ecuatorial, pero algunos se dirigen hacia el continente, donde llegan sobre las comunidades costeras como un verdadero azote de la naturaleza. En el sur de la Baja California, árida y desértica, estos chubascos son la única fuente periódica significativa de agua. Como una bendición con castigo simultáneo,

La tormenta tropical Julio descarga su fuerza sobre Baja California Sur el 25 de agosto de 2008 (imagen satelital MODIS, Goddard Space Flight Center, NASA).



descargan su furia de viento y lluvia durante unas pocas horas, para luego desaparecer, dejando atrás una estela de destrucción en forma de inundaciones, campos erosionados, ciudades anegadas y aluviones de lodo, pero dejando también oasis llenos de vida, manantiales recargados, suelos saturados de humedad y un desierto florido cuyo verdor intenso durará de tres a cuatro meses, cuando todo vuelva a secarse y la vida recomience su rutina de aridez cotidiana.

El mar, el mismo mar cuyas corrientes frías traen aridez a la tierra, es el que trae los chubascos de fin del verano. En Baja California el desierto y el mar dependen uno del otro: sin variaciones oceánicas no habría humedad en la tierra, y sin los pulsos de agua que anegan el desierto, los ríos y las lagunas costeras se secarían, los manglares decaerían y los ciclos de vida en la costa perderían el vital influjo de nutrientes que llegan a las costas con cada tormenta.

La mañana del domingo 24 de agosto, negros nubarrones empezaron a amontonarse sobre el horizonte justo cuando uno de nuestros grupos salía a bucear en el bajo San Marcial, y otro emprendía una inmersión en el sumergible explorando la parte más profunda del monte submarino. Dos horas después, el pronóstico era claro: una tormenta tropical se acercaba a Los Cabos y avanzaría posteriormente hacia el norte. Los chubascos de 2008 estaban comenzando temprano, antes del final de agosto. Prudente, el capitán José Mora decidió cancelar el resto de las actividades del día y buscar refugio en Puerto Escondido, donde recalamos a eso de las cinco de la tarde en medio de una fuerte lluvia.

Al amanecer del día siguiente el viento comenzó a aumentar gradualmente y a las 10 de la mañana la tormenta tropical Julio se desató con fuerza sobre la costa. El agua bajaba en impresionantes cascadas desde lo alto de los acantilados de la Sierra de la Giganta, y corría en raudales y crecidas hacia los llanos de la costa, en un ritual de la naturaleza que se repite cada año. Los chubascos y los huracanes, fuente de destrucción y estragos, son también parte del ciclo de la vida en este increíble ecosistema.



Minutos antes de que la tormenta tropical Julio desate su fuerza sobre las aguas del Golfo de California, el sumergible DeepSee busca refugio en su atracadero en el barco nodriza.  
Foto © Lorenzo Rosenzweig.





Una vez pasado el furor de la tormenta tropical Julio, grandes cascadas de agua descenden por los acantilados de la Sierra del Tabor hacia los humedales costeros del Golfo de California.  
Foto © Paula Ezcurra.





Pies ambulacrales (parte actinal) de la estrella de mar *Tethyaster canaliculatus* usados para su locomoción en el fondo marino. En la base del brazo al centro de la imagen puede observarse un pequeño poliqueto que se defiende contra posibles depredadores tomando el color de su hospedero. Foto © Vivianne Solis-Weiss.

## Las Ánimas

Octavio Aburto-Oropeza, Margarita Caso, Richard Cudney-Bueno, Brad Erisman, Exequiel Ezcurra, Lorenzo Rosenzweig, Carlos Sánchez-Ortiz, Francisco A. Solís-Marín y Vivianne Solís-Weiss

El monte submarino de Las Ánimas llega a romper la superficie del agua en un pequeño islote rocoso lleno de aves marinas. El efecto del monte submarino de Las Ánimas sobre la fertilidad local del mar es evidente en la concentración de cormoranes, pelícanos, fragatas y petreles, y en el color blanco intenso del guano que cubre las rocas emergidas. Las Ánimas, el segundo monte submarino de nuestra expedición, se encuentra a unas 10 millas náuticas al este de Punta Calabozo, el extremo más norteño de Isla San José.

Geológicamente es muy similar al bajo San Marcial: el islote está formado por los restos de un volcán submarino cuya columna de basalto en este caso emerge unos 20 metros sobre la superficie del agua, y baja en un pronunciado cantil de rocas hasta los

100 metros de profundidad. Allí, la pendiente cambia para descender gradualmente a lo largo de una extensa plataforma arenosa de aproximadamente siete kilómetros (unas cuatro millas náuticas) de diámetro. En su borde, aproximadamente a unos 300 metros de profundidad, la pendiente se vuelve otra vez muy pronunciada y baja de manera abrupta hacia las profundidades del golfo. Así, y de manera muy parecida al bajo San Marcial, afuera del centro de roca los fondos explorables por el sumergible son arenosos, poblados por una fauna bentónica típica de estratos sedimentarios profundos.

Observamos una gran agregación de más de 1 000 huachinangos (*Lutjanus peru*), vagando a unos 40–80 metros del lado norte de la isla. Unas pocas pangas estaban pescando, llenando rápidamente sus hieleras



con los peces que sacaban en cada lance. Entre los peces arrecifales, esta especie es de las de mayor valor comercial por la excelente calidad de su carne, muy apreciada en los mercados de pescado fresco. Compramos algunos ejemplares y los disecamos; así pudimos confirmar que estaban desovando.

Octavio y Brad realizaron una inmersión al atardecer y pudieron observar y filmar muchas especies desovando, incluyendo pargos amarillos (*Lutjanus argentiventris*), mero chino (*Cirrhitus rivulatus*), soldados (*Paranthias colonus*), peces ángeles (*Holacanthus passer*), y jureles (*Caranx sexfasciatus*).

Basados en las tomas de video obtenidas y el catálogo de peces documentados en este bajo, parece realmente muy similar al bajo San Marcial. Gran parte del hábitat estaba formado por escombros rocosos y pendientes arenosas, habitadas por pequeños peces de formas anguliformes como cóngridos y ofictidos, y peces bentónicos como triglidos, lófidos, escorpénidos, mentas (*Diplectrum* spp.), señoritas manchadas (*Decadon melasma*), y serranos (*Pronotogrammus multifasciatus*). En los manchones

rocosos se observaron viejas (*Semicossyphus pulcher*), garropas (*Mycteroperca prionura*), chivatos (*Mulloidichthys dentatus*), pargos amarillos (*Lutjanus argentiventris*), cabrillas arcoiris (*Liopropoma fasciatum*), y mariposas guadaña (*Prognathodes falcifer*).

### **Aguas someras**

En este monte submarino encontramos una cobertura importante de algas verdes típicas de los ambientes coralinos y algas rojas incrustantes. El coral *Tubastrea coccinea* es sumamente abundante, domina la fauna sésil y es ubicuo en todo el bajo. Además, hay gran cantidad de abanicos de mar (gorgonáceos del género *Muricea*). Sin embargo, en este bajo vimos en especial y de manera característica grandes ejemplares del molusco bivalvo *Pinctada mazatlanica*. En la superficie de ambas conchas de esta especie se observa el mismo crecimiento algal que sobre las rocas circundantes, de tal modo que sirve de sustrato duro para una gran variedad de pequeños crustáceos y poliquetos, y al hacerlo se integra al paisaje bajo la misma cobertura que el sustrato, como

Una guaseta del Pacífico  
*Alphestes immaculatus*, encuentra refugio  
y camuflaje entre las colonias del abanico de mar  
*Muricea appressa*. Foto © Octavio Aburto-Oropeza.







Arriba: pez morena cebra *Gymnomuraena zebra* y coral de copa naranja *Tubastraea coccinea*, en el bajo Las Ánimas. Foto © Carlos Sánchez-Ortiz.

Izquierda: un grupo de morenas verdes *Gymnothorax castaneus* rodeadas por peces soldado *Myripristis leiognathus*. Foto © Octavio Aburto-Oropeza.





Cangrejo ermitaño gigante del Golfo de California *Aniculus elegans*. Foto © Octavio Aburto-Oropeza.

camuflaje críptico. Quizás esto le sirva de protección contra sus depredadores pues pasa casi inadvertida.

Las zonas someras del bajo Las Ánimas presentan una rica y variada diversidad de equinodermos, gracias a los distintos microhábitats que aquí se presentan. Sobre las rocas viven principalmente estrellas de mar pertenecientes a varias especies, principalmente *Nidorellia armata*, *Narcissia gracilis* y *Phataria unifascialis*. Los erizos de mar más frecuentes son pequeños erizos morados (*Arbacia incisa*). Varias especies de micro-ofiuros habitan sobre las ramas de los corales blandos y aferrándose a ellos con sus seis brazos transcurre toda su vida. Las zonas rocosas guardan entre ellas pequeños oasis de arena que contienen especies como el erizo de mar enterrador (*Brissus obesus*) y el pepino de arena (*Holothuria impatiens*).

En Las Ánimas encontramos además, entre las hendiduras de las rocas, grandes morenas de color verde (*Gymnothorax castaneus*); en una ocasión eran siete en una sola grieta. Hubo también morenas cebrada (*Gymnomuraena zebra*), pero estas últimas

son mucho más raras. La cantidad de peces típicos de ese ambiente es realmente impresionante en este bajo, y atestigua la gran productividad que ha de generarse allí, quizás ayudados por la fertilización de los desechos de las aves marinas. También destaca la cantidad y variedad de los equinodermos. En cuanto a los pequeños poliquetos y crustáceos, se vio una dominancia de sílidos y eunícidos, pero existe una gran diversidad de ellos en general.

En el primer buceo visitamos una caverna con las paredes densamente tapizadas de la misma vida que había fuera de ella, al menos en los primeros metros. En el fondo se observó una langosta (*Panulirus inflatus*), y también en este sitio observamos un cangrejo ermitaño espectacularmente bello y grande, cuyo nombre científico es *Aniculus elegans*.

Las grandes gorgonias tienen allí muy a menudo estrellas canasta de diferentes colores abrazadas a ellas, mimetizándose con las ramas del coral. Hay esponjas tubulares amarillas y otras que asemejan tapetes amarillos (*Aplysinia fistularis*) de forma ligeramente



irregular y como de medio metro a 80 centímetros de diámetro.

En el buceo observamos que entre los 15 y los 40 metros de profundidad el fondo estaba prácticamente todo cubierto por corales vivos (con dominancia de *Tubastrea coccinea*), muy difíciles de arrancar. El coral muerto está por debajo de la profundidad permisible con buceo Nitrox, por lo que recolectamos sustrato arenoso y conchas grandes principalmente de madre perla (*Pinctada mazatlanica*). Estos sustratos albergan poliquetos de las familias Cirratulidae y Phyllodocidae, distinguibles por su color verde, y poliquetos sabélidos que resaltan por su color rojo y sus penachos que se retraen al sentir algún disturbio. También se colectaron ejemplares de las familias Polynoidae, Eunicidae, Terebellidae, Serpulidae, Sabellidae (una corona de *Megalomma*), y Amphinomidae (*Eurythoe complanata* y *Chloeia* sp.).

### **Aguas profundas**

Al explorar el bajo, a 190 metros nos topamos con una zona de rocas pequeñas sueltas. Entre ellas, huyendo de la luz del su-

mergible, encontramos la pequeña estrella de mar de múltiples brazos *Rathbunaster californicus*. Esta frágil y aparentemente indefensa estrella de mar es para otros invertebrados un terrible depredador. Su cuerpo está cubierto por miles de pedicelarios, estructuras que, a manera de pequeñas pinzas, van mordisqueando todo a su paso.

En una pronunciada pendiente arenosa pudimos observar una fauna de equinodermos asociada con este tipo de fondos, incluyendo el pepino de mar morado, *Holothuria (Vaneyothuria) zaca*, muy común en la zona pero muy poco documentado; las estrellas de mar *Astropecten ornatissimus* y *Narcissia gracilis*, que caminan solitarias en el fondo buscando alimento, y el erizo de mar blindado, *Hesperocidaris asteriscus*, que encontramos sorprendentemente en poblaciones reducidas y muy esparcidas dentro de los arenales, siendo que prefieren las zonas rocosas para vivir. De igual manera, esparcidos por el fondo encontramos esqueletos del erizo de mar *Metalia espatagus*, y en algunos casos pudimos observar la estrella de mar espinosa *Amphiaster insignis* alimentándose

Testa (esqueleto) del erizo corazón *Brissus obessus*.  
Foto © Lorenzo Rosenzweig.

En las pp. 58-59,  
pies ambulacrales de los brazos y del área bucal de la estrella de mar carnívora *Heliaster kubiniji*. Foto © Lorenzo Rosenzweig.











Colonias del coral de copa naranja  
*Tubastraea coccinea*. Foto © Lorenzo Beltrán.

de los restos de uno de estos erizos, un comportamiento jamás observado antes.

En una pendiente rocosa, localizada en una pared del bajo a aproximadamente 200 metros de profundidad, encontramos una extensa población de una especie de ofiuroides, *Ophiothrix galapagensis*, de vivos colores anaranjados y rojos, que se revelaban ante nuestros ojos al pasar la luz del sumergible sobre ellos. Viven debajo de las rocas y sólo nos dejaban ver sus brazos capturando finas partículas de alimento que caen en forma de detritos orgánicos desde la lejana superficie.

Las algas rojas incrustantes estaban siempre presentes, aun en rocas bastante pequeñas. Muy cerca del fondo pasaron algunas mantarrayas, un par de tiburones guitarra y, en las partes arenosas, vimos pepinos cafés con bolas negras (*Brandthoturia impatiens*), esparcidos por el fondo. Finalmente, pudimos recolectar un ejemplar de *Conus* (un molusco gasterópodo cuya concha puede alcanzar un alto valor comercial).

En la segunda inmersión en este bajo, a unos 180 metros, encontramos una densa

comunidad de invertebrados de fondo, principalmente cangrejos ermitaños que se congregaban compactamente en algunos parches de arena (20 individuos o más por metro cuadrado). Conforme descendíamos, la abundancia de erizos y plumas de mar aumentaba. Entre estos invertebrados observamos la presencia de algunos lenguados (*Syacium ovale*) y peces escorpión (*Pontinus clemensi* y *P. furcirhinus*). Los más activos eran los pulpos, quienes se arrastraban por el fondo y cambiaban abruptamente de color cuando el sumergible iluminaba el paisaje. En dos ocasiones nos tocó observar pulpos alimentándose, utilizando sus tentáculos para escarbar en la arena y llevarse el alimento a la boca.

La comunidad marina observada en este paisaje es característica de las comunidades submareales de fondos blandos sin vegetación. La distribución en parches es un aspecto importante, producto de la depredación y las perturbaciones naturales provocadas en el fondo por las especies excavadoras (posiblemente pepinos de mar y almejas). Aunque no observamos una densidad elevada, las plumas de mar

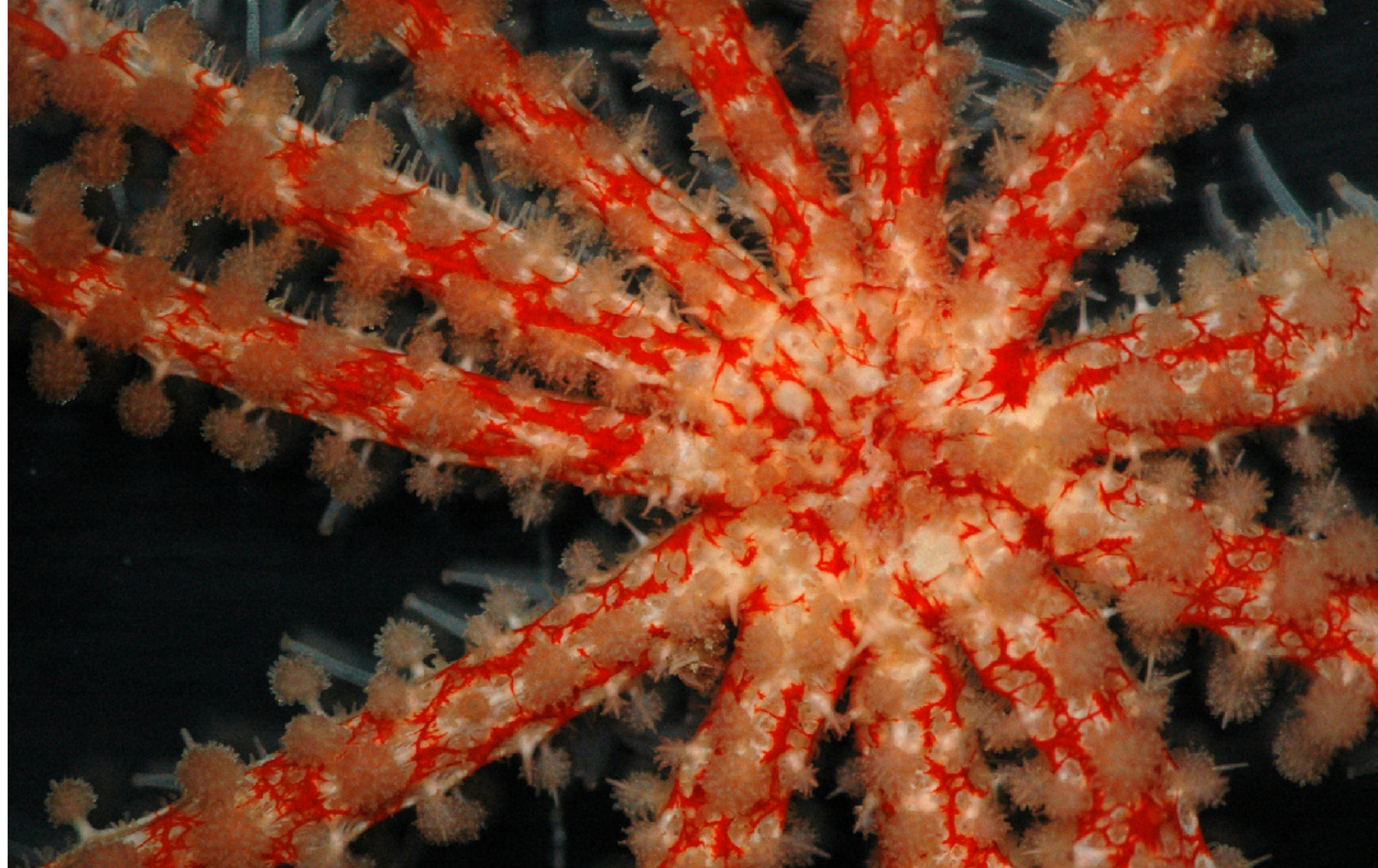


(penatuláceos) podrían ser el principal componente estructural del hábitat como fijador del fondo. En otras latitudes, estas “camas” de plumas de mar son el hábitat de comunidades marinas específicas, donde los nudibraquios y las estrellas marinas son los principales depredadores. En el fondo arenoso dos rocas de tamaño pequeño (un metro cuadrado) funcionaban como oasis de vida en la monótona planicie de arena, albergando una gran cantidad de ofiuros, cangrejos ermitaños y cangrejos araña.

En cuanto a los peces, pudimos observar una especie sumamente interesante de boca grande (Opistognathidae), en el fondo de arena, a unos 100 metros de profundidad. Tenía algo menos de medio metro de largo y mostraba rayas de un color verde brillante a lo largo de su cuerpo. Pudimos filmarlo y darle las imágenes a Richard Rosenblatt de Scripps, un experto en opistognátidos del Pacífico oriental. Richard nos informó que, con un alto nivel de certeza, se trata de una especie nueva y que nunca había visto un ejemplar como este anteriormente.

Pies ambulacrales y orificio de alimentación de la estrella de mar *Coronaster marchenus*.  
Foto © Lorenzo Rosenzweig.

En las pp. 64-65, peces mariposa barbero *Johnrandallia nigrirostris* y pez vieja *Bodianus diplotaenia*, entre colonias de abanicos de mar *Muricea appressa* (ocre) y *Muricea austera* (blanco), bajo Las Ánimas.  
Foto © Octavio Aburto-Oropeza.











## Agrupaciones de desove

Octavio Aburto-Oropeza, Richard Cudney-Bueno y Brad Erisman

Las agrupaciones de desove —cientos o miles de peces que se aglomeran simultáneamente con el propósito de reproducirse— representan uno de los eventos biológicos más sorprendentes en el ambiente marino. Estas congregaciones las llevan a cabo muchas especies en ciertas épocas del año, en una fase lunar determinada (principalmente en luna llena o luna nueva) y en sitios con características muy peculiares. En particular, los montes submarinos son ecosistemas característicos donde las agrupaciones de desove se observan con frecuencia, principalmente porque allí se presentan fuertes corrientes marinas y surgencias, relieves pronunciados y una gran variedad de especies bentónicas que cubren el fondo, como el coral negro o los abanicos de mar, y proporcionan refugio para muchos peces.

Observar un evento de este tipo es muy impactante. Si bien la cantidad de peces que cubre el paisaje marino es de por sí imponente, el comportamiento y la coloración que son desplegados por los mismos individuos genera una atmósfera asombrosa. Por lo general, los machos se convierten en arcos iris flotantes que buscan impresionar a las hembras con sus verdes y azules metálicos en la cabeza, las aletas y la cola. Las hembras, que generalmente son más grandes, muestran sus abultados abdómenes donde albergan millones de huevecillos que serán expulsados en el agua para ser fecundados por los gametos de más de una decena de machos. El cortejo comienza desde las primeras horas del día, cuando los cardúmenes son compactos y cada macho intenta mantenerse cerca de una hembra hasta la hora

Agregaciones del pargo amarillo  
*Lutjanus argentiventris*, mostrando los  
vientres abultados de algunas hembras.  
Foto © Octavio Aburto-Oropeza.



del desove. Al atardecer, las hembras comienzan a subir repetidamente a la superficie y a descender nuevamente a los fondos rocosos. Decenas de machos las rodean, pero sólo los más rápidos y vigorosos logran seguirlas en su vaivén. El momento llega, el sol ha desaparecido en el horizonte y sólo la luz del crepúsculo permite ver en penumbra las “bolas de peces” conformadas por cada hembra y sus persecutores, que ascienden como fuegos artificiales cuyos destellos luminosos son los gametos expulsados cerca de la superficie. El frenesí acaba y el arrecife, en la oscuridad, regresa a la calma para esperar el siguiente evento reproductivo del siguiente día.

Las agregaciones de desove se mantienen durante varios días o semanas, relacionadas principalmente con las corrientes de marea generadas por la luna, que dispersarán los huevecillos y las larvas lejos de estos sitios. Los montes submarinos y los arrecifes rocosos son sitios de inmensa importancia para la reproducción de especies; funcionan como fuentes generadoras de vida desde donde se diseminan las larvas al resto del mar. Existen dos elementos importantes para identificar una agrupación de desove: que la densidad de individuos de la especie se incremente al menos 10 veces con respecto a la densidad normal, y que los individuos realicen migraciones a lugares determinados que por lo general se encuentran a distancias considerables respecto a los sitios comunes de distribución. Aunado al hecho de que los sitios de desove son predecibles por su asociación con montes submarinos y arrecifes, estas dos características hacen que las agrupaciones reproductivas sean inherentemente vulnerables a la pesca. En unas pocas horas, con una pequeña embarcación y utilizando una red de enmalle (chinchorro), se pueden encerrar poblaciones enteras durante las congregaciones de reproducción y capturar más de una tonelada de individuos que no completarán su ciclo de vida exitosamente. De hecho, el espectacular incremento de la presión pesquera sobre las agrupaciones de desove ha propiciado una disminución poblacional alarmante de muchas especies de reproducción gregaria, lo que, en algunos casos, amenaza con extinguirlas en varias partes del planeta.

Corrida de reproducción del pejerrey  
*Leuresthes sardina*, endémico  
del Golfo de California.  
Foto © Octavio Aburto-Oropeza.

En las pp. 70-71,  
agregaciones de la cabrilla sardinera  
*Mycteroperca rosacea*, un pez  
de gran valor comercial.  
Foto © Octavio Aburto-Oropeza.











Pesquería de curvina golfina en el Golfo de Santa Clara, Delta del Río Colorado. Foto © Octavio Aburto-Oropeza.

Varias especies de tiburones, rayas, meros, pargos, jureles y peces perico forman agrupaciones de desove en el Golfo de California y todas son capturadas por la pesca industrial, artesanal y recreativa. Pese a que esta región ha cautivado la atención internacional por ser uno de los mares más productivos y con mayor diversidad biológica del mundo, pocos esfuerzos han sido encaminados al estudio, manejo y conservación de estos fenómenos reproductivos. Ejemplos de las más impresionantes agregaciones de desove son las curvinas, incluyendo la totoaba, que se agregan en primavera en el delta del Río Colorado para reproducirse. Con su color azul acero, sus dos metros de longitud y más de 100 kilogramos de peso, la totoaba cubría las aguas del delta durante la migración reproductiva a finales de la primavera. A principios del siglo xx la especie era tan abundante que los grandes peces podían pescarse con arpón desde las embarcaciones o mediante el uso de dinamita lanzada a las agrupaciones de desove. Para 1943 se registraron 2 000 toneladas en la pesquería; la máxima captura conocida hasta ahora. En 1975, año en que fue prohibida la pesca de totoaba, la disminución del agua dulce en el delta y la pesca descontrolada sobre la especie, habían reducido las poblaciones y colapsado la pesquería a niveles menores a 20 toneladas anuales. La totoaba se encuentra entre las pocas especies de peces comerciales incluidas en la lista de especies protegidas de México. La curvina golfina, una especie taxonómicamente cercana a la totoaba y también beneficiaria del rico ecosistema que provee el delta del Colorado, enfrenta en el siglo xxi la misma historia de explotación, producto de una pesca poco regulada, un esfuerzo pesquero excesivamente alto y capturas desmedidas durante su agrupación de desove. Si este escenario continúa, es posible que la curvina golfina enfrente el mismo destino de otras especies que se reproducen durante la primavera —un periodo de alta demanda de productos pesqueros por su coincidencia con el tiempo de cuaresma de la religión católica.

Durante nuestra estancia en Las Ánimas tuvimos la oportunidad de observar uno de los más espectaculares eventos reproductivos ocurridos en montes submarinos. La temperatura era



ideal (>28°C), faltaba media hora para el ocaso y las corrientes eran bastante fuertes. Saltamos al agua, comenzamos a bucear hasta encontrar un sitio protegido de la corriente, en donde tuviéramos la mejor vista del espectáculo. Los primeros en actuar fueron los pargos amarillos (*Lutjanus argentiventris*) que formaban grupos compactos de entre 30 y 50 individuos entrando y saliendo repetidamente de entre las rocas y cuevas del sitio. Las cabezas rojas, que resaltan de los cuerpos amarillos durante la temporada de reproducción, contrastaban con el azul turquesa del agua y las sombras de los recovecos donde llevan a cabo el cortejo. Pronto aparecieron otras tres especies de pargos —el pargo cenizo (*Lutjanus novemfasciatus*), el pargo mulato (*L. aratus*) y el coconaco (*Hoplopagrus guentherii*)—, cuya abundancia y coloración no dejaban duda de sus intenciones reproductivas. Estas especies despliegan su cortejo entre las rocas marinas y la superficie, acercándose y alejándose del arrecife, por lo que es mucho más difícil describir su comportamiento reproductivo. En contraste, aquellas especies con hábitos bentónicos utilizan el arrecife para danzar y coquetear antes del desove; los machos generalmente compiten por los mejores territorios para cautivar a más de una hembra. De hecho, nos encontrábamos rodeados por territorios de machos del mero chino (*Cirrithus rivulatus*). Estos machos, conocidos en la ecología del comportamiento como “machos alfa”, peleaban contra aquellos machos que no habían conseguido un territorio, conocidos como “machos satelitales” ya que constantemente nadan entre los territorios ocupados para tratar de reproducirse con una de entre las tres y cinco hembras que han sido conquistadas por los machos alfa. Cuando llega el momento, los machos alfa comienzan a nadar frenéticamente con las hembras, una a la vez, alejándose de la roca hacia la superficie donde expulsan una pequeña nube de esperma y huevos. Los machos satelitales aprovechan la oportunidad para seducir a alguna de las hembras que quedan el territorio del macho alfa, y así ellos también bailar hacia la superficie y expulsar su esperma en la nube de huevecillos que desova la hembra. El macho alfa normalmente se da cuenta del hecho, persigue y ahuyenta al oportunista y regresa rápidamente para reproducirse lo antes posible con la hembra cautivada por el impostor. Esto se repite

un sinnúmero de veces durante los 20 minutos que dura la actividad reproductiva, con un gasto de energía impresionante para los machos alfa que, sin embargo, demuestran por qué son los machos más grandes y fuertes del arrecife.

Aquel día en Las Ánimas tuvimos la fortuna de observar al menos 14 especies de peces y dos especies de moluscos (almeja de roca y caracol chino), en un frenesí de reproducción como nunca habíamos presenciado. El clímax del espectáculo se reservó para el final, cuando centenas de peces soldado (*Paranthias colonus*), conocidos así por su coloración verde militar, cubrían el paisaje marino y desovaban en “bolas de peces” en la superficie del mar. Esta especie es actualmente una de las principales pesquerías ribereñas de la región y es conocida por los pescadores como “sandía”. Dicho sobrenombre alude al tono rojizo que adquieren los individuos durante la temporada reproductiva, coloración que se presenta principalmente en la aleta caudal que tiene forma de media luna, como una rebanada de sandía. Si bien este mote refleja una gran asociación entre los pescadores y los recursos que capturan, también muestra una de nuestras grandes debilidades en el uso racional de los recursos pesqueros: la elevada relación entre las temporadas reproductivas y las principales temporadas de pesca.

Durante las últimas tres décadas la presión pesquera en muchas áreas del Golfo de California ha sufrido un importante incremento, lo que ha resultado en disminuciones sustanciales en volúmenes de captura de muchas especies gregarias. Por ejemplo, peces como la bayeta (*Mycteroperca jordani*), el mero (*Epinephelus itajara*) y la garropa (*Mycteroperca xenarcha*) constituyeron pesquerías importantes en la década de los años 70 pero se han colapsado en la actualidad. Hoy día las pesquerías se centran en agrupaciones de especies más pequeñas, como cabrillas, pargos y peces pericos; no obstante, muchas de estas especies están también disminuyendo.

La crisis que encara la conservación de agrupaciones de desove ha sido reconocida globalmente. Como resultado de esta creciente preocupación, un llamado a la Acción fue



suscrito por el Segundo Simposio Internacional para el Manejo del Ecosistema Marino Tropical (ITMESM, por sus siglas en inglés) en marzo de 2003. La recomendación clave fue:

Las agrupaciones de desove de peces deben ser conservadas mediante estrategias de manejo robustas. En la medida de lo posible esto debe incluir la protección total para asegurar la persistencia de las poblaciones que forman agrupaciones, la integridad del ecosistema arrecifal y el sustento y suministro de alimento para las comunidades que dependen de las especies gregarias.

Es obvio que las agrupaciones de desove necesitan recibir más atención por administradores pesqueros y público en general y, al mismo tiempo, la vulnerabilidad de este proceso ecológico necesita ubicarse en una alta prioridad para las agendas de conservación, investigación y manejo. Ha llegado el momento para colaboraciones a gran escala de las partes interesadas, para proteger y conservar agrupaciones de desove en todos los ecosistemas marinos.

Con su coloración característica, anunciando el tiempo de reproducción, un grupo de peces sandía *Paranthias colonus*, se agrupa para desovar.  
Foto © Octavio Aburto-Oropeza.







Estrella de mar *Narcissia gracilis*.  
Foto © Lorenzo Rosenzweig.

## Marisla

Octavio Aburto-Oropeza, Margarita Caso, Richard Cudney-Bueno, Brad Erisman, Exequiel Ezcurra, Lorenzo Rosenzweig, Carlos Sánchez-Ortiz, Francisco A. Solís-Marín y Vivianne Solís-Weiss

El bajo Marisla —conocido también en la literatura oceanográfica como “el bajo de Espíritu Santo” o, por sus siglas, como “EBES”, y por los pescadores sencillamente como “el bajo”— se encuentra unas 10 millas náuticas en dirección noreste desde Los Islotes, la punta más norteña de Isla Espíritu Santo. Su parte más somera alcanza unos 15 metros de profundidad. Este monte submarino forma parte de una región de batimetría compleja y de relieve submarino pronunciado que se encuentra al oeste de la cuenca profunda del Farallón, donde la profundidad supera los 1 000 metros. Dos montes submarinos emergen hasta cerca de la superficie unos 150 kilómetros al norte de la boca del golfo: el bajo Marisla, objeto de esta exploración submarina, y unos 12 kilómetros al este, el bajo El Charro, que

no aparece en las cartas de navegación pero es bien conocido por los pescadores locales por su riqueza pesquera.

En su parte superior, la cima del monte submarino muestra dos picos someros de menos de 20 metros de profundidad, separados unos 100 metros uno del otro, y unidos por un valle submarino de unos 100 metros de profundidad. De declives agudos, el monte submarino del bajo Marisla desciende abruptamente en su lado norte hasta más de 400 metros de profundidad a lo largo de una pared muy escarpada de roca basáltica.

El bajo Marisla es reconocido tanto por pescadores como por científicos como un área donde diferentes especies de peces pelágicos se congregan en grandes densidades, incluyendo atunes, marlines, mantarrayas,



tiburones ballena y grandes agregaciones de peces martillo. Durante el verano y el otoño prevalecen condiciones térmicas típicas de mares tropicales, con temperaturas superficiales de entre 25 y 29°C, y durante el resto del año las condiciones oceanográficas son subtropicales, con temperaturas de entre 19 y 24°C.

De todos los montes submarinos visitados, el bajo Marisla fue el que nos ofreció, por mucho, la mayor diversidad de tipos de hábitat y de especies de peces de toda la expedición. La parte superior del monte submarino está compuesta por arrecifes rocosos, cuyas paredes de roca volcánica se extienden hasta profundidades de 300 metros o más. Los arrecifes más grandes están formados por grandes peñascos y sus pendientes son muy pronunciadas. Las grandes rocas arrecifales están separadas entre sí por cañones profundos con fondo de arena y escombros.

#### **Aguas someras**

En las diferentes inmersiones de buceo que realizamos en este bajo observamos densos

jardines de corales y algas rojas incrustantes, junto con algas foliosas verdes y pardas, y una gran cantidad de anémonas asociadas. Dos especies de morenas se veían con frecuencia, apiñadas en cuevas y oquedades, y nadaban sobre el arrecife diferentes especies de peces en grandes cantidades. El día 29 se nos unió un tiburón ballena que estuvo jugueteando alrededor del barco durante casi todo el día, y el día 30 mientras buceábamos nos alcanzó un lobo marino muy grande y sociable.

En este bajo vimos la estrella *Acanthaster* y observamos un caso muy interesante de comensalismo entre un poliqueto y un equinodermo: un polinoide, probablemente del género *Malmgreniella*, mucho más pequeño que su huésped, un ofiuo *Ophionereis perplexa*. El poliqueto tiene el dorso de colores y una textura muy similar al brazo del ofiuo, alrededor del cual se enrolla y aparentemente así logra esconderse de potenciales depredadores.

También observamos un poliqueto adherido a la parte inferior del brazo de una estrella de mar roja y blanca de gran tamaño

Imitando los colores del ofiuo *Ophionereis annulata*, un poliqueto polinoide encuentra refugio y alimento entre los brazos de esta delicada araña de mar.  
Foto © Octavio Aburto-Oropeza.







Langosta azul *Panulirus inflatus*  
una especie de gran valor comercial.  
Foto © Octavio Aburto-Oropeza.



(*Tethyaster canaliculatus*). Aunque no pudimos confirmar la naturaleza exacta de esta novedosa interacción, podría ser una forma de parasitismo externo, comensalismo e incluso mutualismo. Las investigaciones sobre este interesante proceso se encuentran aún en desarrollo a partir de los ejemplares colectados.

### **Aguas profundas**

A 190 metros de profundidad exploramos una zona rocosa de pendiente pronunciada; allí, en una zona dominada por fauna sésil como esponjas de cristal y corales blandos, encontramos estrellas de mar blancas *Henricia clarkii* y *Henricia nana*, representadas por muy pocos ejemplares distribuidos en asociación con esponjas y corales blandos. La fauna de equinodermos más característica en esta zona está formada por dos especies de ofiuroideos, *Ophiothrix galapagensis* y *Ophiacantha* cf. *diplasia*, las cuales, con sus respectivas poblaciones de cientos de individuos, cubren casi por completo algunas zonas del bajo Marisla. Fue también en esta zona donde encontramos la prime-

ra especie nueva de equinodermo: una pequeña estrella de mar de color amarillo pálido, un nuevo elemento de la familia Echinasteridae que está siendo descrita por especialistas.

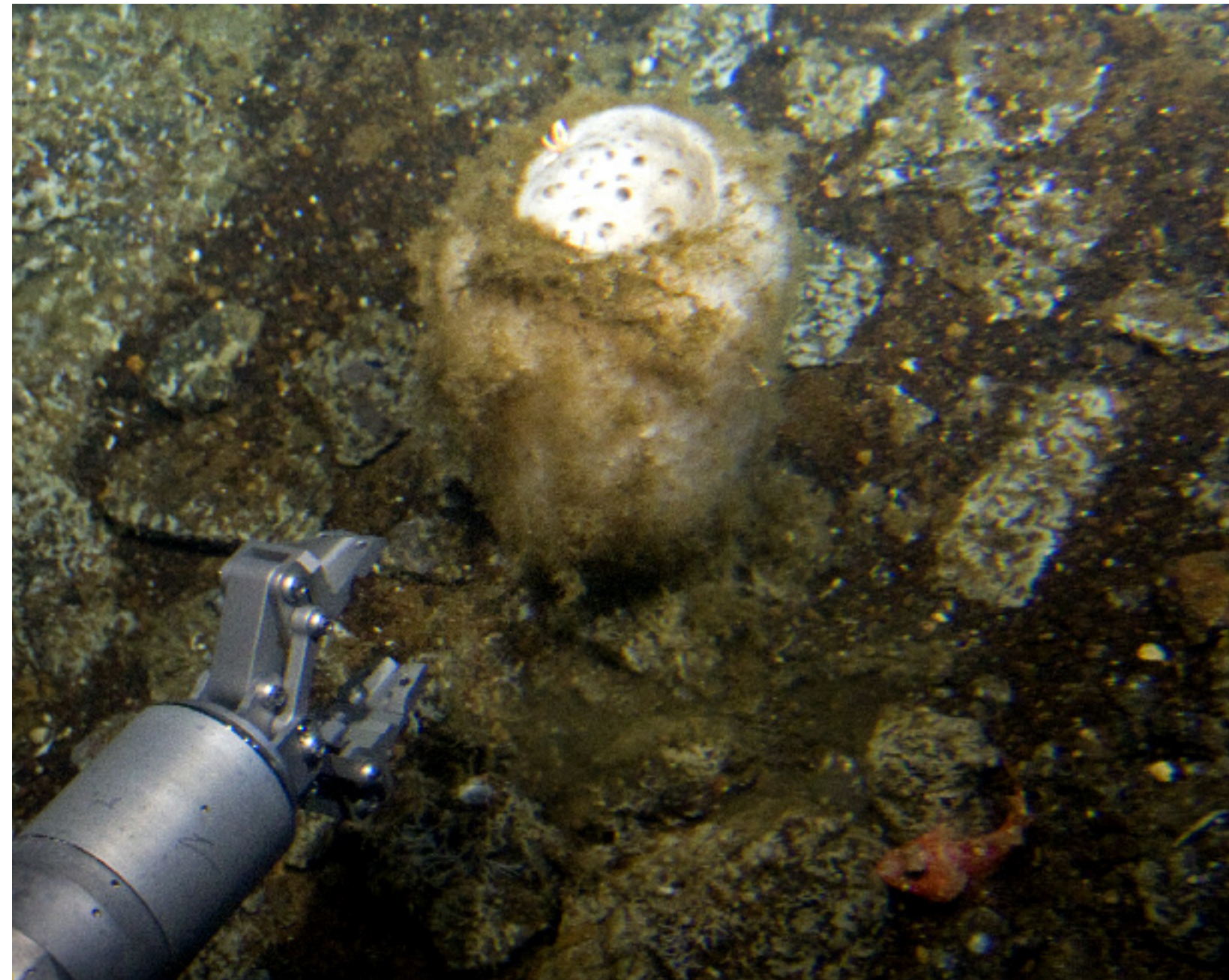
Aquí recolectamos coral negro con poliquetos asociados, viviendo sobre sus ramas. Entre ellos hay que mencionar un nereido que vivía en un tubo transparente quitinoso adherido a lo largo de una rama del coral, un rasgo muy inusual en estos poliquetos que son errantes y cazadores activos. Otros poliquetos encontrados incluyeron un poli-noide, unos terebélidos y otra especie de la familia Nereididae, pero sin tubo como es normal en el grupo. También hallamos unos ofiuros pequeñísimos que parecían hechos de cristal —todo apunta a que éstos pertenecen a una nueva especie que actualmente se encuentra en estudio para su descripción— y dos planarias rojas muy pequeñas.

Al día siguiente (29 de agosto) recolectamos una esponja de vidrio de gran tamaño, una esponja chica, un coral muerto con muchísimos ofiuros tan pequeños que casi no

Araña de mar de aguas profundas  
(Ofiurido) *Ophiothrix galapagensis*.  
Foto © Carlos Sánchez-Ortiz.







Esponja cristal de la clase *Hexactinellida*, colectada a 320 metros de profundidad en el bajo Marisla. Foto © Carlos Sánchez-Ortiz.

se veían, y un coral negro vivo con poliquetos adheridos en sus ramas. Entre ellos había un filodócido dentro de un tubo hecho de granos de arena aglutinados, lo cual es muy inusual en esta familia, y una hembra de terebélido desovando, además de un polinoide. El 30 de agosto nos topamos con otra esponja de vidrio de gran tamaño (unos 70 centímetros de alto). Ésta crecía rodeada de una acumulación horizontal de piedras volcánicas y en su interior pudimos observar (mas no recolectar porque escaparon) una estrella de mar grande y un cangrejo, además de un erizo pequeño negro del tipo *Diadema*. En su exterior la esponja estaba cubierta de hidroides verde oscuro muy urticantes, lo cual comprobamos ya en el barco, al meter las manos a la cubeta donde estaba depositada esta esponja.

Encontramos una gran diversidad de peces refugiados entre las resquebrajaduras y oquedades de las rocas, incluyendo especies de las familias Antennariidae, Lophiidae, Labridae, Muraenidae, Ophichthidae y Scorpaenidae. Los peces catalufa, *Pristigynys serrula*, dominaban el paisaje. Sin

embargo, la más notable de todas fue una brotula (Ophidiidae) de color negro que pudimos captar en video. Hemos recorrido todas las guías de campo disponibles, y hemos hablado con los mejores especialistas en la Colección de Vertebrados Marinos de Scripps, y hasta ahora nadie ha podido identificar esta especie más allá del nivel de familia.

En las laderas de arena y escombros observamos comunidades de peces muy similares a aquellas observadas en el bajo San Marcial, con trígidos, escorpénidos y sinodóntidos, y con especies particulares como los pejegatos (*Cephaloscyllium ventriosum*). Otras especies pertenecientes a las familias Moridae, Callionymidae, Rajidae y Dasyatidae también fueron observadas.

A 200 metros de profundidad pudimos observar una especie de manta (*Mobula thurstoni*) nadando alrededor del arrecife. Este comportamiento de nado profundo en una especie planctívora de aguas más someras ha sido también observado en la Isla de Cocos, Costa Rica, pero las razones son desconocidas. Es posible que los niveles de



nutrientes alrededor del monte submarino sean elevados aún a esas profundidades, y que la inmersión profunda de estas mantas sea en búsqueda de alimento.

Otro evento significativo fue el encontrar a la baqueta ploma o estacuda (*Epinephelus niphobles*) en el bajo Marisla. Durante los 10 días de nuestra expedición no fue posible observarla más que aquí. Esta especie es increíblemente importante para las pesquerías comerciales del Golfo de California, y su baja densidad, así como el descenso de sus capturas, sugiere que está

siendo devastada por la sobrepesca. Ésta es la primera documentación de la especie en el golfo, observada en su hábitat natural.

Finalmente, por la tarde, al descender al arrecife pudimos observar una inmensa agregación reproductiva de pargo cenizo (*Lutjanus novemfasciatus*) [unos 300 peces a 30–50 metros de profundidad] junto con otro cardumen de pargo amarillo (*L. argentiventris*) merodeando en las rocas cercanas. A pesar de haber sido con certeza afectado por la sobrepesca, la riqueza y diversidad del bajo Marisla sigue siendo excepcional en la región.

Anémona de profundidad (posiblemente perteneciente al género *Antiparactis*), asociada al abanico de mar *Leptogorgia chilensis* en el bajo Las Ánimas. Foto © Carlos Sánchez-Ortiz.







Centenares de toneladas de sardinas se concentran en los grandes cardúmenes del Golfo de California. Foto © Octavio Aburto-Oropeza.

## Riqueza y productividad

Ezequiel Ezcurra

Una de las observaciones más notables durante nuestros descensos a las aguas profundas fue la presencia de una capa de agua de intenso color verde que se manifestaba gradualmente entre los 40 y los 80 metros de profundidad. El color dentro de la cabina del sumergible cambiaba de tonalidades azul profundo a un tono verde intenso, y la textura borrosa del agua marcaba claramente que estábamos cruzando una capa de mezcla de aguas de temperatura y salinidad diferente. El intenso verdor del agua delataba la abundancia de clorofila A en suspensión, es decir, una gran densidad de algas microscópicas del fitoplancton. El fenómeno ha sido investigado y descrito en detalle en el Golfo de California por un grupo de destacados investigadores mexicanos de varios centros de investigación regionales, quienes han demostrado que alrededor de estos montes submarinos existe una capa de rápido cambio de densidad del agua llamada "picnoclina", donde las aguas más frías del fondo se encuentran con las aguas más cálidas de la superficie, y donde se concentra la mayor parte de la productividad biológica. En el color verde de esta capa marina estaba en buena medida la clave de la riqueza de los montes submarinos de nuestra expedición.

Paradójicamente, para entender la ecología de los montes submarinos es bueno ayudarse pensando en la ecología de las montañas en la tierra. Los investigadores terrestres, y sobre todo aquellos que trabajan en ecosistemas de desiertos, saben que las montañas generan su propio clima: los vientos que ascienden por las laderas se descomprimen y enfrían en su ascenso, condensando humedad que cae en forma de lluvia o niebla sobre las faldas más



altas, y alimentan veneros de agua que desciende a raudales por cañones y arroyos. Los exploradores del desierto saben que cuando una montaña sobresale de las planicies áridas, con certeza encontrarán vida en abundancia y una inmensa diversidad biológica acumulada en matorrales y bosques de altura, y en oasis repletos de humedad en los piedemontes. Es una regla infalible de la geografía biológica: el relieve genera riqueza, abundancia y diversidad.

Aunque desde la superficie todos los cuerpos de agua parecen uniformes, algo parecido ocurre en el mar. La vida marina no se distribuye homogéneamente en todo el océano sino que se acumula cerca de las costas y fondos someros. La biomasa y la diversidad marinas disminuyen a medida que nos alejamos de la costa hacia el mar abierto, y la explicación general es muy parecida a la de las montañas en la tierra: a través de surgencias, las corrientes turbulentas, y el sustrato firme para la vida sésil, el relieve costero mantiene la fecundidad de las aguas y alimenta una profusión de vida marina.

Las surgencias marinas y la concentración de nutrientes que ocurren cerca de las costas, sumadas a la abundancia de luz en las aguas someras, permiten el crecimiento de fitoplancton —algas microscópicas— en abundancia en los ambientes costeros, lo cual a su vez alimenta la cadena alimentaria del mar. Estas áreas someras de alta productividad incluyen, entre otras regiones, los montes submarinos y las islas oceánicas. La riqueza biológica y elevada productividad de los montes submarinos se debe a una serie compleja de factores. Por un lado, el sustrato en sí mismo es un factor de gran importancia: los bajos y los islotes del Golfo de California son inmensos promontorios volcánicos que emergen del fondo del mar y ofrecen un sustrato rocoso donde las formas de vida sésiles o de vida arrecifal (corales, moluscos, equinodermos y peces arrecifales, entre muchos otros) pueden establecerse y prosperar, proporcionando a su vez alimento para otros elementos de la compleja cadena trófica de estos ecosistemas.

Por otro lado, los montes submarinos generan una irregularidad en el movimiento de las corrientes, con turbulencia asociada que lleva al mezclado de aguas superficiales con aguas más

Colonias de *Muricea appressa*, *Muricea austera* y *Muricea fruticosa* en el bajo Marisla.

Los bajos submarinos profundos reciben una alta producción primaria que se evidencia por el color del agua y las altas densidades de formas suspensoras como los abanicos de mar  
Foto © Octavio Aburto-Oropeza.

En las pp. 94-95, voraces y ágiles depredadores, un grupo de jureles verdes *Caranx caballus*, ataca un cardumen de sardinas.  
Foto © Octavio Aburto-Oropeza.









profundas que ascienden desde el fondo, frías y cargadas de nutrientes en suspensión. Así, la perturbación vertical que producen las laderas de los montes submarinos sobre las corrientes genera a su vez la inestabilidad dinámica de las aguas y el mezclado de aguas profundas con aguas superficiales. La contribución de los bajos e islotes a la generación de torbellinos, con perturbación vertical de los estratos de agua, surgencia de aguas profundas y mezclado de las capas de agua, son todos factores, que, sumados a los efectos del sustrato adecuado, refugio ecológico y hábitat protegido, permiten la proliferación de la vida en los montes submarinos, muchas veces visible a simple vista por el tinte verde de las aguas, indicador de grandes concentraciones de fitoplancton y de elevada productividad. Así como el movimiento ascendente del aire mantiene el clima de las montañas en tierra firme, los movimientos complejos del agua y las corrientes oceánicas alrededor de los montes submarinos mantienen su riqueza y productividad. Y el fenómeno atrae individuos que migran largas distancias para participar del festín alimentario. En el Golfo de California un gran número de peces pelágicos corona la cima de los montes submarinos en inmensas agregaciones alimentarias y reproductivas.

Adicionalmente, en la costa peninsular sur del Golfo de California, entre la Bahía de La Paz y Loreto, la gran conectividad biogeográfica es también un elemento que favorece la riqueza y diversidad biológica de los montes submarinos. Geográficamente vinculados con los mares tropicales del sur de México, enlazados hacia el norte del golfo con las aguas frías de la región de las grandes islas (Tiburón y Ángel de la Guarda) e influidos por la Corriente de California que fluye muy cerca, al otro lado del Cabo, los montes submarinos del sur peninsular son sobre todo un “ punto caliente ”, un verdadero *hotspot* de transición geográfica. Sus aguas, agitadas con frecuencia por huracanes y por ventarrones locales como los “ toritos ” de invierno y primavera, y el “ coromuel ” que sopla desde la Bahía de La Paz en verano y otoño, son movidas por vigorosos flujos y transportan larvas y organismos del plancton desde otras regiones, manteniendo un aporte constante de nuevos organismos migrantes que se establecen en los montes submarinos y aumentan su riqueza.

En todas nuestras inmersiones, con pequeñas variantes, el patrón fue el mismo: iniciábamos la inmersión sobre una capa de aguas superficiales de color azul intenso —la zona eufótica, donde la luz solar penetra con más intensidad. El color del agua cambiaba gradualmente hacia una capa transicional de color verde, de alta concentración de fitoplancton, donde la productividad marina es máxima y por debajo de la cual la luz se extingue rápidamente. De esta capa se alimenta buena parte de la biota en los estratos superiores, y aquí parece estar la clave de la riqueza biológica de los bajos y los islotes del golfo. Por debajo de los 100 metros entrábamos a la zona de mínimo oxígeno, marcada por la lluvia de detritus orgánico de las capas superiores y con poca vida por las condiciones de falta de oxígeno que la lluvia de materia orgánica provoca, similar a las condiciones de las “ zonas muertas ” que aparecen en las bocas de ríos y estuarios contaminados por exceso de materia orgánica. Aproximadamente a los 170 metros de profundidad, pasábamos por una nueva capa transicional: la oscuridad era ya completa —la zona disfótica—, el agua se hacía finalmente transparente, la lluvia de detritus cesaba, y volvía la abundancia biológica, pero con especies nuevas y muy diferentes, como los extraños corales de fondos profundos. Estábamos finalmente en las aguas profundas de los montes submarinos, en las entrañas del Golfo de California, donde todo parecer ser inexplorado y el asombroso paisaje submarino está lleno de cosas nuevas e inesperadas.

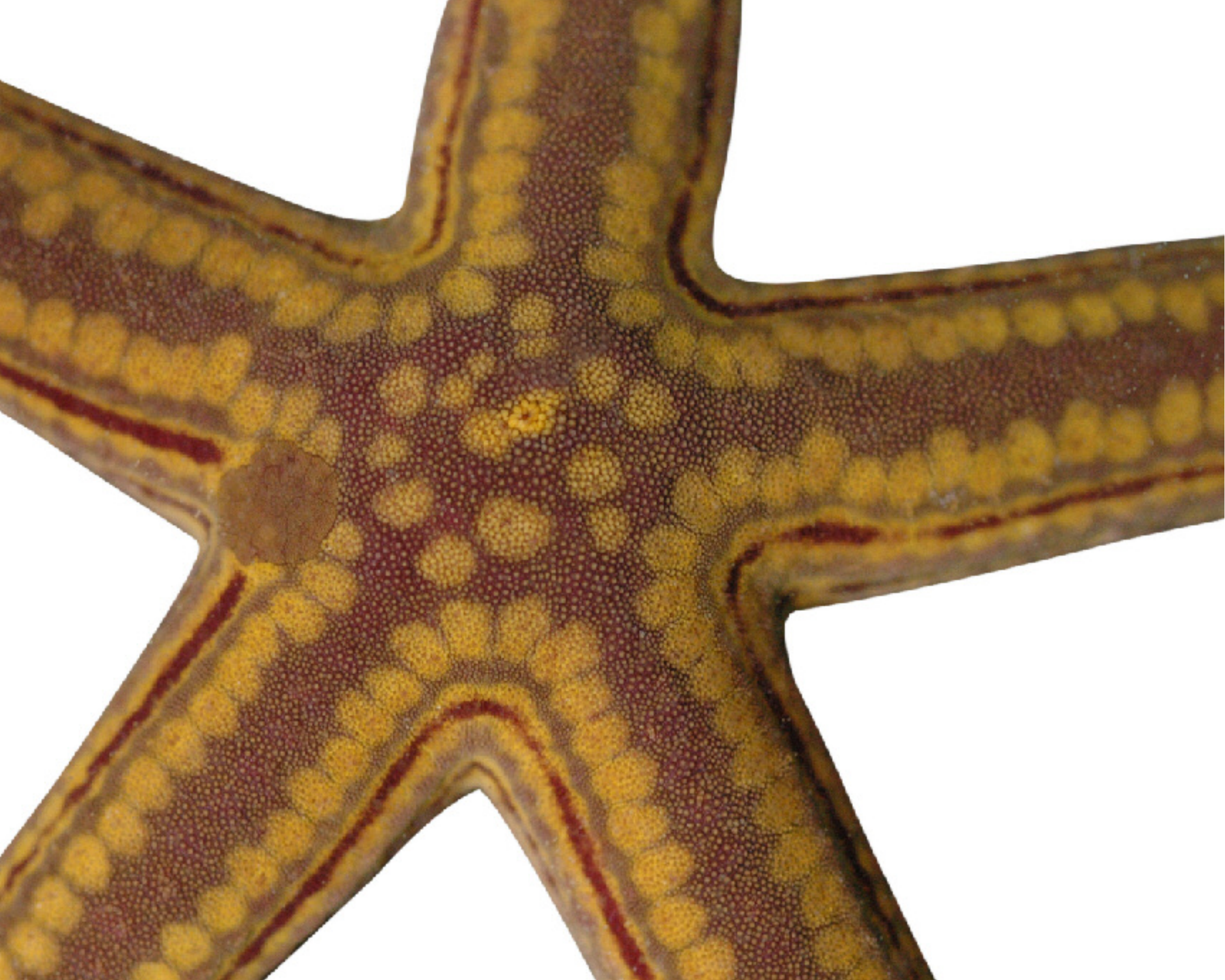
Como en las montañas de la tierra, abajo del mar el relieve de los montes submarinos es fuente vital de productividad y de diversidad biológica.





Un grupo de pargos amarillos  
*Lutjanus argentiventris*, desarrolla  
su comportamiento de cortejo.  
En una densa agregación reproductiva,  
los individuos se mueven  
frenéticamente entre las oquedades  
y grietas que se forman en los arrecifes.  
Foto © Octavio Aburto-Oropeza.





Estrella de mar *Pharia pyramidatus*.  
Foto © Lorenzo Rosenzweig.

## San Diegui to

Octavio Aburto-Oropeza, Margarita Caso, Richard Cudney-Bueno, Brad Erisman, Exequiel Ezcurra, Lorenzo Rosenzweig, Carlos Sánchez-Ortiz, Francisco A. Solís-Marín y Vivianne Solís-Weiss

Este conjunto de bajos se distribuye en varios montes submarinos y arrecifes asociados con el cono volcánico que dio origen a Isla San Diego, una pequeña isla entre las islas de San Jorge y Santa Cruz. El bajo San Dieguito (25°10'N, 110°44'W) yace en su parte más somera unos 5 a 10 metros bajo la superficie del agua, unas dos millas náuticas al suroeste de la isla del mismo nombre. El bajo El Rifle corre como una larga línea de rocas muy someras, uno a dos metros bajo la superficie, en dirección suroeste desde la punta este de Isla San Diego. Su profundidad desciende sobre un fondo arenoso hacia el Canal de San José, al oeste, y al este, hacia la cuenca profunda del golfo.

Las inmersiones en el sumergible produjeron muy poca información sobre los arrecifes profundos. Por debajo de las aguas so-

meras, a profundidades mayores a los 30–40 metros, el hábitat rocoso desaparece y tampoco fue posible localizar pronunciadas laderas donde realizar un descenso profundo. A pesar de ello, pudimos observar grupos densos de pargo lunarejo (*Lutjanus guttatus*), jureles (*Caranx caballus*), cóngridos, escorpénidos y especies de mantarrayas pertenecientes a las familias Dasyatidae y Rajidae.

### **Aguas someras**

En la zona superficial, la plataforma somera de los arrecifes de San Dieguito (10–11 metros de profundidad), reveló ante nosotros una comunidad de equinodermos rica y variada, típica de los arrecifes de coral. En ella, más de 15 especies de estrellas, ofiuros, erizos y pepinos de mar cohabitan en

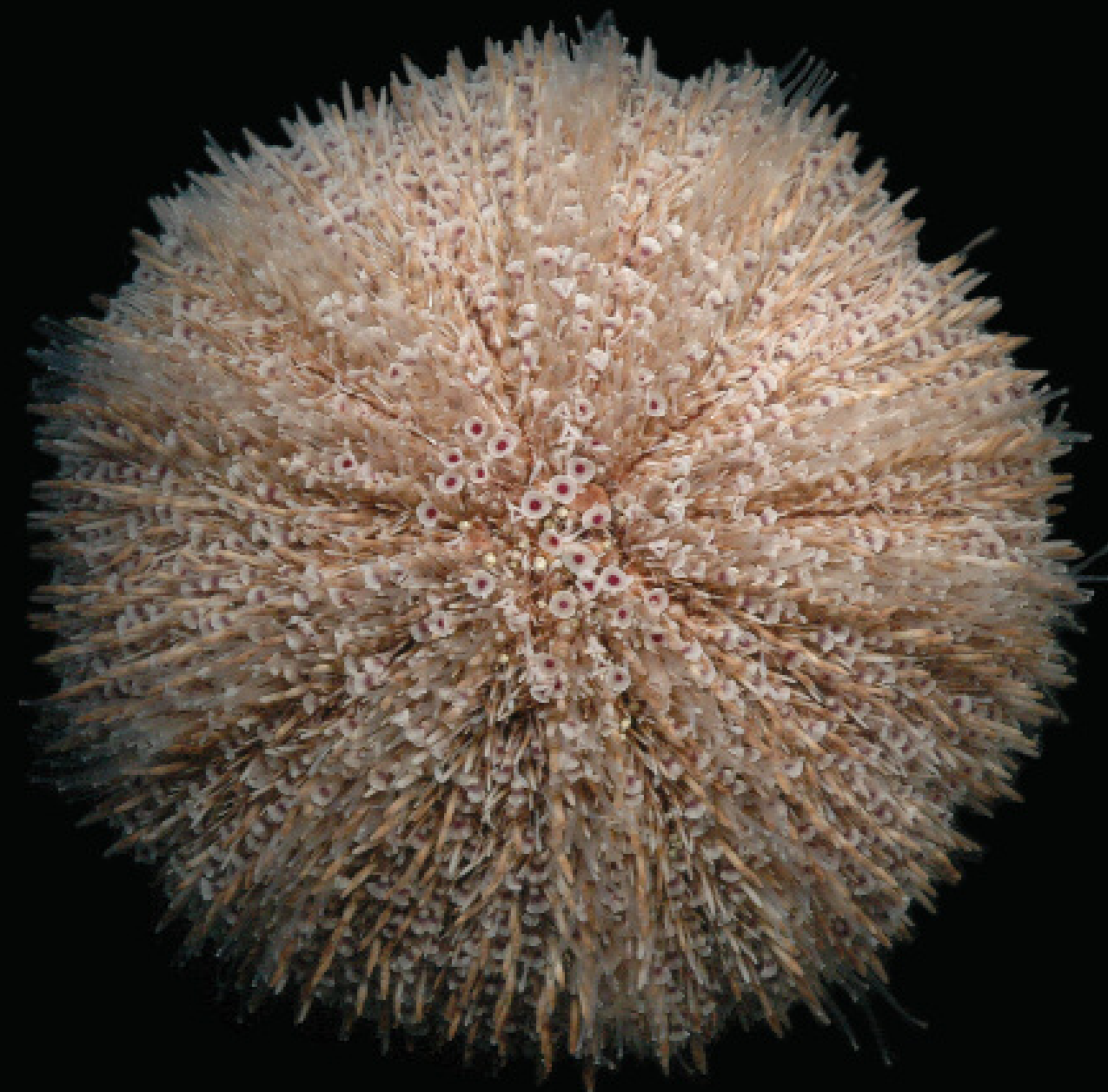


microhábitats muy complejos. Las especies características de la zona arrecifal son los erizos de mar *Toxopneustes roseus* y *Arbacia incisa*, la estrella de mar roja *Mithrodia bradleyi*, la estrella *Eucidaris thouarsii*, y los ofiuroideos *Ophioderma variegatum* y *Ophionereis perplexa*. Los arenales que rodean la zona arrecifal resguardan fauna críptica como el frágil erizo de mar *Lovenia cordiformis*, también llamado ratón de mar por su apariencia, y el bizcocho de mar *Brisus obesus*.

Se observaron asimismo tubos de sabélidos en la arena y un ejemplar de *Bispira* (poliqueto sésil filtrador, como los sabélidos). Había muchos erizos de mar del género *Diadema* pero todos de tamaño pequeño y se vio un nudibranquio grande de color negro, y dos polinoideos. Colectamos también una medusa comúnmente llamada fragata portuguesa (probablemente *Physalia utriculus*) de talla relativamente pequeña (de cuatro a cinco centímetros de largo) y color azul.

Erizo de pétalos rosado *Toxopneustes roseus*.  
Foto © Lorenzo Rosenzweig.

En las pp. 104-105,  
los cirujanos *Prionurus punctatus*, un grupo  
de vistosos peces herbívoros, se reúnen en  
grupos para alimentarse de las algas filamentosas  
que cubren las rocas de los arrecifes.  
Foto © Octavio Aburto-Oropeza.











## Zonas de vida

Carlos Sánchez-Ortiz

Entre la zona superficial (eufótica, por encima de la picnoclina, y de 0 a 150–200 metros de profundidad) y la zona profunda (disfótica, por debajo de la picnoclina, y de 150 hasta 400 metros de profundidad), existe un marcado contraste en la composición de familias, géneros y especies. Mientras que en la zona superficial encontramos familias de esponjas, corales, poliquetos, crustáceos y moluscos de origen tropical-subtropical, tanto de especies de origen Indo-Pacífico como del Pacífico Este tropical, en la zona profunda las familias y especies son de origen templado, templado-frío, reportadas en zonas profundas de aguas frías de Canadá, Alaska y el Mar del Norte.

### Aguas someras

Las comunidades de la zona superficial no se presentan como un continuo desde la superficie hasta los 150–200 metros, sino que la mayoría de las especies tiene una distribución discontinua, agrupándose en dos subzonas: una subzona superficial somera entre la superficie y los 50 metros, y otra subzona superficial intermedia (o subeufótica), entre los 50 y los 150–200 metros. Ambas zonas están conectadas biológicamente por la presencia de familias o géneros evolutivamente relacionados (a diferencia de la zona profunda, donde los grupos son de origen evolutivo diferente), pero a nivel de especies las capas son distintas.

*Subzona superficial somera.* En esta capa más superficial y cálida es evidente la presencia de especies de origen tropical-subtropical, como esponjas (*Aplysina* cf. *fistularis* y *Aplysina*

Los peces soldado *Myripristis leiognathus*, son de hábitos nocturnos y durante el día se esconden entre las grietas de los arrecifes rocosos. Foto © Octavio Aburto-Oropeza.

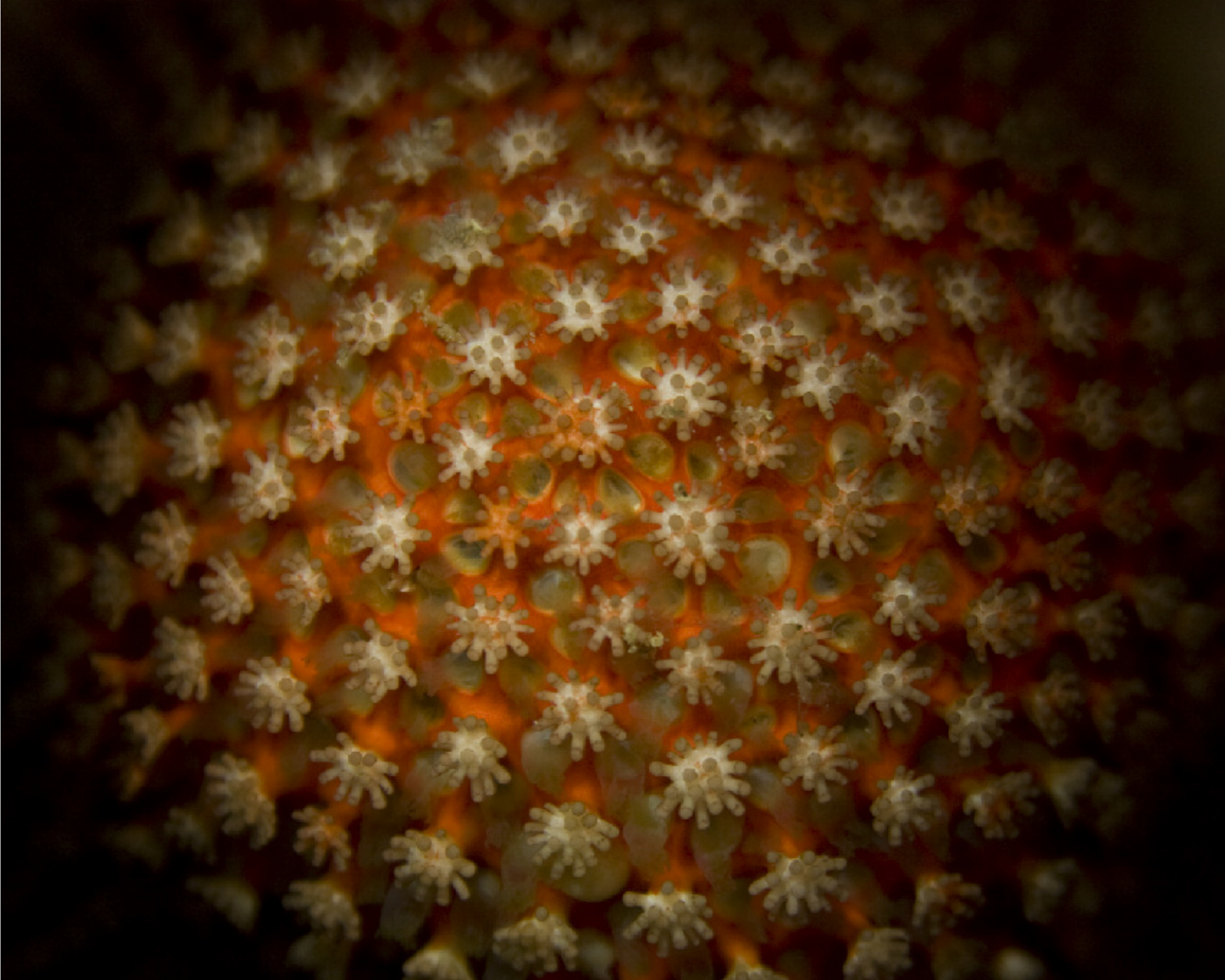


*gerardogreeni*), hidrozoarios (*Lytocarpus nuttingi* y *Plumularia* sp.), abanicos de mar (*Leptogorgia rigida*, *Eugorgia multifida* y *Pacifigorgia agassizii*) y corales pétreos (*Porites panamensis*, *Pocillopora elegans* y *Pavona gigantea*).

*Subzona superficial intermedia.* Entre los 40 y los 50 metros, y los 150 y 200 metros de profundidad es posible observar aún algunas de las especies de la zona somera, junto con algunas especies previamente reportadas para esas profundidades (coral negro *Antipathes galapagensis*, pulpo *Octopus rubescens*, cangrejos *Maiopsis pamamensis*, *Stenorhincus* sp. y alguna especie de galateidos), nuevas especies no reportadas anteriormente (abanicos de mar *Leptogorgia* sp., *Eugorgia* sp., *Pacifigorgia* sp. y *Muricea* sp., pluma de mar *Cavernulina* sp. y varias especies de pequeños crustáceos viviendo en simbiosis entre las ramas de los corales blandos), y especies previamente observadas en el Pacífico de Baja California (lapa gigante *Megathura crenulata*) y California (abanico de mar *Leptogorgia chilensis*), y no reportadas anteriormente para el golfo. Es decir, la subzona intermedia es un ecosistema novedoso, todavía es iluminado por la luz solar pero en penumbra la mayor parte del tiempo, con varias especies que pertenecen a familias o géneros estrechamente relacionados con las especies someras y también, en menor grado, con las especies profundas observadas en la capa disfótica, entre los 200 y 400 metros de profundidad.

Finalmente, conforme se desciende hasta los 200 metros, después de cruzar la primera termoclina, entre los 40 y los 100 metros de profundidad, se presentan las mayores densidades y cobertura de macroinvertebrados de fondos rocosos, asociados con la capa verde de alta densidad de fitoplancton. En su mayoría, a este grupo lo constituyen especies suspensívoras (que se alimentan de plancton y materia orgánica en suspensión) que forman extensos “bosques” o arrecifes de coral negro y abanicos de mar, albergando gran cantidad de cangrejos, galateidos, estrellas canasta y peces. Indudablemente este estrato es importante fuente de asentamiento larval y refugio para especies de este u otros estratos.

Detalle de la piel (cubierta por paxilas)  
de la superficie dorsal del disco  
de la estrella *Tethyaster canaliculatus*.  
Foto © Carlos Sánchez-Ortiz.







Coral pétreo azooxantelado de profundidad (200–400 m) de la familia Dendrophylliidae, bajo Marisla. Foto © Carlos Sánchez-Ortiz.

En las pp. 112-113, en el bajo Candeleros, un pepino de mar *Holothuria fuscocinerea* expulsa una sustancia filamentosa, pegajosa y tóxica como defensa ante un depredador. Foto © Carlos Sánchez-Ortiz.

### Aguas profundas

Las esponjas de esta zona son de la clase Hexactinellida, a las que comúnmente se les llama esponjas vítreas por su esqueleto de sílice cristalizado, todas especies dominantes en aguas profundas. Las extraordinarias especies colectadas (*Acanthascus* sp. y *Farrea* sp.) pertenecen a géneros reportados en aguas profundas de California, Canadá y Alaska. Los octocorales *Anthomastus* sp. y *Paragorgia* sp., al igual que las esponjas, no habían sido registrados para México y son de familias características de aguas profundas (hasta 2 500 metros). De hecho, existe cercana relación filogenética entre *Paragorgia* spp. y las especies del coral rojo o rosa *Corallium rubrum*, característico de zonas profundas y muy utilizado en joyería fina.

También registramos otro grupo característico de zonas profundas, los corales escleractinios o corales pétreos. Estos corales pertenecen a un grupo diverso (1 300 especies) que se divide ecológicamente en dos grupos, los corales formadores de arrecifes (656 especies), de aguas superficiales y tropicales, y generalmente asociados en simbiosis con microalgas (las zooxantelas, que viven en asociación con el pólipo del coral y le dan un color verdoso). El segundo grupo, al que pertenecen nuestros registros (tres especies de la familia Dendrophylliidae cuya identificación precisa está en proceso), está compuesto por 669 especies que no construyen extensos arrecifes y se encuentran en todo el mundo, incluyendo regiones templadas y polares, desde la superficie hasta profundidades de 6 000 metros. Estos corales no se encuentran asociados con microalgas, por ello no dependen de la luz solar y pueden llegar a grandes profundidades, siendo transparentes, blancos o de colores brillantes y llamativos (amarillo, rojo y rosa).

### Productividad en sistemas profundos

En la región de montes submarinos que se extiende entre la Bahía de La Paz y Loreto ocurren procesos geo-oceanográficos que contribuyen a mantener una elevada producción primaria y secundaria. Los camarones eufáusidos (*krill*) son el componente que domina la productividad



secundaria, con tres especies (*Nyctiphanes simplex*, *N. difficilis* y *Euphausia distinguenda*). En particular, en la especie dominante (*N. simplex*), se han registrado en este corredor elevados valores de producción larval por encima de los valores registrados para la costa oeste de Baja California y el resto del Golfo de California. La alta producción señala a este eufáusido como una especie clave en la dinámica trófica de la región, que atrae la presencia anual de las ballenas azul (*Balaenoptera musculus*), de aleta (*Balaenoptera physalus*) y jorobada (*Megaptera novaeangliae*), del tiburón ballena (*Rhincodon typus*) y de la manta (*Mobula thurstoni*). Los eufáusidos son también el principal alimento para los blanquillos (*Caulolatilus* spp.), el pez con mayor importancia en la pesca artesanal en la región.

Durante la expedición, en inmersiones en el DeepSee al atardecer, comprobamos la presencia de eufáusidos y otros grupos en suspensión (anélidos y poliquetos, entre otros), sobre los arrecifes y cercanos a la superficie. Creemos que la gran densidad de suspensívoros como el coral negro, los abanicos de mar y las estrellas canasta entre los 30 y los 100 metros de profundidad se debe con toda probabilidad a las altas densidades de eufáusidos y otros pequeños invertebrados en suspensión, durante su migración día-noche. También es posible que los organismos bentónicos de la zona profunda (en su mayoría suspensívoro y detritívoros) aprovechen en alguna proporción el aporte de la gran producción superficial que llega al fondo en forma de detritus.

El entender estos complejos flujos de energía entre distintas comunidades (bentónicas-pelágicas) dará una visión completa sobre la dinámica de la producción en la región del Golfo de California. Futuras investigaciones dirigidas en este sentido apoyarán estrategias de manejo y aprovechamiento de estos ecosistemas.





## **El**

Ubicados unas cuatro millas náuticas al sur de Punta Baja, el extremo sur de Isla del Carmen, y unas cuatro millas al este de Isla Danzante (25°46'N, 111°11'W), estos bajos yacen, en su parte más somera, unos 10 metros bajo la superficie y bajan muy pronunciadamente hacia el Canal de Danzante y hacia la cuenca profunda del golfo, al este de Isla del Carmen.

### **Aguas someras**

La parte superior del monte submarino, a profundidades alcanzables por medio del buceo Scuba, parecía como si las redes de arrastre la hubieran devastado. A pesar de ser un ambiente rocoso, la parte superior del arrecife se veía plana y arrasada, lo cual sugiere el frecuente roce de las redes de arrastre. Pudimos observar más evidencia

del impacto del arrastre de redes en este bajo al realizar inmersiones profundas con el sumergible.

La zona rocosa del bajo El Cochi (a 22 metros de profundidad) es habitada por especies típicas de zonas someras. Las estrellas de mar color uva (*Tamaria* sp.) son los equinodermos que dominan el paisaje en esta zona, y sólo removiendo las rocas es posible observar a la pequeña estrella de mar irregular (*Astrometis sertulifera*), la cual, a pesar de lo difícil que resulta hallarla, es bastante abundante en este bajo, casi tanto como la misma *Tamaria*. *Astrometis sertulifera* se reproduce asexualmente partiendo su cuerpo en dos, un fenómeno natural llamado fisiparidad, y por eso es tan común encontrar individuos con brazos de distintos tamaños. La fauna de pepinos de mar



es más bien escasa y la especie más común es *Holothuria impatiens*, un pepino de mar muy común en el Golfo de California.

### **Aguas profundas**

La mayor parte de las laderas de este arrecife está formada por pendientes de arena con algunos manchones de roca y escombro. En la arena se veían grandes surcos, aparentemente creados por redes de arrastre de camarón o de otras especies. Parecía como si el fondo hubiera sido arrasado por bombas. Se observaban fragmentos de gorgonios muertos desparramados por el fondo, alrededor de los surcos. En esta zona arenosa con frecuencia observamos el pepino de mar *Holothuria (Vaneyothuria) zaca*, una especie solitaria que habita sobre fondos arenosos.

A pesar de la aparente devastación, las laderas arenosas albergaban una serie de elasmobranquios como pejegatos (*Cephaloscyllium ventriosum*), mantarrayas (Dasyatidae), guitarras (Rajidae), rayas eléctricas (Narcinidae), junto con blanquillos (*Caulolatilus affinis*) y especies de peces pertene-

cientes a las familias Triglidae, Scorpaenidae, Congridae, Paralichthyidae y Callionymidae.

A unos 100 metros de profundidad nos topamos con un gran manchón de arrecife consistente de varios peñascos de gran tamaño cubiertos de gorgonios y perforados repetidamente por pequeñas cuevas y grietas. Protegido de la perturbación de las aguas someras, este arrecife albergaba una gran abundancia de peces arrecifales. Observamos catalufas (*Pristigenys serrula*), mojarras rosadas (*Zalemnius rosaceus*, una especie predominantemente de las aguas frías de la Corriente de California y rara vez observada en el golfo), mariposas guadaña (*Prognathodes falcifer*) y densos cardúmenes de damiselas bicolor (*Chromis limbaughi*). Cuando alejábamos las luces del sumergible de las catalufas (pero podíamos aún verlas en la penumbra), comenzaban a cortejarse. Pudimos ver varias parejas de ellas dando vueltas en espiral, una alrededor de la otra. Tratamos de capturar la escena en el video del sumergible pero lamentablemente se dispersaban en cuanto la luz brillaba sobre ellas.

Estrella de mar *Asteropsis spinosa* en su hábitat rocoso. Foto © Carlos Sánchez-Ortiz.





Para nuestra sorpresa vimos también varios grupos grandes de bayas (*Mycteroperca jordanii*) y cabrillas sardineras (*Mycteroperca rosacea*), viviendo en las grandes grietas de las rocas. El hallazgo fue inesperado porque ambas especies han sido descritas como de aguas someras, y se cree que son raras por debajo de los 30 metros. También vimos en las aguas profundas de este arrecife cabrilla extranjera (*Paralabrax*

*auroguttatus*, importantes por su valor pesquero), coconacos (*Hoplopagrus guentheri*), e incluso unas pocas viejas (*Semicossyphus pulcher*), una especie de aguas someras de las costas de California que entra al golfo siguiendo las temperaturas más bajas de las aguas profundas. Las cabrillas arcoiris y otras cabrillas de talla menor fueron también observadas con frecuencia.

Cabrilla sardinera *Mycteroperca rosacea*, entre las ramas de un coral negro.  
Foto © Octavio Aburto-Oropeza.







La pesquería de estacada  
*Epinephelus niphobles*, también llamada  
baqueta ploma, es una de las principales  
pesquerías en el bajo de El Charro.  
Foto © Octavio Aburto-Oropeza.

## El impacto de las pesquerías

Brad Erisman, Octavio Aburto-Oropeza y Richard Cudney-Bueno

El mar profundo está fuera de la vista —y también de la atención— para la mayoría de las personas, incluso de los científicos, porque forma parte de un mundo diferente, cercano y distante a la vez, que no puede ser visitado sin equipo y vehículos de tecnología muy avanzada. Por esta razón, conocemos muy poco acerca de los organismos y los ecosistemas del mar profundo comparados con los ambientes terrestres, y conocemos aún menos sobre los impactos que la actividad humana tiene sobre ellos.

A pesar de nuestro limitado conocimiento sobre estos ecosistemas, los montes submarinos y los arrecifes profundos del Golfo de California han estado sufriendo los impactos de las actividades pesqueras por más de medio siglo, y ha sido sólo hasta tiempos muy recientes que el daño ambiental generado por estas actividades ha ganado la atención de los investigadores. Es ampliamente conocido que gran parte de las pesquerías costeras y de aguas someras en el mundo están en deterioro o se han colapsado, pero pocas personas saben que la misma tendencia ha ocurrido en las aguas más profundas y más alejadas de la costa.

Las pesquerías comerciales de especies de aguas profundas comenzaron en la década de 1940, con un marcado crecimiento en los años 60, cuando la demanda por productos pesqueros aumentó y las pesquerías de aguas someras comenzaron a declinar. Esto también fue posible por los avances en la tecnología pesquera que permitieron el diseño de barcos más grandes capaces de pescar en el mar abierto a mayores profundidades. En el Golfo de California, la pesca comercial en arrecifes profundos y montes submarinos lleva más de 50 años



de actividad continua, y ha crecido en sincronía con el desarrollo de la pesquería de camarón y de peces de arrecife. Anteriormente, durante décadas, la pesca en el golfo era fundamentalmente una industria a pequeña escala enfocada en las lagunas costeras y aguas someras, donde con poco esfuerzo se extraían toneladas de camarón, tiburón, mero y otras especies de buen valor comercial. La situación cambió a finales de la década de los 70, cuando la región experimentó un tremendo crecimiento en el número de barcos y en el esfuerzo pesquero. En ese momento las pesquerías de aguas someras comenzaron a declinar rápidamente y los pescadores orientaron gradualmente sus esfuerzos hacia las aguas más profundas, donde aún podían mantener una actividad rentable y abastecer la demanda creciente de los mercados.

Hoy, las pesquerías comerciales del Golfo de California tienen como objetivo más de 30 especies de peces de arrecifes profundos y montes submarinos. Entre éstas se incluyen varios tiburones —en especial los peces martillo que usan los montes submarinos como sitios de alimentación y de limpieza—, el mero, las cabrillas, como la baqueta (*Epinephelus acanthistius*), la baqueta ploma o estacuda (*E. niphobles*), la baya (*Mycteroperca jordani*), algunos pargos (*Lutjanus* spp.) y también blanquillos (*Caulolatilus* spp.), entre muchos otros. Como todas las pesquerías de aguas profundas en el mundo, las del Golfo de California han seguido un patrón de crecimiento y colapso, en el que incrementos de corto plazo en las capturas y las ganancias son seguidas por desplomes dramáticos en la productividad unos 5 a 10 años después. En la década de 1970 un solo barco podía capturar en un día hasta una tonelada de meros sobre los montes submarinos y arrecifes profundos del golfo. Actualmente, la pesquería de mero se ha colapsado en la mayoría de estas áreas, y una captura de 100 kilos en un día se considera excepcionalmente buena. Los meros y las cabrillas de gran talla han desaparecido tanto en aguas someras como en arrecifes profundos. El declive pesquero ha forzado a los pescadores a orientar sus esfuerzos hacia especies de niveles tróficos más bajos en la cadena alimentaria del mar, capturando peces cada vez más pequeños y algunos invertebrados de escaso valor.

Los juveniles de la cabrilla extranjera *Paralabrax auroguttatus* viven en los bosques de sargazo presentes en zonas someras de la costa y migran hacia los montes submarinos para reclutarse a las poblaciones adultas.  
Foto © Octavio Aburto-Oropeza.

En las pp. 124-125, el Golfo de California tiene una flota importante de barcos camaroneros cuyas redes de arrastre afectan de manera significativa los fondos marinos en diversas localidades de la región.  
Foto © Octavio Aburto-Oropeza.











El grupo de las cabrillas, que pueden alcanzar tamaños mayores a 1.5 metros, incluye las principales especies comerciales que se explotan en los montes submarinos.  
Foto © Octavio Aburto-Oropeza.

El impacto de la pesca en estos ecosistemas de aguas profundas no se reduce, ciertamente, a la pesca comercial. Las actividades de pesca deportiva no reguladas también han cobrado su cuota de destrucción sobre las poblaciones de peces en estos arrecifes. Por ejemplo, en algunas partes del Golfo de California, como las aguas profundas del norte, la pesca deportiva ha tenido un fuerte impacto sobre las poblaciones de la pescada (*Stereolepis gigas*), una especie protegida en las aguas de California y enlistada como En Peligro Crítico en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Los pescadores deportivos con frecuencia también devastan las agregaciones reproductivas de meros de aguas profundas, como la cabrilla pinta (*Epinephelus analogus*) y la baya, sin límites reglamentarios en la captura o restricciones en la temporada de captura.

Claramente, el rápido ascenso y la brutal caída de las pesquerías de aguas profundas en el golfo han sido resultado de la ausencia de regulaciones legales, pero, sin embargo, el modo de vida de los organismos que habitan estos ecosistemas también ha desempeñado un papel clave en su propio desmoronamiento. La mayor parte de los peces que habita los montes submarinos y los arrecifes profundos, crece muy lentamente, tarda muchos años en alcanzar la madurez, se reproduce esporádicamente, tiene larga vida y pocos depredadores naturales. Peces como las baquetas y la baya, por ejemplo, no se reproducen antes de los siete u ocho años de edad, y pueden vivir más de 30. Esto significa que cuando sus poblaciones son intensamente capturadas puede llevarles muchos años, o décadas, recuperarse.

Los montes submarinos y los arrecifes profundos son llamados con frecuencia oasis marinos —pequeños manchones de arrecifes llenos de vida, rodeados por kilómetros de arena y lodo que concentran densas agregaciones de peces y otras formas de vida marina sobre áreas pequeñas y restringidas donde se alimentan y reproducen. Cuando los pescadores ubican dichas áreas, agregaciones enteras de estas especies pueden ser extraídas en unas pocas semanas, o incluso días. Durante nuestra expedición observamos pescadores



en casi todos los montes submarinos que visitamos. Su principal objetivo era el huachinango (*Lutjanus peru*), una especie de importancia comercial en la región con elevados precios en el mercado, que se reproduce en la transición entre el verano y el otoño. En el bajo Las Ánimas pudimos adquirir de una de las pangas de pescadores, tres individuos de más de 60 centímetros de talla: un macho y dos hembras listas para reproducirse. Aunque esta pesquería se realiza sólo con línea de anzuelo, si la mayoría o todos los adultos reproductivos son capturados de una agregación reproductiva, la población puede desaparecer del arrecife completamente.

Además de las pesquerías comerciales y deportivas específicamente dirigidas a especies de arrecifes profundos, los montes submarinos del Golfo de California no han sido inmunes a los efectos de las redes de arrastre, remolcadas por barcos pesqueros para capturar camarones y peces en el fondo marino. Aunque en el golfo la mayoría de los barcos de arrastre opera sobre fondos arenosos y evita los promontorios rocosos que pueden dañar sus redes, con frecuencia acaba impactando accidentalmente arrecifes profundos y destruyendo todo lo que encuentra en su camino. Desafortunadamente, en la última década un número creciente de barcos “escameros”, es decir, que arrastran las redes de fondo en busca de peces de escama, ha sido también equipado con rodillos especiales que permiten el paso de las redes también sobre arrecifes, especialmente fondos rocosos relativamente planos conocidos como “tepetates”.

El arrastre de redes sobre arrecifes de roca no sólo captura grandes cantidades de especies que no son el objeto del lance de pesca, conocidas colectivamente como “fauna de acompañamiento”, sino que puede destruir comunidades bentónicas completas, particularmente aquellas dominadas por corales, esponjas, abanicos y otros organismos sésiles que se alimentan de plancton y materia orgánica en suspensión. El arrastre de fondo destruye 90% de esta fauna, pulverizando en segundos corales de 200 años y magníficos huertos de invertebrados de fondo para transformarlos en ecosistemas yermos y desolados. Estos organismos

bentónicos constituyen la piedra angular de las comunidades de fondo, a las que proveen el hábitat para peces e invertebrados libres, y en las que reciclan los nutrientes disueltos en el agua y mantienen la calidad del agua filtrando parásitos y bacterias. Las complejas comunidades de los arrecifes proveen refugio y morada a inmensos cardúmenes de peces pequeños, y un rico entramado de peces mayores que se alimentan de ellos. Muchas especies de importancia, como mamíferos marinos, tiburones, atunes y pulpos se congregan sobre los montes submarinos para participar en el festín. Hasta las aves marinas aumentan su densidad en la vecindad de los montes submarinos más someros. La remoción masiva de estos componentes estructurales del ecosistema natural tiene un efecto de cascada en toda la comunidad, causando la ruptura de complejas redes alimentarias y la declinación de la biodiversidad y la productividad locales.

Aunque nuestra expedición nos hizo concientes de lo increíblemente únicos y diversos que pueden ser estos arrecifes, también nos proporcionó una visión de primera mano del desafortunado impacto que ha tenido la pesca en el Golfo de California. Los daños a los ecosistemas del fondo marino superaron todo lo que esperábamos, y fueron visibles desde los arrecifes de aguas someras hasta los fondos a 350 metros de profundidad. En el bajo Marisla los grandes cardúmenes de peces martillo y jureles que en el pasado se congregaban sobre el monte submarino estuvieron ausentes durante nuestra expedición. Redes enmalladas, trampas herrumbradas y restos de líneas de pesca enredadas en las rocas y los corales cubrían tramos de hasta 300 metros o más en los arrecifes profundos; algunas aún se encontraban unidas a restos de peces y cangrejos de profundidad. En muchos de los arrecifes no se encontraban los grandes pargos de aguas profundas que dominaban las pesquerías hasta hace sólo una década. Y, para nuestra sorpresa, encontramos evidencia del daño producido por las redes de arrastre en la mayoría de los arrecifes en las cercanías de la Bahía de Loreto, donde tanto los arrecifes como las escarpas arenosas estaban surcados por grandes trincheras y desnudados completamente por el efecto devastador de las redes. Con tristeza



pudimos observar corales rotos, marcas de arrastre y manchones de roca donde el arrecife estaba desprovisto de peces, invertebrados y vida en general.

Los efectos destructivos de la pesca sobre los arrecifes profundos son especialmente preocupantes si se considera que grupos enteros de especies se encuentran con frecuencia sólo en una localidad, de manera que su remoción mediante la captura puede resultar en la extinción inmediata. En todos los mares del mundo la extraordinaria fauna arrecifal está siendo dragada por las redes de arrastre con mayor rapidez que la tala de los bosques de la Amazonía, con el mismo trágico resultado de pérdida de especies biológicas, algunas de las cuales desaparecen incluso antes de que puedan ser descritas por la ciencia.

Las pesquerías de aguas profundas de todo el planeta han demostrado ser empresas efímeras y económicamente insostenibles, y han resultado en la rápida pérdida de sus recursos, en extinciones biológicas y en el daño irreparable a ecosistemas antiguos, de lento crecimiento e inmenso valor. Unos pocos países, como Australia, Nueva Zelanda y Canadá, han reconocido la magnitud del problema y han tomado algunas primeras medidas para proteger sus montes submarinos y arrecifes profundos a través de la creación de reservas marinas.

Acciones similares son urgentemente necesarias en el Golfo de California para proteger estos frágiles ecosistemas. Si no se toman medidas en un futuro cercano para regular las pesquerías de arrecifes profundos, la diversidad marina y la productividad de esta región única continuarán deteriorándose, junto con las comunidades que dependen de los recursos del golfo para mantener su modo de vida y su propia sobrevivencia.

Los cardúmenes de grandes depredadores como los jureles *Caranx sexfasciatum*, se congregan en los montes submarinos buscando alimento.  
Foto © Octavio Aburto-Oropeza.

En las pp. 132-133,  
pescadores de panga en el bajo Marisla, cerca de la isla Espíritu Santo, extrayendo cochitos *Balistes polylepis*, y huachinangos *Lutjanus peru*.  
Foto © Lorenzo Rosenzweig.











Estrella de mar corona de espinas  
*Acanthaster planci*, alimentándose de  
los pólipos de un coral pétreo.  
Foto © Octavio Aburto-Oropeza.

## La red de vida en el arrecife

Carlos Sánchez-Ortiz

Los montes submarinos son agrupaciones de seres vivos interactuando unos con otros en una red inmensamente compleja. En el mar, las relaciones de depredación son comunes, la supervivencia es un problema de competencia y de supremacía, de matar o morir, de comer o ser comido. Pero en los montes submarinos y los arrecifes también son muy frecuentes, y extremadamente interesantes, las interacciones positivas —aquellas en las que la vida es impulsada entre especies que colaboran unas con otras para sobrevivir. Aquí, la vida está marcada no sólo por la competencia y la depredación, sino también por la simbiosis y la supervivencia. No es tanto un asunto de supremacía como lo es de cooperación.

Las interacciones positivas entre especies pueden ocurrir en muchas modalidades, pero las más comunes son: el mutualismo, donde la relación es necesaria y benéfica para ambos simbioses, por ejemplo la anémona y el pez payaso, o la microalga (zooxantela) y el pólipo de los corales pétreos; el comensalismo, donde una especie huésped se beneficia de la interacción, y la otra, el hospedero, no es afectada, como la manta gigante y la rémora, o las ballenas y los balanos en su piel, y el parasitismo, donde el huésped sobrevive a expensas del hospedero y, al hacerlo, afecta su desarrollo, como los crustáceos copépodos en la piel del pez espada, o los gusanos nemátodos en la piel de los peces.

Varias de estas relaciones fueron observadas en macroinvertebrados durante nuestra expedición. Los huéspedes que encontramos pertenecen a cnidarios (anémonas), crustáceos (camarones carideos, cangrejos, cangrejos ermitaños, percebes), moluscos (caracoles) y poliquetos (gusanos marinos); mientras que los hospederos fueron esponjas, cnidarios (abanicos





Vista de los tentáculos bucales y anillo calcáreo del pepino de mar *Isostichopus fuscus*. También se observan pequeños caracoles parásitos *Melanella townsendi*. Foto © Carlos Sánchez-Ortiz.

de mar, plumas de mar, corales pétreos, corales negros, hidrocoral), equinodermos (estrellas, erizos, pepinos y arañas de mar) y moluscos (almejas). Una interesante relación parasitaria fue la observada entre pequeños caracoles que se alimentan de los tentáculos bucales del pepino de mar *Isostichopus fuscus*, fotografiados por primera vez durante nuestra expedición.

### **Los corales y sus huéspedes**

Los corales (pétreos, coral negro, abanicos de mar) de mares tropicales son bien conocidos por su accesibilidad, elevada diversidad y belleza. Sin embargo, es poco sabido que estos corales también están ampliamente distribuidos en aguas frías y/o profundas de los océanos. Los corales ofrecen gran variedad de microhábitats y sustrato para otras especies con las cuales se asocian íntimamente, de manera total o parcial, durante su vida. La clave de ello es la morfología arborescente de los corales, ya que permite que sus colonias de organismos (pólipos) se eleven sobre el sustrato donde ocurre un mayor flujo de agua, maximizando el volumen de agua y, por tanto, el acceso al alimento que pasa sobre el coral y organismos asociados.

### **Los crustáceos como comensales coralinos**

Muchos animales como esponjas, planarias marinas, poliquetos, camarones, cangrejo, arañas de mar, moluscos y peces, viven en los corales sin causarles un aparente daño en circunstancias normales. En la mayoría de los casos la relación entre el coral y sus comensales es arbitraria, y el comensal es capaz de vivir en diferentes especies de coral o vivir de manera independiente. La asociación más extraordinaria es cuando el comensal tiene una relación obligada con una especie particular de coral, a través de su proceso evolutivo, ha modificado su color, morfología, conducta y ciclo reproductivo.

En el Indo-Pacífico se han reportado al menos 120 especies de camarones y cangrejos como comensales obligados de corales, que frecuentemente viven entre las ramas o tentáculos. Otros, como el cangrejo galería (*Hapalocarcinus marsupialis*), viven en las puntas del coral donde construyen su hogar permanente, formando galerías que causan un crecimiento anormal



del coral. También existen especies que se adentran más, ocupando las cavidades de los corales como pequeñas almejas (*Fungiacava*) o gusanos poliquetos (*Toposyllis*). Para la región del Pacífico americano se han reportado cerca de 30 especies de camarones y cangrejos que son simbioses obligados de corales, erizos y estrellas. Estos huéspedes pueden alimentarse del mucus del hospedero, así como de pequeños invertebrados, algas o sedimento.

Los arrecifes rocosos someros (hasta 20 metros) de la región sur del Golfo de California están caracterizados por 16 especies de corales pétreos de los géneros *Pocillopora*, *Porites*, *Pavona* y *Psammocora*. Para las especies de *Pocillopora* se han reportado nueve especies de camarones y cangrejos simbioses obligados (siete fueron observadas durante nuestra expedición, y la mayoría de las especies (huésped y hospedero) de muy amplia distribución, reportándose hasta en el Indo-Pacífico y el Mar Rojo. Los cangrejos del género *Trapezia* y el camarón pistolero *Alpheus lottini*, son simbioses dominantes que se esconden entre las ramas del coral y se alimentan del mucus de coral, rico en lípidos. Ambos, cangrejos y camarones, defienden activamente el coral de intrusos e incluso de ataques por parte de sus peores depredadores, como la estrella corona de espinas (*Acanthaster planci*), a quien pellizcan sus podios con las pinzas. Esta simbiosis, además, incrementa la vitalidad del coral por la promoción de las actividades de limpieza y la elongación de sus ramas.

#### **Cripsis, mimetismo, camuflaje**

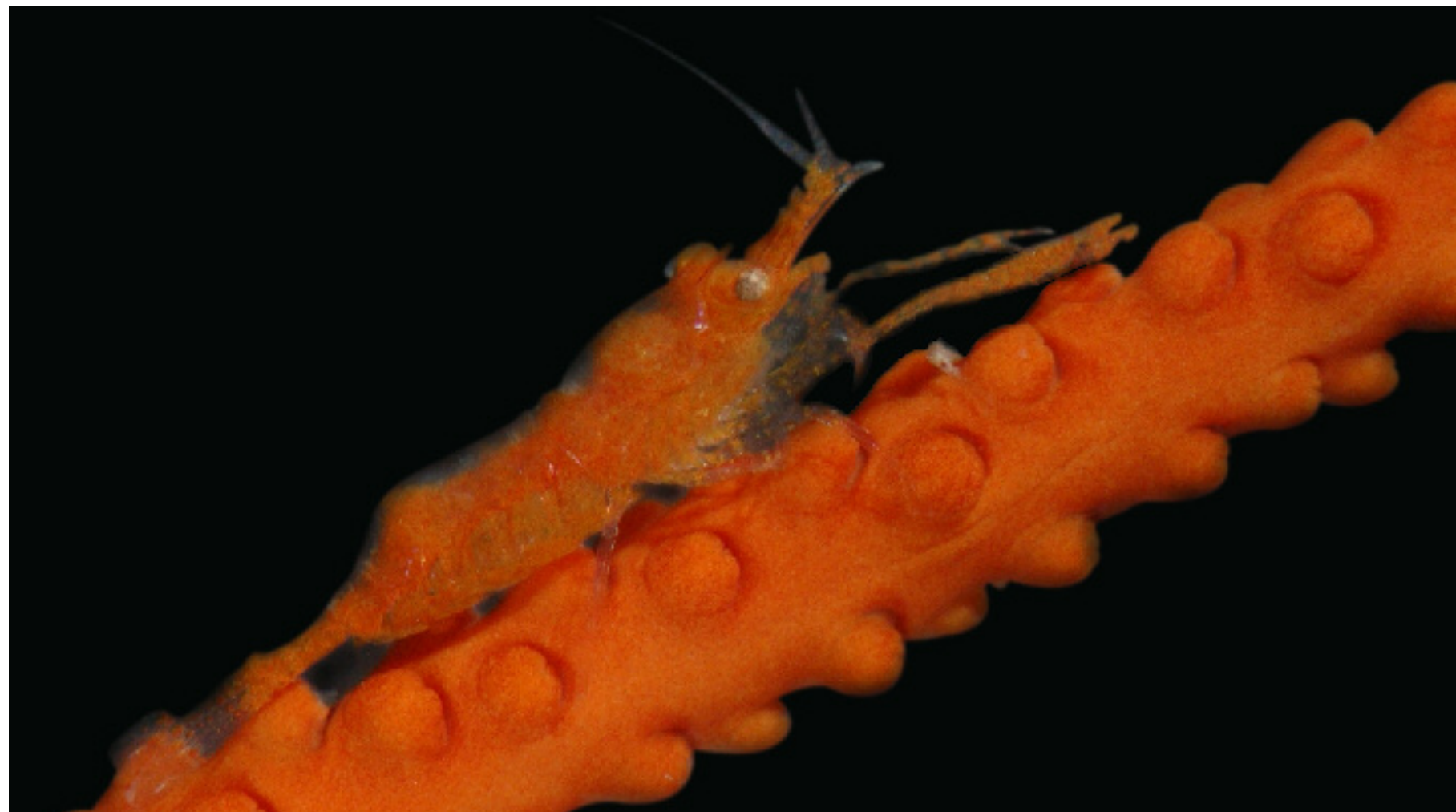
En varias de las especies de cangrejos y camarones simbioses se observa un fenómeno de similitud morfológica con partes anatómicas de su hospedero (mimetismo), o se ocultan imitando el color de su hospedero (camuflaje o mimetismo visual). La cripsis es un concepto más amplio que el mimetismo o el camuflaje para confundirse con el ambiente. Esta adaptación evolutiva puede producir formas simbióticas extraordinarias y únicas como resultado de su influencia recíproca.

En nuestra expedición submarina observamos que los ambientes profundos, de 20 a 150 metros, son dominados por elevadas densidades de abanicos de mar (*Muricea*, *Leptogorgia*, *Eugorgia*, *Pacifigorgia* y *Ellisella*) y coral negro (*Antipathes*), y constituyen verdaderos “bosques” de

Cangrejo de porcelana *Quadrella nitida* (hembra con huevos), simbiote del abanico de mar *Muricea fruticosa*. Foto © Lorenzo Rosenzweig.







Especie nueva de camarón carideo, subfamilia Pontoniinae (macho), asociado al abanico de mar *Ellisella limbaughii*, con el que se mimetiza copiando su color.  
Foto © Lorenzo Rosenzweig.



Los camarones carideos *Sandyella tricornuta*, simbioses del coral negro *Antipathes galapagensis*, se mimetizan con su hospedero imitando tanto el color como la forma de los pólipos .  
Foto © Carlos Sánchez-Ortiz.



alta diversidad. El conocimiento sobre la fauna asociada a estos corales, sobre todo los de profundidad, es principalmente anecdótico. En particular, observamos una sorprendente relación comensal entre el abanico de mar *Muricea fruticosa* y su cangrejo huésped *Quadrella nitida*. Este cangrejo, que vive entre las ramas del abanico, tiene un exitoso camuflaje debido a que, por un lado, el tono de su cuerpo se mimetiza con el color blanco de las ramas en su base y, por el otro, el tono de sus pinzas se mimetiza con el rojo de las ramas en su parte más alejada.

Otros casos extraordinarios son las especies de camarones que se asocian con abanicos de mar y corales negros, ya que muestran mayor especificidad huésped-hospedero. Incluso en el Pacífico americano se tienen géneros endémicos de camarones simbioses (*Sandyella*, *Veleronia* y *Pseudoveleronia*). Se conoce poco sobre los géneros y especies; de hecho, tenemos la certeza que en nuestra expedición encontramos al menos dos especies nuevas de camarones de la subfamilia Pontoniinae, asociados con abanicos de mar. La nueva especie de camarón Pontoniinae sp. 1, que vive en el abanico de mar *Leptogorgia* sp. (también una nueva especie), tiene el cuerpo transparente con ciertas áreas blancas, lo que hace que éste sugiera el color y la forma de los pólipos blancos del abanico. Igualmente notable fue el caso del camarón Pontoniinae sp. 2, asociado con el abanico de mar *Ellisella limbaughi*, donde el camarón, de color naranja, se camufla con el abanico del mismo color, tanto en la colonia como en sus pólipos. Las cuatro especies fueron fotografiadas por primera vez durante nuestra expedición.

El caso del camarón *Sandyella tricornuta*, huésped del coral negro *Antipathes galapagensis*, toma el color verde-amarillo fluorescente de los pólipos del coral negro. Lo más extraordinario es que sólo las hembras (dos veces más grandes que el macho y, aun así, su talla máxima es de un centímetro) poseen notables espinas dorsales que aparentan la forma de los pólipos de coral negro (fotografiado por primera vez).

También en una especie de coral negro (*Miyriopathes* cf. *ulex*) se observó otra evolución convergente morfológica, ya que su huésped, el crustáceo cirripedio pedunculado (*Oxynaspis* cf. *rossi*), ha desarrollado pequeñas espinas en su cuerpo que asemejan las espinas del esqueleto del coral negro (fotografiado por primera vez).

Otra asociación extraordinaria es la del cangrejo ermitaño *Manucomplanus varians* con su huésped, el hidrocoral *Janaria mirabilis*. La relación es mutualista ya que el hidrocoral que crece sobre la concha de caracol donde habita el ermitaño actúa como camuflaje de la “casa” donde vive el cangrejo; por su parte, el cangrejo ermitaño ha desarrollado una quela plana (de ahí su nombre científico) que sirve a modo de una efectiva tapa para evitar la incursión a su casa de cualquier intruso o depredador.

### Col oraci ón

La explicación sobre el mimetismo en especies simbióticas se vincula con el éxito en la sobrevivencia que depende de su perfecta semejanza con el hospedero en cuestión. Por ende, el uso del color asume una notable importancia ecológica. El color, especialmente su patrón, es un importante carácter diagnóstico en el reconocimiento específico en camarones y cangrejos simbioses. El extraordinario mimetismo observado en varias especies de crustáceos, moluscos y anélidos hace difícil distinguir al huésped de su hospedero. La imitación perfecta del color final de los hospederos se logra por diferentes vías o por una combinación de ellas. Una es la homocromía alimentaria, como en el caso del caracol *Epidendrium billeeanum* que se alimenta del coral de copa naranja *Tubastrea coccinea*; en la mayoría de los casos el color del cuerpo es consecuencia directa de la cantidad de pigmentación del anfitrión. Otra es por control hormonal, que determina la dispersión, el arreglo y la densidad de pigmentos de los cromatóforos que producen varias tonalidades, distintas clases de pigmentos (xantófilas) y su combinación, o pueden simplemente ser transparentes.

Muchos de estos organismos con frecuencia muestran mimetismo de forma desarrollando estructuras externas similares a las del hospedero, como el sorprendente camuflaje de un poliqueto de la familia Polynoidae, asociado a la araña de mar *Ophionereis annulata*, y los pequeños crustáceos asociados al coral negro, que imitan tanto el color y como la estructura polipoide del hospedero.

En las pp. 144-145, asociación de mutualista entre el cangrejo ermitaño *Manucomplanus varians* con su huésped, el hidrocoral *Janaria mirabilis* que le proporciona cubierta y refugio, y lo protege de los depredadores. Foto © Octavio Aburto-Oropeza.









## Epí l ogo

Exequiel Ezcurra y Lorenzo Rosenzweig

En teoría, la actividad científica debería estar separada de las emociones. La ciencia pertenece al mundo del conocimiento objetivo, al campo de las verdades irrefutables, al espacio de las pruebas de hipótesis, al universo de las demostraciones y de los teoremas. Las emociones, en cambio, residen en el impetuoso terreno de las pasiones y de los sentimientos subjetivos. Pero, ¿qué es una realidad sino el resultado de una percepción? ¿Qué sentido tiene el mundo natural si no es visto a través de los ojos del compromiso, si no es palpado con arrebatos, si no es vivido con emoción?

Quizás por esta aparente contradicción entre la objetividad científica y la pasión conservacionista, el día que finalizamos la expedición estábamos todos con un nudo en la garganta. Acabábamos de vivir unas de las semanas más intensas de nuestras vidas, rodeados de mar, lluvia y estrellas, de formas de vida, extrañas y maravillosas, que quizás nunca más volveríamos a ver; trabajando como grupo con un compromiso y una dedicación como pocas veces habíamos visto antes. La riqueza de esa interacción creativa entre nosotros y con el mundo marino que nos rodeaba se adueñó de nuestros sentimientos.

La biología con frecuencia nos enseña que la evolución biológica es un asunto de supremacía entre organismos, de competencia, de matar o morir. Vemos el cambio evolutivo como el resultado de una naturaleza de garras y dientes afilados. Pero en los montes submarinos la vida parece ser más bien una fiesta de cooperación. En la expedición pudimos ver la danza de los peces en las grandes agregaciones reproductivas, nos sumergimos entre ellos y observamos su frenesí de vida. Un tiburón ballena nos siguió por dos días, encontrándose con



nosotros cada vez que buceábamos. Nosotros y él, en una interacción biológica que tenía mucho más de regocijo que de agresión.

Y vimos las cascadas de agua descender chispeantes a la luz del crepúsculo desde lo alto de la Sierra de la Giganta, después que la tormenta tropical Julio trajo su pulso de vida a oasis y estuarios y costas y mangles. Y el desierto y la costa cambiaron de golpe para vestirse de verde.

Vimos cangrejos como hechos de porcelana, que viven hospedados entre las ramas de los corales y protegen la salud de su anfitrión persiguiendo a cualquier depredador que se acerque. Y pequeños camaroncitos del mismo color intenso del coral que los alberga, alimentándose de las mucosas que segregan los pólipos, y al mismo tiempo limpiando la superficie de la colonia de posibles infecciones y ataques microbianos.

Y buceamos entre multitudes de peces arrecifales, con los colores más extraordinarios que pueda uno imaginarse. Coloraciones crípticas con las que se esconden de posibles depredadores, tonos brillantes con los que señalan su aptitud reproductiva y atraen las mejores parejas, miles de diseños, patrones y formas, usadas para seducir parejas, para esconderse de posibles ataques, para atraer a especies benéficas. Formas, colores, mensajes químicos y danzas rituales que envían señales inconfundibles a otros individuos, que atraen peces reproductivos al cardumen, que incitan a una pareja a desovar juntos, o que rodean de camuflaje al organismo hasta hacerlo indistinguible del entorno. Mensajes sutiles que guían el nado de los peces, o dirigen el movimiento vertical de los pequeños crustáceos cuando flotan.

Los montes submarinos vibran con una red de comunicación propia.

Con frecuencia percibimos la naturaleza como un mundo de muerte y de conquista, pero al visitar los montes submarinos del Golfo de California se nos reveló de manera extraordinaria que la supervivencia de la vida sobre la tierra está basada en la cooperación tanto como está vinculada con el combate. En los montes submarinos la vida es, fundamentalmente, el resultado de las interacciones para la supervivencia y para la reproducción. Dicho sin recato, la simbiosis y el sexo.

En las pp. 146-147,  
tiburón ballena *Rhincodon typus*.  
Foto © Octavio Aburto-Oropeza.

Colectamos especies nuevas que mantendrán atareados a los expertos por meses y años. Medimos densidades, contamos especies, estimamos valores de biodiversidad, organizamos archivos de foto y video como línea de base para monitorear cambios ambientales en el futuro. Y apenas pudimos —en 10 días— atisbar una parte minúscula de ese maravilloso universo. Quedaron tantas especies por identificar, tantos ambientes por explorar, tantas cosas por aprender, tantas preguntas por responder.

Pero alcanzamos a entender que estos montes submarinos son sitios de inmensa riqueza biológica, degradados por una pesca excesiva y depredadora, pero con el potencial de recuperarse y de atesorar esta parte singular de la riqueza evolutiva del planeta.

En extensión, los montes submarinos y los arrecifes rocosos costeros del Golfo de California ocupan sólo unos 100 kilómetros cuadrados, menos de un milésimo de la superficie del golfo, pero proveen de sitios de reproducción a una inmensa cantidad de peces de gran valor comercial. Junto con los manglares —donde pasan sus etapas juveniles una miríada de peces de mar abierto—, los puntos de surgencia de las grandes islas del Golfo Medio —que mantienen las grandes pesquerías de sardina y anchoveta— y los fondos arenosos del Alto Golfo —que mantienen las inmensamente ricas pesquerías de camarón y curvina—, los montes submarinos son piedras angulares del gran ecosistema marino del golfo. Aquí es donde las especies del mar se alimentan, aquí es donde se reproducen, aquí es donde una gran proporción de la vida arrecifal se refugia.

Hubo un tiempo en que los humanos éramos también parte funcional de los ecosistemas, de esa cadena de simbiosis y pasión de los sentidos. Un tiempo en el que hacíamos nuestras casas de tierra y piedra y restos vegetales, en que teñíamos nuestras telas con las secreciones del caracol púrpura, en que pintábamos nuestras casas con el blanco de la cal, esa cal que proviene de millones de años de sedimentos marinos. Un tiempo en el que éramos capaces de obtener nuestros alimentos del mar sin arrasar el fondo del océano. Un tiempo en el que protegíamos los oasis del desierto para regar nuestros cultivos con acequias llenas de verdor y en el que compartíamos el agua con el resto de las especies vivas en vez de saquearla de



las entrañas de la tierra. Un tiempo en el que los manglares vivían con el agua dulce que llegaba por los ríos y entregaban su riqueza de peces, larvas y nutrientes al mar abierto. Hasta hace unos pocos siglos, éramos parte indudable de ese inmenso retículo de comunicaciones que conforman el mundo natural, parte inseparable de la compleja trama de la vida. Hubo un tiempo, en fin, en el que entendíamos las señales de los demás seres vivos y hablábamos el lenguaje de la tierra. Después vino el saqueo indiscriminado de los mares y, con ello, el colapso de pesquerías; el bacalao en el Mar del Norte, la sardina en California, la anchoveta en Perú, el atún de aleta azul en el Mediterráneo, los tiburones en todos los mares, y la desaparición de los grandes peces.

La expedición a los montes submarinos nos acercó nuevamente a articular ese lenguaje ancestral de la vida, a vibrar también nosotros en la inmensa red de señales del arrecife.

Pudimos ver, de primera mano, que nuestros mares y nuestras costas, altamente productivos y ricos en recursos, son también inmensamente frágiles. Como islas sumergidas, como oasis bajo el mar, la vida que generan estos ecosistemas se dispersa por todo el Golfo de California y perpetúa el ecosistema marino.

Conservar estos lugares únicos es vital. Como sitios de reproducción y desove, aseguran la salud del ecosistema marino, indispensable para mantener la viabilidad de toda la región. Pero la conservación de los montes submarinos es también una obligación moral, un tema de orgullo y pertenencia, una responsabilidad de México con su legado natural.

La riqueza submarina del Golfo de California nos abrió sus puertas pero, al ver la belleza de la vida profunda, nos vimos también con cierto temor a nosotros mismos y a nuestra capacidad destructiva. Y pudimos entender la inmensa responsabilidad que pesa sobre nuestros hombros.

Sobre el fondo de un atardecer en la Sierra de la Giganta, el sumergible DeepSee regresa al barco nodriza después de la última inmersión del día en el bajo San Marcial. Foto © Lorenzo Rosenzweig.

En las pp. 152-153, atardecer en el bajo Las Ánimas: los pargos amarillos *Lutjanus argentiventris* y un pez perico *Scarus ghobban* se mueven frenéticamente en busca del lugar donde pasarán la noche, mientras los corales de copa naranja comienzan a abrirse para alimentarse. Foto © Octavio Aburto-Oropeza.











Steve Drogin tomando fotografías durante una expedición de buceo en Filipinas. Foto © Hiro Drogin.

## Acerca de Steve Drogin

Exequiel Ezcurra

El 15 de abril de 2009, unos siete meses después de que nuestra expedición submarina finalizara, Steve Drogin falleció durante un retiro en una remota región de India. Murió pacíficamente de un ataque al corazón, con su esposa Hiro Drogin a su lado. Tenía 69 años y hasta ese triste día había estado siempre en perfecta condición física y había gozado de excelente salud.

Steve prosperó en San Diego como un desarrollador inmobiliario, pero desde que obtuvo su certificación como buzo Scuba en 1958, su verdadera pasión fue el buceo, la fotografía submarina y los viajes a destinos remotos en busca de aventuras. En 1998 se retiró de su trabajo para dedicar el resto de su vida a su verdadero amor —la exploración del mar. Fue entonces cuando lo conocí.

Nos encontramos por primera vez en el Museo de Historia Natural de San Diego gracias a un amigo común, el gran naturalista Norman Roberts, quien nos presentó. Poco después, Steve me invitó a su casa a cenar, junto con Bárbara, mi mujer, y nuestros dos hijos. Tenía al don de hacer amigos con personas de cualquier edad, y muy pronto supo que mi hijo Pedro, de unos nueve años en ese entonces, era alumno de la escuela primaria de Lemon Avenue, la misma donde él había completado sus estudios medio siglo antes. Desde ese momento los dos se hicieron como viejos camaradas y hablaban de su experiencia escolar como verdaderos compañeros de clase. Pedro estaba impresionado por este aventurero fascinante que le prestaba tanta atención. Después supe que Steve siempre tuvo un compromiso profundo con la educación y los jóvenes. Había preparado



audiovisuales con sus fotografías submarinas que a menudo presentaba en escuelas de barrios populares para atraer a jóvenes hacia la investigación y el ambiente marino.

Después de aquel día continuamos encontrándonos casualmente en innumerables ocasiones: la reunión anual de la Asociación Norteamericana de Fotógrafos de Naturaleza, conferencias en el Scripps Institution of Oceanography, la apertura de exhibiciones en el museo y otros eventos similares. Como un ritual de amistad y aprecio, comencé a enviarle ejemplares de libros que había editado o sobretiros de artículos que había publicado, y él me enviaba copias de sus maravillosas fotografías. Era un intercambio gozoso del cual yo siempre llevaba la mejor tajada.

Después empezaron los correos electrónicos. Cuando las comunicaciones por computadora se desarrollaron, Steve rápidamente se hizo experto en enviar correos desde cualquier parte del mundo, informando a sus amigos qué estaba haciendo, dónde, de qué se trataba su última aventura, qué fenómeno asombroso estaba impulsando sus andanzas. Y anexaba increíbles imágenes digitales a sus mensajes, compartiendo sus descubrimientos con todos sus amigos alrededor del mundo.

Steve escribía sus mensajes utilizando una tipografía inmensa y escandalosamente azul, imposible de no ver. Sus textos saltaban desde la pantalla de la computadora, gritando el nombre de Steve Drogin. Los textos eran noticiosos, llenos de sentido del humor, informativos y graciosos. Tenía el raro don de escribir exactamente como hablaba. Era como tenerlo hablando al lado.

Entusiasmado con el proyecto de este libro, el 31 de enero de 2009 nos envió su texto para el prólogo. Un mes y medio después recibí su último correo. En la ya usual enorme tipografía azul, se leía:

Esta mañana presenté en Chicago mi nueva película submarina en alta definición a los niños de las escuelas.

Un alumno de cuarto grado me preguntó... "¿Por qué Estados Unidos no

pone más dinero en la exploración del océano, algo similar a la que ponemos explorando el espacio exterior?"

Le di la mejor respuesta que pude en ese momento, pero me dejó pensando.

¿Qué respuesta le hubieran dado ustedes a esta pregunta?

Casi exactamente un mes después, Steve había fallecido. No sé si encontró una respuesta satisfactoria a esta pregunta —sé con certeza que yo no la he encontrado. Pero en más de una manera murió buscando la respuesta. Vivió fiel a sus principios y persiguió apasionadamente su búsqueda de nuevos horizontes y nuevas empresas, siempre averiguando maneras de proteger los mares que tanto amaba.

Steve era una de las almas más generosas que he conocido jamás. Apoyaba el trabajo de jóvenes estudiantes en Scripps, de la misma manera, espontánea y altruista, que apoyaba a jóvenes fotógrafos mexicanos de naturaleza. Su desprendimiento no conocía límites.

Su sed de aventura era insaciable. Siempre estaba buscando nuevos destinos, nuevas culturas, nuevas voces, nuevos ámbitos. En una de esas maravillosas cenas en su casa en Pacifica Drive me habló de sus planes de construir un sumergible de aguas profundas para sus expediciones. No podía creer lo que estaba oyendo; ni siquiera sabía yo entonces nada acerca de sumergibles de aguas profundas y no podía imaginar que una persona pudiera poseer uno. Pero con Steve, todo parecía posible. Tomaba decisiones atrevidas y las seguía hasta sus últimas consecuencias. Descubrimiento y asombro, de eso se trataba su vida entera.

Y así, se construyó el sumergible.

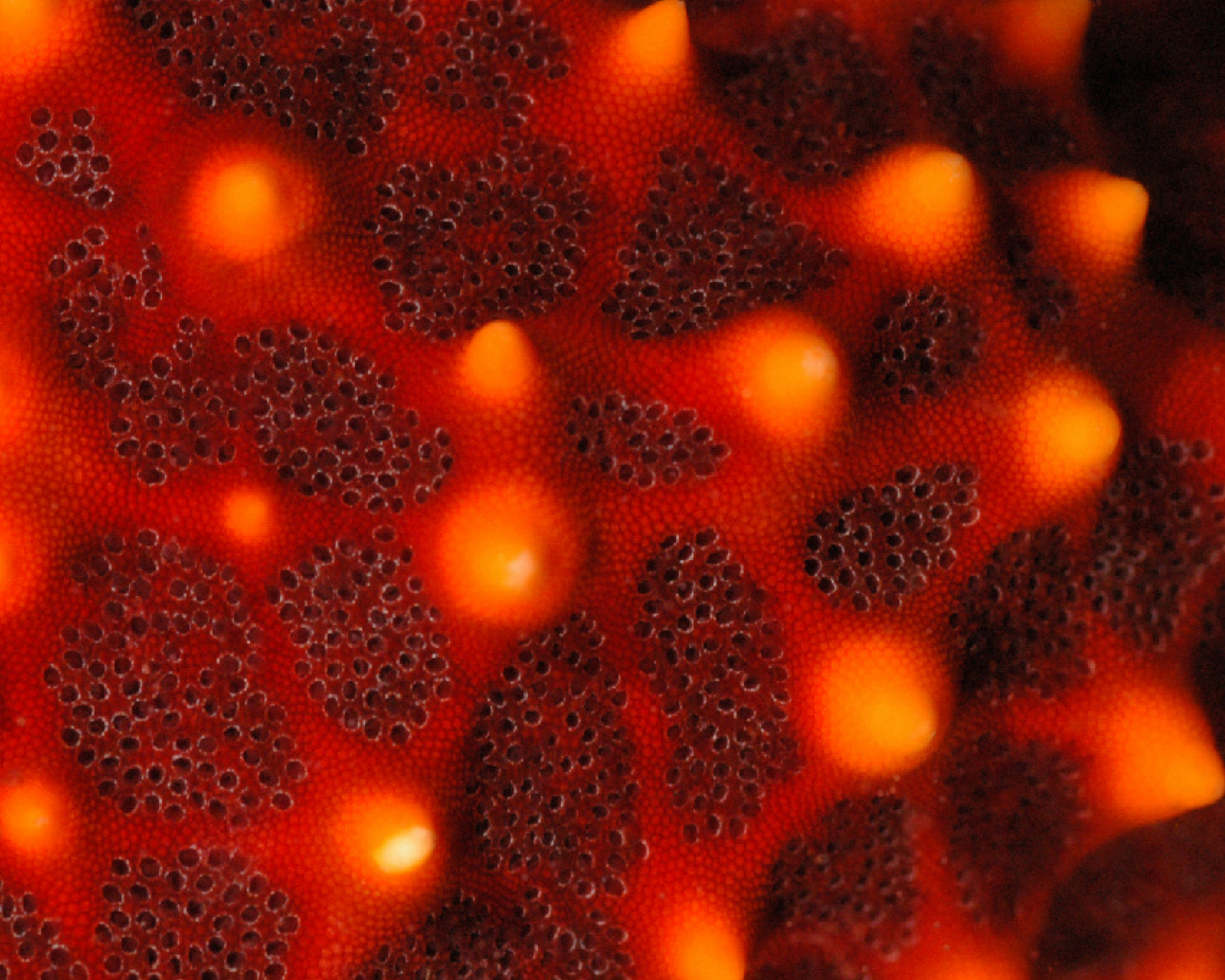
El año pasado Steve me llamó para decirme que el sumergible vendría al Golfo de California, y para ofrecerme generosamente tiempo para trabajos de investigación. El resto es historia; un trozo de historia que le debemos a Steve Drogin y a su inmensa generosidad.





Un ofiuo canasta  
*Astrocaelum spinosum*  
extiende sus brazos ramificados  
sobre un abanico de mar *Muricea* sp.  
Foto © Lorenzo Rosenzweig.





## Macroinvertebrados de aguas someras

Orden	Familia	Especie	Profundidad (metros)	San Marcial	Candeleros	Las Ánimas	Marisla	San Dieguito	El Cochi	Observaciones	
Porifera		<i>Aplysina cf. fistularis</i>	5 - 20	•	•			•		H	
		<i>Aplysina gerardogreeni</i>	20 - 40	•		•	•	•	•	H	
Cnidaria	Hydrozoa	<i>Aglaophenia sp.</i>	5 - 20	•	•	•	•	•	•		
		<i>Lytocarpus nuttingi</i>	5 - 30	•	•	•	•	•			
		<i>Obelia sp.</i>	10 - 20	•		•				•	
		<i>Plumularia sp.</i>	5 - 30					•			
		<i>Janaria mirabilis</i>	20 - 50	•	•	•	•			•	H
	Octocorallia	<i>Eugorgia auriantica</i>	20 - 30			•	•			•	H
		<i>Eugorgia multifida</i>	10 - 30	•		•	•				
		<i>Eugorgia rubens</i>	5 - 10		•				•		
		<i>Leptogorgia rigida</i>	0 - 10			•			•		H
		<i>Pacifigorgia agassizii</i>	10 - 30	•		•	•		•	•	
		<i>Pacifigorgia media</i>	15 - 50	•		•			•		
		<i>Pacifigorgia gracilis</i>	20 - 50	•		•					
		<i>Pacifigorgia n. sp.1</i>	10 - 30	•		•	•				*
		<i>Muricea appressa</i>	15 - 50	•		•	•			•	
		<i>Muricea austera</i>	10 - 40	•	•	•	•			•	
		<i>Muricea fruticosa</i>	20 - 50	•		•	•				H
		<i>Muricea n. sp.1</i>	20 - 50	•		•	•				*
		<i>Muricea n. sp.2</i>	30 - 40	•							*
		<i>Heterogorgia verrucosa</i>	20 - 50	•		•	•				H
<i>Psammogorgia teres</i>	20 - 50	•		•							
Hexacorallia	<i>Epizoanthus sp.</i>	20 - 50			•	•			•		
	<i>Pavona gigantea</i>	5 - 20	•	•	•						
	<i>Pocillopora elegans</i>	5 - 20	•	•	•	•		•			
	<i>Porites panamensis</i>	5 - 20		•	•	•		•	•		
	<i>Tubastrea coccinea</i>	10 - 40	•		•	•		•			
		<i>Antipathes galapagensis</i>	20 - 50	•		•	•		•	H	
Annelida	Polychaeta	Familia Amphinomidae sp.	5 - 40		•	•	•	•			



Orden	Familia	Especie	Profundidad (metros)	San Marcial	Candeleros	Las Ánimas	Marisla	San Dieguito	El Cochi	Observaciones
		<i>Eurythoe complanata</i>	5 - 40		•	•				
		<i>Chloeia viridis</i>	15 - 40			•				
		Familia Cirratulidae sp.	5 - 40		•	•		•		
		Familia Dorvilleidae sp.	15 - 40			•		•		
		Familia Eunicidae sp.1	5 - 40	•	•	•	•	•	•	
		Familia Eunicidae sp.2	5 - 40	•	•	•	•	•	•	
		Familia Flabelligeridae sp.	20 - 40			•				
		Familia Glyceridae sp.	20 - 40			•		•		
		Familia Hesionidae sp.	20 - 40	•		•		•		
		Familia Maldanidae sp.	10 - 20						•	
		Nicon moniloceras	superficie		•					E
		Familia Nereididae sp.1	superficie		•					E
		Familia Nereididae sp.2	10 - 40			•		•	•	
		Familia Oeonidae sp.	20 - 40			•		•		
		Familia Onuphidae sp.	5 - 40	•	•	•	•	•	•	
		Familia Phyllodocidae sp.	15 - 40	•		•	•	•	•	
		Familia Pilargidae sp.	15 - 40	•		•				
		Familia Polynoidae sp.1	5 - 40	•	•	•	•	•	•	
		Familia Polynoidae sp. 2	10		•					S
		<i>Bispira monroi</i>	5 - 30		•	•		•	•	
		Familia Sabellidae sp.1	5 - 40	•	•	•	•	•	•	
		Familia Sabellidae sp.2	5 - 40	•	•	•	•	•	•	
		<i>Salmacina</i> sp.	5 - 15		•			•		
		Familia Serpulidae sp.1	5 - 30		•	•	•			
		Familia Sigalionidae sp.	5 - 40		•	•				
		Familia Spionidae sp.	5 - 40		•	•				
		Familia Syllidae sp.	5 - 40	•	•	•	•	•	•	
		Familia Terebellidae sp.	5 - 40		•	•	•	•		
Mollusca	Bivalvia	<i>Hytissa hyotis</i>	20 - 50	•		•	•			
		<i>Ostrea</i> sp.	10 - 20	•	•	•	•			
		<i>Pinctada mazatlanica</i>	0 - 15		•			•	•	H
		<i>Pinna rugosa</i>	10 - 20		•			•	•	
		<i>Pteria sterna</i>	20 - 50	•		•	•			
		<i>Spondylus calcifer</i>	0 - 15		•	•		•		

Orden	Familia	Especie	Profundidad (metros)	San Marcial	Candeleros	Las Ánimas	Marisla	San Dieguito	El Cochi	Observaciones
	Gastropoda	<i>Conus</i> sp.	10		•	•		•		
		<i>Epidendrium billeeianum</i>	10 - 30	•		•	•	•		S
		<i>Hexaplex princeps</i>	20 - 40	•		•	•	•	•	
		<i>Melanella townsendi</i>	10 - 30	•	•	•	•			S
		<i>Neosimnia aequalis</i>	0 - 10			•		•		S
		<i>Phestilla melanobranchia</i>	10 - 30			•	•			S
		<i>Thais</i> sp.	20	•		•		•	•	
		<i>Thyca callista</i>	0 - 20	•	•	•		•		S
		<i>Tyrodina fungina</i>	0 - 10		•	•				S
Crustacea	Stomatopoda	<i>Neogonadactylus zacaе</i>	10					•		
	Caridea	<i>Allopontonia iaini</i>	15 - 20			•				S
		<i>Alpheus lottini</i>	5 - 20	•	•	•	•	•		S
		<i>Sandyella tricornuta</i>	20 - 50	•	•	•	•			S
		<i>Fennera chacei</i>	5 - 20	•	•	•	•			S
		<i>Harpiliopsis depressa</i>	5 - 20	•	•	•	•	•		S
		<i>Harpiliopsis spinigera</i>	5 - 20	•	•	•	•	•		S
		<i>Palaemonella</i> cf. <i>asymmetrica</i>	20						•	
		<i>Periclimenes soror</i>	5 - 20			•	•			S
		<i>Pomagnathus corallinus</i>	5 - 20	•	•	•	•			S
		<i>Pontonia margarita</i>	5 - 10		•	•	•			S
		<i>Pseudovelelronia laevifrons</i>	10 - 40	•		•	•			S
		<i>Synalpheus</i> sp.	10					•		
		<i>Synalpheus charon</i>	5 - 20	•	•	•	•			S
		<i>Tuleariocaris holthuisi</i>	10 - 30			•	•			S
	Anomura	<i>Aniculus elegans</i>	20 - 40		•	•				
		<i>Manucomplanus varians</i>	20 - 50	•	•	•	•		•	S
		<i>Panulirus inflatus</i>	10 - 40		•	•				
	Brachyura	<i>Hapalocarcinus marsupialis</i>	5 - 20	•	•	•	•			S
		<i>Microphrys branchialis</i>	5		•					
		<i>Paractea sulcata</i>	10					•		
		<i>Percnon gibbesi</i>	20 - 40			•		•		



Orden	Familia	Especie	Profundidad (metros)	San Marcial	Candeleros	Las Ánimas	Marisla	San Dieguito	El Cochi	Observaciones
		<i>Pilumnus</i> sp.	30	•						
		<i>Podochela veleronis</i>	10					•		
		<i>Quadrella nitida</i>	20 - 50	•	•	•	•			S
		<i>Trapezia corallina</i>	5 - 20	•	•	•	•	•		S
		<i>Trapezia bidentata</i>	5 - 20	•	•	•	•	•		S
Echinodermata	Asteroidea	<i>Acanthaster planci</i>	5 - 10		•					
		<i>Amphiaster insignis</i>	30			•				
		<i>Asteropsis spinosa</i>	5 - 10		•					
		<i>Astrometis sertulifera</i>	10 - 30			•			•	
		<i>Heliaster kubiniji</i>	5 - 10		•					
		<i>Mithrodia bradleyi</i>	5 - 10		•			•		
		<i>Narcissia gracilis</i>	5 - 30		•	•				
		<i>Nidorellia armata</i>	10 - 30	•		•		•	•	
		<i>Pentaceraster cumingi</i>	30	•						
		<i>Pharia pyramidatus</i>	5 - 30	•	•			•	•	
		<i>Phataria unifascialis</i>	20 - 30	•		•				
		<i>Leiaster teres</i>	10 - 30	•				•	•	
	Ophiuroidea	<i>Astrocaneum spinosum</i>	30			•				
		<i>Ophiacantha</i> n. sp.	30				•			*
		<i>Ophiactis</i> sp.	5 - 10		•					
		<i>Ophiactis simplex</i>	20 - 30	•		•	•			
		<i>Ophiactis savignyi</i>	5 - 30	•	•	•	•	•		
		<i>Ophiocoma alexandri</i>	5 - 10		•					
		<i>Ophioderma vansyoci</i>	10 - 30			•		•		
		<i>Ophioderma variegatum</i>	10 - 30			•		•		
		<i>Ophionereis perplexa</i>	5 - 10		•			•		
		<i>Ophionereis annulata</i>	5 - 10		•			•		
		<i>Ophiothela mirabilis</i>	30			•				
		<i>Ophiothrix spiculata</i>	30					•		
	Echinoidea	<i>Arbacia incisa</i>	5 - 30		•			•		
		<i>Eucidaris thouarsii</i>	5 - 30		•			•		
		<i>Diadema mexicana</i>	5 - 30		•			•		
		<i>Hesperocidaris perplexa</i>	30					•		
		<i>Toxopneustes roseus</i>	10 - 30	•				•		

Orden	Familia	Especie	Profundidad (metros)	San Marcial	Candeleros	Las Ánimas	Marisla	San Dieguito	El Cochi	Observaciones
		<i>Tripneustes ventricosus</i>	5 - 10		•					
		<i>Brissus obesus</i>	10 - 20			•		•		
		<i>Lovenia cordiformis</i>	0 - 10					•		
	Holothuroidea	<i>Euapta godeffroyi</i>	5 - 10		•					
		<i>Holothuria arenicola</i>	5 - 10		•					
		<i>Holothuria fuscocinerea</i>	5 - 10		•					
		<i>Holothuria imitans</i>	10					•		
		<i>Holothuria impatiens</i>	10 - 20			•		•	•	
		<i>Holothuria inhabilis</i>	5 - 10		•		•			
		<i>Isostichopus fuscus</i>	5 - 40	•	•	•	•			
Urochordata	Ascidae	<i>Ascidacea</i> sp. 1	10 - 50	•		•	•			

\* Nueva especie

E Epitoca (fase reproductiva natatoria)

H Hospedero simbiote

S Simbiote asociado





## Macroinvertebrados de aguas profundas

Orden	Familia	Especie	Profundidad (metros)	San Marcial	Las Ánimas	Marisla	San Dieguito	El Cochi	Observaciones
Porifera		<i>Acanthascus</i> sp.	180 - 400			•			] Δ
		<i>Farrea</i> sp.	180 - 400			•			] ◊
		Clase Hexactinellida sp.	200 - 400			•			]
Cnidaria	Hidrozoa	Suborden Conica sp.1	200 - 300			•			
		Suborden Conica sp.2	200 - 300			•			
		<i>Tubularia</i> sp.	80 - 160			•			
	Octocorallia	<i>Anthomastus</i> sp.	200 - 400			•			]
		<i>Paragorgia</i> sp.	170 - 400			•			]
		<i>Eugorgia</i> n. sp.	60 - 120		•	•			*
		<i>Leptogorgia</i> n. sp.	60 - 140		•	•			* H
		<i>Leptogorgia chilensis</i>	60 - 120		•	•			] H
		<i>Pacifigorgia gracilis</i>	20 - 60	•		•			6
		<i>Pacifigorgia</i> n. sp.2	50 - 70		•	•			*
		<i>Muricea fruticosa</i>	20 - 100	•	•	•			6H
		<i>Muricea</i> n. sp.3	60 - 150		•	•			*
		<i>Heterogorgia verrucosa</i>	50 - 80	•	•	•			6H
		<i>Psammogorgia teres</i>	50 - 100		•	•			6
		<i>Ellisella limbaughi</i>	60 - 150		•	•			H
		<i>Cavernulina</i> sp.	60				•		]
		<i>Ptilosarcus</i> sp.	100		•	•			H
		<i>Virgularia</i> sp.	60 - 100	•	•				]
		Orden Pennatulacea sp.	100	•		•			]
	Hexacorallia	cf. <i>Antiparactis</i> sp.	60 - 120		•	•			S
		<i>Epizoanthus</i> sp.	50 - 100	•	•	•			6
		Familia Dendrophylliidae sp.1	150 - 300			•			
		Familia Dendrophylliidae sp.2	150 - 300			•			
		Familia Dendrophylliidae sp.3	150 - 300			•			
		<i>Antipathes galapagensis</i>	50 - 120	•	•	•			6H
		<i>Miyriopathes</i> cf. <i>ulex</i>	50 - 150		•	•			*



Orden	Familia	Especie	Profundidad (metros)	San Marcial	Las Ánimas	Marisla	San Dieguito	El Cochi	Observaciones
Annelida	Polychaeta	<i>Chloeia</i> sp.	200			•			C
		<i>Paleonotus</i> sp.	200			•			C
		<i>Eunice vittata</i>	200			•			C
		Familia Nereididae sp.	200		•	•			C
		<i>Aricia pacifica</i>	200			•			C
		<i>Eulalia bilineata</i>	200			•			C
		Subfamilia Harmothoinae sp.	200		•	•			C
		<i>Syllis armillaris</i>	200			•			C
		<i>Loimia medusa</i>	200			•			C
		<i>Eupolymnia</i> sp.	200			•			C
		<i>Thelepus</i> sp.	200			•			C
		<i>Pista</i> sp.	200			•			C
		<i>Thelepodinae</i> sp.	200			•			C
		Mollusca	Gastropoda	<i>Hexaplex</i> sp.	60			•	
<i>Hytissa hyotis</i>	50 - 100				•	•			6
<i>Megathura crenulata</i>	150 - 200					•			] ]
<i>Neosimnia</i> cf. <i>barbarensis</i>	100					•			S
Orden Opisthobranchia sp.1	100					•			*
	Cephalopoda	<i>Octopus rubescens</i>	50 - 150	•	•	•			
Crustacea	Caridea	<i>Sandyella tricornuta</i>	50 - 100	•	•	•			6S
		Subfamilia Pontoniinae n. sp.1	60 - 140		•	•			*S
		Subfamilia Pontoniinae n. sp.2	60 - 140		•	•			*S
			<i>Alpheus bellimanus</i>	100		•			
	Anomura	<i>Munida mexicana</i>	100 - 200		•	•			
		Familia Galatheididae sp.	50 - 200		•	•	•		
	Brachyura	<i>Maiopsis panamensis</i>	60 - 300			•			
<i>Stenorhynchus</i> sp.		50 - 200			•	•			
<i>Stenorhynchus debilis</i>		100			•				
		<i>Quadrella nitida</i>	50 - 100		•	•		S	
	Cirripedia	<i>Oxynaspis</i> cf. <i>rossi</i>	50 - 150		•	•			
Echinodermata	Asteroidea	<i>Amphiaster insignis</i>	20 - 190	•	•				
		<i>Astropecten ornatissimus</i>	190 - 295		•	•			
		<i>Henricia</i> sp.	190			•			
		<i>Henricia clarkii</i>	190 - 200			•			

Orden	Familia	Especie	Profundidad (metros)	San Marcial	Las Ánimas	Marisla	San Dieguito	El Cochi	Observaciones
		<i>Henricia nana</i>	170 - 200			•			
		<i>Luidia ludwigi</i>	190	•					
		<i>Luidia phragma</i>	190	•					
		<i>Narcissia gracilis</i>	75 - 190	•	•				
		<i>Coronaster marchenus</i>	75 - 190		•	•			
		<i>Tethyaster canaliculatus</i>	295			•			
	Ophiuroidea	<i>Astrodictyum panamense</i>	60		•				
		<i>Astrocanium spinosum</i>	190	•					
		<i>Ophiacantha</i> sp.	170 - 180				•		
		<i>Ophiacantha</i> sp.1	170				•		
		<i>Ophiacantha</i> sp.2	170				•		
		<i>Ophiacantha</i> n. sp.	190				•		*
		<i>Ophiactis</i> sp.	200				•		
		<i>Ophioplehis crassa</i>	190	•					
		<i>Ophiostigma</i> sp.1	200				•		
		<i>Ophiostigma</i> sp.2	170				•		
		<i>Ophiothela mirabilis</i>	75 - 170				•	•	
		<i>Ophiothrix galapagensis</i>	100 - 170		•	•			
		Orden Ophiurida n. sp.	170 - 200				•		*
	Echinoidea	<i>Hesperocidaris perplexa</i>	190 - 295		•	•			
		<i>Metalia espatangus</i>	190		•	•			
	Holothuroidea	Orden Aspidochirotida	190			•			
		<i>Holothuria zaca</i>	100 - 190	•		•		•	

\* Nueva especie

6 Ampliación del intervalo de profundidad

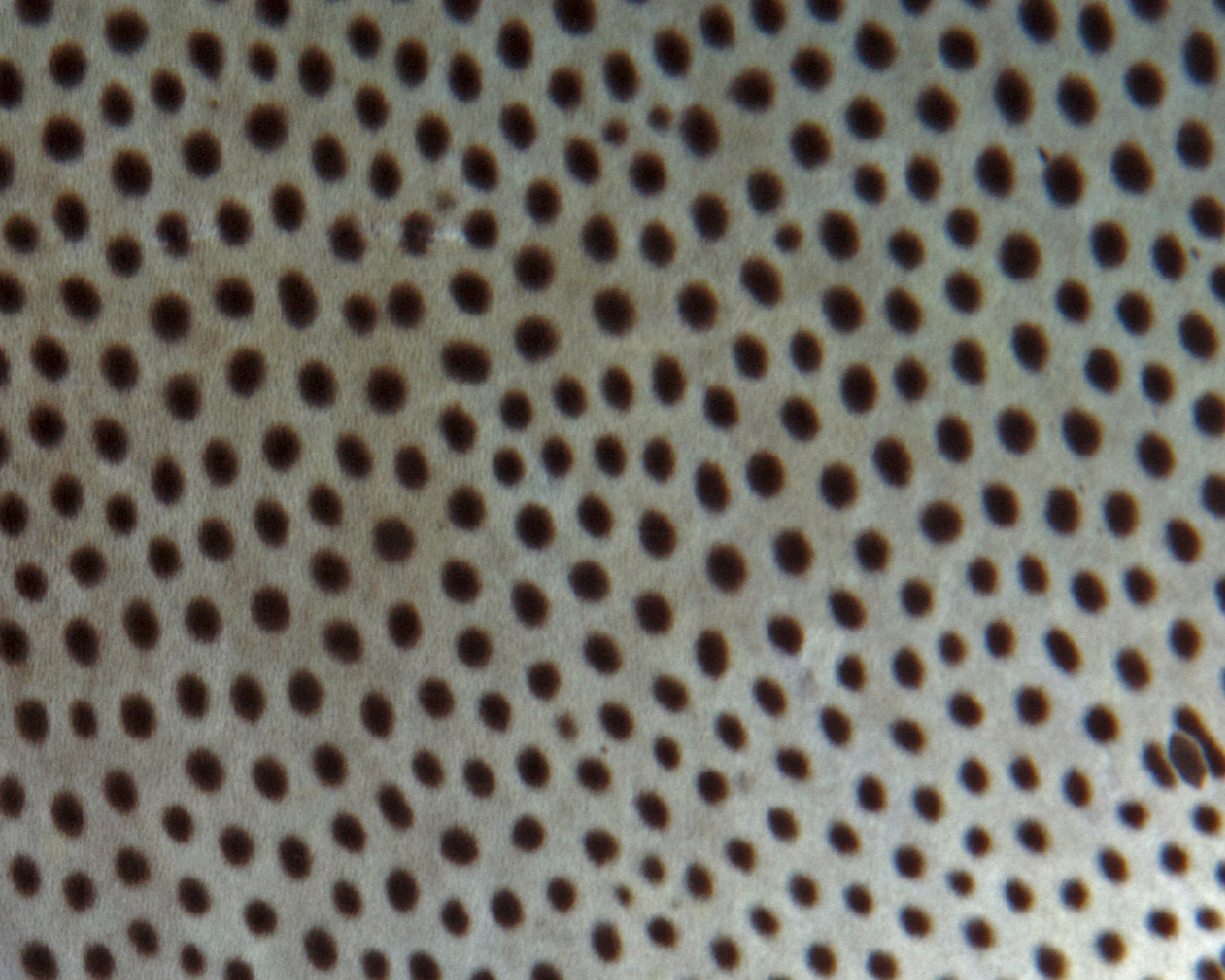
] Nuevo registro en el Golfo de California

H Hospedero simbiote

S Simbiote asociado

C Asociado al esqueleto de coral negro





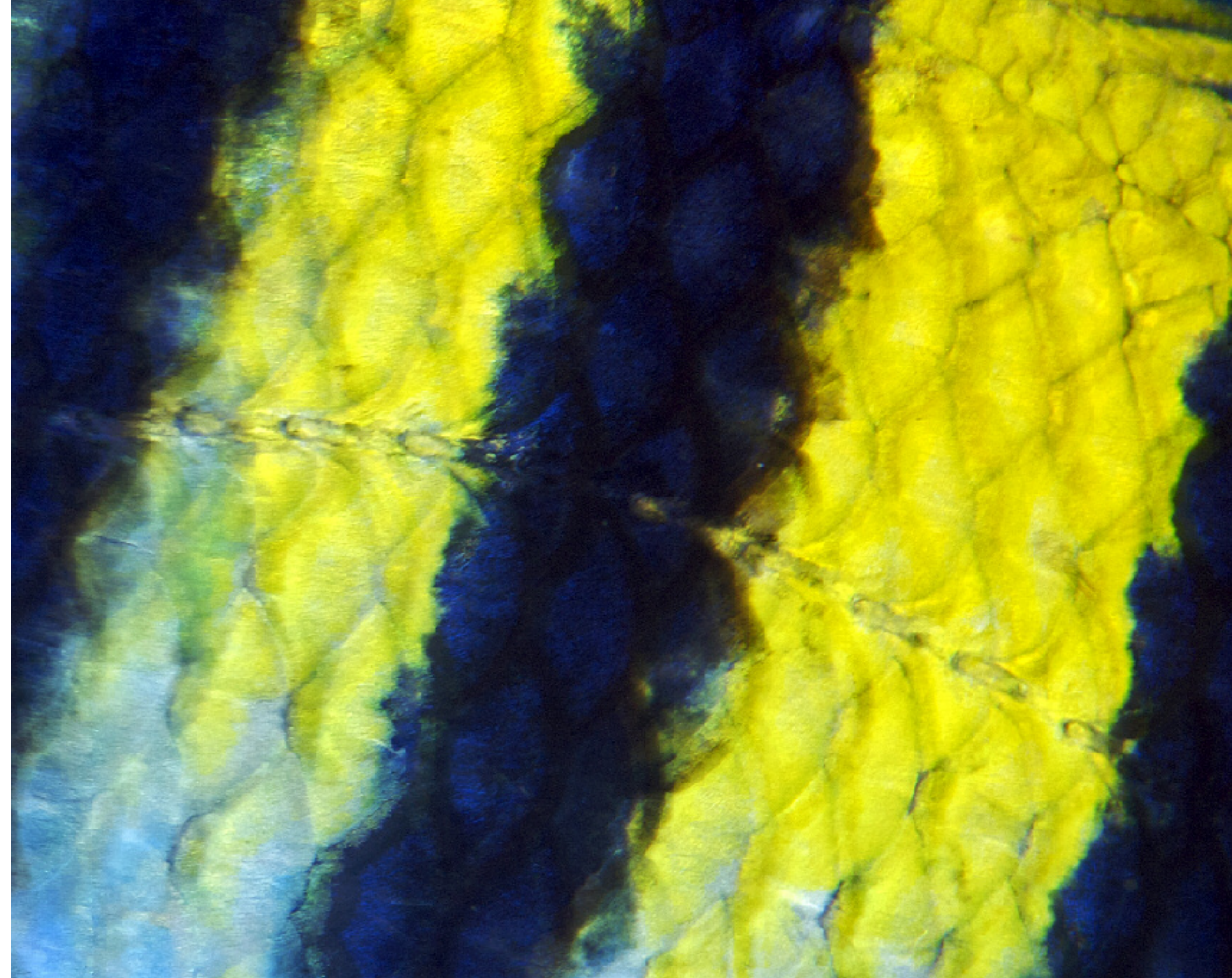
## Peces

Orden	Familia	Especie	Profundidad (metros)	San Marcial	Las Ánimas	Marisla	San Dieguito	El Cochi
Anguilliformes	Congridae	<i>Ariosoma gilberti</i>	100	•				•
		<i>Paraconger californiensis</i>	70				•	
	Ophichthidae	<i>Bascanichthys cylindricus</i>	120		•			
		<i>Pisodonophis daspilotus</i>	150	•				
		<i>Quassiremus notoichir</i>	50 - 80	•	•			
Aulopiformes	Synodontidae	<i>Synodus evermanni</i>	90 - 180	•	•	•		
Carcharhiniformes	Carcharhinidae	<i>Carcharinus limbatus</i>	10 - 15		•			
	Scyllirhinidae	<i>Cephaloscyllium ventriosum</i>	100 - 200		•	•		
Gadiformes	Moridae	<i>Physiculus rastrelliger</i>	100 - 200	•		•		
Lamniiformes	Alopiidae	<i>Alopias</i> sp.	10 - 15				•	
Lophiiformes	Antennariidae	<i>Antennarus avalonis</i>	100 - 200			•		
	Lophiidae	<i>Lophiodes caulinaris</i>	100 - 200	•		•		
		<i>Lophiodes spilurus</i>	100 - 200	•	•	•		
Ophidiiformes	Ophidiidae	Ophidiidae n. sp.	120 - 200			•		
Perciformes	Apogonidae	<i>Apogon pacificus</i>	50 - 90	•	•	•		
	Callinimidae	<i>Synchiropus atrilabiatus</i>	100 - 150		•	•		
	Carangidae	<i>Caranx caballus</i>	100				•	
		<i>Seriola rivoliana</i>	30 - 200		•	•		
	Chaetodontidae	<i>Prognathodes falcifer</i>	50 - 200		•	•	•	
	Embiotocidae	<i>Zalemnius rosaceus</i>	90 - 150				•	
	Labridae	<i>Decodon melasma</i>	80 - 220	•	•	•		
		<i>Halichoeres raisneri</i>	80 - 120	•				
		<i>Semicossyphus pulcher</i>	50 - 150		•	•		
	Lutjanidae	<i>Hoplopagrus guentheri</i>	100					•
		<i>Lutjanus argentiventris</i>	10 - 90		•	•		•
		<i>Lutjanus guttatus</i>	100 - 120					•
		<i>Lutjanus peru</i>	40 - 80		•			
		Malacanthidae	<i>Caulolatilus affinis</i>	80 - 150	•	•		•
	Mullidae	<i>Mulloidichthys dentatus</i>	5 - 110	•	•	•		



Orden	Familia	Especies	Profundidad (metros)	San Marcial	Las Ánimas	Marisla	San Dieguito	El Cochi
	Muraenidae	<i>Muraena argus</i>	80 - 120	•		•		
	Ophistognathidae	Ophistognathidae n. sp.	100		•			
	Pomacentridae	<i>Chromis limbaughi</i>	120					•
	Priacanthidae	<i>Pristigenys serrula</i>	120 - 250	•	•	•		•
	Serranidae	<i>Diplectrum</i> sp.	50 - 120		•	•		
		<i>Epinephelus niphobles</i>	100 - 250			•		
		<i>Hemanthias signifer</i>	150 - 210	•	•	•		•
		<i>Liopropoma multifasciatum</i>	20 - 100		•	•		•
		<i>Mycteroperca jordani</i>	100					•
		<i>Mycteroperca prionura</i>	20 - 90		•	•		
		<i>Mycteroperca rosacea</i>	5 - 100					•
		<i>Paralabrax auroguttatus</i>	30 - 120					•
		<i>Paranthias colonus</i>	5 - 120	•	•	•		•
		<i>Pronotogrammus multifasciatus</i>	100 - 250	•	•	•		•
Pleuronectiformes	Paralichthyidae	<i>Cyclopsetta panamensis</i>	120			•		
		<i>Syacium ovale</i>	90	•				•
Rajiformes	Myliobathidae	<i>Mobula</i> sp.	220			•		
	Narcinae	<i>Diplobatis ommata</i>	100 - 150					•
	Rajidae	<i>Raja inornata</i>	180			•		
	Rhinobatidae	<i>Zapteryx exasperata</i>	30 - 200	•	•	•	•	•
	Urobatidae	<i>Urobatis concentricus</i>	5 - 120	•	•	•	•	•
		<i>Urobatis maculatus</i>	90					•
Scorpaeniformes	Scorpaenidae	<i>Pontinus clemensi</i>	250			•		
		<i>Pontinus furcirhinus</i>	80 - 250	•	•	•		•
		<i>Scorpaena histrio</i>	80 - 200	•	•	•		
		<i>Scorpaena mystes</i>	5 - 100	•	•	•	•	•
	Triglidae	<i>Bellator xenisma</i>	100 - 150	•	•	•		

La lista taxonómica completa de todas las especies recolectadas y registradas, con nombres científicos y autores, puede ser solicitada a Margarita Caso, Instituto Nacional de Ecología (casom@ine.gob.mx), y asimismo será puesta oportunamente en la página de internet de dicho instituto.











## Apéndice 1.

### Descripción geográfica de los montes submarinos del Golfo de California

De la Bahía de Loreto hacia el sur de la península existen por lo menos 11 montes y promontorios submarinos, suficientemente alejados de la costa como para ser considerados montes submarinos. Muchos de ellos se encuentran enteramente sumergidos y no son visibles desde la superficie del mar; otros emergen de la superficie formando islotes o peñones rocosos. Geológicamente, los segundos son prácticamente idénticos a los montes submarinos enteramente sumergidos y sólo difieren en la presencia de una parte emergida. Es posible que, al bajar los niveles del mar durante las glaciaciones del Pleistoceno, muchos de los montes actualmente sumergidos hayan estado también parcialmente emergidos, formando rocas similares. Siguiendo la línea de costa desde Isla del Carmen, en la Bahía de Loreto, hasta Isla Cerralvo, al sur de la Bahía de La Paz, la lista es la siguiente:

1. *Bajo El Cochi* (bajos de Punta Baja; 25°45'N, 111°11'W). Ubicados unas cuatro millas náuticas al sur de Punta Baja, el extremo sur de Isla del Carmen, y unas cuatro millas al este de Isla Danzante. Estos bajos yacen, en su parte más somera, unos 10 metros bajo la superficie y bajan muy rápidamente hacia el Canal de Danzante y hacia la cuenca profunda del golfo, al este de Isla del Carmen.
2. *Bajo La Reinita* (islotes Las Galeras; 25°45'N, 111°03'W). Los islotes Las Galeras emergen del fondo marino unas tres millas náuticas al norte de Isla Montserrat, y unas tres millas más al norte se encuentra el bajo La Reinita. Separado del continente por un ca-

Corredor costero de Baja California Sur  
(Carta Náutica 21014 "Cabo San Lazaro to Cabo San Lucas and Southern Part of Golfo de California", Defense Mapping Agency, Bethesda Maryland, USA, 1984).



nal de más de 250 metros de profundidad, el fondo marino del bajo La Reinita desciende al este hacia las profundidades de la Cuenca del Carmen.

3. *Bajo norte de Catalana* (25°46'N, 110°47'W). De manera muy similar al bajo La Reinita, la punta norte de Isla Catalana muestra una serie de islotes y arrecifes de roca que salen del fondo marino al norte de la isla, continuando bajo del agua el promontorio geológico de la misma isla, y una milla más al norte se encuentra un bajo rocoso que desciende gradualmente, al este hacia el Canal de Montserrat, y al oeste hacia las profundidades de la Cuenca del Carmen.

4. *Bajo San Marcial o bajo sur de Catalana* (25°31'N, 110°46'W). Ubicado a unas ocho millas al sur de Isla Santa Catalina, este bajo rocoso llega a unos 20 metros de la superficie marina. La cresta rocosa de basalto se abre a los 80 metros de profundidad en un declive sedimentario que desciende gradualmente hacia el fondo profundo del golfo en la Cuenca del Carmen, o hacia el Canal de San Marcial, que lo separa de la costa peninsular.

5. *Bajo Las Ánimas* (25°07'N, 110°31'W). El islote Las Ánimas emerge en un gran promontorio de basalto unas seis millas náuticas al noreste de Punta Colorada, en Isla San José. La formación rocosa de basalto volcánico se sumerge unos 100 metros bajo la superficie, donde se expande en una pendiente arenosa que desciende gradualmente hasta los 300 metros de profundidad, para desde allí bajar en un declive más agudo hacia el fondo profundo del golfo.

6. *Bajos San Dieguito y El Rifle* (25°12'N, 110°42'W). El bajo San Dieguito yace en su parte más somera unos 5–10 metros bajo la superficie del agua, unas dos millas náuticas al suroeste de la isla del mismo nombre. El bajo El Rifle corre como una larga línea de rocas muy someras, 1–2 metros bajo la superficie, en dirección suroeste desde la punta este de Isla San Diego. Su profundidad desciende sobre un fondo arenoso hacia el Canal de San José, al oeste, y hacia la cuenca profunda del golfo, al este.

7. *Bajos de Punta Calabozo* (25°06'N, 110°42'W). Unas tres millas al suroeste, muy cercanos a los bajos de San Diego, los bajos de Punta Calabozo son, más que un monte

submarino, una extensión submarina de la gran formación de Isla San José y, a una profundidad de 20 metros bajo el agua, avanzan unas dos millas náuticas al norte de la isla con una caída gradual hacia la península, al oeste, y hacia el fondo del Golfo de California, al este.

8. *Bajo Marisla* (24°42'N, 110°18'W). Este bajo se encuentra unas 10 millas náuticas en dirección noreste desde Los Islotes, la punta más norteña de Isla Espíritu Santo, y su parte más somera alcanza unos 15 metros de profundidad. De agudos declives, el monte submarino que forma este bajo desciende abruptamente hasta más de 400 metros de profundidad a lo largo de una pared muy escarpada de roca basáltica.

9. *Bajo El Charro* (24°42'N, 110°10'W). A unas ocho millas náuticas al noreste del bajo Marisla, El Charro yace a unos 60–80 metros de profundidad, fuera del alcance del buceo de tanque. Por esta razón, es uno de los montes submarinos menos conocidos de la región.

10. *Arrecife Las Focas y bajo La Reina* (24°26'N, 109°58'W). De formación muy similar a los bajos de Calabozo, el arrecife Las Focas es una extensión submarina de Isla Cerralvo. Continuando el eje longitudinal sureste-noroeste de la isla, el arrecife Las Focas emerge a la superficie unas cuatro millas al noroeste de la punta norte, seguido al noroeste por el bajo La Reina, un monte submarino de unos 20 metros de profundidad en su parte más somera.

11. *Bajo Cerralvo* (24°29'N, 109°51'W). Situado unas seis millas náuticas al noreste del bajo La Reina y separado de Isla Cerralvo por la cuenca profunda del mismo nombre, el bajo Cerralvo es el último monte submarino de esta región. De extensión considerable, con unas dos a tres millas de diámetro, el relieve de este bajo —esencialmente inexplorado— parece ser de contornos redondeados sin declives agudos ni cantiles pronunciados.





Exequiel Ezcurra durante una inmersión en el DeepSee. Foto © Octavio Aburto-Oropeza.

## Apéndice 2.

### Participantes de la expedición

#### Organizadores

- Octavio Aburto-Oropeza, Scripps Institution of Oceanography, líder y organizador de la expedición
- Brad Erisman, Scripps Institution of Oceanography, líder y organizador de la expedición
- Exequiel Ezcurra, San Diego Natural History Museum, líder y organizador de la expedición

#### Investigadores

- Margarita Caso, Instituto Nacional de Ecología, oceanógrafa y ecóloga marina
- Richard Cudney-Bueno, The David and Lucile Packard Foundation y Universidad de California Santa Cruz, especialista en pesquerías y conservación marina
- Carlos Sánchez-Ortiz, Universidad Autónoma de Baja California Sur, especialista en cnidarios y ecología de arrecifes
- Francisco A. Solís-Marín, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, especialista en equinodermos
- Vivianne Solís-Weiss, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, especialista en poliquetos

#### Equipo de apoyo

- Ralph Chaney, videógrafo
- Ana Ezcurra, responsable editorial
- Paula Ezcurra, asistente de campo



- Christian McDonald, Scripps Institution of Oceanography, seguridad en el buceo
- Lorenzo Rosenzweig, Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, asesoría financiera y fotografía de estudio

#### Tri pul aci ón del Argo

- Yosi Naaman, director general y dueño del barco
- Rodrigo Roesch de Bedout, director de crucero
- Shmulik Blum, piloto del sumergible
- Ofer Ketter, piloto del sumergible
- Lorenzo Beltrán, buzo guía
- José Mora, capitán
- Warren Fernández, panguero de la TopSee (lancha de apoyo al DeepSee)
- José Antonio Castro, panguero de la lancha de buceo
- Rafael Solano, maquinista
- Roger Quesada, salonerero y bartender
- Raúl Jaén, chef
- Roberto Ramírez, asistente de cocina

#### Vi si tan tes del Sant í si ma

- Rubén Coppel, empresario
- Martín Goebel, Sustainable Northwest, Oregon, y Walton Family Foundation
- Mick Hager, presidente, Museo de Historia Natural de San Diego
- Humberto Iriarte Salazar, director del Zoológico de Culiacán
- Gastón Luken, empresario y conservacionista
- Mónica Robinson, educadora ambiental
- Alejandro Robles, Noroeste Sustentable, México
- Christy Walton, donante de la expedición



Carlos Sánchez-Ortiz



Richard Cudney-Bueno



Vivianne Solís-Weiss



Paula Ezcurra



Ana Ezcurra



Margarita Caso



Francisco A. Solís-Marín



Octavio Aburto-Oropeza y Brad Erisman



Lorenzo Rosenzweig



Ralph Chaney





Argo. Acuarela de Lorenzo Rosenzweig.

### Apéndice 3.

#### Bitácora del viaje

##### Viernes 22 de agosto

Llegada a Loreto de los diferentes contingentes provenientes de distintos puntos tanto de México como de Estados Unidos. A las 17.00 cargamos el equipo en el Argo, en el muelle fiscal de Puerto Escondido, y regresamos a dormir al Hotel La Pinta de Loreto donde nos reunimos el grupo completo, salvo Octavio, quien por motivos médicos nos alcanzaría unos días después.

##### Sábado 23 de agosto

Día 1. Bajo San Marcial. Salida al bajo San Marcial (25°31'N, 110°47'W). Primera inmersión del DeepSee con Brad (c/Shmulik y Yosi) a bordo del sumergible. Segunda inmersión con Vivianne y Francisco (Ofer como piloto). Buceo Scuba en grupo por la tarde, con corrientes muy fuertes. Dormimos fondeados en el bajo sur de Catalana.

##### Domingo 24 de agosto

Día 2. Bajo San Marcial. Tercera inmersión del DeepSee con Ana y Exequiel (c/Shmulik). Buceo Scuba en grupo con corrientes más tranquilas y muy buena colecta. Tiempo nublado, con vientos en aumento y aviso de una tormenta tropical acercándose a Los Cabos. Cerca del mediodía regresamos a Puerto Escondido buscando refugio frente a la proximidad de la tormenta tropical Julio. Fondeo en Puerto Escondido. Aprovechando el alto forzoso, Brad y Exequiel viajan a Loreto a buscar información y mapas. Allí se entrevistan con Rafael, dueño del Dive Shop de Loreto, y con Fernando Arcas, fundador del Grupo Ecologista Antares. Fernando les presta un mapa de pesca de la región que



resulta muy útil a lo largo del viaje. Los taxónomos (Vivianne y Francisco) han organizado un sistema de fotografía de los ejemplares colectados en peceras de vidrio especialmente construidas para ese fin. Lorenzo, Margarita y Ana colaboran en el trabajo de fotografiar y documentar todo.

#### Lunes 25 de agosto

Día 3. Puerto Escondido. Nos mantenemos refugiados en Puerto Escondido. A las 10.00 llega a su pico de máxima intensidad la tormenta tropical Julio. Lluve intensamente y gigantescas cascadas de agua bajan a raudales por los acantilados de la Sierra de la Giganta. A eso de las 13.00 horas se calma la tormenta y nos preparamos para salir. Por la tarde, con una inmersión de tanques, visitamos el bajo Candeleros (25°45'N, 111°11'W), pegado a Isla Danzante. Por la noche, Octavio nos alcanza con tres horas de demora, después de un incierto viaje Tijuana–Hermosillo–Loreto, retrasado y amenazado por el mal tiempo. Continúa el trabajo de fotografía.

#### Martes 26 de agosto

Día 4. Las Ánimas. Con Octavio, ¡el equipo está completo! Salimos a las 7.00 horas hacia Las Ánimas. Cuarta inmersión del DeepSee con Octavio y Christian (Ofer como piloto). Quinta inmersión del DeepSee (colecta) con Carlos (c/Shmulik y Yosi). ¡Todos pasamos el examen de Nitrox! Para celebrarlo, hacemos dos buceos Scuba con Nitrox alrededor del islote de Las Ánimas, uno por la mañana y otro por la tarde. Por la noche viajamos a Isla San José y fondeamos refugiados entre la isla y la península, en la parte norte del Canal de San José. De este punto en adelante, todas las buceadas del resto del cruce-ro fueron realizadas con Nitrox.

#### Miércoles 27 de agosto

Día 5. Las Ánimas (25°07'N, 110°31'W). Levantamos anclas a las 7.00 y salimos nuevamente rumbo a Las Ánimas. Sexta inmersión del DeepSee con Lorenzo y Margarita (c/Ofer) por la mañana, séptima inmersión del DeepSee (colecta) con Francisco (Shmulik y Yosi) a las tres de la tarde, y octava inmersión a las seis de la tarde con Vivianne y



Cangrejo. Acuarela de Lorenzo Rosenzweig.

Carlos (c/Shmulik). Tres buceos Scuba con Nitrox alrededor del islote Las Ánimas, uno por la mañana, otro por la tarde y una última inmersión a las seis de la tarde. Continúa el trabajo de fotografía.

#### Jueves 28 de agosto

Día 6. Bajo Marisla (24°42'N, 110°18'W). Novena inmersión del DeepSee con Exequiel y Paula (c/Ofer) por la mañana, y décima inmersión del DeepSee (colecta) con Vivianne y Francisco (c/Shmulik). Tres buceadas, una por la mañana (grupo completo), una a las tres de la tarde y una al crepúsculo de Octavio y Carlos, para fotografía.

#### Viernes 29 de agosto

Día 7. Bajo Marisla. Décimoprimer inmersión del DeepSee con Brad y Richard (c/Ofer) por la mañana, y décimosegunda inmersión del DeepSee (colecta) por la tarde, con Carlos (c/Shmulik y Yosi). Buceada en la mañana: un grupo buceó en el ambiente pelágico y otro en los arrecifes, contando pepinos de mar (*Fucus*) para comparar con el ambiente costero. El grupo de la segunda buceada encontró un tiburón ballena, que una hora después se acercó al barco y todo el grupo pudo snorkelear para verlo. Segunda buceada en la tarde: el tiburón ballena nadaba entre los buzos alimentándose en la “sopa” planctónica y se tomaron varias fotos muy buenas. Lorenzo y Octavio se dedicaron a documentar fotográficamente toda la vida arrecifal.

#### Sábado 30 de agosto

Día 8. Bajo Marisla. Décimotercera inmersión del DeepSee (colecta) con Vivianne y Francisco (Shmulik como piloto) por la mañana, décimocuarta inmersión a las 15.30, con Octavio y Exequiel (c/Ofer), y por la tarde, a las 17.30 inmersión número 15, con Carlos y Richard (colecta, c/ Shmulik). Buenas colectas de corales, equinodermos, moluscos, y una esponja gigantesca del fondo profundo. Una buceada en la mañana, y una segunda buceada en la tarde, básicamente para fotografiar la parte somera del monte submarino.



#### **Domi ngo 31 de agosto**

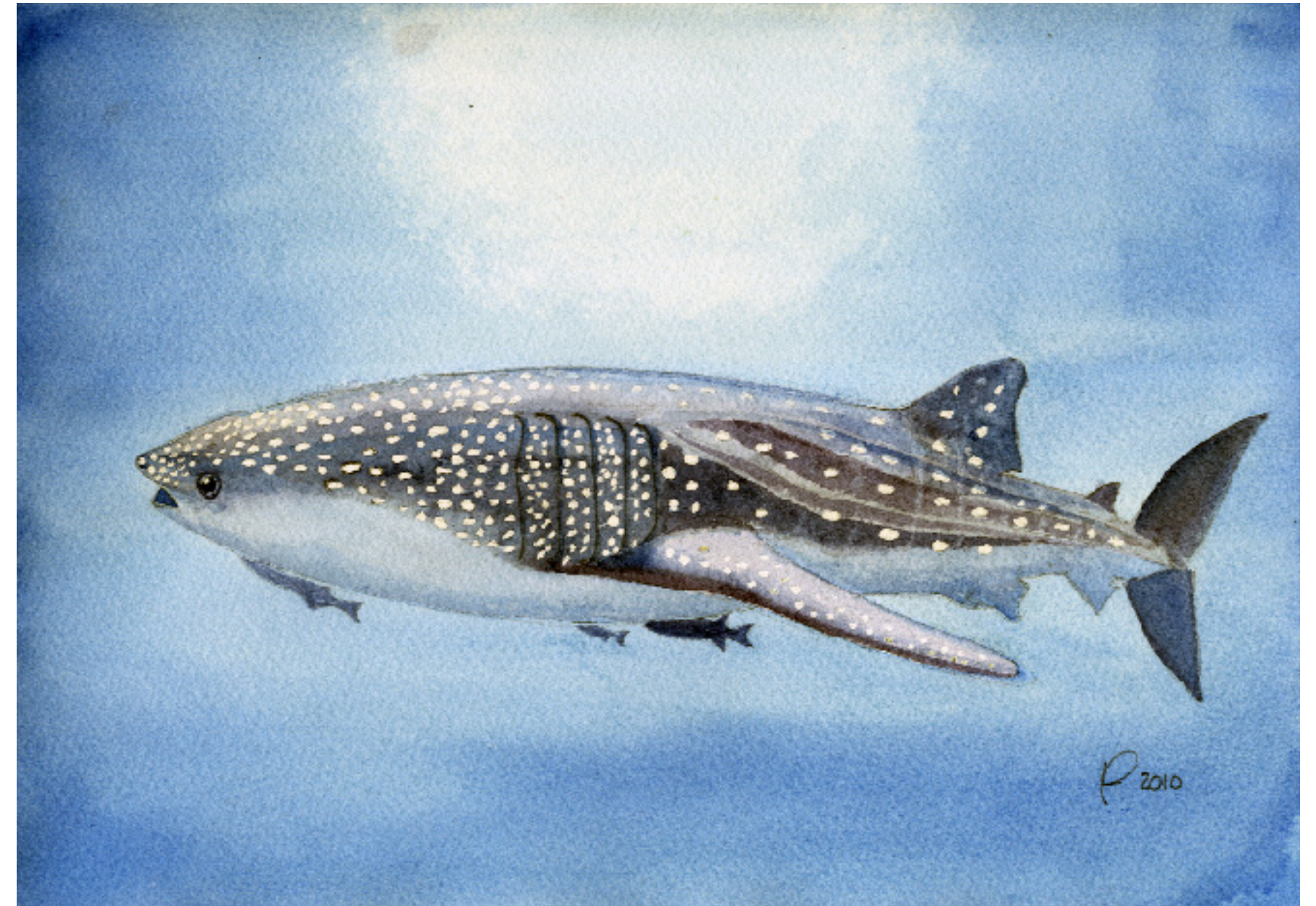
Día 9. Bajos de San Dieguito (25°12'N, 110°42'W). A las 9.00 inmersión número 16 del DeepSee con Margarita y Vivianne (c/Shmulik), y a las 15.00 una inmersión para los visitantes del barco de donantes: el DeepSee bajó con Christy Walton y Martin Goebel (c/Ofer). Buceamos por la mañana en el arrecife central de San Dieguito y por la tarde hicimos un inmersión de corriente intensa, dejándonos llevar por la corriente alrededor de Isla San Diego, hasta un punto en la parte norte de la isla, de encuentro entre la corriente cálida que nos arrastraba alrededor de la isla en sentido contrario a las agujas del reloj, y una corriente fría proveniente del Canal de San José, que fluía con intensidad en el lado norte de la isla en dirección oeste–este.

#### **Lunes 1 de septi embre**

Día 10. Bajo El Cochi (Punta Baja; 25°45'N, 111°11'W) y regreso a Puerto Escondido. Por la mañana, inmersión número 18 del DeepSee (colecta) con Richard y Octavio (c/Ofer); décimonovena y última inmersión a las 13.00, con Brad y Ralph (c/Shmulik). Una buceada a las 10 de la mañana, y una segunda buceada en la tarde, a las 15.00, ambas para documentar fotográficamente la parte somera del monte submarino. Noche en Puerto Escondido, con cena de despedida junto con Steve Drogin y gente del Discovery.

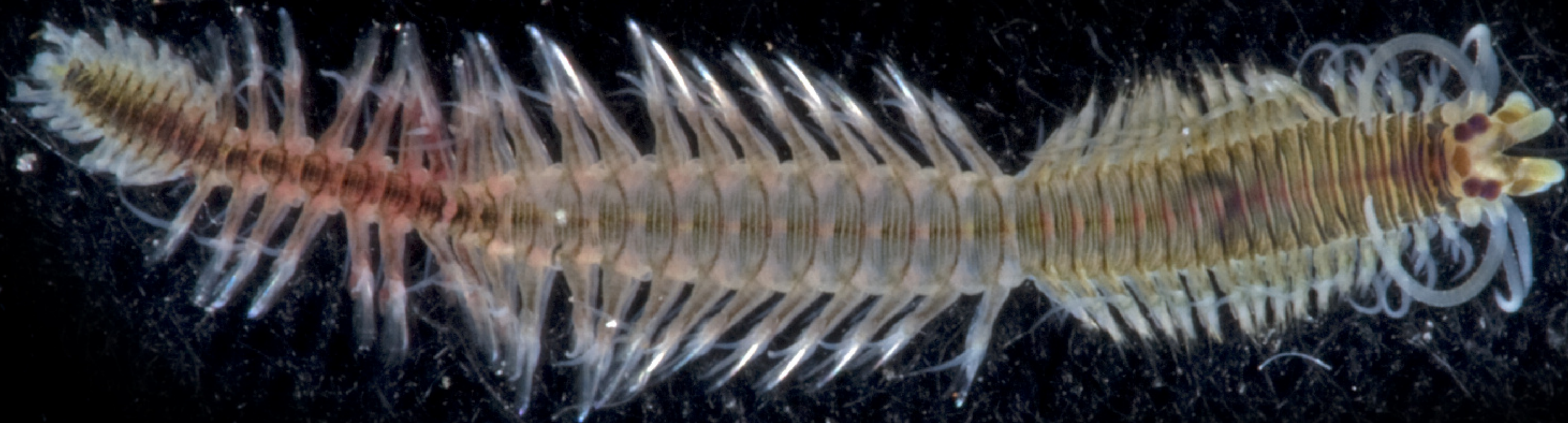
#### **Martes 2 de septi embre**

Desembarco en Puerto Escondido. Con la tristeza de la separación y la partida, después de una de las semanas más maravillosas e intensas de nuestras vidas, cargamos las camionetas y regresamos cada quien a su destino.



Tiburón ballena.  
Acuarela de Lorenzo Rosenzweig.









## Referencias básicas

### Exploración y descripción

Bourillón, L., A. Cantú, F. Eccardi, E. Lira, J. Ramírez, E. Velarde, y A. Zavala. 1988. *Islas del Golfo de California*. Secretaría de Gobernación- Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.

Brusca, R.C. 1980. *Common intertidal invertebrates of the Gulf of California*, 2d ed. Univ. Arizona Press, Tucson.

Del Barco, Miguel. 1768. *Correcciones y adiciones a la historia o noticia de la California en su primera edición de Madrid, año de 1757*. (editado por M. León-Portilla bajo el título *Historia Natural y Crónica de la antigua California*; Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Históricas, 1988; México, D.F.)

Jordán, Fernando. 1951. *El otro México: Biografía de Baja California*. Biografías Ganesa, México, D.F.

Kerstich, A.N. 1989. *Sea of Cortez Marine Invertebrates*. Sea Challengers, Monterey, CA.

León-Portilla, M. 1989. *Cartografía y crónicas de la antigua California*. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.

Steinbeck, J., y E.F. Ricketts. *Sea of Cortez*. Paul Appel, New York.

Thomson, D.A., L.T. Findley, y A.N. Kerstich. 2000. *Reef fishes of the Sea of Cortez*. University of Texas Press, Austin.

Thomson, D.A., y W.H. Eger. 1966. *Guide to the Families of the Common Fishes of the Gulf of California*. University of Arizona Press. 53 pp.

### Huracanes y chubascos

Caso, M., C. González-Abraham, and E. Ezcurra. 2007. Divergent ecological effects of oceanographic anomalies on terrestrial ecosystems of the Mexican Pacific coast. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104(25): 10530–10535.

Douglas, M.W., R.A. Maddox, K. Howard, y S. Reyes. 1993. The Mexican monsoon. *Journal of Climate* 6(8): 1665–1677.

Douglas, M.W., y J.C. Leal. 2003. Summertime surges over the Gulf of California: Aspects of their climatology, mean structure, and evolution from radiosonde, NCEP reanalysis, and rainfall data. *Weather and Forecasting* 18(1): 55–74.

Higgins, R.W., y W. Shi. 2005. Relationships between Gulf of California moisture surges and tropical cyclones in the Eastern Pacific Basin. *Journal of Climate* 18(22): 4601–4620.

Mitchell, D.L., D. Ivanova, R. Rabin, T.J. Brown, y K. Redmond. 2002. Gulf of California sea surface temperatures and the North American monsoon: Mechanistic implications from observations. *Journal of Climate* 15(17): 2261–2281.



Mo, K., y R.W. Higgins. 2008. Relationships between Sea surface temperatures in the Gulf of California and surge events. *Journal of Climate* 21(17): 4312–4325.

Stensrud, D.J., R.L. Gall, y M.K. Nordquist. 1997. Surges over the Gulf of California during the Mexican Monsoon. *Monthly Weather Review* 125(4): 417–437.

Vera, C., R.W. Higgins, J. Amador, T. Ambrizzi, R. Garreaud, D. Gochis, D. Gutzler, D. Lettenmaier, J. Marengo, C. R. Mechoso, J. Nogués-Paegle, P.L. Silva Díaz, y C. Zhang. 2006. Toward a unified view of the american monsoon systems. *Journal of Climate* 19(20): 4977–5000.

### Riqueza y productividad de los montes submarinos

Amador-Buenrostro, A., A. Trasviña-Castro, A. Muhlia-Melo, y M.L. Argote-Espinoza. 2003. Influence of EBES seamount and Farallon basin on coastal circulation in the Gulf of California, Mexico. *Geofísica Internacional* 42(3): 407–418.

Bustos-Serrano, H., y R. Castro-Valdez. 2006. Flux of nutrients in the Gulf of California: Geostrophic approach. *Marine Chemistry* 99: 210–219.

Klimley, A.P., S.B. Butler, D.R. Nelson, y A.T. Stull. 1988. Diel movements of scalloped hammerhead sharks, *Sphyrna fewini* Griffith and Smith, to and from a seamount in the Gulf of California. *Journal of Fish Biology* 33: 751–761.

Klimley, A.P., S.J. Jorgensen, A. Muhlia-Melo, y S.C. Beavers. 2003. The occurrence of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) at Espiritu Santo Seamount in the Gulf of California. *Fisheries Bulletin* 101: 684–692.

Klimley, A.P., y S.B. Butler. 1988. Immigration and emigration of a pelagic fish assemblage to seamounts in the Gulf of California related to water mass movements using satellite imagery. *Marine Ecology - Progress Series* 49: 11–20.

Klimley, A.P., y D.R. Nelson. 1984. Diel movement patterns of the scalloped hammerhead shark (*Sphyrna lewim*) in relation to E1 Bajo Espiritu Santo: a refuging central-position social system. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 15: 45–54.

Muhlia-Melo, A., P. Klimley, R. González-Armas, S. Jorgensen, A. Trasviña-Castro, J. Rodríguez-Romero, y A. Amador Buenrostro. 2003. Pelagic fish assemblages at the Espiritu Santo seamount in the Gulf of California during El Niño 1997–1998 and non-El Niño conditions. *Geofísica Internacional* 42(3): 473–481.

### Zonación vertical alrededor de los montes submarinos

Sánchez-Velasco, L., S.P.A. Jiménez-Rosenberg, y M.F. Lavín. 2007. Vertical distribution of fish larvae and its relation to water column structure in the southwestern Gulf of California. *Pacific Science* 61(4): 533–548.

Trasviña-Castro, A., G. Gutiérrez de Velasco, A. Valle-Levinson, R. González-Armas, A. Muhlia, y M.A. Cosío. 2003. Hydrographic observations of the flow in the vicinity of a shallow seamount top in the Gulf of California. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 57: 149–162.

Valle-Levinson, A., A. Trasviña Castro, G. Gutiérrez de Velasco, R. González Armas. 2004. Diurnal vertical motions over a seamount of the southern Gulf of California. *Journal of Marine Systems* 50: 61–77.

### Agrupaciones de desove

Sala, E., O. Aburto-Oropeza, G. Paredes, y G. Thompson. 2002a. Spawning aggregations and reproductive behavior of reef fishes in the Gulf of California. *Bulletin of Marine Science* 72(1): 103–121.

Viesca-Lobatón, C., E.F. Balart, A. González-Cabello, I. Mascareñas-Osorio, O. Aburto-Oropeza, H. Reyes-Bonilla, y E. Torreblanca. 2008. Peces arrecifales. En: G.D. Daneman y E. Ezcurra (eds.). *Bahía de Los Ángeles: Recursos naturales y comunidad. Línea base 2007*. Pronatura Noroeste, Instituto Nacional de Ecología, y San Diego Natural History Museum. México, D.F. pp. 385–427.

### Interacciones entre especies

Castro, P. 1978. Movements between Coral Colonies in *Trapezia ferruginea* (Crustacea: Brachyura), an Obligate Symbiont of Scleractinian Corals. *Marine Biology* 46: 237–245.

Glynn, P.W. 1980. Defense by symbiotic crustacea of host corals elicited by chemical cues from predator. *Oecologia* (Berl.) 47: 287–290.

Glynn, P.W., M. Perez, and S.L. Gilchrist. 1985. Lipid decline in stressed corals and their crustacean symbionts. *Biological Bulletin* 168: 276–284.

Rinkevich, B., Z. Wolodarsky, y Y. Loya. 1991. Coral-crab association: a compact domain of a multilevel trophic system. *Hydrobiologia* 216/217: 279–284.

### El impacto de las pesquerías

Aburto-Oropeza O., B. Erisman, V. Váldez-Ornelas, y G. Danemann. 2008. *Commercially important serranid fishes from the Gulf of California: Ecology, Fisheries, and Conservation*. Pronatura Noroeste, Serie Ciencia y Conservación, Vol. 1, Ensenada, Baja California, México. 43 pp. (disponible en línea en: [http://www.pronatura-noroeste.org/ciencia\\_conservacion\\_eng.php](http://www.pronatura-noroeste.org/ciencia_conservacion_eng.php)).

Arvizu-Martínez, J. 1987. Fisheries activities in the Gulf of California, Mexico. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Report* 28: 32–36.

Cochrane, K.L. 1999. Reconciling sustainability, economic efficiency and equity in fisheries: the one that got away? *Fish and Fisheries* 1: 3–21.

Coleman, F. 1983. *Hemanthias peruanus*, another hermaphroditic anthiine serranid. *Copeia* (3):252-253.

Erisman, B.E., J.A. Rosales-Casián, y P.A. Hastings. 2007. Evidence of gonochorism in a grouper, *Mycteroperca rosacea*, from the Gulf of California, Mexico. *Environmental Biology of Fishes* 82(1): 23–33.

Hernandez, A., y W. Kempton. 2003. Changes in fisheries management in Mexico: effects of increasing scientific input and public participation. *Ocean and Coastal Management* 46:507–526.

Jackson, J.B.C., M.X. Kirby, W.H. Berger, K.A. Bjorndal, L.W. Botsford, B.J. Bourque, R. Bradbury, R. Cooke, J.A. Estes, T.P. Hughes, S. Kidwell, C.B. Lange, H.S. Lenihan, J.M. Pandolfi, C.H. Peterson, R.S. Steneck, M.J. Tegner, y R.W. Warner. 2001. Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. *Science* 293:629–638.

McGoodwin, J.R. 1979. The decline of Mexico's Pacific inshore fisheries. *Oceanus* 22, 52–59

Musick, J.A., M.M. Harbin, S.A. Berkeley, G.H. Burgess, A.M. Eklund, L. Findley, R.G. Gilmore, J.T. Golden, D.S. Ha,



G.R. Huntsman, J.C. McGovern, S.J. Parker, S.G. Poss, E. Sala, T.W. Schmidt, G.R. Sedberry, H. Weeks and S.G. Wright 2000 Marine, estuarine, and diadromous fish stocks at risk of extinction in North America (exclusive of Pacific salmonids). *Fisheries* 25(11):6-30.

Pondella, D.J., L.G. Allen, J.A. Rosales-Casián, y T.E. Hovey. 2001. Demographic parameters of golden spotted rock bass *Paralabrax auroguttatus* from the northern Gulf of California. *Transactions of the American Fisheries Society* 130:686-691.

Rodríguez-Romero, J., A.F. Muhlia-Melo, F. Galván-Magaña, F.J. Gutiérrez-Sánchez, y V. Gracia-López. 2005. Fish assemblages around Espiritu Santo Island and Espiritu Santo Seamount in the lower Gulf of California, Mexico. *Bulletin of Marine Science* 77(1): 33-50.

Morato, T., W.W.L. Cheung, y T.J. Pitcher. 2006. Vulnerability of seamount fish to fishing: fuzzy analysis of life-history attributes. *Journal of Fish Biology* 68(1): 209–221.

### Conservación

Sáenz-Arroyo, A., C.M. Roberts, J.Torre, M. Cariño-Olvera. 2005b. Using fishers’ anecdotes, naturalists’ observations and grey literature to reassess marine species at risk: the case of the Gulf grouper in the Gulf of California, Mexico. *Fish and Fisheries* 6: 121-131.

Sáenz-Arroyo A., C.M. Roberts, J. Torre, M. Cariño-Olvera, R.R. Enriquez-Andrade. 2005. Rapidly shifting environmental baselines among fishers of the Gulf of California. *Proceedings of the Royal Society of London Series B Biological Sciences* 272:1957-1962.

Sala, E., O. Aburto-Oropeza, G. Paredes, I. Parra, J.C. Barrera, y P.K. Dayton. 2002b. A general model for designing networks of marine reserves. *Science* 298: 1991–1993.

Sala, E., O. Aburto-Oropeza, M. Reza, G. Paredes, y L.G. López-Lemus. 2004. Fishing down coastal food webs in the Gulf of California. *Fisheries* 28 (3): 19–25.

## Lista de fotografías iniciales y finales

Página 3: *Nidorellia armata*. Foto © Lorenzo Rosenzweig.

Página 4: almeja catarina *Argopecten ventricosus*. Foto © Lorenzo Rosenzweig.

Página 5: parte inferior de la estrella de mar *Pentaceraster cumingi*. Foto © Lorenzo Rosenzweig.

Páginas 6-7: en el bajo Marisla, un juvenil de pez sandía *Paranthias colonus*, nada entre colonias de abanico de mar *Muricea fruticosa*. Foto © Octavio Aburto-Oropeza.

Páginas 8-9: en el islote de Las Ánimas, un macho de pez Ángel de Cortés *Pomacanthus zonipectus*, busca refugio entre las colonias de coral negro *Antipathes galapagensis*. Foto © Octavio Aburto-Oropeza.

Página 160: detalle de la piel de la estrella de mar *Pentaceraster cumingi* mostrando los poros populares utilizados para la respiración. Foto © Lorenzo Rosenzweig.

Página 166: detalle de los brazos entrelazados del ofiuroido *Astrodictyum panamense*. Foto © Lorenzo Rosenzweig.

Página 170: acercamiento del pez cirujano cola amarilla *Prionorus punctatus*. Foto © Octavio Aburto-Oropeza.

Página 173: acercamiento del cuerpo del mulegino *Abudefduf troschelii*. Foto © Octavio Aburto-Oropeza.

Páginas 174-175: parada en un cáncamo del muelle de Puerto Escondido, una gaviota *Larus livens* se perfila sobre los acantilados de la Sierra de la Giganta. Foto © Lorenzo Rosenzweig.

Páginas 190-191: un poliqueto, o gusano marino, de la familia Nereididae en fase de reproducción sexual muestra la segmentación característica de los adultos reproductivos, o epitocos. Foto © Carlos Sánchez-Ortiz.

Página 192: un cardumen de bayas *Mycteroperca jordani*, una especie de peces serránidos emparentados con las cabrillas y los meros, explora un fondo arenoso. Foto © Octavio Aburto-Oropeza.

Páginas 198-199: un tiburón ballena *Rhincodon typus*, busca refugio y alimento bajo la sombra del Argo, y sigue a la expedición durante dos días. Foto © Octavio Aburto-Oropeza.

Página 200: Cangrejo. Acuarela de Lorenzo Rosenzweig.







