

¿DE QUÉ SE ENFÉRMAN LOS CORALES?

J. C. Rodríguez Villalobos, L. E. Calderón Aguilera y A. Rocha Olivares

Las enfermedades que afectan a las diversas especies de fauna silvestre se han incrementado en los últimos años como consecuencia de diversos factores tanto naturales como ocasionados por el hombre, lo cual es de particular interés, debido al riesgo de ser transmitidas al ser humano. Las enfermedades que padecen organismos silvestres y pueden contagiarse a humanos son llamadas zoonosis (del vocablo griego, que significa *enfermedad animal*).



¿DE QUÉ SE ENFERMAN LOS CORALES?

El estudio de enfermedades de animales silvestres se ha enfocado, principalmente, en el ambiente terrestre, que es el lugar donde habitamos y del cual proviene la mayor parte de los animales domesticados desde el inicio de la humanidad. En cambio, a pesar de que tres cuartas partes de la Tierra están cubiertas por agua (océanos en su mayoría), el estudio de enfermedades en el medio ambiente marino se encuentra sumamente rezagado, en comparación con el terrestre. La importancia de estudiar la presencia de enfermedades en los organismos marinos reside, no sólo en el contacto cada vez mayor que el ser humano tiene con el mar, sino también en la urgencia de mantener sanos los ecosistemas marinos para que puedan ser aprovechados de manera sustentable. Los arrecifes coralinos se encuentran entre los ecosistemas más emblemáticos, ya que proveen al humano de un sinnúmero de productos y servicios (Cuadro 1), pero cuya vulnerabilidad al deterioro ambiental los hace particularmente susceptibles a enfermedades.

CUADRO 1. BIENES Y SERVICIOS QUE BRINDAN LOS ARRECIFES DE CORAL

- ◀ Actúan como barreras de protección de las costas.
- ◀ Soportan el mayor número de especies por unidad de área, ya que son áreas nodrizas, de alimentación, desove y apareamiento de muchas especies.
- ◀ Contribuyen a la cadena alimentaria pelágica a través de la exportación de producción orgánica.
- ◀ Son la base para la explotación pesquera por parte de las comunidades costeras.
- ◀ Incentivan el turismo (particularmente, el ecológico) y la recreación.
- ◀ Aportan la materia prima para la elaboración de artesanías.

¿CUÁN SALUDABLES SON LOS OCÉANOS?

Quizá la inmensidad de los océanos nos puede llevar a pensar que son gigantes invulnerables, pero no es así. Los mares del mundo también sufren las consecuencias del abuso de sus recursos, de la acumulación de todo tipo de desechos y hasta del cambio climático. Los problemas de sobrepesca, contaminación y cambios en el nivel del mar por el derretimiento de los casquetes polares son reales y empeoran cada día. Así pues, la incidencia de enfermedades en todos los habitantes del mar, desde los unicelulares hasta

Cuando los organismos se encuentran en un ambiente estresante y poco favorable, su sistema inmune es afectado, y los agentes patógenos ganan la batalla, produciendo enfermedades

los grandes mamíferos, se ha incrementado en las últimas décadas.

Una enfermedad es cualquier discapacidad que interfiere con —o modifica— el desempeño de una función normal, incluyendo las respuestas de los organismos a los factores ambientales. Hay enfermedades que no se transmiten porque son resultado de defectos fisiológicos ocurridos desde la formación embrionaria (conocidas como enfermedades congénitas), de las que no hablaremos en este trabajo; en cambio, nos referiremos a las enfermedades infecciosas, para cuya presencia es necesario que sucedan tres factores: la concurrencia de un agente causal de la enfermedad (por supuesto, un patógeno); la participación de un organismo susceptible de ser infectado por dicho patógeno (es decir un hospedero); y un ambiente que favorezca la propagación del patógeno en el hospedero, al grado de propiciar la enfermedad.

Los organismos evolucionan constantemente y, en consecuencia, sus sistemas de respuesta inmune se fortalecen para combatir las infecciones causadas por organismos patógenos, de modo que una infección puede ser combatida exitosamente sin llegar a causar enfermedad alguna. Sin embargo, cuando los organismos se encuentran en un ambiente estresante y poco favorable, su sistema inmune se ve afectado, y los agentes patógenos ganan la batalla, produciendo enfermedades. Tanto en personas como en plantas y animales, las enfermedades han existido siempre, formando parte de los procesos naturales que afectan la viabilidad y la mortalidad de las poblaciones naturales; lo alarmante es el incremento con el que estas situaciones se están presentando en organismos silvestres, en la actualidad, como resultado de las alteraciones ambientales que ha causado el ser humano en todas las escalas geográficas, desde la local hasta la global. Mearns y colaboradores⁴ hicieron una exhaustiva revisión de los efectos de la contaminación sobre

organismos marinos, para lo cual consideraron tanto problemas de contaminación derivados del tráfico marítimo (uso de **antiincrustantes**,¹ agua de lastre y derrame de combustibles) como descargas de aguas residuales de todo tipo a la zona costera. Su conclusión fue que los organismos afectados comprenden desde el zooplancton (pequeños animales que se encuentran errantes en la **columna de agua**) hasta mamíferos marinos; en resumen: la afectación a todo tipo de ecosistemas y organismos por contaminación es un fenómeno global.

SALUD Y ENFERMEDADES DE LOS CORALES

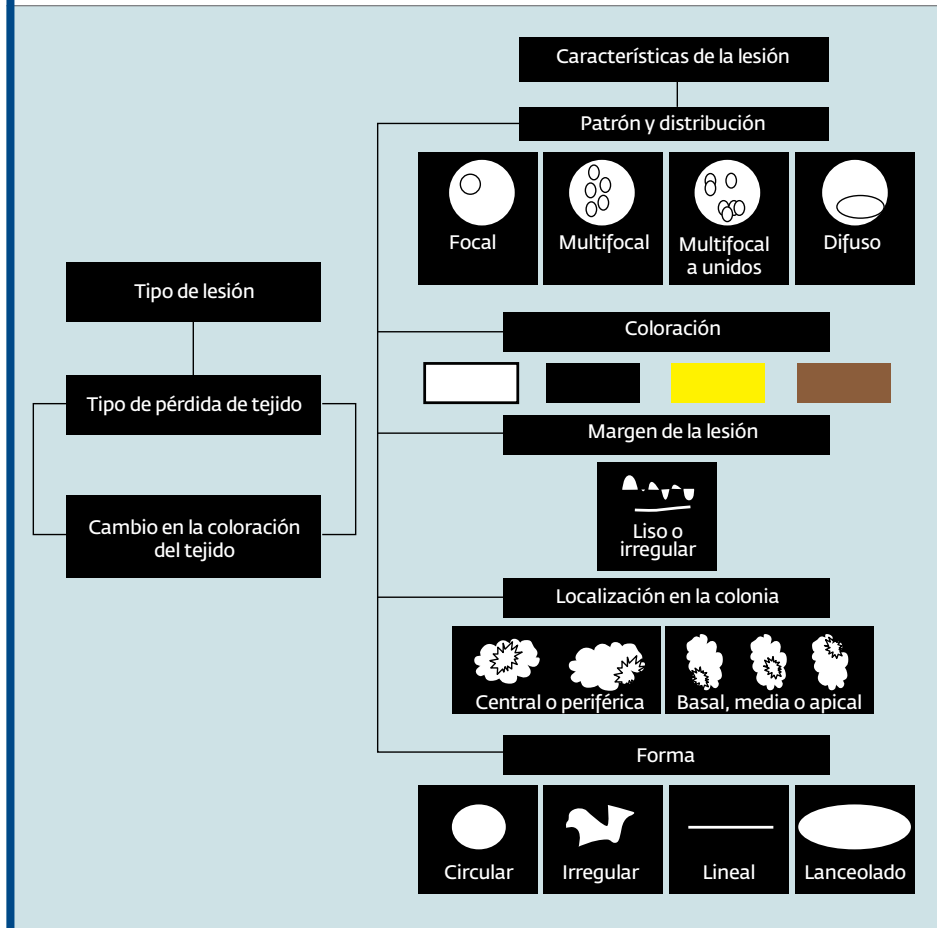
Como se mencionó en el cuadro 1, la salud de los organismos de los arrecifes coralinos es de particular interés, dado que estos ecosistemas marinos se encuentran entre los más diversos e importantes, y representan una valiosa fuente de recursos, bienes y servicios ambientales. Los fundamentos estructural y funcional de los arrecifes coralinos son, precisamente, las especies de corales capaces de producir y mantener una matriz arrecifal a partir de sus esqueletos calcáreos; éstos son los llamados corales *hermatípicos*, que significa: *formadores de arrecife*.

Los corales son pequeños animales coloniales que pertenecen al mismo grupo que las anémonas, los abanicos de mar y las aguamalas (categoría taxonómica llamada *Phylum* o *Filo Cnidaria*). Estos animales pueden vivir en simbiosis con dinoflagelados (algas unicelulares) conocidos como *zooxantelas*, los cuales habitan en las células del aparato digestivo de los corales, por lo que se conocen como *endosimbiontes intracelulares*. Debido a que estas algas requieren luz para fotosintetizar, la distribución vertical de estos corales se restringe a la profundidad a la cual llega luz suficiente para ello. En las ocasiones en que la temperatura del mar sube o baja más allá de los límites en los que habitan los corales, las zooxantelas son

expulsadas y queda expuesto el esqueleto calcáreo, fenómeno conocido como *blanqueamiento*.

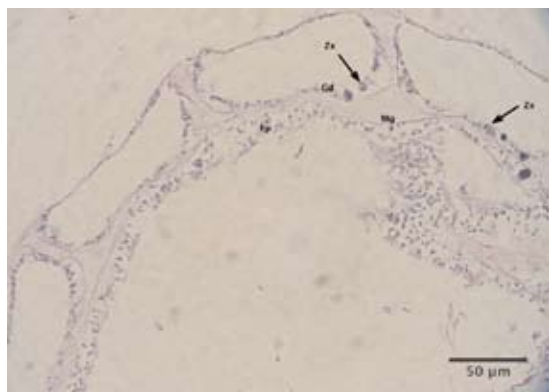
Además de la luz y turbidez del agua, la salud de los corales depende de que varios factores: físicos (como la temperatura), químicos (como la alcalinidad del agua), y biológicos (como la cantidad de alimento), se encuentren en intervalos apropiados para ellos. Esto los hace ser muy vulnerables a cambios ambientales, incluso a los causados por acciones humanas, como la contaminación, la navegación, el buceo recreativo y la pesca. Estas actividades afectan directa o indirectamente a los arrecifes, al producir situaciones estresantes para la comunidad y para los corales mismos, condiciones que suelen favorecer la incidencia de enfermedades. En el cuadro 2 presentamos las principales enfermedades re-

FIGURA 1. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE LAS LESIONES OBSERVADAS EN LOS CORALES, CON BASE EN LOS ATRIBUTOS DE ÉSTAS

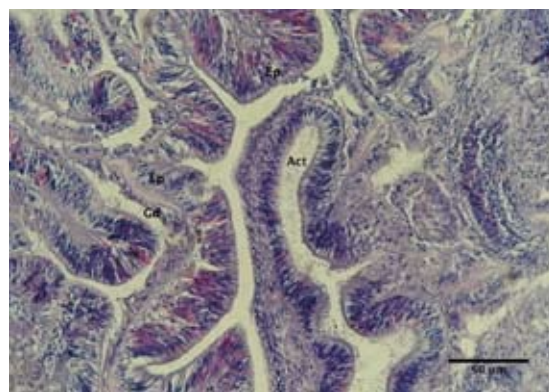


1. Los términos destacados en azul se explican en el glosario que se encuentra en la página 13.

¿DE QUÉ SE ENFERMAN LOS CORALES?



◀ **FIGURA 2.** Sección transversal de pólipo coralino. Tinción con Hematoxilina-eosina. Tejidos del pólipo afectados por blanqueamiento en donde se observa un daño evidente en la conformación de los epitelios. Zx., zooxantelas, Gd., gastrodermis, Mg., mesoglea, Ep., epidermis. Foto: Jenny C. Rodríguez.



◀ **FIGURA 3.** Sección transversal de pólipo coralino. Tinción con Hematoxilina-eosina. Tejido afectado por blanqueamiento en el que no hay daño tisular adicional, pese a la ausencia de zooxantelas. Act., actinofaringe, Gd., gastrodermis, Ep., epidermis. Foto: Jenny C. Rodríguez.

Los corales son pequeños animales que viven en simbiosis con algas unicelulares (zooxantelas), muy sensibles a los cambios de su hábitat; cuando alguno ocurre, lo abandonan, dejando expuesto el esqueleto calcáreo

portadas en los corales, en diferentes lugares y su agente patógeno (ICRI/UNEP-WCMC 2010). Curiosamente, no existen reportes de enfermedades en los arrecifes de las costas mexicanas del Pacífico.²

¿CÓMO CARACTERIZAR LAS ENFERMEDADES CORALINAS?

En el caso de los corales, existe una falta de consenso en la terminología y en el análisis de las causas de las enfermedades (también conocido como *etiología*), muchas veces los reportes no son claros o hay incerti-

dumbre sobre las relaciones causales inferidas únicamente a partir de descripciones morfológicas y no de experimentación.

En opinión del doctor Thierry Work, experto mundial en el tema e investigador del Centro Nacional de Salud de Vida Silvestre de Estados Unidos, el estudio sistemático de las enfermedades en corales debe iniciarse con la descripción de las lesiones, incluso de aquellas debidas a la depredación. En el medio natural, se debe observar cuidadosamente las colonias coralinas y encontrar las señales relacionadas con cualquier lesión en el animal.³

Además, la descripción adecuada de las enfermedades coralinas debe involucrar observaciones a nivel de los tejidos, mediante análisis histopatológicos (la *histología* es la rama de la anatomía que estudia los tejidos, por lo que la *histopatología* estudia los tejidos enfermos). Dichos análisis son muy importantes en el estudio de las enfermedades, puesto que con ellos es posible describir cambios morfológicos a nivel celular que pueden asociarse a cambios físico-químicos y fisiológicos a mayor escala (a nivel macroscópico) en el organismo. Dichos cambios constituyen la base

2. La ocurrencia de enfermedades se puede consultar en: Global Coral Disease database UNEP-WCMC; y un mapa de distribución de reportes actualizado se puede consultar en <http://reefGIS.reefbase.org/>

3. La doctora Esther Peters, de la Universidad de George Mason, en Virginia, EUA, líder en el tema, define una lesión como "herida o daño, externa o interna, relacionada con un cambio anormal en la forma y estructura de los tejidos, que se desvía de lo que se considera normal en el individuo". Peters, E. Diseases of Corals and other Reef Organisms. Workshop. Mote Marine Laboratory's Tropical Research laboratory. Summerland key, 2010.

CUADRO 2. PRINCIPALES ENFERMEDADES REPORTADAS EN CORALES.

ENFERMEDAD Y LUGAR	PATÓGENO	CORAL HOSPEDERO
Blanqueamiento (Mediterráneo oriental)	<i>Vibrio shiloi</i>	<i>Oculina patagonica</i>
Blanqueamiento y pérdida de tejido (Océano Índico y Mar Rojo)	<i>Vibrio coralliilyticus</i>	<i>Pocillopora damicornis</i>
Aspergilosis (Caribe)	<i>Aspergillus sydowii</i>	Gorgónidos (abanicos de mar)
Banda Blanca (Caribe)	<i>Vibrio carchariae</i>	<i>Acropora</i> spp.
Plaga Blanca (Caribe)	<i>Aurantimonas corallicida</i>	Muchas especies
Plaga Blanca (Mar Rojo)	<i>Thalassomonas loyana</i>	Muchas especies
Parches Blancos (Caribe)	<i>Serratia marcescens</i>	<i>Acropora palmata</i>
Banda Amarilla (Caribe y Mar Rojo)	Cuatro <i>Vibrio</i> spp.	<i>Montastraea</i> spp.
Banda Negra (dispersada ampliamente)	<i>Consortio</i>	Muchas especies

FUENTE: (ICRI/UNEP-WCMC 2010)

CUADRO 3. CATEGORÍA Y DESCRIPCIÓN DE LAS LESIONES OBSERVADAS EN CORALES DEL PACÍFICO MEXICANO

CATEGORÍA	LESIÓN
Cambio de coloración del tejido	Cambio de coloración – pérdida Respuesta de pigmentación
Pérdida de tejido	Mordedura de pez Depredación por invertebrados Pérdida de tejido por agente no definido
Sobrecrecimiento de material pigmentado no coralino	Mortalidad parcial y total, algas y esponjas

de los cuadros clínicos y de las manifestaciones de las enfermedades (sintomatología) que son el punto de partida para investigar sus causas potenciales.

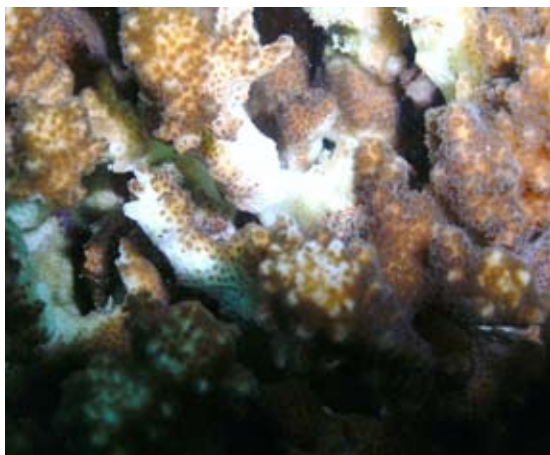
AVANCES EN EL ESTUDIO DE LESIONES CORALINAS EN EL PACÍFICO MEXICANO

Hasta el año 2010, no existía información sobre el estado de salud de las colonias coralinas del Pacífico mexicano. A finales de ese año, realizamos un estudio en Nayarit, Colima y Oaxaca, a partir del cual describimos las lesiones presentes en colonias de especies del género *Pocillopora*, corales dominantes en las comunidades de esta costa. La categoría de la lesión y una breve descripción se presentan en el cuadro 3; la figura 1 muestra las características básicas de estas lesiones.

El análisis microscópico de algunas lesiones permitió comprender las respuestas fisiológicas del organismo; por ejemplo, en los tejidos de las muestras

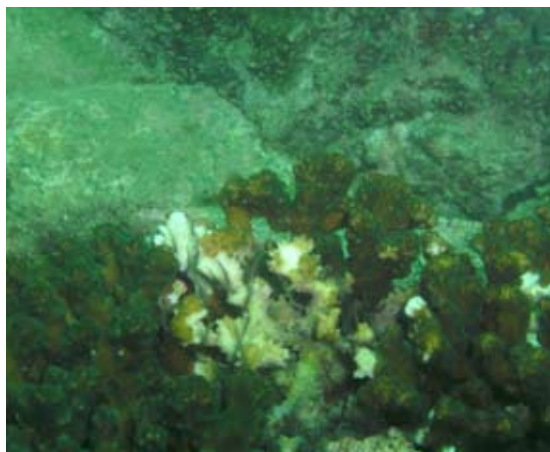
de corales afectados por blanqueamiento, se encontraron dos tipos de alteraciones que pudieran estar relacionadas con la respuesta tanto del animal como del simbionte ante cambios en la temperatura.

Por un lado, se encuentra la disminución en el tamaño y volumen general de los tejidos (conocida como *atrofia tisular*) y la pérdida de los simbiontes que se encuentran en el tejido digestivo de los corales (*gastrodermis*). Estos cambios son producidos, porque la zooxantela se desprende del tejido junto con su célula hospedera, posiblemente, como resultado de la muerte de esta última. El estrés térmico (exceso de calor o de frío) daña la maquinaria fotosintética de la zooxantela, lo que produce altas concentraciones de sustancias tóxicas para la célula hospedera y el simbionte (la zooxantela). Estas sustancias provocan el deterioro del material genético (ácido desoxirribonucleico o ADN), así como daño celular generalizado en los tejidos del coral (figura 2).



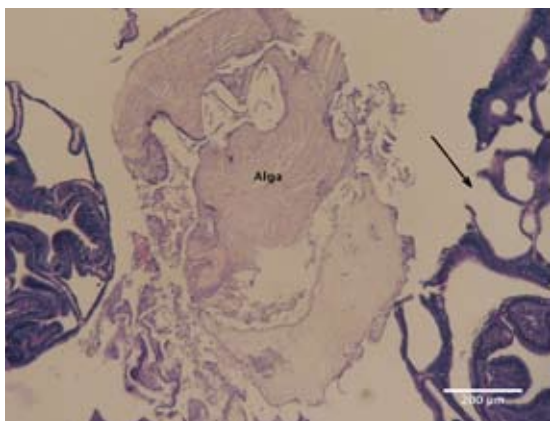
◀ **FIGURA 4.** Depredación por el caracol *Jenneria pustulata* en varias ramificaciones de una colonia de *Pocillopora*.

Foto: Jenny C. Rodríguez.



◀ **FIGURA 5.** Pérdida de tejido por agente no definido.

Foto: Jenny C. Rodríguez.



◀ **FIGURA 6.** Sección transversal de pólipos coralinos. Tinción con Hematoxilina-eosina. Señala el rompimiento del tejido de la gastrodermis, la cual se observa engrosada.

Foto: Jenny C. Rodríguez.

Es necesario implementar un sistema de monitoreo y evaluación constante en las comunidades coralinas, como medida precautoria, orientada a la conservación de este valioso ecosistema

Por otro lado, se encuentra la salida del simbiote o su desintegración dentro del hospedero, sin daño en el tejido cercano (figura 3). Este mecanismo involucra la muerte y desintegración del simbiote en la gastrodermis, o bien la expulsión de los restos celulares, desde el interior del organismo, a través de la cavidad gástrica, junto con las heces.

Muchas de las lesiones encontradas en nuestro estudio seguramente resultaron de interacciones antagónicas de los corales con otros organismos. La pérdida de tejido en los corales del Pacífico mexicano se asocia principalmente con eventos de depredación por parte de vertebrados e invertebrados. Las lesiones se evidencian por la mordedura de los peces que dejan fragmentado el esqueleto desnudo del coral. La depredación causada por invertebrados, como el caracol *Jenneria pustulata*, queda manifiesta, porque su presencia sobre el coral también se asocia a una pérdida apreciable del tejido coralino (figura 4).

La depredación, sin embargo, no provocó cambios severos sobre los tejidos, a excepción del adelgazamiento (pérdida de células) de la gastrodermis. La poca alteración del tejido probablemente se deba a un proceso de regeneración, que se ha documentado en especies como *Montipora capitata*. La ocurrencia de este proceso en *Pocillopora* será objeto de estudio a mediano plazo.

Otro tipo de pérdida de tejido no pudo ser asociado con depredadores, pero en algunos casos, se evidenció como una banda blanca que, al parecer, avanza desde la base hacia la punta de las ramificaciones (figura 5). Otras lesiones fueron resultado de la competencia interespecífica, otro tipo de relación antagónica entre corales y otros organismos.

Algunas especies coralinas, como *Pocillopora verrucosa*, mueren casi de inmediato al entrar en contacto con algas filamentosas que causan un incremento en

la actividad microbiana y, en consecuencia, una reducción en la concentración de oxígeno en el medio. Cuando esto sucede, las algas ganan la competencia por luz y espacio a los corales, lo cual deviene en cambios radicales en los ecosistemas coralinos. El contacto del alga con los pólipos coralinos ocasiona rompimiento e hipertrofia del tejido, lo que se hace patente por el aumento en el grosor de su gastrodermis (figura 6), y puede significar un intento del coral por impedir el avance del alga. En los tejidos se observa también blanqueamiento, debido a que el área adyacente a la inserción del alga presenta valores bajos de oxígeno, lo que tiene origen en su consumo tanto por el holobionte (coral y simbiote) como por la macroalga invasora.

UN SISTEMA CORALINO SALUDABLE

Si bien es cierto que en nuestro estudio -el primero en su tipo en esta región- no se encontraron señales que permitan asegurar la presencia de enfermedades coralinas infecciosas reportadas en otros océanos, se debe recalcar que algunas de las lesiones observadas son un riesgo inminente para la salud de las colonias, ya que comprometen el sistema inmune de estos animales, haciéndolos más sensibles a los estresores ambientales. Para comprobar la existencia de enfermedades, además de la descripción morfológica de lesiones, es necesario llevar a cabo estudios con herramientas de diversas disciplinas, como biología molecular, microbiología e inmunología, entre otras.

La ocurrencia de enfermedades es un proceso dinámico, por lo que la ausencia de manifestación al respecto no debería ser considerada como un estado de absoluto bienestar. Es necesario implementar un sistema de monitoreo y evaluación constante en las comunidades coralinas, como medida precautoria, orientado a la conservación de este valioso ecosistema. 

REFERENCIA:

- ✿ Mearns, A. J., D. J. Reish, P. S. Oshida, M. Buchman, T. Ginn, y R. Donnelly. "Effects of Pollution on Marine Organisms". *Water Environment Research* 81, (2009): 2070-2125.

Jenny Carolina Rodríguez Villalobos es Maestra en Ciencias por el CICESE y estudiante de doctorado en Ciencias, en la misma institución, como becaria del Conacyt (CVU 339868). Sus intereses de investigación están enfocados a la patología de organismos arrecifales y sus implicaciones ecológicas en el ecosistema que conforman. C. e.: jennyrod@cicese.edu.mx

El doctor Luis Eduardo Calderón Aguilera es Investigador Nacional, nivel I y miembro del grupo "Arrecifes del Pacífico" de la Red Mexicana de Investigaciones a Largo Plazo (MEXLTER). Su principal línea de investigación se enfoca en el efecto del cambio global sobre la ecología de ecosistemas costeros, principalmente, arrecifales. C. e.: leca@cicese.mx

El doctor Axayácatl Rocha Olivares es líder del Laboratorio de Ecología Molecular del Departamento de Oceanografía Biológica del CICESE, e Investigador Nacional nivel II. Sus líneas de investigación se orientan a la ecología y evolución molecular de organismos marinos con énfasis geográfico en el noroeste de México. C. e.: arocha@cicese.mx <http://dob.cicese.mx/labs/ecolmolecular/index.html>



GLOSARIO

Antiincrustante: Todas las embarcaciones e instalaciones portuarias reciben un tratamiento de pintura especial, cuyo objetivo es impedir que los organismos marinos, como moluscos, balanos, gusanos y otros se adhieran a su superficie. Es decir: el antiincrustante es una sustancia que evita la fricción al navegar y el transporte indeseado de especies invasoras o exóticas.

Columna de agua: En el medio marino suele diferenciarse entre superficie (la capa que está en contacto directo con la atmósfera) y la columna de agua, que es todo el medio líquido comprendido desde la parte baja de la superficie hasta el fondo.

BIBLIOHEMEROGRAFÍA:

- ◀ ICRI/UNEP-WCMC. 2010. *Disease in Tropical Coral Reef Ecosystems*. ICRI Key Messages on Coral Disease.
- ◀ Work, T. M., L. L. Richardson, T. L. Reynolds, and B. L. Willis. "Biomedical and Veterinary Science Can Increase our Understanding of Coral Disease". *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 362 (2008): 63-70.