

Número especial

La Jornada

199

mayo
junio
2015

ecológica

Directora general:
Carmen Lira Saade
Director fundador:
Carlos Payán Vélver
Director: *Iván Restrepo*
Editora: *Laura Angulo*



Más allá de su belleza...

El arrecife mesoamericano

Números anteriores ◀ Correos electrónicos: ivres@prodigy.net.mx • estelag@correoprodigy.com

Presentación

Los arrecifes son uno de los tesoros naturales más importantes que tiene México. Después de la gran barrera que de ellos existe en Australia, albergamos la segunda formación más grande e importante del mundo. Generalmente, lo que se admira en ellos es su extraordinaria belleza. No se exagera cuando se dice que los arrecifes de coral son el paraíso del planeta azul, ése que se conforma con las aguas marinas y que el hombre todavía no conoce en toda su dimensión. Un planeta que en vez de ser conservado y utilizado racionalmente sufre todos los días los efectos más negativos de las actividades humanas.

Pero los arrecifes no solamente destacan por su belleza. También son un valioso recurso que brinda incontables beneficios tanto a la propia naturaleza como a la población. Numerosos países tienen en ellos una importante actividad económica, especialmente a través del sector pesquero. Éste no solo es fuente de empleo para millones de familias sino que permite también a millones contar con alimentos de primera calidad. Y es que en los arrecifes tienen su hábitat preferido numerosas especies marinas destinadas al consumo humano.

A ser fuente de empleo y alimentos, y albergar una diversidad biológica notable se agrega el ser fundamental para proteger de la erosión a la franja litoral marina y contrarrestar la fuerza de las olas. Especialmente cuando se presentan huracanes pues los arrecifes son la barrera por excelencia para reducir su fuerza y sus efectos.

A todo lo anterior debemos sumar su creciente papel en el



turismo. Cada vez son más los viajeros que disfrutan (vía el buceo y otras actividades) de la enorme belleza, diversidad y colorido de los arrecifes corales, y de las numerosas especies que en ellos habitan. Especies que, además, son la mejor demostración de la diversidad biológica que poseen los mares.

Esa diversidad biológica sirve igualmente de alimento a otros organismos superiores, haciendo parte así de importantes redes alimentarias. Cabe señalar que muy poco se ha estudiado la contribución que las especies que conforman dicha biodiversidad pueden ofrecer en el campo de la medicina, la industria farmacéutica y otras ramas de la economía.

Y por si no bastara todo lo anterior, los fragmentos, la acumulación de sedimentos y arenas calcáreas procedentes de los corales y de otros orga-

nismos con esqueletos calcáreos proveen a las áreas costeras de una arena blanca y suave. Como las que existen en el Caribe mexicano.

Podríamos anotar otros servicios ambientales y económicos que se derivan de cuidar adecuadamente los arrecifes. En contraste, preocupa el enorme daño que sufren lo mismo en México que en otras partes del mundo. Precisamente ésta es la idea central que anima a este número de *La Jornada Ecológica*.

Un prestigiado grupo de especialistas de reconocidas instituciones de investigación del país fueron convocados por Jorge Christian Alva-Basurto con el fin de mostrarle al lector las características más importantes de los arrecifes, su importancia para la vida en el planeta. Pero también llaman la atención sobre los daños que se les ocasiona en el país. Ejem-

plifican lo que sucede ahora con el sistema arrecifal veracruzano y con el muy destacado del Caribe mexicano.

En los trabajos que conforman este suplemento se destaca igualmente la necesidad de que las instancias gubernamentales cumplan con las normas establecidas para garantizar el buen estado de los arrecifes. En esa tarea es fundamental el apoyo de la ciudadanía. Porque se trata de un patrimonio que pertenece a todos, que debe cuidarse para beneficio y disfrute, hoy y en el futuro.

Finalmente, queremos agradecer al maestro en ciencias Jorge Christian Alva-Basurto y a los especialistas que ofrecen sus puntos de vista en este número de *La Jornada Ecológica*, su interés en divulgar sus conocimientos sobre uno de los más necesarios ecosistemas del planeta.

El arrecife mesoamericano, un paraíso que peligra por su belleza

Lorenzo Álvarez Filip

Unidad Académica de Sistemas Arrecifales del ICML
Universidad Nacional Autónoma de México

Correo-e: lorenzo@cmarl.unam.mx/www.barcolab.org

Los arrecifes de coral son los ecosistemas marinos más biodiversos en nuestro planeta. Representan solo el 0.2 por ciento del área total de los océanos pero albergan un tercio de las especies marinas conocidas. Además, proveen importantes bienes y servicios ambientales como proteger las costas de tormentas, proveer importantes recursos pesqueros y generar la arena blanca de las playas. Todo esto depende de la capacidad que tienen los corales de construir hábitat mediante la acumulación de carbonato de calcio; es decir, los corales al crecer generan una matriz de roca caliza que literalmente provee el entorno físico en el que todas las otras especies habitan. Los procesos biológicos para construir un arrecife llevan cientos o miles de años. Sin embargo, los humanos hemos demostrado que desacoplar su integridad ecológica y provocar la pérdida de hábitat solo requiere unas cuantas décadas.

Históricamente, los corales han ocupado más del 50 por ciento del sustrato en los arrecifes del mar Caribe. Esta relación ha disminuido drásticamente a partir de la década

de los setenta del siglo pasado. Hoy en día, la gran mayoría de los arrecifes solo tiene entre cinco y 15 por ciento de corales, lo que representa una severa pérdida en la capacidad de construir arrecifes.

Esto deriva en consecuencias negativas para otras especies, así como para los bienes y servicios ambientales que proporcionan. Se estima, por ejemplo, que la degradación arrecifal ha resultado en una rápida disminución en la abundancia de varias especies de peces, lo que se refleja en la pérdida de recursos pesqueros disponibles para las personas que habitan y visitan las costas tropicales.

Las mayores formaciones arrecifales en nuestro país se encuentran en el estado de Quintana Roo y, al igual que sus pares en otras regiones del mundo, están en peligro. Los arrecifes de las costas de Quintana Roo son parte del Sistema Arrecifal Mesoamericano, una cadena discontinua de arrecifes de más de mil kilómetros de longitud que inicia en el norte de Quintana Roo y termina en las costas de Honduras. El pasado 12 de mayo, la



iniciativa Arrecifes Saludables, un esfuerzo conjunto de más de 60 organizaciones, presentó el *Reporte del Estado de Salud del Arrecife Mesoamericano 2015*. Los resultados no son alentadores.

De un total de 248 sitios que se evaluaron en las costas de Quintana Roo, Belice, Guatemala y Honduras, 57 por ciento se encuentra en un estado delicado de salud. Esto quiere decir que estos arrecifes tienen muy poca cobertura de coral, pocos peces y una gran cantidad de macroalgas: las principales competidoras de los corales.

Tan solo nueve por ciento de los sitios se encontró en un estado saludable con poblaciones abundantes de corales y peces. Estos sitios estuvieron principalmente localizados en islas y atolones lejos de los impactos negativos de las costas. Si analizamos el caso de Quintana Roo, los resultados no son diferentes. Del total de los 86 sitios, 56 por ciento está en una condición delicada de salud, mientras que solo cuatro se encuentran en condiciones deseables. Estos pocos arrecifes se localizan en la isla de Cozumel, banco Chinchorro y puerto Morelos. Y todos se ubi-





can dentro de áreas naturales protegidas.

El principal problema que enfrentan los arrecifes de las costas de Quintana Roo es la pérdida de la calidad del agua marina. Los corales formadores de hábitat necesitan aguas claras y sin nutrientes para desarrollarse plenamente. El incremento en la cantidad de nutrientes, materia orgánica o contaminantes en el mar propicia que las algas, organismos que requieren un alto flujo de nutrientes, proliferen y desplacen a los corales. Además, el incremento en materia orgánica y bacterias provenientes de descargas residuales están asociadas con enfermedades coralinas, que algunos casos han resultado en eventos de mortandad masiva.

Esta pérdida de calidad en el agua marina se asocia directamente al rápido desarrollo costero y la alta demanda de recursos que genera la industria turística en el Caribe mexicano. Hace tan solo cinco décadas, las costas de lo que hoy es el estado de Quintana Roo eran parte de un territorio casi despoblado, donde habitaban solamente algunos pescadores. Hoy, la región es líder en turismo de playa, con lugares mundialmente conocidos como Cancún, playa del Carmen, Tulum y Cozumel.

Sus visitantes son atraídos por los arrecifes coralinos o por la arena blanca de las playas y las aguas color turquesa llenas de vida marina, condiciones que solamente pueden darse en costas con arrecifes saludables. En la actualidad existen cerca de 90 mil cuartos de hotel, la gran mayoría localizados en el norte de la entidad. Se estima que en 2014 alrededor de

15 millones de personas visitaron las costas de Quintana Roo, generando una derrama económica de más de 8 mil millones de dólares.

Acompañando la creciente demanda turística se ha generado una rápida urbanización de la zona para permitir albergar a las personas que trabajan en las actividades relacionadas con el turismo, la industria de la construcción y a todos aquellos ciudadanos nacionales e internacionales que se ven atraídos por el rápido crecimiento económico. En la actualidad, 1.4 millones de personas viven en Quintana Roo de acuerdo al censo del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática de 2010. Sumaban apenas 88 mil en 1970. Este rápido crecimiento origina una drástica modificación de la línea de costa devastando selvas, duna costera y manglares.

Este año, el crecimiento urbano y de actividades diversas continúa a marchas forzadas, sin planeación alguna. En los 120 kilómetros que separan Tulum de Cancún existen decenas de proyectos para crear viviendas de interés social, residenciales y "desarrollos" turísticos. Lo cual incrementará considerablemente la demanda de la infraestructura existente para albergar residentes permanentes y recibir turistas.

El crecimiento explosivo y la alta demanda de agua dulce que lo acompaña tienen drásticas consecuencias en una región donde se carece de un sistema de drenaje y que en cambio cuenta con un número muy reducido de plantas de tratamiento. En muchas áreas residenciales de Quintana Roo, el agua residual se colecta en fosas sépticas, mientras que



los grandes hoteles inyectan en pozos las aguas con algún tipo de tratamiento.

Si se quiere conservar realmente los arrecifes coralinos de México y Mesoamérica hay

que empezar por lo fundamental: protegerlos con medidas prontas y de cumplimiento obligatorio. Comenzando por la planeación integral del desarrollo urbano y rural.

Jorge Christian Alva-Basurto
Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres,
Punta Cancún y Punta Nizuc,
Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas

Jesús Ernesto Arias-González
Departamento de Recursos del Mar,
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados
Instituto Politécnico Nacional, unidad Mérida
Correos-e: chr.alva@yahoo.com.mx y earias@mda.cinvestav.mx

Arrecifes de coral, servicios ecosistémicos y cambio climático

Los arrecifes de coral constituyen uno de los ecosistemas más diversos y complejos del planeta, poseen una gran variedad de hábitats con procesos biológicos y ecológicos altamente complejos. Desde el punto de vista antropocéntrico son muy valiosos debido a los servicios ambientales que proporcionan. De los principales servicios que se obtienen de estos ecosistemas se encuentra la obtención de materia prima para uso farmacéutico y construcción. Pero además son una fuente muy importante de alimentación ya que generan una gran variedad de recursos pesqueros, brindan protección a la costa y son primordialmente áreas recreacionales, estéticas

y culturales y, por todo ello, de gran importancia económica.

Los servicios ambientales se clasifican en tres grandes tipos: 1. servicios de provisión o aprovisionamiento, los cuales abarcan los recursos naturales y todos aquellos derivados del funcionamiento de los ecosistemas que podemos consumir directamente; 2. servicios de regulación, que incluyen procesos complejos que regulan las condiciones ambientales en las que vivimos, y 3. servicios culturales que son los beneficios no tangibles que se obtienen a través de experiencias y de construcción de capacidades como fruto de la interacción entre los seres humanos y los ecosistemas (Fig. 1).



Langosta
Foto:
Alejandro Vega Zepeda

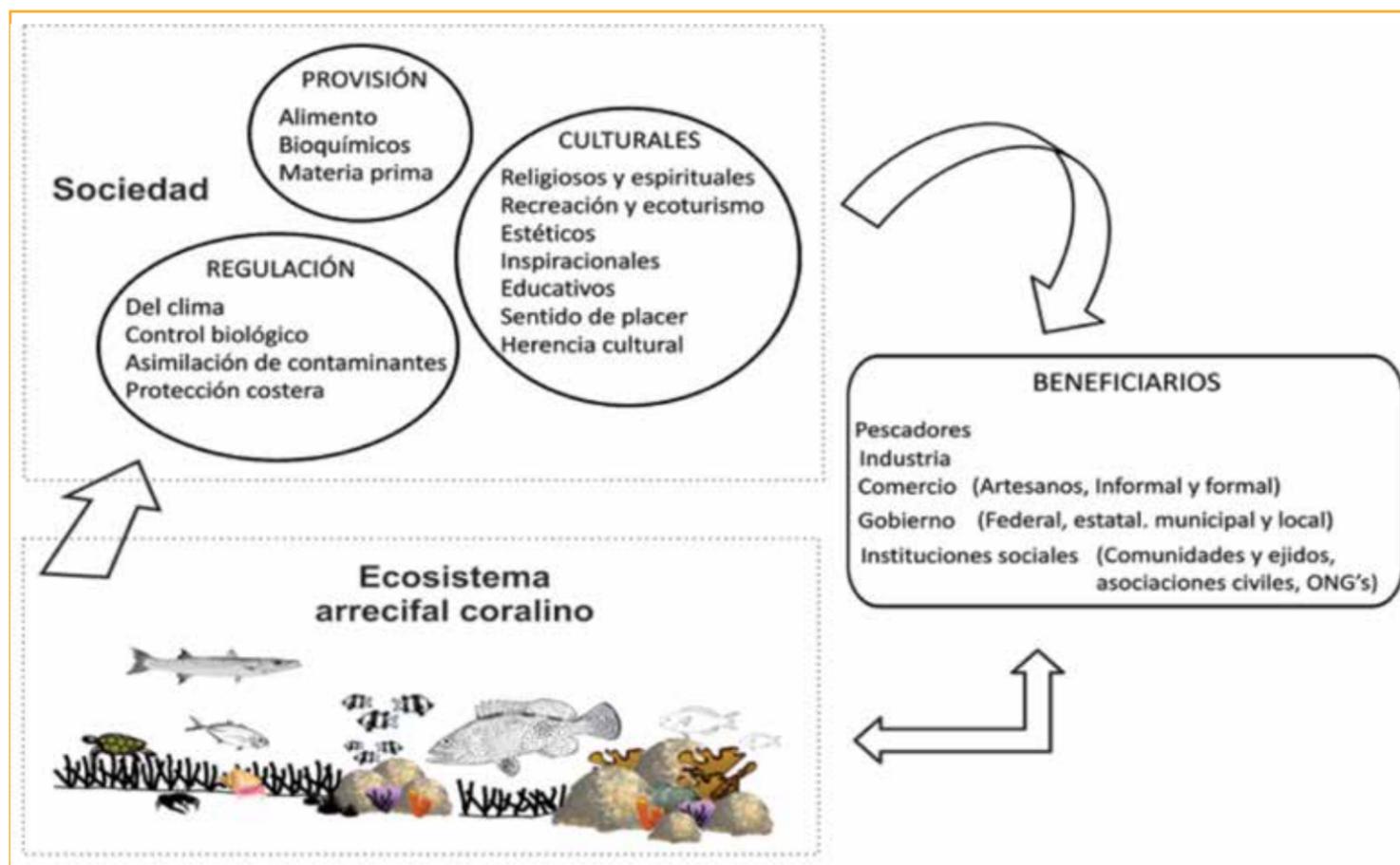


Figura 1. Marco conceptual de los servicios ecosistémicos de los sistemas arrecifales coralinos. Interacción entre el ecosistema arrecifal coralino y la sociedad (Alva-Basurto y Arias-González, en preparación)

A nivel global se estima que aproximadamente el 60 por ciento de los servicios ambientales que proveen los arrecifes a la sociedad han disminuido durante los últimos años debido a actividades antropicas.

Es innegable que las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero han aumentado desde tiempos preindustriales debido a las actividades humanas, sobre todo por la utilización de combustibles fósiles y los cambios en el uso de los suelos.

En las últimas décadas, el impacto generado en los arrecifes coralinos debido a las actividades humanas se ha incrementado dramáticamente. Entre los impactos, destacan el desarrollo costero a un ritmo acelerado, escorrentías con exceso de sedimentos o nutrientes (eutrofización), contaminación de las costas, actividades de buceo recreativo no responsable y la sobreexplotación pesquera.



Asociado a los impactos antrópicos, está el cambio climático que contribuye afectando de manera significativa la estructura y función de los arrecifes de coral, lo cual ocasiona pérdida o disminución de especies. Entre los principales impactos resultantes del cambio climático destaca el incremento en la frecuencia e intensidad de los huracanes, el cambio en la temperatura del agua y la disminución de las concentraciones del pH y del oxígeno disuelto.

Se ha identificado a nivel mundial que el cambio en la temperatura del océano es uno de los principales impactos estresantes en los arrecifes de coral. La temperatura es una de las variables más importantes que limita la distribución de los ecosistemas arrecifales coralinos (entre 18 y 30 °C).

Sin embargo, es irrefutable que cuando la temperatura del agua se eleva 1-2 °C por arriba del valor máximo registrado para una localidad en particular, ocasiona que los corales se blanqueen y subsecuentemente mueran. En diversas investigaciones se ha encontrado que las anomalías térmicas de 31 °C pueden provocar

el blanqueamiento de corales, lo cual provoca un cambio de fase en el ecosistema. Es decir que los arrecifes dominados por los corales son remplazados por arrecifes dominados por macroalgas, corales blandos, esponjas o erizos.

El oxígeno tiene un papel importante en la estructura de los ecosistemas marinos, controlando la distribución espacial y temporal de microorganismos, peces e indirectamente de mamíferos marinos. Una de las consecuencias químicas del incremento en la temperatura del agua es la disminución en la concentración de oxígeno disuelto.

Se ha predicho que la concentración de oxígeno disuelto disminuirá de 1 a 7 por ciento a nivel mundial en los próximos cien años. La sensibilidad y susceptibilidad a las bajas concentraciones de oxígeno (hipoxia) varía considerablemente entre los organismos. Por lo que los impactos biológicos y ecológicos de la hipoxia son extremadamente complejos y difíciles de estimar.

No obstante, se ha encontrado que los peces y crustáceos tienden a ser más sensibles a las concentraciones de

Banco Chinchorro

oxígeno que los bivalvos y gasterópodos.

El incremento en las concentraciones de bióxido de carbono (CO₂) disuelto en el agua da lugar a la acidificación del océano, lo que lleva a la disminución de las tasas de calcificación en organismos calcificantes. El pH medio del océano es entre 7.9 y 8.3, que es el intervalo óptimo para el desarrollo de organismos marinos.

Sin embargo, la disminución de los valores de pH en el agua de mar induce mortalidad en invertebrados marinos mediante la generación de altos niveles de ácido carbónico en los fluidos y los tejidos de los organismos, un proceso conocido como acidosis.

De los ecosistemas más sensibles al cambio climático son los arrecifes de coral. Actualmente, los cambios en las condiciones ambientales comienzan a exceder la tolerancia de esos ecosistemas, afectando significativamente la biodiversidad y los procesos clave.

Las complejas interacciones entre las especies y el ambiente en los diferentes hábitats arrecifales, hacen que al ser impactado un componente del ecosistema tenga conse-

cuencias en toda la estructura y función.

Las interacciones entre impactos antrópicos, climáticos y no climáticos (especies invasoras y enfermedades) crean sinergias, las cuales producen más daño. Por ejemplo, los corales que están expuestos a contaminación, turbidez, tasas altas de sedimentación y patógenos son más susceptibles a episodios de blanqueamiento.

De manera similar, arrecifes que tienen poca densidad de peces herbívoros debido a la sobrepesca suelen recuperarse más lentamente de episodios de blanqueamiento, permitiendo que las macroalgas dominen el sustrato después de una mortalidad significativa de los corales.

Se sabe poco sobre los efectos del cambio climático en los arrecifes de coral, por lo que el conocer los impactos potenciales que ocasiona podría mejorar las acciones de manejo y conservación del ecosistema. El reto es enorme e implica el establecimiento de estrategias de adaptación basadas en las respuestas de los ecosistemas, lo cual podría dar herramientas a los administradores de recursos ante un clima cambiante.

La construcción de un puerto sobre arrecifes: el caso de Veracruz

Horacio Pérez España
Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías,
Universidad Veracruzana
Correo-e: hperez@uv.mx

Cada una de las personas que habitamos el planeta requerimos alimento, vivienda, educación y transporte, y cada una de estas actividades genera impactos sobre los recursos naturales. A la población humana le llevó más de 10 mil años alcanzar mil millones de habitantes; actualmente somos 7 mil 311 millones. La zona costera –entendida como la franja de tierra cercana al mar y la zona de mar cercana a la tierra– es una de las más afectadas, ya que tarde o temprano todos los ríos acarrearán hacia el mar los contaminantes y descargas urbanas. Aunado a esto, en las zonas costeras del mundo habita más de la mitad de la población humana y además es en su parte acuática donde se encuentra la mayor cantidad de recursos explotados y la mayor biodiversidad. Esta última se halla asociada a los arrecifes coralinos y cuya distribución se restringe a zonas someras, en muchos casos justo junto a la costa.

El área conurbada de Veracruz-Boca del Río es una de las ciudades costeras más grandes de México, con un crecimiento urbano acelerado que demanda más recursos, lo cual implica un mayor impacto en el medio ambiente. Frente a esta ciudad se encuentra uno de los puertos más grandes del país. Pero según afirman los directivos de la Administración Portuaria Integral de Veracruz (Apiver), después de muchos años de mantener un tamaño constante, el puerto requiere de una ampliación para dar respuesta al incremento en la demanda de transporte de mercancías así como para tener la posibilidad de recibir barcos más grandes, que actualmente no caben en el recinto portuario.

Ante esta necesidad se decidió ampliar el puerto, para lo cual hubo que modificar, por decreto presidencial, el anterior polígono del área natural protegida Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV). Esto, debido a que el puerto se encuentra rodeado de arrecifes que pertenecían a dicho parque. Dado que las escolleras que delimitarán el nuevo puerto se ubicarán sobre o muy cerca de arrecifes, se esperan efectos adversos directos para la salud arrecifal.

Además, a mediano o largo plazo el efecto podría extenderse a la mayoría de los arrecifes ubicados frente a la ciudad. Los arrecifes del PNSAV son especiales ya que es el área de arrecifes más gran-

des del oeste del Golfo de México. Albergan una gran cantidad de especies, protegen a la ciudad del embate de olas y huracanes y proveen alimento y recreación para la población local, regional y nacional. Desde el punto de vista histórico, tienen también gran relevancia ya que son la causa del establecimiento de la ciudad en este lugar, pues brindaron resguardo del mal tiempo a las naves españolas así como material de construcción para edificar la urbe.

La ampliación del puerto ofrece la creación de miles de empleos, así como una derrama económica debido a las obras de construcción. Sin embargo, plantea también grandes retos ya que se prevé que

las fuentes de empleo atraigan a una población mayor, que requerirá vivienda y servicios urbanos en un área en la que ya existen grandes carencias de servicios públicos y graves problemas de seguridad.

Socialmente ya ha traído problemas entre los pescadores pues existe división entre los que están a favor de la ampliación del puerto y aquellos que han optado por la protección de sus zonas de pesca. En las negociaciones con los pescadores durante 2012, se decidió dejar dos arrecifes como zonas núcleo. Se prohíbe la pesca en esta zona. Sin embargo, en el decreto expedido se estableció como área núcleo una zona mayor a la originalmente planteada, lo

Fotos:
Manuel Victoria



cual trae ahora conflictos entre los pescadores y las autoridades, pues estas áreas de prohibición de pesca son zonas donde se capturan varias especies.

Por otro lado, los arrecifes que serán sepultados con la ampliación del puerto son un punto de reunión de migraciones de peces y tiburones, por lo que las nuevas obras seguramente afectarán el patrón de corrientes y con ello las rutas de migración de estas especies.

Además, estas corrientes marinas acarrearán el sedimento y nutrientes que se levante durante las obras de dragado (consiste en hacer más profundo un sitio extrayendo la arena del fondo), y actualmente la sedimentación sobre los corales y el exceso de nutrientes son ya un problema en los arrecifes de esta zona.

Desde un punto de vista biológico se prevé que afectará la diversidad existente al destruir de manera directa uno de los arrecifes que componen el sistema; sepultará por acumulación de arena a los arrecifes ubicados al sur de las escolleras cercanas a la ciudad. Estos arrecifes –llamados La Gallega y Galleguilla– ya han sido afectados previamente con la construcción del puerto actual.

Uno de los arrecifes cercanos al puerto es La Blanquilla, que en 1975 fue declarado como área de refugio para la protección de flora y fauna, debido a su riqueza de especies. Este arrecife, junto con La Gallega y Galleguilla, se caracterizan por tener una alta abundancia de especies endémicas de peces, es decir, que solo se encuentran en los arrecifes veracruzanos.



A nivel mundial, los arrecifes presentan graves problemas debido a la acción del hombre (sobrepesca, contaminación, construcción de infraestructura); se manifiestan como una disminución de la cantidad de corales y los que quedan muestran enfermedades con mayor frecuencia; se expresa también como un aumento en la cantidad de algas y una disminución de la abun-

dancia y talla de los peces. Estos problemas se presentan ya en los arrecifes de Veracruz y se prevé que con la ampliación del puerto se multipliquen, lo cual llevaría en el largo plazo al fin de uno de los últimos oasis de vida que quedan en el oeste del Golfo de México.

Este escenario tan negativo es posible por el desconocimiento –y con ello desinterés– de la mayoría de la población

local que ignora la importancia de sus arrecifes. A la manipulación de la información científica por parte de las autoridades y algunos investigadores que deberían velar por la protección de los recursos de las áreas naturales protegidas. Igualmente, a los poderosos intereses económicos que no tienen la intención de velar por el bienestar de la población mexicana en el largo plazo.

El crecimiento de los corales y la amenaza del cambio climático

Juan P. Carricart-Ganivet
Unidad Académica de Sistemas Arrecifales
en Puerto Morelos
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM
Correo-e: carricart@cmarl.unam.mx

Nos sentimos asombrados cuando los viajeros nos hablan de las enormes dimensiones de las pirámides y de otras grandes ruinas, pero hasta las más grandiosas de ellas son insignificantes cuando se las compara con estas montañas de piedra acumuladas por varias especies de diminutos y débiles animales.

Charles Darwin
Viaje de un naturalista alrededor del mundo

Los arrecifes de coral se elevan como "oasis" desde el fondo hasta la superficie del agua en los desiertos mares tropicales. Son los ecosistemas con mayor productividad y diversidad biológica del planeta. Y eso que apenas ocupan 0.2 por ciento del área oceánica mundial. Sin embargo, cuantitativamente son muy importantes ya que albergan 30 por ciento de las especies marinas, mantienen alrededor de 10 por ciento de las pesquerías de todo el planeta y son la principal fuente de proteína en la dieta de más de 500 millones de personas.

Asimismo, la industria turística de muchos países está basada en la oferta de servicios ambientales asociados a los arrecifes de coral. Esto último no debe resultarnos ajeno pues en México, en el estado de Quintana Roo, existe una gran industria turística que se basa principalmente en la explotación de servicios ambientales arrecifales, responsable de un porcentaje muy alto de los ingresos nacionales de divisas. Las playas de arenas blancas y tonos de mar de azules multicolores no existirían si no fuera por la presencia de arrecifes de coral en la zona.

Los responsables de formar la estructura básica de los arrecifes modernos son los corales: organismos muy simples formados por dos capas

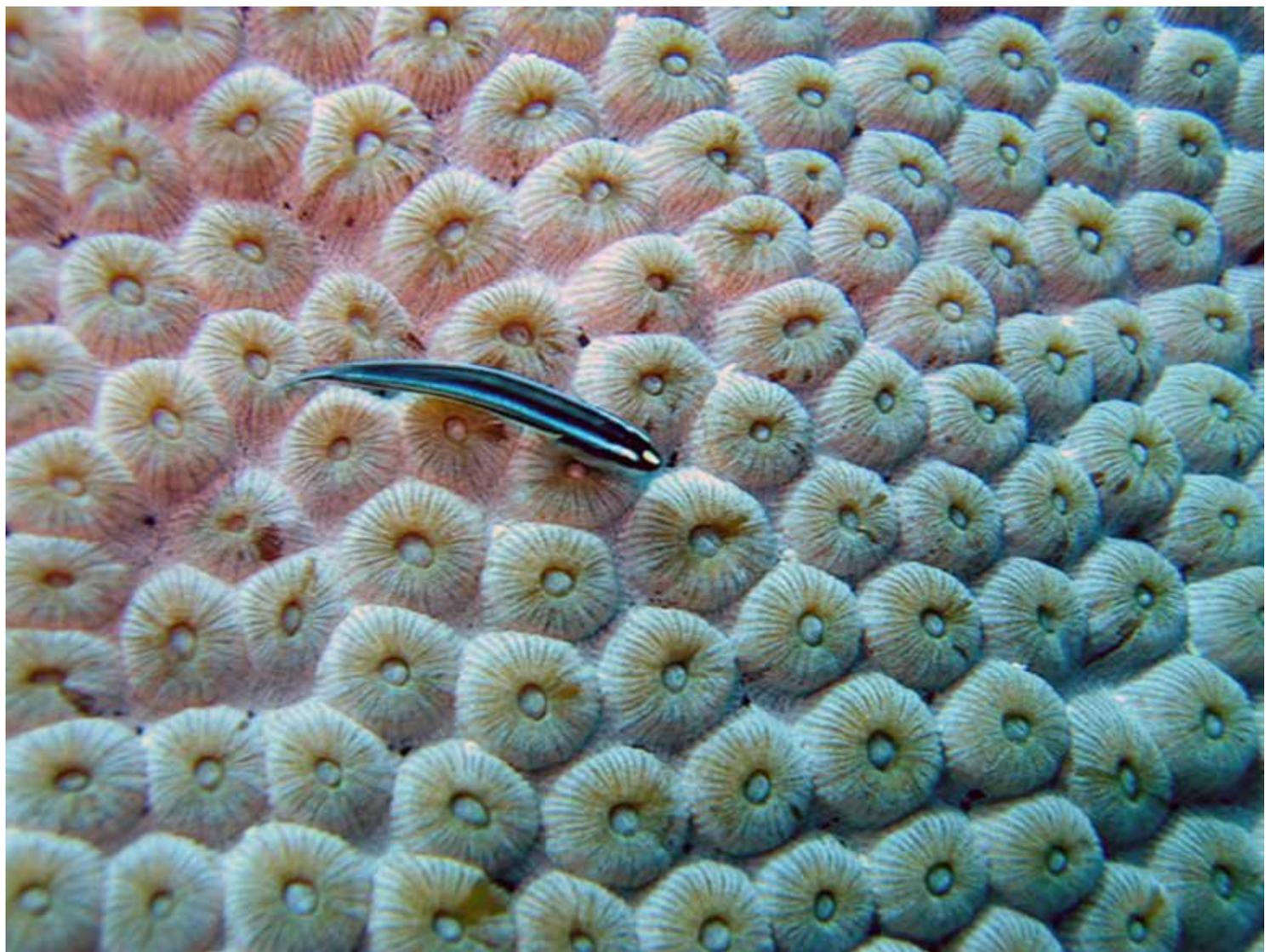
de células, que tienen un esqueleto externo de carbonato de calcio en la forma cristalina de aragonita y que mantienen una simbiosis mutualista con algas microscópicas, conocidas como zooxantelas.

Esta relación mutualista, además de conferirle características autótrofas al coral (es decir que pueden realizar fotosíntesis), le otorga varias ventajas fisiológicas.

La más importante de las ventajas es el acrecentamiento de la tasa de calcificación o la velocidad a la que deposita su esqueleto, siendo ésta más rápida que la erosión ambiental. En otras palabras, la habilidad que tienen los corales para usar la energía del sol y acrecentar su calcificación permite que los esqueletos corales sean los "ladrillos" en la construcción de la estructura

del ecosistema. Es la clave de la existencia de todos los arrecifes de coral.

A nivel espacial se ha visto que la tasa de calcificación de los corales aumenta con el incremento de la temperatura del agua superficial. De tal forma que aquellos corales que habitan en aguas más cálidas tienen mayores tasas de calcificación. Por ejemplo, los corales que existen en los arrecifes del Sistema Arrecifal Veracruzano, donde la media anual de temperatura es de 26.2 °C, tienen tasas de calcificación más bajas que aquellos que se encuentran en el Caribe mexicana-





no, donde la media anual de temperatura es de alrededor de los 28.1 °C.

Esto podría hacer pensar que, en el escenario del incremento de la temperatura del agua oceánica ligado al cambio climático global (causado por la acumulación e incremento de los llamados gases invernadero en la atmósfera), la tasa de calcificación de los corales podría verse favorecida, pero no es así.

Tanto los arrecifes de Veracruz como los del Caribe mexicano tienen su origen en hace aproximadamente 10 mil años y los corales han tenido todo ese tiempo para aclimatarse a las condiciones ambientales de cada sitio. Así, la sensibilidad térmica de los corales hermatípicos ha sido señalada como su talón de Aquiles. En consecuencia, los arrecifes de coral se encuentran entre los primeros ecosistemas que exhiben los impactos del calentamiento global.

Desde los inicios de la década de los ochenta del siglo pasado y hasta la fecha, en todos los arrecifes del planeta se ha presentado el fenómeno de blanqueamiento de coral.

Este fenómeno se ha relacionado con temperaturas del agua superficial anómalamente altas e, incluso, se ha detectado un aumento en su frecuencia, severidad y cobertura geográfica con el pasar de los años.

Así, el blanqueamiento es causado por un aumento inusual de la temperatura del agua. Biológicamente se define como la ruptura de la relación entre los corales y sus zooxantelas; se caracteriza porque, al perder los corales sus algas simbiotas, es posible ver el esqueleto blanco a través del tejido coralino, el cual es transparente.

Cuando se da el fenómeno de blanqueamiento, los corales dejan de reproducirse y de depositar su esqueleto de carbonato de calcio, por lo que dejan de crecer. En caso de que el estrés térmico se prolongue por mucho tiempo, el fenómeno puede causar la muerte de los corales. Por ejemplo, durante 1998 se sucedieron blanqueamientos de coral en prácticamente todos los arrecifes del planeta. En algunas de ellos, como los del Pacífico mexicano, murieron más del 90 por ciento de los corales. A



nivel planetario se calcula que se perdió alrededor del 16 por ciento de la cobertura coralina.

Ahora bien, el estrés térmico no siempre conlleva al fenómeno de blanqueamiento. Pero, desgraciadamente, sí causa efectos subletales o crónicos en los corales, afectando básicamente sus tasas de calcificación. Se ha observado de manera experimental que cuando se exponen corales a gradientes ascendentes de temperatura y se les mide la tasa de calcificación, ésta va aumentando hasta llegar a una temperatura óptima, para después de este punto empezar a decrecer.

Por otro lado, en varios arrecifes del mundo se ha observado que, desde los años setenta del siglo pasado, la tasa de calcificación de varias especies de coral se ha reducido de manera ligada al aumento de la temperatura del agua superficial del mar.

Como se mencionó antes, la calcificación es uno de los procesos biológicos más importantes que ocurren en los

arrecifes de coral, pues permite a los corales hermatípicos producir grandes cantidades de roca de carbonato de calcio, que contrarrestan la erosión física que sufre la estructura arrecifal. Si ésta se ve afectada en un momento determinado, también resultará afectada, y de manera fundamental, la función arrecifal, la capacidad de recuperación y la sobrevivencia del ecosistema arrecifal.

Si los corales dejan de crecer o mueren, la erosión ambiental puede destruir en pocos años la estructura geológica arrecifal, resultado de miles de años de crecimiento. El futuro de estos importantísimos ecosistemas no luce muy halagador. A menos que se establezcan medidas para reducir la emisión de gases invernadero a la atmósfera y para detener la deforestación de selvas y bosques, se corre el riesgo de perder para siempre a los arrecifes de coral y los importantísimos servicios ambientales que proporcionan a la humanidad.



Vanessa Francisco
Proyecto Resiliencia del Programa de las Naciones
Unidas para el Desarrollo
Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos
Puerto Morelos, Quintana Roo

Horacio de la Cueva
Centro de Investigación Científica y de Educación
Superior de Ensenada, Baja California

Correos-e: vanessa.francisco@conanp.gob.mx y cuevas@cicese.mx

Enturbiando el mar Caribe, las consecuencias de crecer sin planear

El turismo de playa en Quintana Roo impulsa el crecimiento de la población humana en el estado. La población del municipio Solidaridad (desde puerto Morelos hasta Tulum) crece a un ritmo anual de 14 por ciento; allí se ubica playa del Carmen donde encontramos el crecimiento más alto del país. La población de Quintana Roo seguirá aumentando en las próximas décadas. Para 2020 contará con 1.8 millones de habitantes.

Este crecimiento urbano acelerado da lugar a problemas como la creación de zonas habitacionales o espacios laborales irregulares y mal planeados, generando un rezago en infraestructura y dotación de servicios básicos (educación, centros de salud, agua potable y alcantarillado, seguridad pública, esparcimiento y cultura) para la población permanente. En consecuencia hay repercusiones negativas económicas, urbanas, sociales y, especialmente, ambientales.

Por ejemplo, se talan selvas y manglares que se rellenan con arena y cascajo para la construcción de viviendas. El efecto de talar la selva es una menor captación de agua por los suelos. La mayoría de estos "desarrollos" urbanos carecen de un sistema de drenaje de aguas negras. Gran parte de las viviendas tienen, cuando mucho, tanques o fosas sépticas que representan un problema creciente de contaminación de las aguas subterráneas.

Geológicamente, la península de Yucatán es muy particular pues el material kárstico o roca caliza que la conforma es sumamente permeable. Esta característica permite la formación de uno de los principales atractivos turísticos de la zona: los cenotes.



Foto:
Vanessa Francisco

El agua de lluvia en la península de Yucatán se cuela y corre por debajo de la superficie formando una red intrincada y mayormente desconocida de ríos subterráneos y cenotes. Muchos de estos ríos "desembocan" en el mar en la proximidad de los arrecifes de coral a través de los llamados "ojos de agua", fracturas por donde emerge el agua dulce. Otra parte de esta agua se filtra al mar por la playa o se utiliza para el consumo humano.

Según la norma oficial mexicana NOM-001-ECOL-1996, las aguas residuales son aquellas de composición variada provenientes de las descargas de

usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos (incluye fraccionamientos) y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas. De la misma manera que las aguas de lluvia, las aguas residuales se filtran. Pero las residuales crean problemas de salud y de contaminación importantes. La ausencia de un sistema adecuado de recolección y tratamiento de aguas residuales eleva las posibilidades de contaminación del agua potable.

Por otra parte, la descarga de estas aguas sobre los principales atractivos turísticos, como las playas y los arre-

cifes de coral, pone en riesgo al turismo, el principal motor económico de la región. Los turistas visitan las costas de Quintana Roo atraídos por sus playas, las cuales existen gracias a los arrecifes de coral.

Sin arrecifes no habría arena blanca y tampoco protección de la costa que evite que esta arena sea removida por el oleaje.

Nosotros estamos acabando con los arrecifes; estamos mordiendo la mano que nos da de comer. El turismo, una población flotante pero casi constante, necesita infraestructura hotelera. El turista necesita arribar, transportarse, alojarse



se, comer, y entretenerse llevándose recuerdos gratos de su estancia. Estas necesidades se traducen en construcción de aeropuertos, hoteles, vialidades, restaurantes, centros comerciales y de entretenimiento.

Al inicio, esta cara de la moneda se da de una forma planeada. Paralelamente se presenta un desarrollo desordenado de infraestructura en donde se establecen los obreros de la construcción, el personal de los hoteles, restaurantes y demás servicios. Estas zonas donde habita la mayoría de la población que trabaja directa o indirectamente con el sector turístico, crecen de manera perimetral y adolecen de planeación o infraestructura. Aumenta el flujo de personas provenientes de otros estados e incluso desde otros países en busca de trabajo, y con ello el crecimiento urbano desordenado.

Debido a la geología de la península, las aguas residuales locales deberían colectarse y llevarse a plantas de tratamiento. Muchos contaminantes de origen industrial presentes en las aguas residuales requieren procesos de tratamiento especializado que las industrias mismas deberían realizar. En general, las plantas

de tratamiento remueven una parte de los contaminantes y el agua resultante es reintroducida a un cuerpo de agua u otro ambiente, como terrenos superficiales. O la inyectan al subsuelo para que la naturaleza continúe con el proceso de depuración.

Sin embargo, la naturaleza no es capaz de descomponer rápidamente muchas de las sustancias que se le vierten. Si bien la mayoría de los hoteles de la Riviera Maya dicen contar con plantas de tratamiento, en muchos casos su funcionamiento adecuado es incierto. Idealmente, estas plantas deberían ser terciarias; es decir, una vez que la masa biológica es removida (proceso de sedimentación secundaria), el agua tratada es sometida a procesos adicionales de desinfección y filtración.

Para vivir y crecer, los corales necesitan aguas limpias y transparentes con poca materia orgánica en suspensión. Cuando los contaminantes de las aguas residuales llegan al arrecife se acelera el crecimiento de las algas, quienes compiten con los corales por el espacio, desplazándolos.

El desarrollo costero generalmente incrementa la sedimentación que también afecta a los corales. El sedimento

Colonia de Acropora fragmentada

Foto:
Alejandro Vega Zepeda

puede llegar a asfixiar los corales impidiendo que puedan alimentarse. La reducción de la claridad del agua que conlleva las partículas en suspensión afecta el crecimiento de los corales. La contaminación y la sedimentación hacen que los corales sean más vulnerables a invasiones y enfermedades; algunos contaminantes presentes en el agua, como los plaguicidas, pueden impedir que los corales crezcan y se reproduzcan.

Cuando los corales mueren, el arrecife se alisa y erosiona por acción de las olas y corrientes, perdiendo su capacidad de proteger la costa. Otra consecuencia es la reducción del número de refugios disponibles para muchos organismos. Se altera la complicada y delicada red alimentaria, se reduce la diversidad de peces y otros organismos que habitan en el arrecife. En consecuencia se ven afectadas las pesquerías locales. Estas pesquerías sustentan parte de las necesidades de consumo de alimento de turistas y residentes.

Los arrecifes son ecosistemas resilientes, tienen la capacidad de recuperarse luego de ser perturbados tras un evento como el paso de un huracán. Si la salud del arrecife se ve afectada por la contaminación, se

reduce su resiliencia siendo más difícil que pueda recuperarse de huracanes y tormentas a los que evolutivamente están adaptados.

Ante el riesgo de contaminación del agua de consumo humano y el que corren por contaminación los arrecifes y los servicios que nos brindan (protección de la costa, alimentación, recreación, etc.) se vuelve imperativo resolver el problema de las aguas residuales en los centros habitacionales de la entidad.

Se sabe que las participaciones federales se asignan a los municipios según el número de habitantes. La tasa de migración del estado genera un desfase entre la población real y la censada. Es necesario que este desfase sea tomado en cuenta a la hora de acordar las participaciones, presupuestado de acuerdo a las tasas de crecimiento. Y además, que se asignen recursos extraordinarios para generar y mantener un sistema de recolección y tratamiento adecuado de las aguas residuales domésticas e industriales en Quintana Roo.

Si queremos preservar los atractivos turísticos de la región debemos incorporar este tema y otros más relacionados con la sustentabilidad como parte de la planeación urbana.

Biodiversidad y conectividad entre los ecosistemas de la costa maya

Jesús Ernesto Arias-González
Departamento de Recursos del Mar
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del
Instituto Politécnico Nacional, Unidad Mérida
Correo-e: earias@mda.cinvestav.mx

Biodiversidad en los arrecifes de Quintana Roo

Los arrecifes coralinos de las costas de Quintana Roo son los más grandes y los que albergan la mayor biodiversidad del país. Se distribuyen a lo largo de la costa de Quintana Roo desde punta Nizuc, en Cancún, hasta Xcalak, en la frontera con Belice. Es un arrecife frontal semicontinuo de aproximadamente 600 kilómetros que continúa a lo largo de las costas de Belice. Ésta es la formación de arrecife frontal de lo que se conoce como el Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM), el segundo más grande del planeta después de la Gran Barrera Arrecifal de Australia.

El SAM está también compuesto por arrecifes coralinos asociados a islas. En Quintana Roo son las islas Contoy y Cozumel. Igualmente, a arrecifes tipo plataforma, como el banco Chinchorro; pero este tipo de arrecifes son los más comunes en Belice, Guatemala y Honduras, los otros tres países signatarios de acuerdos de la protección del SAM.

El sistema arrecifal frontal de Quintana Roo tiene una bioconstrucción que se incrementa de norte a sur. Ésta se va ensanchando y haciendo más compleja conforme uno avanza hacia la frontera con Belice. Pero es en la parte central, dentro de la reserva de la biosfera de Sian Ka'an, así como en el sur, en lo que se denomina Costa Maya, donde se localiza la máxima bioconstrucción arrecifal.

Ésta se encuentra altamente relacionada con la diversidad de especies de corales, por lo que arrecifes coralinos con máximas bioconstrucciones tienen una mayor diversi-



© CINVESTAV-LEEAC / R.H. LANDA_2008

dad de especies de corales. Tan elevada diversidad de especies de corales genera paisajes más complejos a los que se asocian una gran cantidad de especies de peces y macroinvertebrados. Es aquí donde se desarrollan las cordilleras arrecifales, que pueden tener extensiones hasta de 300 kilómetros de largo y 60 metros de profundidad, únicas en el Caribe. Es precisamente donde existe la máxima biodiversidad.

Biodiversidad y funcionamiento de los ecosistemas

En los últimos tiempos, la biodiversidad de los arrecifes corali-

nos de Quintana Roo ha experimentado cambios profundos cuyos orígenes principales son las actividades humanas fruto del turismo masivo. Entre las afectaciones a la biodiversidad, destacan los promotores directos relacionados con la alteración de los ciclos biogeoquímicos y de las redes tróficas, la disminución del hábitat coralino y el incremento del hábitat de macroalgas.

Más allá de la pérdida de especies, el inconveniente es la pérdida de las funciones en el ecosistema. Esto es así porque científicamente está probado que existe una estrecha relación entre la biodiversidad y ciertas funciones del ecosiste-

ma. La relación es tan estrecha que cualquier cambio que ocurra a las especies repercute en los ciclos biogeoquímicos y las redes tróficas. La analogía funcional ante la pérdida de especies en los ecosistemas podría ser la pérdida de piezas o el mal funcionamiento en un avión.

Si el avión fuera el ecosistema de arrecife coralino y las especies las piezas que lo conforman, entonces ante la pérdida de componentes el avión comenzaría a averiarse o se colapsaría en pleno vuelo. O simplemente no podría volar. La pérdida de especies en los arrecifes coralinos de Quintana Roo se aprecia ya con la baja cobertura de coral vivo e



Los arrecifes coralinos son considerados como los oasis en los desiertos. Existe una enorme producción al interior del ecosistema del arrecife alrededor de un medio faltante de nutrientes

incremento de la cobertura de macroalgas; con el incremento en la sedimentación y eutrofización del sistema y con el colapso de la producción de peces.

Relación de la biodiversidad con los servicios del ecosistema

Entre las afectaciones a la biodiversidad producidas por las actividades humanas, destaca también la alteración de los servicios ecosistémicos.

La disminución de la biodiversidad afecta los servicios de provisión. Destacadamente, 1. recursos genéticos y biogeoquímicos; 2. de regulación, como la producción de alimentos (recursos pesqueros), erosión de playas, mitigación de desastres ante las

tormentas tropicales; 3. culturales, como el sentido de pertenencia, inspiración del paisaje arrecifal; 4. de soporte para el ciclo de nutrientes, la formación de playas, y la producción primaria y secundaria.

Esto produce un decremento en la generación de biomasa potencialmente utilizable para la pesca, de sedimento disponible para la manutención de playas, del paisaje estético para la atracción de zonas de buceo o para la atracción de especies de importancia comercial como tiburones, meros, pargos, barracudas, langostas o caracoles. Una enorme variedad de servicios que brindan estos ecosistemas, y que generan una importante cantidad de divisas y trabajo se está perdiendo por la falta de conservación y manejo adecuado

de la zona costera y de la cuenca de Yucatán.

Conectividad y biodiversidad

Adicionalmente a la alta diversidad de tipos de arrecifes coralinos en las costas de Quintana Roo, estos ecosistemas están interconectados con otros. En este caso, con la cuenca de Yucatán a través de las aguas subterráneas del sistema cárstico, así como con los manglares y pastos marinos. También están interconectados entre ellos a partir del flujo de larvas que transportan las corrientes de un arrecife a otro. La conectividad se refiere en este caso específico al intercambio de individuos o materia entre poblaciones o ecosistemas.

Es una conectividad que genera uno de los sistemas más diversos y productivos del país. Sin embargo, es la misma conectividad la que está poniendo en riesgo la salud de los arrecifes, sobre todo la conexión existente entre los mantos freáticos de Yucatán y los arrecifes. Esto es quizás la principal causa de un fenómeno que se llama cambio de fase en los arrecifes coralinos. Es decir, el cambio de dominancia de cobertura de coral a cobertura de macroalgas.

Factores que afectan la biodiversidad y conectividad

Los arrecifes coralinos son considerados como los oasis en los desiertos. Existe una enorme producción al interior del ecosistema del arrecife alrededor de un medio faltante de nutrientes. Sin embargo, las actividades humanas han cambiado este balance con la aportación masiva de nutrientes provenientes de los residuos turísticos-urbanos, agrícolas y porcícolas. Se ha transformado un sistema de arrecife coralino oligotrófico a uno arrecifal algal-coralino eutrófico.

Adicionalmente, existe una sobreexplotación pesquera de muchos de los recursos del arrecife, como el caracol, mero, pargo, barracuda, tiburón y peces que otrora no eran comerciales pero actualmente lo son, como los loro. Otro factor que afecta más a mediano y largo plazo es el cambio climático global.

Todos estos factores actúan en sinergia produciendo el cambio de fase en los arrecifes con la implicación importante en la reducción de biodiversidad y la conectividad con consecuencias enormes en el funcionamiento y los servicios de los ecosistemas.

R ehabilitación de arrecifes en Quintana Roo, México

Roberto Ibarra Navarro y Jaime González Cano
Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres,
Punta Cancún y Punta Nizuc
Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
Correos-e: ribarra@conanp.gob.mx y jgonzalez@conanp.gob.mx

Los arrecifes coralinos se han ido degradando de manera importante a nivel mundial, particularmente a lo largo de las últimas tres décadas.

Existen muchas formas en las que la actividad humana ha tenido que ver con ese panorama de cambios negativos, entre los que se incluyen: los encallamientos, mal manejo costero, contaminación y el cambio climático, como las causas más importantes. También existen amenazas de carácter natural: huracanes, tormentas, maremotos y fenómenos climáticos cíclicos como *El Niño* y *La Niña*.

La recuperación de un arrecife después de impactos naturales como los mencionados anteriormente puede tardar varias décadas y, ante tal panorama, el establecimiento de técnicas de rehabilitación constituye una opción para fomentar dicha recuperación. Mediante la implementación de dichas técnicas se busca acortar el tiempo de consolidación del propio sustrato arrecifal fragmentado y asegurar el asentamiento de las nuevas colonias coralinas que habrán de sustituir a las perdidas durante el impacto.

En el parque nacional de Cancún se ha trabajado en la rehabilitación de algunos de los sitios arrecifales donde ha habido afectaciones ocasionadas principalmente por huracanes y encallamientos. Dentro de este contexto es importante mencionar que la restauración es una de las líneas estratégicas trazadas por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas dentro del Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas en los periodos 2007-2012 y 2014-2018 del Plan Nacional de Desarrollo.



También figura como un componente del programa de manejo vigente de este parque nacional, por lo que con base en estos documentos se ha intervenido activamente en las acciones de restauración.

A propósito de lo anterior, desde hace tiempo se ha cuestionado si el parque nacional realiza restauración o rehabilitación de sus arrecifes, para lo cual debe definirse el significado del término. De acuerdo con Pearson (1981), la restauración de un ensamble coralino después de una perturbación natural o antrópica consiste en hacerlo llegar a un estado comparable al que tenía originalmente. En este sentido sería pretencioso hablar de que nuestros proyectos pueden lograr restaurar un sitio dañado, recuperando su estructura y función como las que tenía antes del impacto.

Nuestros esfuerzos como manejadores van más bien orientados hacia el acortamiento del periodo de tiempo que tardaría la recuperación del sitio de manera natural. Debido al escaso reclutamiento natural de corales registrado en esas áreas, con los proyectos se intenta fomentar ese proceso para lograr una rehabilitación de las mismas, a sabiendas de que llegar de nue-

vo al estado original no está a nuestro alcance y tampoco en nuestros lapsos de tiempo.

El trasplante de colonias o fragmentos coralinos ha sido empleado como una metodología esencial para acelerar la recuperación de áreas dañadas. De cualquier forma, existen factores que pueden complicar o truncar el éxito planeado en un proyecto de esta naturaleza. Los más importantes son la forma de extracción del tejido coralino, su transportación y fijación, el número insuficiente de colonias donadoras o el tamaño reducido de los fragmentos obtenidos.

Para minimizar estos problemas, Rinkevich (1995) sugirió la estrategia de realizar una especie de jardinería de corales, un protocolo de dos pasos donde el objetivo central es el maricultivo de reclutas coralinos en viveros. Dichos viveros deberían ser instalados en sitios protegidos, donde los fragmentos pudieran crecer hasta un tamaño adecuado. En el segundo paso, dichos fragmentos podrían ya ser trasplantados a sitios arrecifales degradados o dañados. El concepto del vivero instalado en el fondo marino se aplicó ya exitosamente a corales.

Bajo este concepto, actualmente se desarrollan dos proyectos apoyados por varias instituciones en tres formaciones arrecifales que han resultado afectadas, principalmente por encallamientos. Dos de esas formaciones son Manchones (polígono isla Mujeres) y Cuevones (polígono punta Cancún), donde se trabaja en colaboración con el Centro Regional de Investigación Pesquera de puerto Morelos y El Colegio de la Frontera Sur en Chetumal, con financiamiento de Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). Otra formación arrecifal importante es la primera barrera (polígono punta Nizuc), donde se trabaja un proyecto del Programa de Conservación de Especies en Riesgo y de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.

En ambos casos se han estado trasplantando a los arrecifes mencionados, colonias coralinas cultivadas durante varios meses en un vivero establecido por el parque desde 2010. Las especies con las que se ha trabajado hasta ahora son *Acropora palmata*, *A. cervicornis*, *Porites porites*, *Orbicella annularis*, *Montastrea cavernosa* y *Undaria agaricites*.



**Alejandro Vega Zepeda,
Héctor A. Hernández Arana,
Miguel Ángel Ruiz Zárate
Haydée López Adame**

El Colegio de la Frontera Sur, unidad Chetumal

*Correos-e: alvegaz@ecosur.mx, hhernand@ecosur.mx,
maruizzar@ecosur.mx y Ayde76@gmail.com*

Encallamientos, una amenaza latente para los arrecifes de coral

Los arrecifes de coral son considerados uno de los ecosistemas más productivos y biológicamente más diversos en el mundo. Incluso presentan mayor diversidad que la selva. Proveen un amplio número de bienes y servicios a los habitantes de la zona costera: alimento, recreación, protección a la costa contra la erosión generada por el impacto del oleaje, así como beneficios culturales.

Se estima que los arrecifes de coral cubren aproximadamente el 0.2 por ciento de la superficie total del planeta, esto es 284 mil 300 km². Más de 100 países tienen arrecifes en sus costas, de los cuales dependen más de 500 millones de personas que extraen recursos pesqueros, material de construcción y realizan actividades turísticas como el buceo.

Todas estas actividades, además del comercio y transporte marino, en las últimas décadas han favorecido el aumento de embarcaciones que navegan en los mares de todo el mundo, incluyendo a las áreas arrecifales coralinas, poniendo en mayor riesgo estos ecosistemas por percances de encallamiento.

En México, estos accidentes han aumentado desde 1997, registrándose una mayor incidencia en el Caribe mexicano, con más de 30 encallamientos acumulados hasta el 2011 y un área arrecifal afectada superior a los 13 mil m². Las zonas someras del arrecife son las más frecuentemente afectadas (cresta, arrecife frontal somero y arrecife posterior), que van desde la superficie marina hasta unos cuantos metros de profundidad (figura 1).

Aun cuando un encallamiento generalmente presenta un efecto muy localizado, la des-

trucción del arrecife es impactante. El daño físico causa: 1. pérdida o muerte parcial y hasta total de tejido coralino (figura 2) y 2. fragmentación y desprendimiento de colonias de coral, ocasionando disminución de la complejidad de la estructura y alteración del paisaje arrecifal.

Las repercusiones ecológicas por la alteración del paisaje incluyen la disminución de hábitat y la reducción de muchos beneficios o servicios ambientales que presta el arrecife, como la protección contra el oleaje de tormentas. Para muchos organismos, como los peces arrecifales, la disminución del hábitat afecta su diversidad y abundancia ya que estas dos características de la comunidad de peces están íntimamente ligadas a la complejidad estructural del arrecife. Esto es, entre mayor complejidad arrecifal, mayor diversidad y abundancia de peces.

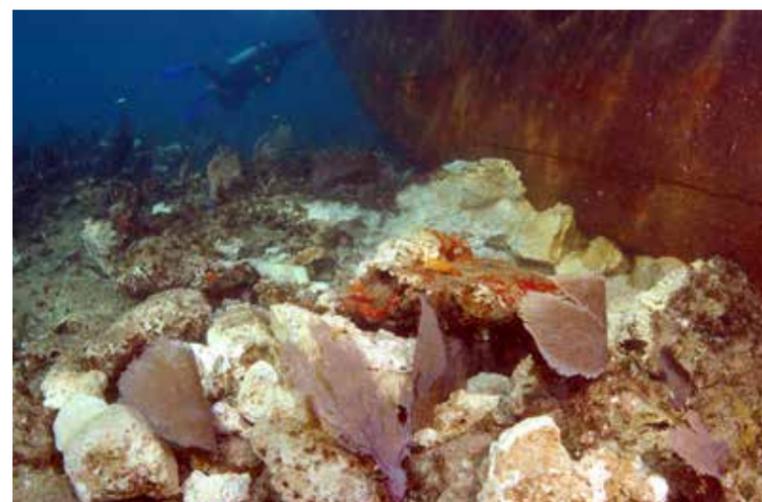
El mismo efecto que se presenta con otros organismos, algunos de gran importancia comercial, como las langostas. En pocas palabras, la destrucción de un arrecife por un encallamiento trae consecuencias ecológicas y económicas graves que en muchas ocasiones lo hacen irrecuperable o tardaría hasta cientos de años en regresar nuevamente a la condición en la que se encontraba antes del impacto.

En los últimos años se ha recurrido a la introducción de fragmentos de coral como una estrategia para acelerar el proceso de recuperación de sitios arrecifales afectados por encallamientos y huracanes. La técnica principal, y muchas veces única, es la "siembra" de corales, que se obtienen por el rescate de colonias o fragmentos



*Figura 1
Encallamiento*

Foto:
*Juan Carlos Huitrón
Baca*



*Figura 2
Barco sobre coral
fragmentado*

Foto:
*Alejandro Vega
Zepeda*

de corales sobrevivientes en el sitio dañado.

Una de las principales causas de los encallamientos es tener errores en las cartas náuticas, por lo que una herramienta de prevención de estos accidentes es la elaboración de mapas de riesgos de encallamiento. Estos mapas toman en cuenta el hábitat de las especies de corales formadoras de arrecifes someros, como *Acropora palmata* (cuerno de alce) y *Acropora cervicornis* (cuerno de ciervo) y combinan información relacionada con la intensidad de la actividad humana.

Asimismo, es muy importante establecer criterios de

valoración de los arrecifes de coral, tomando en cuenta los servicios ambientales que prestan a la población humana. Con esto se podrá estimar su valor económico y proveer de una referencia a las autoridades ambientales para establecer medidas de compensación y apoyar proyectos de mitigación del daño ocasionado. Finalmente, es importante conocer y entender la ecología y estrategias de desarrollo natural que tienen los arrecifes coralinos. Esto nos permitirá proponer estrategias más eficientes de protección y manejo de tan importantes ecosistemas.

Miguel Ángel Ruiz Zárate, Héctor A. Hernández Arana y Alejandro Vega Zepeda

El Colegio de la Frontera Sur, unidad Chetumal

Isael Victoria Salazar

Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM

Horacio Pérez España y Sara Micaela Melo Merino

Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, UV

Correos-e: maruizzar@ecosur.mx, hhernand@ecosur.mx, alvegaz@ecosur.mx, isael.victoria@comunidad.unam.mx, hperez@uv.mx y saram.melo@gmail.com

Reclutamiento coralino en los arrecifes del Caribe y Golfo de México

Reclutar indica incorporar, anexar y sumar. Es un término que también indica incrementar las tropas de cualquier fuerza militar o guerrera. No obstante, el o los reclutas, cuando se anexan a las tropas existentes, no tienen las mismas cualidades que el resto, pues no tienen la experiencia ni las mismas capacidades que los integrantes veteranos.

Los arrecifes coralinos no son una fuerza beligerante, aun cuando se encuentran bajo ataques constantes y se libran batallas violentas en ellos. Pero sí son uno de los ecosistemas marinos tropicales con mayor diversidad y que proporcionan recursos y bienestar a gran parte de las comunidades humanas.

Los integrantes primordiales de estos ecosistemas son los corales duros o pétreos, ya que son organismos que producen estructuras carbonatadas, unas sobre otras, constituyendo la mayor parte del entramado que da forma y tamaño a los arrecifes. Este entramado es un atrayente para otros organismos que viven permanente o temporalmente en los arrecifes de coral. Es

el caso de peces, moluscos, crustáceos, que en buena parte son extraídos para consumo u otros usos humanos (Fig. 1).

La adición de nuevos integrantes a las poblaciones de corales se llama reclutamiento coralino. Y como mencionamos, los reclutas de coral no tienen las mismas capacidades que los corales que ya hacen parte de la estructura arrecifal. Esto se debe a que les hace falta un tamaño adecuado que les permita competir por espacio con otros organismos que habitan el fondo, como algas y esponjas; o para evitar ser eliminados y resistir daños parciales debido a lesiones por otros organismos (depredación y enfermedades) o por elementos físicos (abrasión) (Fig. 2).

Otra característica importante para el reclutamiento coralino es cómo arriban los nuevos reclutas al arrecife. Esto sucede por la llegada o producción misma del arrecife de huevecillos que se convierten en larvas (llamadas plánulas) y son arrastradas por las corrientes a nuevos sitios. Estas larvas se originan por la reproducción sexual de los corales adultos y pue-



Figura 1. Peces en el arrecife de coral
Foto: Alejandro Vega Zepeda

Figura 2



den desarrollarse en su interior o en la columna de agua cuando los gametos son expulsados. Su desarrollo toma varios días y, cuando finaliza, las larvas pudieron haber sido transportadas a muchos kilómetros de distancia del arrecife originario.

De igual forma, pudieron quedarse muy cerca, dependiendo de las corrientes marinas. En este momento, las larvas comienzan a buscar un sitio adecuado para dejar su periodo de vida en la columna de agua (fase planctónica) e iniciar su vida como coral sésil (fase bentónica). Esta etapa se inicia cuando las larvas se acercan al sustrato o fondo marino y localizan un sitio ade-

cuado para fijarse pegándose al sustrato (asentamiento) y se transforman (metamorfosis) dando origen a un tipo de organismo llamado pólipo, parecido a una anémona diminuta, el cual produce carbonato de calcio para formar un exoesqueleto protector. A partir de aquí empieza el proceso llamado reclutamiento coralino.

Una larva da origen a un pólipo que, una vez que está bien desarrollado, se divide (reproducción asexual) y da origen a dos pólipos. Estos vuelven a dividirse y así sucesivamente dando origen a una colonia de pólipos que se mantienen interconectados y que va creciendo conforme los pólipos

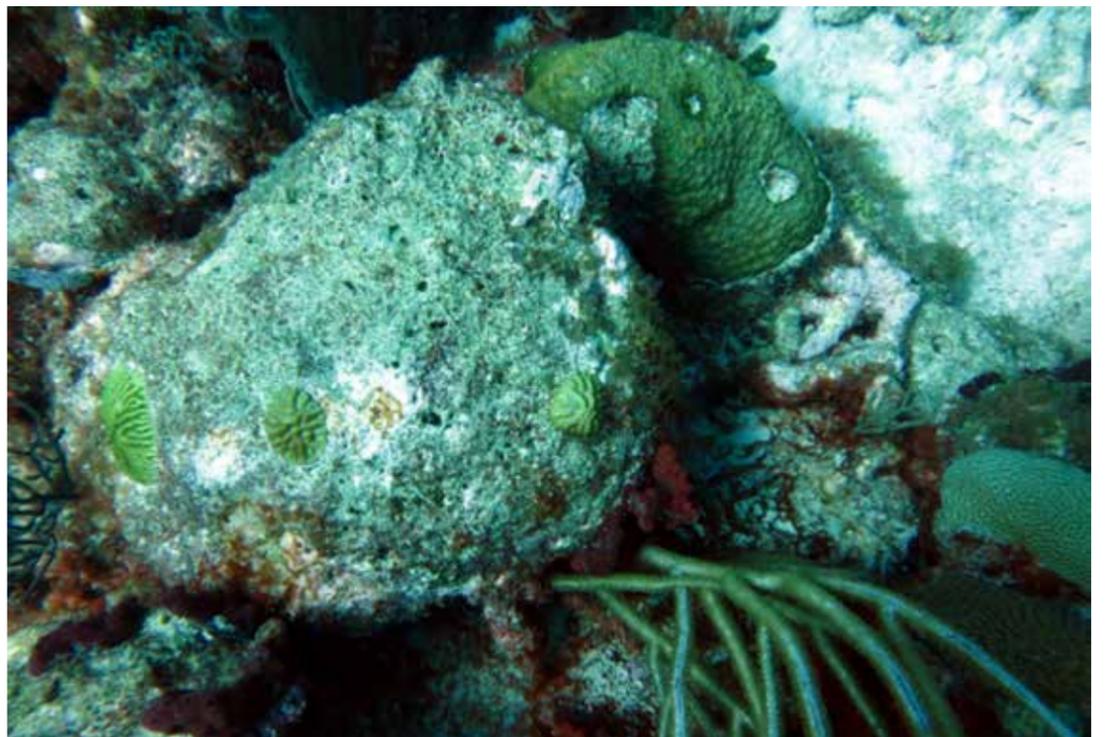


Figura 3

se van reproduciendo asexualmente y depositando más carbonato de calcio.

Existen diferentes formas de colonias y cada especie de coral tiene una forma muy particular, aunque existen excepciones a esta regla. Cuando las colonias de coral mueren, deben ser reemplazadas; en caso contrario, el arrecife dejará de desarrollarse y eventualmente desaparecerá. Es aquí donde el reclutamiento toma importancia en virtud de que este proceso permitirá la adición de nuevas colonias que reemplazarán a las que murieron (Fig. 3).

En los arrecifes del Caribe y Golfo de México, las especies de coral que contribuían sustancialmente a la conformación de los arrecifes presentes en esas áreas fueron durante mucho tiempo *Acropora palmata* (Fig. 4) y *Orbicella annularis* (Fig. 5); aunque en el Golfo de México otras especies, como *Montastraea cavernosa* y *Colpophyllia natans* también son muy importantes en ese sentido.

Sin embargo, en la actualidad las poblaciones de estas especies se han visto disminuidas en gran medida y otras están dominando las comunidades de corales en los arrecifes. ¿Por qué está pasando esto? En primer lugar, las causas de mortalidad como enfermedades, encallamientos, anclaje y contaminación se han incrementado por el aumento de las actividades humanas.

Y por otro lado, el reclutamiento de especies como *Acropora palmata* y *Orbicella annularis* ha disminuido o no existe en las cantidades necesarias para evitar la mortalidad temprana y poder adicionar nuevas colonias que lleguen a la edad reproductiva. Además,

el ambiente arrecifal se ha visto influenciado por los cambios climáticos de escala global. Tal es el caso del aumento de la temperatura media del mar, que crea un desbalance en el funcionamiento de los organismos arrecifales afectando sus procesos reproductivos y su supervivencia.

Cada especie tiene diferente capacidad de soportar estos cambios. Aparentemente, las menos resistentes son las que se reproducen sexualmente apenas una vez al año, como *Acropora palmata* y *Orbicella annularis*. En cambio, las que se reproducen varias veces, como *Porites astreoides* y *Agaricia*, son las que mejor soportan esos cambios ambientales.

Para revertir esta circunstancia se están haciendo esfuerzos en varias partes del Caribe mediante cultivos en los arrecifes (Fig. 6) y en laboratorio. *Acropora palmata* es una de las especies a las que se le ha dedicado mayor esfuerzo. Con ella se han realizado trasplantes en campo y también obtención de reclutas en laboratorio. Una vez que se tienen las colonias desarrolladas se llevan al arrecife para "sembrarlas". No obstante, los problemas técnicos a resolver son muchos y el capital necesario para ello puede ser igualmente elevado.

Asimismo, es necesario resolver varias preguntas ecológicas y evolutivas que están detrás de este gran cambio en los arrecifes coralinos del Caribe y Golfo de México. De esta manera será posible vislumbrar si los esfuerzos que se realizan hoy día son los correctos. O si es necesario dirigir nuestra atención hacia otras técnicas o enfoques científicos para abordar la actual crisis ambiental.



Figura 4



Figura 5



Figura 6