
PRINCIPALES AMENAZAS DE LOS ARRECIFES DE CORAL

Denisse Juárez Hernández

Licenciatura en Biología, Universidad del Mar, campus Puerto Escondido Km 2.5 Carretera Puerto Escondido-Sola de Vega, Puerto Escondido, Oaxaca, México. C.P 71980.

✉ denijuarez1916@gmail.com

RESUMEN

Los arrecifes de coral son grandes construcciones submarinas realizadas por animales diminutos llamados pólipos de coral. Estas estructuras nos proporcionan diversos servicios ambientales como son la protección de las costas durante las tormentas y huracanes, ya que evitan la erosión en la playa y cuentan con una rica diversidad de organismos vertebrados e invertebrados; también capturan el dióxido de carbono de la atmósfera, el cual fijan en sus estructuras. Los arrecifes coralinos son ecosistemas sumamente frágiles ante agentes perturbadores externos. Actualmente existen diversos cambios en su entorno y esto provoca dificultades para su supervivencia. Muchos de los problemas que provocan la disminución de los arrecifes coralinos son causados por los humanos. Algunos puntos que se abordaran en este artículo son: contaminación por medios terrestres, amenazas de origen marino, el pez león y la sobrepesca, cambio climático y enfermedades coralinas. Los arrecifes de coral se han degradado mucho en las últimas décadas, debido a nuestra falta de conciencia ambiental. Como sociedad debemos aprender a manejar los recursos y a respetar las formas de vida que existen en el ambiente marino. Aún estamos a tiempo para reconocer que somos parte del planeta y que no solo dañamos a los organismos que habitan en él, sino que nos destruimos a nosotros mismos.

Palabras clave: Arrecifes coralinos, diversidad, enfermedades, manejo, problemas ambientales.

ABSTRACT

Coral reefs are large underwater constructions made by tiny animals called coral polyps. These structures provide us with various environmental services such as the protection of the coasts during storms and hurricanes, since they prevent erosion on the beach and have a high diversity of vertebrate and invertebrate organisms; they also capture carbon dioxide from the atmosphere, which they fix in their structures. Coral reefs are extremely fragile ecosystems in the face of external disturbing agents. Currently there are various changes in its environment and this causes difficulties for their survival. Many of the problems that cause coral reefs to decline are caused by humans. Some topics that will be addressed in this article are: contamination by terrestrial means, threats of marine origin, the lionfish and overfishing, climate change and coral diseases. Coral reefs have degraded greatly in recent decades, due to our lack of environmental awareness. As a society we must learn to manage resources and respect the life forms that exist in the marine environment. We still have time to recognize that we are part of the planet and that we not only harm the organisms that inhabit it, but that we destroy ourselves.

Keywords: Coral reefs, diseases, diversity, environmental problems, management.

INTRODUCCIÓN

¿Qué es un coral?

Muchas veces cuando vamos al mar y hacemos actividades como esnórquel o buceo, hemos observado que existe una gran diversidad de peces, cangrejos, tortugas o si tenemos suerte vemos rayas. Por lo regular, no nos preguntamos a que se debe esto y disfrutamos de lo maravilloso que es ver a estos

animales tan carismáticos. Sin embargo, debemos de darle el crédito a los arrecifes de coral, los cuales nos brindan este tipo de espectáculos y diversos servicios ecológicos. Los arrecifes de coral no son los únicos ecosistemas que presentan una alta diversidad en el medio acuático, por ejemplo, los manglares forman parte de las planicies costeras y son zonas de transición entre los ecosistemas terrestres y marinos; al estar tan conec-

tados con los pastos marinos y los arrecifes de coral generan un flujo constante de especies y recursos compartidos entre estos ecosistemas (Rodríguez-Zúñiga *et alii*, 2013).

Pero ¿qué es un arrecife de coral? De manera muy general, los arrecifes de coral son grandes construcciones submarinas realizadas por animales diminutos llamados pólipos de coral. Los pólipos de coral viven unidos formando grupos o colonias; y son esas colonias a las que comúnmente se les nombra coral (Salazar-García, 2010).

Los corales pueden parecer rocas o incluso plantas, sin embargo, por muy sorprendente que se escuche ¡son animales! Los pólipos tienen forma de saco. Estos diminutos animales producen carbonato de calcio en su tejido, dando lugar al exoesqueleto duro de los corales (OCEANA, 2007). En los corales encontramos una simbiosis entre el pólipo y un alga llamada zooxantela. Las algas se hospedan en el coral que forma el pólipo y a cambio esta le proporciona compuestos orgánicos que obtiene de la fotosíntesis (Schricker, 2003). Existen muchas especies de corales, pero la mayoría se dividen en dos tipos: corales blandos y corales duros. Los corales blandos, se llaman así ya que presentan una apariencia blanda, son flexibles, lo que les permite ser resistentes al oleaje; uno de los ejemplos más comunes de este tipo de coral son los denominados “abanicos” (Figura 1) (Cid-Ruíz, 2014). Los corales duros (Figura 2), son más resistentes porque fabrican carbonato de calcio, el cual va formando colonias, creando los arrecifes coralinos (Ruíz-Zárate *et alii*, 2008).



Figura 1. Coral abanico, asociado a un coral de cerebro.

Tipos de arrecifes coralinos

Para que se forme un arrecife de coral deben de existir condiciones específicas en el ambiente, además tardan miles de años en desarrollarse. Aunque son sumamente importantes a nivel ecológico, no se encuentran en todo el mundo, su distribución se presenta únicamente en aguas marinas tropicales y subtropicales, entre el Trópico de Cáncer y el Trópico de Capricornio (González-Rodríguez, 2010).

En la actualidad, existen diversas clasificaciones respecto a los tipos de arrecifes coralinos. De acuerdo con su forma, origen y localización con respecto a la línea de costa, los arrecifes coralinos se clasifican en cuatro grandes grupos: (1) los arrecifes franjeantes, los cuales se desarrollan a lo largo del borde de la costa y alcanzan un ancho de hasta 1 km, tienden a crecer hacia afuera de la costa; (2) los arrecifes de barrera, que suelen desarrollarse en sentido paralelo a la línea de costa y están separados de esta por una laguna amplia de hasta 20 km de ancho; (3) los atolones, los cuales son arrecifes de forma aproximadamente circular que se levantan desde aguas oceánicas profundas y encierran una laguna en la cual no existe una masa terrestre central, están asociados por lo regular a una isla volcánica hundida, y (4) los arrecifes de plataforma, que se desarrollan como domos que se levantan aisladamente sobre la plataforma continental (Schuhmacher, 1982, en Díaz *et alii*, 1996).

Los arrecifes más grandes del mundo y... de México

Debido a las diversas condiciones que existen en el planeta, hay una gran cantidad y tipos de barreras de arrecife coralino. La más grande se encuentra ubicada en la costa noroeste de Australia y se le conoce como la Gran Barrera de Coral (GBC), cuenta con una extensión aproximada de 350,000 km² y es considerada como uno de los ecosistemas más ricos y biodiversos del ambiente marino, debido a que está formada por la acumulación constante, a lo largo de miles de años, de esqueletos de corales y sobre este se aglomera una gran cantidad de seres vivos, entre ellos y de manera general, 400 tipos de corales y entre 1500 especies de peces y otros animales (Bowdery *et alii*, 2015).

La segunda barrera de coral más grande en el mundo se encuentra ubicada en la isla de Cuba y se le conoce como el archipiélago Jardines de la Reina. Cuenta con una extensión de 360 km y se origina como continuación del arrecife costero de Punta Manatí. Por su longitud se le puede considerar la barrera más extensa en el Caribe (Busutil *et alii*, 2015). Otra barrera importante es la que se encuentra ubicada en Belice, la cual cuenta con aproximadamente 300 km de largo y es considera-

do Patrimonio Mundial, debido a la gran cantidad de organismos que habitan en él.

Aunque pareciera que estas barreras están muy lejos y que en nuestro país no hay algo parecido a esto, no es así. En México se encuentran ubicados diversos arrecifes de coral en la península y Golfo de California, el archipiélago de Las Revillagigedo, el Golfo de México y Banco de Campeche, por mencionar algunos, y aunque no tienen una extensión tan grande, cuentan con su propia belleza. Si queremos lucirnos un poco más, podemos sacar a colación el Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM) que, aunque no sólo incluye territorio mexicano, es de los más grandes que existen en el mundo. Cuenta con una amplitud aproximada de 1,000 km, la cual inicia en Cabo Catoche bordeando las costas de Belice y Guatemala, finalizando en el complejo de Islas de Bahía en la costa Norte de Honduras (Ardisson *et alii*, 2011).

¿Ecología?... ¿Qué nos aportan los corales?

Los corales desempeñan un papel importante en el ambiente, ya que son prestadores de diversos servicios ambientales. De acuerdo con la SEMARNAT (2000), los servicios ambientales (SA) se definen como todos aquellos beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas. Incluyen servicios de suministro o provisión, los cuales abarcan los recursos naturales y todos aquellos derivados del funcionamiento de los ecosistemas que podemos consumir directamente. Los servicios de regulación incluyen procesos complejos que regulan las condiciones ambientales en las que vivimos. Y los servicios culturales 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 (Alva-Basurto y Arias-González, 2015). Basándonos en esta definición podemos argumentar que los SA más importantes de los corales son la protección de las costas durante las tormentas y huracanes, ya que evitan la erosión de la playa, también capturan el dióxido de carbono de la atmósfera y lo fijan en sus esqueletos; este proceso hace de los arrecifes sitios de secuestro permanente del carbono atmosférico (AMC, 2017), además de que están presentes en la economía, investigación y educación; por su rica biodiversidad.

Los arrecifes de coral evitan la erosión de las playas al ser un rompeolas natural, también limitan el transporte de sedimentos al modificar la dirección y energía del oleaje. Esto puede sonar sencillo de explicar, pero detrás existe una explicación científica en la que se toma en cuenta la morfología (profundidad de las crestas, la anchura y rugosidad superficial) de los corales (Ruíz de Alegría-Arزابuru *et alii*, 2013). También evitan el riesgo de inundación en las costas provocado por mareas de



Figura 2. Coral cuerno de alce.

tormenta, siempre y cuando estén sanos. ¿Cómo se sabe esto? Pues se han hecho análisis sobre la altura del oleaje cuando hay tormentas y cómo disminuye con la presencia de la barrera arrecifal (Secaira-Fajardo *et alii*, 2017). Pero cuando los corales mueren, hay cambios en la forma del arrecife (se alisan) y erosionan por acción de las olas y corrientes, perdiendo su capacidad de proteger la costa (Francisco y de la Cueva, 2015).

Los arrecifes de coral cuentan con una gran diversidad de organismos, los cuales juegan roles importantes en el ecosistema, algunos como productores primarios, constructores del mismo arrecife, filtradores y depredadores. Son de suma importancia debido a que son lugares de crianza, refugio, alimentación y reproducción de muchas especies de invertebrados y vertebrados (Biodiversidad mexicana, 2020; Figura 3).

Desde el punto de vista antropogénico, la importancia de los arrecifes de coral radica principalmente en la economía, ya que muchos organismos que viven en estos sitios forman parte de la actividad pesquera de las costas. Además, el atractivo visual que generan crea la oportunidad de obtener recursos monetarios con los turistas que llegan buscando “conectarse con la naturaleza”.

Con respecto a la investigación, muchos científicos asisten a estos lugares para identificar especies, generar información acerca del estado del ecosistema, los daños o la recuperación que han tenido, se realizan censos de los diferentes organismos que existen y listados que contribuyen al conocimiento del bioma.

La información que generan los científicos se puede utilizar para educar a la población sobre el cuidado de los arrecifes. En muchos lugares cercanos a la costa se hacen actividades recrea-



Figura 3. Tiburón gata asociado al arrecife de coral.

tivas por parte de las instituciones educativas para formar un lazo estrecho entre la sociedad y los arrecifes de coral. Por último, debemos de tomar en cuenta que muchos sitios representan parte del patrimonio cultural. De acuerdo con Ardisson *et alii* (2011), en el Caribe mexicano se han encontrado estructuras mayas que pudieron haber servido como señalamientos o faros antes de la llegada de los españoles, muchos de estos marcan la entrada o corte a algunas zonas de arrecifes e incluso, lugares de peligro.

Peligros a los que están sometidos los corales

Aunque los arrecifes de coral sean estructuras maravillosas, cada día se encuentran en un mayor peligro.

Los arrecifes coralinos son ecosistemas sumamente frágiles ante agentes perturbadores externos; al existir cambios en su ambiente, estos provocan dificultades para su supervivencia (Gil-Agudelo *et alii*, 2009). Esto se debe en gran parte al impacto que las actividades antrópicas han tenido en ellos. Sin embargo, no podemos descartar las alteraciones naturales. 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 (Alva-Basurto y Arias-González, 2015). Dicho de otro modo: como sociedad, hemos desarrollado actividades que provocan un gran impacto al ambiente marino y esto se ve reflejado en los corales. Tal vez

nunca has escuchado de estos impactos y te preguntarás cuáles son. A continuación, se exponen los más importantes.

Contaminación por medios terrestres. El desarrollo costero ha causado que la sedimentación y contaminación por fuentes terrestres amenace los arrecifes de coral. La erosión producida en los suelos, pueden transportar sedimentos que bloquean la luz que necesitan las algas para la fotosíntesis, provocándole asfixia a los arrecifes. Aunado a esto, se encuentra la contaminación producida por sustancias químicas utilizadas en la agricultura como el estiércol, la gran variedad de fertilizantes y plaguicidas que impiden el crecimiento de los corales, llegándolos a devastar (Burke y Maidens, 2005).

Los desperdicios industriales y aguas residuales que llegan por la escorrentía, incrementan el nivel de estrés en los corales provocando que sean vulnerables a diversas enfermedades y reduciendo su mecanismo de respuesta. Además, el exceso de nutrientes provoca el florecimiento de algas que compiten por la luz, causando la creación de sombra y el agotamiento del oxígeno (McField *et alii*, 2012). El resultado de la pugna entre corales y algas es la muerte de los primeros, debido a que las algas tienen mayor facilidad para propagarse (AIDA, 2014).

La basura que es transportada por corriente de los ríos, o lanzada intencionalmente al mar causan daños graves al coral. Los plásticos de los pañales desechables llegan a cubrir los

corales y los asfixian. Con los desechos de pesca, como sogas, anzuelos o redes, se provocan diversos problemas a los animales que se encuentran en el arrecife (Ortiz-Sotomayor, 2005).

Amenazas de origen marino. Los contaminantes o peligros que tienen los corales al estar en el medio marino, son los constantes derrames de petróleo que ocurren en la actualidad. Las filtraciones o descargas de petróleo originadas en los buques o plataformas petroleras tienen como consecuencia la destrucción de los ecosistemas marinos y, por ende, la muerte de los corales, manglares o pastos marinos. Como efectos indirectos, podemos encontrar que causan la interrupción de la reproducción, el crecimiento, reclutamiento y desarrollo de los corales (McField *et alii*, 2012).

También existen diversos problemas con las embarcaciones turísticas o pesqueras que se acercan a los arrecifes de coral, debido a que en algunas ocasiones pasan en zonas con mucha cobertura coralina ocasionando la ruptura de sus estructuras. Los barcos o lanchas que se descomponen y quedan a la deriva, causan problemas al encontrarse cerca de los arrecifes. De acuerdo con Vega-Zepeda *et alii* (2015) en el 2011 ocurrieron más de 30 encallamientos en el Caribe Mexicano, afectando 13,000 metros cuadrados de área arrecifal. Otro daño directo a los arrecifes es causado por las anclas. El ancla de un gran buque y su cadena pueden dañar hasta 200 metros cuadrados de fondo marino (Burke y Maidens, 2005). Los desperdicios generados por buques de crucero son residuos sólidos muy importantes en el área costera, así como el vertimiento de agua de sentina que libera una mezcla nociva de petróleo, nutrientes y otros contaminantes (Sweeting y Wayne, 2003).

El pez león. De acuerdo con McField *et alii* (2012) la invasión del pez león (*Pterois volitans* y *Pterois miles*) en el Caribe, es una gran amenaza para las comunidades arrecifales. Los primeros reportes de avistamientos fueron en 1985 en Florida, Estados Unidos. Para el 2013 ya estaban invadidas todas las zonas costeras del Gran Caribe, el Golfo de México y el sureste de Estados Unidos (Rodríguez *et alii*, 2014). Sus efectos en el medio son principalmente con la reducción de poblaciones nativas que habitan los arrecifes de coral. Se cree que su invasión ha causado desequilibrio en los ecosistemas arrecifales, lo que provoca daños a otros ecosistemas conexos. Las investigaciones apuntan a que la tasa y magnitud de dicha especie exótica invasora va en aumento. Este problema está asociado a que no hay programas que incluyan la prevención, gestión y erradicación del organismo en todas las áreas donde se encuentran (Gómez-Lozano *et alii*, 2013).

Sobrepesca. Los métodos de pesca masiva y la sobreexplotación de la biodiversidad dañan el equilibrio ecológico y la estructura coralina de los arrecifes. Los métodos como pesca por envenenamiento con cianuro, causan el blanqueamiento del coral al someterlos a estrés. La pesca con explosivos destruye la estructura de los arrecifes. La pesca de arrastre provoca la ruptura del coral al elevar las redes hacia la superficie. El efecto más importante de la sobrepesca es que el número de peces disminuye y el de las algas se incrementa debido a que no hay suficientes peces que se alimenten de ella, provocando la competencia de estos organismos con los corales (AIDA, 2014).

Cambio climático. Se ha identificado a nivel mundial que la temperatura del océano es una variable sumamente importante en la supervivencia de los arrecifes coralinos, ya que la temperatura del océano debe de estar entre 18 y 30°C. Cuando la temperatura del agua se eleva 1 o 2 °C, ocasiona que los corales se blanqueen y posteriormente mueran. Lo que sucede cuando hay blanqueamiento es que el coral pierde su microalga simbiótica, por consiguiente, pierde su color y llega a tornarse transparente, por lo que el esqueleto se ve blanco (Colorado, 2019). En diversos estudios, se ha registrado que el blanqueamiento de corales provoca un cambio de fase en el ecosistema. Es decir, los arrecifes dominados por corales son reemplazados por arrecifes dominados por macroalgas, corales blandos, esponjas o erizos (Alva-Basurto y Arias-González, 2015).

La producción de dióxido de carbono antropogénico es capturado por los océanos, causando alteraciones en el pH lo cual provoca acidificación en el mar. Este proceso reduce las tasas de crecimiento y el balance en la construcción y erosión de los arrecifes (McField *et alii*, 2012).

Otro factor que provoca problemas en los arrecifes es la constante aparición de tormentas tropicales y huracanes. Estos fenómenos generan olas que pueden llegar a destrozar los arrecifes. Además, al pasar la tormenta o el huracán se ha observado que existe el incremento de sedimentación en los arrecifes de coral que puede causar la asfixia de los arrecifes. Los corales pueden recobrase de estos eventos naturales, pero tardan una o dos décadas en recuperarse, sin embargo, el incremento de estos fenómenos cada vez más feroces ha causado preocupación por la integridad de los arrecifes coralinos (Burke y Maidens, 2005).

Enfermedades coralinas. Uno de los mayores problemas en la actualidad para la supervivencia de los arrecifes de coral es la diversidad de enfermedades que están apareciendo como consecuencia de los cambios por la exposición a agentes exter-

nos. En el trabajo de Gil-Agudelo *et alii* (2009) se exponen diversas enfermedades que existen en el mundo. Los corales que se encuentran expuestos a los impactos antrópicos son más susceptibles a contraer algún tipo de enfermedad a causa del estrés al que están sometidos. Por ello, es sumamente importante continuar con el estudio de las enfermedades coralinas, debido al incremento de las mismas a nivel global (Gil-Agudelo *et alii*, 2009). De manera breve se describirán algunas que son extremadamente peligrosas.

La reacción de muerte súbita. Aún no se conoce el patógeno que lo causa. Se presenta generalmente en corales altamente estresados y puede alcanzar 10 cm/hora de despojo de tejido. Se considera altamente peligroso para los arrecifes estresados porque se transmite por la columna de agua.

La enfermedad de la Plaga Blanca. El patógeno infecta con tres tipos de bacterias diferentes, únicamente se conoce el tipo II (*Aurantimonas coralicida*). Se genera el desprendimiento del tejido dejando expuesto el esqueleto, mostrando una línea entre el esqueleto infectado y el tejido sano.

Blanqueamiento bacteriano. Es generado por dos especies de bacterias: *Vibrio shilonii* y *V. corallilycticus*. A partir del descubrimiento de dichos patógenos, se ha establecido la posibilidad de que el blanqueamiento sea por esta razón. La justificación es que las bacterias reaccionan al aumento de la temperatura provocando el blanqueamiento coralino.

Tumores. Los tumores son generados por diversos agentes. Aún no se ha logrado determinar al patógeno que los ocasiona. Se presentan como una proliferación anormal del tejido asociado, comúnmente, a las malformaciones del esqueleto.

Enfermedad de las Manchas Blancas Ulcerativas de Porites. Se desconoce el patógeno que lo provoca. Se presentan focos de tejido blanco con forma redonda u ovalada delimitados. Por lo regular se genera la muerte de toda la colonia.

Síndrome Blanco. Es la enfermedad más reciente en cuanto a las patologías de los corales, se descubrió por primera vez en Florida en 2014 (Figura 4). Cabe resaltar que no es lo mismo que el blanqueamiento del coral, debido a que el patógeno se “come” el tejido del coral provocando la muerte de los pólipos coralinos y dejando expuesto el esqueleto. Lo único que se sabe sobre esta enfermedad es que se propaga por las corrientes marinas y aunque muchos científicos han estudiado muestras del tejido, aún no se identifica al patógeno potencial (Colorado, 2019).

¿Qué sigue?

Debemos de dejar claro que los arrecifes necesitan un ambiente limpio y con una cierta temperatura para poder cre-

cer y desarrollarse, por eso es importante tener medidas que ayuden a proteger los corales y, por lo tanto, el ecosistema.

Los arrecifes de coral se han degradado mucho en las últimas décadas, por la falta de educación ambiental. Como sociedad debemos de aprender a manejar los recursos y a respetar las formas de vida que existen en el ambiente marino. Diversos autores han planteado estrategias que nos permitan conservar los recursos que aún quedan en el ecosistema. Pero si nosotros no hacemos algo por corregir nuestra forma de incidencia en el ambiente, no van a servir de nada.

Actualmente, muchas asociaciones civiles, universidades e instituciones trabajan en conjunto para evitar que los corales sigan enfermándose. Para esto existe la “Evaluación del Estado de Salud del Arrecife de Coral en el Caribe Mexicano y su Conectividad con el Arrecife Mesoamericano (PROCER/DR/07/2014)”, por mencionar un ejemplo. A través de ese programa se evalúan los indicadores de salud de los arrecifes de las Áreas Naturales Protegidas, para generar información que sustente las estrategias de conservación y manejo para estos ecosistemas. En Cancún ya han llevado a cabo este plan. La asociación civil de Amigos de Sian Ka'an en 2014, establecieron como estimadores: el porcentaje de cobertura de coral vivo, el porcentaje de cobertura de macro algas carnosas, la biomasa de peces herbívoros y peces comerciales, las enfermedades y blanqueamiento de coral, la proporción de especies de clave/oportunistas, la abundancia y talla de los peces (Amigos de Sian Ka'an, 2017).



Figura 4. Coral cerebro con Síndrome Blanco.



Figura 5. Vivero de coral, posteriormente será sembrado.

Otro ejemplo es el proyecto Arrecifes en Peligro en el Caribe, el cual fue creado para contribuir a los esfuerzos de protección y restauración de los arrecifes y su propósito es dotar de información y herramientas a todas las personas para el mejor manejo de los hábitats costeros. Consiste en recopilar, integrar y difundir información clave sobre estos recursos en todo el Caribe (Burke y Maidens, 2005).

Respecto al problema de la invasión del pez león, se han generado estrategias para su control. En el plan de manejo del pez León del Caribe mexicano, se han planteado objetivos de suma importancia para disminuir la población del pez (Gómez-Lozano *et alii*, 2013). Plantean como primer objetivo facilitar la colaboración que beneficie el plan regional; por ejemplo, hacer torneos de pesca o comidas con la carne del pez león que ayuden a que la población se integre. En el segundo objetivo plantean que la investigación es fundamental para entender la biología, ecología, el efecto y la respuesta de los ecosistemas a la invasión; debemos darnos cuenta que la investigación y la difusión son muy importantes para que nuestro país salga de los problemas en los que se encuentra, entre ellos los biológicos. El tercer objetivo plantea que no estamos preparados políticamente para combatir esta invasión, por lo tanto, se debe de alentar la promulgación de leyes, reglamentos y normas para el control del organismo invasor. Debemos de establecer una conjunción entre las ciencias biológicas y la política para que exista coherencia en las acciones que se llevan a cabo. El cuarto objetivo plantea la idea del control y cómo este cambia de acuerdo a la región en el que se encuentre. Por ello, depende de las prioridades, herramientas y técnicas la exterminación del pez. En el último objetivo se plantea que deben de existir programas de educación y difusión que ayuden a que la población entienda lo importante que es su colaboración y apoyo

para el control del organismo invasor.

De manera integral, se deben de generar estrategias de limpieza que incluyan a la sociedad. Por ejemplo, en la campaña “A limpiar la costa” en 2003 de *The Ocean Conservancy*, participaron 55,000 personas que retiraron basura en 2,100 km de la costa (Burke y Maidens, 2005).

En la actualidad se ha utilizado el método de “siembra” de corales (Figura 5), que consiste en la introducción de fragmentos de coral. Con la finalidad de recuperar los sitios de arrecifes que han sido afectados por huracanes, tormentas tropicales, varamientos o encallamientos. De las colonias que sobreviven se extrae una fracción para realizar la siembra (Vega-Zepeda *et alii*, 2015).

Otra de las estrategias, implementadas es el mejoramiento del manejo en cuanto al desarrollo de la pesca. Esto puede llevarse a cabo practicando la pesca sostenible y educando a los pescadores sobre el impacto que tiene la sobrepesca en el ecosistema marino (Burke y Maidens, 2005).

Con el transporte marítimo, los arrecifes de coral se ven amenazadas por el daño físico. En algunos países se han promulgado leyes que prohíben el transporte en zonas cercanas a los corales. Por ejemplo, en Australia se crearon zonas de no anclaje, o en Cuba, el Ministerio de la Industria Pesquera y el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente promulgaron la prohibición de embarcaciones ancladas en corales; en Las Bermudas se colocaron boyas de amarre central que los barcos ocupan en lugar del ancla (Bowdery *et alii*, 2015).

Una de las situaciones actuales más preocupantes respecto al cuidado de los arrecifes de coral en México, es que no contamos con la suficiente información sobre ellos para generar e implementar estrategias de conservación efectivas a mediano y largo plazo. ¿Por qué? Pues de manera muy general, a nivel nacional son pocos los biólogos y especialistas afines que se dedican al estudio de los arrecifes coralinos y menos aún son los especialistas que se dedican a concientizar sobre los peligros a los que están sujetos. Como consecuencia existe poca investigación y divulgación de los peligros existentes para los arrecifes de coral. Un claro ejemplo es el que se presenta en la costa oaxaqueña, donde existen pocos estudios acerca de la situación de los arrecifes de coral, sumándole el hecho de que no hay concientización por parte de los investigadores hacia la población, lo cual ha repercutido en que los arrecifes de coral han sido maltratados y están casi extintos en algunas playas de Oaxaca. Esta situación no es exclusiva de la zona costera de Oaxaca, ya que se han obtenido registros de corales en el Golfo de California, en la costa de Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Chiapas y el Golfo de México y a pesar de ellos la

situación de los corales sigue empeorando. Otra problemática es que la mayoría de los artículos científicos publicados se centran en las interacciones de organismos asociadas a los arrecifes de coral y en pocas ocasiones en su estado de salud.

De acuerdo con Biodiversidad mexicana (2020) las leyes que protegen la integridad de los arrecifes son la Ley General de Equilibrio y Protección al Ambiente (LGEEPA), la Norma Oficial Mexicana 059 de la SEMARNAT de 2010 y la NOM 022 SEMARNAT 2003.

Es triste pensar que como sociedad nos estamos terminando los recursos que tenemos en el planeta, a veces de manera directa y otras indirectamente. Aún no somos capaces de comprender los beneficios que nos dan los ecosistemas sanos: por esto es importante que todos aprendamos a tener conciencia de que dependemos totalmente del planeta.

El impacto que hemos tenido sobre los corales debe de importarnos a todos, ya que no sólo afecta a los ecosistemas. Hay que tener presente que dependemos de esos recursos y su pérdida nos afecta cultural, económica y socialmente. También debe de plantearse y sobreponerse la idea de que las personas que estén a cargo de las actividades de limpieza y recuperación de los arrecifes, tienen que integrar a la sociedad, para que se forme la conciencia de lo que estamos provocando y se pueda contar con el apoyo directo de ellos, sea económico o participativo para beneficio de todos. En muchas ocasiones los científicos e investigadores dejan de lado a la sociedad, pero todos debemos de aprender que se puede hacer un cambio si trabajamos de manera conjunta.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Eduardo Jiménez Hidalgo (UMAR) por el apoyo durante la elaboración y seguimiento de este trabajo. Asimismo, al Dr. Gustavo Rivera Velázquez (UNICACH) por las sugerencias realizadas, las cuales ayudaron a mejorar el manuscrito.

LITERATURA CITADA

AIDA, 2014. *La protección de los Arrecifes de Coral en México: Rescatando la biodiversidad marina y sus beneficios para la humanidad*. Asociación Interamericana para la Defensa del Ambiente. México: 39 pp.

Alva-Basurto J.C. & Arias-González J.E., 2015. Arrecifes de coral, servicios ecosistémicos y cambio climático. *La jornada ecológica*, 44 (199): 5-6.

AMC, 2017. Boletín informativo de la Academia Mexicana de Ciencias. Academia Mexicana de Ciencias. México. Boletín informativo: 28 pp.

Ardisson P.L., May-Kú M., Herrera-Dorantes M.T. & Arellano-Guillermo A., 2011. El Sistema Arrecifal Mesoamericano-México: consideraciones para su designación como Zona Marítima Especialmente Sensible. *Hidrobiológica*, 21 (3): 261-280.

Bowdery C., Rodríguez H., Speights E., Xu A. & Yeh S., 2015. *Guía de buenas prácticas de regulación para la Protección de Arrecifes de Coral*. AIDA, México: 75 pp.

Burke L. & Maidens J., 2005. *Arrecifes en Peligro en el Caribe*. World Resources Institute, Washington: 80 pp.

Busutil L., Rey-Villiers N., González-Sánchez P.M., Hernández-Zanuy A.C., Alcolado-Prieto P., Martínez-Daranas B., Volta R. & Pérez, R., 2015. Caracterización de los arrecifes coralinos del archipiélago Jardines de la Reina, Cuba. CCamBio. Proyecto "Evaluación de los impactos potenciales del cambio climático sobre la biodiversidad y desarrollo de estrategias de adaptación en dos regiones de ecosistemas frágiles de Cuba": 46 pp.

Cid-Ruiz J.M., 2014. *La importancia del fitoplancton en la alimentación de los corales*. *Science*, 40: 1-3.

Colorado M., 2019. Síndrome blanco: la enfermedad que está matando el arrecife de coral mesoamericano (en línea). *France 24*. < <https://www.france24.com/es/20190726-medio-ambiente-sindrome-blanco-corales> >, consulta: 27 de noviembre de 2020.

Díaz J.M., Díaz-Pulido G., Geister J., Garzón-Ferreira J., Armando-Sánchez J. & Zea S., 1996. *Atlas de los arrecifes coralinos del Caribe Colombiano*. Lito-flash, Santa Marta, Colombia: 83 pp.

Francisco V. & de la Cueva H., 2015. Enturbando el mar Caribe, las consecuencias del crecer sin planear. *La jornada ecológica*, 44 (199): 11-12.

Gil-Agudelo D.L., Navas-Camacho R., Rodríguez-Ramírez A., Reyes-Nivia M.C., Bejarano S., Garzón-Ferreira J. & Smith G.W., 2009. Enfermedades coralinas y su investigación en los arrecifes colombianos. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 38 (2): 189-224.

Gómez-Lozano R., Anderson L., Akins J. L., Buddo D.S., García-Moliner G., Gourdin F., Laurent M., Lilyestrom C., Morris J.A., Ramnanan Jr. N. & Torres R., 2013. Estrategia regional para el control del Pez León invasor en el Gran Caribe. Iniciativa Internacional sobre los Arrecifes Coralinos, México: 32 pp.

González-Rodríguez C. T., 2010. Análisis ecológico de la estructura y la distribución espacial, de las comunidades coralinas de llanura de la ensenada el aguacate, Golfo de Urabá (Colombia). Facultad de estudios ambientales y rurales, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. Tesis de Licenciatura: 89 pp.

Amigos de Sian Ka'an Serie Documentos, 2017. *Arrecifes insulares de Quintana Roo*. World Wildlife Fund Canada, Cancún, México: 105 pp.

McField M., Drysdale I., Petersen A.G., Soto M., Rueda-Flores M. & Craig N., 2012. Reporte de la Salud Ecológica del Arrecife Mesoamericano. *Healthy Reefs*, Honduras: 22 pp.

Biodiversidad mexicana., 2020. Arrecifes (en línea). Biodiversidad mexicana: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. < <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/arrecifes> >, consulta: 26 de noviembre de 2020

OCEANA., 2007. *Los corales del Mediterráneo*. Roal, España: 90 pp.

Ortiz-Sotomayor Á. & Ruiz-Torres H., 2005. *Los arrecifes de coral*. Sea Grant, Puerto Rico: 64 pp.

Rodríguez C., González C., Rivas A., Gourdin F., Gómez R., Torres R., Ordóñez J., & Dávila V., 2014. Estrategia Regional para el control del Pez León en el Arrecife Mesoamericano. Mapas de Guatemala, Guatemala: 52 pp.

Rodríguez-Zúñiga M.T., Troche-Souza C., Vázquez-Lule A.D., Márquez-Mendoza J.D., Vázquez- Balderas B., Valderrama-Landeros L., Velázquez-Salazar S., Cruz-López M.I., Ressler R., Uribe-Martínez A., Cerdeira-Estrada S., Acosta-Velázquez J., Díaz-Gallegos J., Jiménez-Rosenberg R., FueyoMac Donald L. & Galindo-Leal, C., 2013. *Manglares de México: Extensión, distribución y monitoreo*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México D.F.: 128 pp.

Ruiz de Alegría-Arzaburu A., Marino-Tapia I., Enríquez C., Silva R., & González-Leija M., 2013. The role of fringing coral reefs on beach morphodynamics. *Geomorphology*, 198: 69-83.

Ruiz-Zárate M.Á., Hernández-Arana H. & Jorgensen P., 2008. Relaciones arrecifales: idilios y desventuras ecológicas. *EcoFronteras*, (34): 6-9.

- Salazar-García M., 2010. *Arrecifes mexicanos: Un jardín submarino de vida y color*. Pluralia, México: 64 pp.
- Schricker P., 2003. *Arrecifes de coral*. Reading A-Z, Florida: 22 pp.
- Schuhmacher H., 1982. *Korallineriffe, Ihre Verbreitung, Tierwelt und Ökologie*. BLV Verlagsgesellschaft, München: 274 pp.
- Secaira-Fajardo F., Reguero B. G. & Acevedo-Ramírez C.A., 2017. Protección costera proporcionada por los arrecifes y dunas en el Caribe Mexicano. The Nature Conservancy. Mérida, México. Serie técnica: El papel de los sistemas naturales en la dinámica costera en el Caribe mexicano: 31 pp.
- SEMARNAT., 2000. *La gestión ambiental en México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México: 468 pp.
- Sweeting J. & Wayne S., 2003. *A Shifting Tide: Environmental Challenges and Cruise Industry Responses*. Conservation International, Washington D.C.: 24 pp.
- Vega-Zepeda A., Hernández-Arana H.A., Ruiz-Zárate M.Á. & López-Adame H., 2015. Encallamientos, una amenaza latente para los arrecifes de coral. *La jornada ecológica*, 44 (199): 16.

Recibido: 02 de febrero de 2021
Aceptado: 16 de abril de 2021