

BAÚL DE LA CIENCIA

Los arrecifes del Pacífico Oriental Tropical, “los otros arrecifes de coral”

Antonio José Laborda

Profesor Titular de Universidad del Área de Zoología, Departamento de Biodiversidad y Gestión Ambiental. Universidad de León.

Los arrecifes de coral constituyen uno de los ecosistemas más diversos y productivos de nuestro planeta, que nos ofrecen grandes beneficios económicos y ecológicos. Beneficios que podemos perder porque todos, en mayor o menor medida, están sufriendo una rápida degradación como resultado de la elevación de la temperatura del agua del mar, la acidificación de los océanos, la sobrepesca, la sedimentación y la contaminación; amenazas que provienen, sobre todo, de las actividades humanas. De ellos se destacan aquí los arrecifes del Pacífico Oriental Tropical, “los otros arrecifes”, mucho más modestos en términos de diversidad que los del Indo-Pacífico o del Caribe, aunque presentan una gran riqueza piscícola, cuya importancia radica en su singularidad y la tenacidad de existir en condiciones no idóneas para el desarrollo de arrecifes de coral, soportando afloramientos de aguas frías y frecuentes episodios de El Niño.

Ante la amenaza real sobre todos los arrecifes, es preciso concienciar a quienes toman las decisiones financieras o políticas, y a la sociedad en general, para que se adopten las medidas necesarias con el fin de no perder nuestros arrecifes de coral y la gran cantidad de especies marinas que dependen de ellos.

Palabras clave: Arrecifes de coral, Pacífico Oriental Tropical, valor económico, amenazas, El Niño y conservación.

Introducción

El día 4 de noviembre de 2016, en la 31^o Reunión General de la ICRI (Iniciativa Internacional sobre los Arrecifes de Coral) celebrada en París, se aprobó la Recomendación por la que se declaraba 2018 como el tercer Año Internacional de los Arrecifes de Coral (precedido por los de 1997 y 2008).

En ella se reconoce que los arrecifes de coral son actualmente uno de los ecosistemas más amenazados del planeta debido, principalmente, al cambio climático y a la presión local de las actividades humanas. También se expone que es insuficiente y absolutamente necesaria la concienciación de los responsables políticos y de la sociedad, para iniciar los cambios oportunos a aplicar en pro de su conservación, en lo que se refiere a legislación y comportamiento público.

Forma de mencionar este artículo: Laborda, A.J. 2018, Los arrecifes del Pacífico Oriental Tropical, “los otros arrecifes de coral”. *AmbioCiencias*, 16, 49-68. ISBN: 1998-3021 (edición digital), 2147-8942 (edición impresa). Depósito legal: LE-903-07.

Llegado el momento, el 17 de enero de 2018, en Fiji, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) impulsó oficialmente el Año Internacional de los Arrecifes de Coral (IYOR 2018, por sus siglas en inglés), mediante el lanzamiento de una campaña mundial para generar conciencia sobre el valor, la importancia de su biodiversidad y las amenazas a la sostenibilidad de los arrecifes de coral, así como para motivar a la sociedad en general con el fin de que tome medidas encaminadas a su protección. El IYOR 2018 también se ha planificado para promover asociaciones entre los gobiernos, el sector privado, el mundo académico y la sociedad civil, y compartir así información sobre las mejores prácticas para la gestión sostenible de los arrecifes de coral.

La importancia de los ecosistemas arrecifales ha sido ampliamente reconocida, a través de numerosos estudios que destacan no solo la alta riqueza, productividad y abundancia de organismos que pueden albergar, sino también las funciones ecológicas que posee y los beneficios, tanto ecológicos como económicos, que proporciona a las sociedades humanas asociadas a ellos. Sin duda, la región del Indo-Pacífico es el escenario paradigmático de los arrecifes de coral, por lo que los estudios, documentales, etc., realizados en ella, nos muestran ecosistemas de altísima diversidad, donde las interacciones entre los distintos organismos son muy complejas y su belleza es exuberante. En lo que se refiere a diversidad, interacciones y belleza se encuentran, a cierta distancia, los arrecifes de la región Atlántica en el Caribe. Sin embargo, en la región del Pacífico Oriental están los que personalmente he dado en llamar **los otros arrecifes**, mucho más modestos en términos de diversidad de corales o de otros organismos que constituyen el paisaje del arrecife (esponjas y gorgonias), aunque presentan una gran riqueza piscícola. Su belleza, a ojo de profano, dista mucho de la que exhiben los anteriormente mencionados, pero tienen gran importancia científica por su singularidad y, sobre todo, la tenacidad de existir en unas condiciones que no son las más idóneas para el desarrollo de arrecifes de coral.

Sobre “los otros arrecifes” hablaremos en este artículo que se encuadra, modestamente, dentro de la manifestada necesidad de contribuir a despertar la conciencia de la sociedad sobre los valores de los arrecifes de coral, dando a conocer su biodiversidad y las amenazas que dificultan su conservación, en un intento de provocar cambios en el comportamiento público que permitan revertir el proceso que rápidamente está conduciendo a una muerte lenta de los arrecifes, antes de que sea demasiado tarde.

Estado actual de los arrecifes de coral

Los corales, muchas veces confundidos con plantas o rocas, son en realidad colonias (la gran mayoría) de pequeños (a veces microscópicos) y frágiles pólipos que segregan un exoesqueleto de carbonato de calcio, para formar estructuras protectoras individuales o coralitas, que en su conjunto constituyen las colonias (Veron, 2000). Estos pólipos, en los denominados corales hermatípicos o constructores de arrecifes, presentan en sus tejidos más internos (gastrodermis) microalgas simbiotes, zooxantelas, cuya acción fotosintética libera oxígeno y carbohidratos que son utilizados por el coral para su crecimiento.

Los arrecifes de coral, la mayoría ubicados entre los trópicos de Cáncer y Capricornio (**Fig. 1**), se encuentran en más de 100 países de todo el mundo y actualmente ocupan unos 284300 km² (Coral Reef Alliance, 2018).

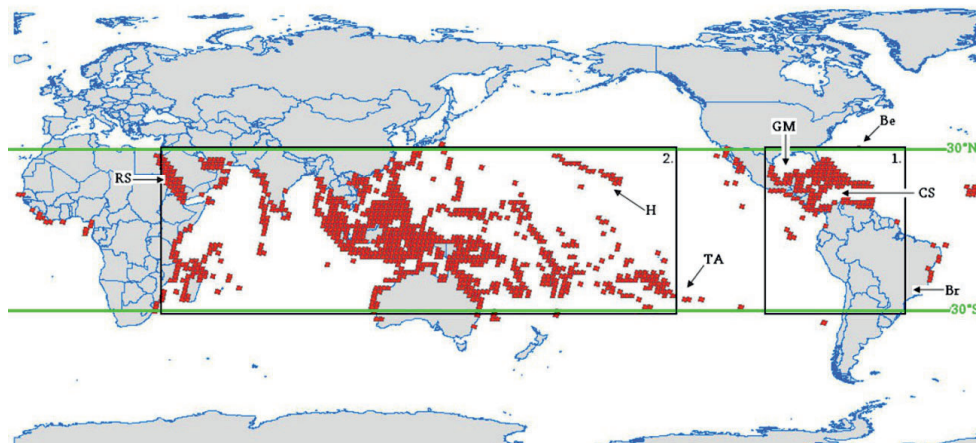


Figura 1. Distribución de los arrecifes de coral (Tomado de <http://www.seos-project.eu/modules/coralreefs/coralreefs-co1-p02.html>).

Sin duda, se puede afirmar que son uno de los ecosistemas más productivos de la Tierra y, aunque ocupan menos del 1% de la superficie del medio marino, albergan cerca del 25% de la vida en los océanos. Los arrecifes sanos proporcionan áreas de desove, cría, refugio y alimentación a una gran variedad de organismos marinos, ofreciendo medios de subsistencia y seguridad alimentaria a los habitantes de pequeñas comunidades y pescadores en los trópicos; además, protegen a las zonas costeras frente a las tormentas y la erosión.

Hasta el momento, está confirmado que en las tres últimas décadas el 75% de los arrecifes coralinos han estado amenazados y, de ellos, han desaparecido al menos una quinta parte; mientras que en otras algunas estimaciones indican que la pérdida de coral vivo se eleva hasta un 50%. Su degradación está siendo muy rápida como resultado, en la mayoría de los casos, de los efectos provocados por

actividades realizadas en tierra por el hombre (Spalding *et al.*, 2001).

Amenazas sobre los arrecifes de coral

La superficie de arrecifes de coral está disminuyendo a un ritmo muy rápido en todo el mundo (1–2% por año), debido a los impactos negativos severos que sufren en muchos casos. Por ello, desafortunadamente los arrecifes y muchos de los beneficios que nos proporcionan están bajo una grave amenaza, con un evidente patrón general de degradación del hábitat. Este declive mundial se debe, principalmente, a la sobrepesca, la contaminación y el calentamiento de los océanos que se están volviendo cada vez más ácidos (Wear, 2016). Este autor enfatiza que más del 55% de los arrecifes del mundo están bajo amenaza inmediata por sobrepesca, lo que puede conducir a que arrecifes dominados por los corales lo sean por algas, a medida que el número de peces herbívoros disminuye significativamente. Halpern *et al.* (2008) también sugieren que la pesca excesiva es una de las causas más graves de la disminución de los arrecifes de coral, pero inciden en que, en particular, las aguas residuales vertidas en los mares costeros tropicales contienen cientos de compuestos diferentes que pueden tener un efecto importante.

Algunos de los requerimientos para la formación de arrecifes –aguas claras, luz, etc.– propicia que la mayoría se desarrollen en aguas poco profundas y cerca de la costa (**Fig. 2**). Por ello, son muy vulnerables a los efectos de las actividades humanas, tanto por la explotación directa de sus recursos como por los impactos, directos e indirectos, que provocan esas actividades tierra adentro y en la zona costera. A estas amenazas de ámbito local, muchas de ellas fuertemente arraigadas en la tradición social, económica y cultural de las comunidades costeras, se le suman las que se producen a escala mundial y que derivan del cambio climático y de la progresiva acidificación de las aguas de los océanos.



Figura 2. Condiciones para el desarrollo de arrecifes de coral: aguas claras, poco profundas y luz (tomado de Coral reef Alliance, 2018).

A continuación, se reflejan de manera resumida cuáles son esas amenazas, tomando como base, entre otros, los trabajos de: Pandolfi *et al.* (2003); Halpern *et al.* (2008); Sammarco (2008); Wear y Thurber (2015) y Smith *et al.* (2016).

- **Daño físico:** actividades de desarrollo costero (dragados), utilización de aparejos (redes de arrastre) y prácticas de pesca agresiva (dinamita, cianuro, muro-ami, etc.), o el uso indebido de los arrecifes con fines recreativos (nadadores y buceadores descuidados o mal entrenados, anclaje de embarcaciones de recreo, etc.), pueden provocar daños irreparables por acción directa sobre los corales o el hábitat en general.
- **Sedimentación:** se ha identificado como uno de los principales factores de estrés para la existencia y la recuperación de los arrecifes. Los sedimentos proceden de las desembocaduras de ríos, así como de las escorrentías, de aguas urbanas y de actividades relacionadas con la silvicultura y la agricultura. Los sedimentos aumentan la turbidez y reducen la capacidad fotosintética de los simbiontes del coral y, al depositarse, provocan el “ahogamiento” de los corales con la consiguiente pérdida de cobertura y riqueza de especies en el arrecife. El componente principal de las aguas de escorrentía y residuales es el agua dulce, sobre la cual estudios de laboratorio realizados hace más de 80 años revelaron que la mayoría de los corales mueren después de una exposición prolongada a fuentes de agua dulce o salobre; siendo el límite inferior de tolerancia de los corales, en relación con la salinidad, de 15–20 ppt.
- **Contaminación:** son muchas las sustancias contaminantes que suponen una amenaza para los arrecifes, entre ellas están:
 - **Nutrientes:** principalmente son derivados de nitrógeno y fósforo, que provienen del uso de fertilizantes, de descargas de depuradoras y sistemas sépticos o de residuos de origen animal. En general, son beneficiosos para los ecosistemas marinos; sin embargo, los arrecifes están adaptados a un nivel bajo de nutrientes por lo que su exceso conlleva el desarrollo de algas (eutrofización) que, a menudo, causa un desequilibrio que afecta a todo el ecosistema. Dicho exceso también contribuye al desarrollo de bacterias y hongos, que pueden ser patógenos para los corales.
 - **Sustancias tóxicas:** proceden, sobre todo, de descargas industriales, efluentes urbanos y agrícolas, actividades mineras y de vertederos. Las sustancias tóxicas causan efectos letales y subletales, altamente variables y dependientes de cada una de ellas en particular, en los corales y otros organismos del arrecife. En general, reducen la fotosíntesis de las

algas simbiotas, así como el crecimiento de los corales y se ha comprobado que muchas causan mortalidad, decoloración y reducción de funciones básicas (respiración y reproducción) en ellos.

- **Basura:** es el conjunto de materiales que se desechan o se producen en las actividades humanas y que fruto de una eliminación inadecuada o, en muchos casos, debido a la falta de reciclado, pueden llegar al mar. La mayor parte de esa basura, alrededor del 80% (unos 8 millones de toneladas anuales), está constituida por plásticos; tanto macroplásticos (botellas, bolsas, envases, envoltorios, cápsulas, redes de pesca, etc.) que generan las tristemente famosas “islas de plástico” en los vórtices de las principales corrientes marinas, como microplásticos (menos de 0,5 cm) que se producen por la degradación de los primeros o que como microesferas y fibras están presentes en dentífricos, cosméticos, prendas de vestir, etc. Estos últimos viajan con el plancton o se depositan en el sedimento incorporándose, en ambos casos, a la cadena trófica, lo que supone un problema muy importante. En el año 2010, la expedición Malaspina detectó microplásticos en el 88% de la superficie del mar (Cozar *et al.*, 2014), científicos australianos (Hall *et al.*, 2015) han encontrado microplásticos en el interior de corales de la Gran Barrera y un estudio reciente, (Lamb *et al.*, 2018), muestra por primera vez que la basura plástica aumenta el riesgo de enfermedades para los arrecifes de coral. Los macroplásticos pueden engancharse en los corales y romperlos o bloquear la luz del sol, necesaria para la fotosíntesis, o dañar a otros organismos del arrecife. Diversos animales marinos (peces, tortugas, aves, cetáceos, etc.) pueden consumir directamente y por error macroplásticos, siendo frecuentemente el resultado final la obstrucción de sus vías digestivas y la incorporación a sus tejidos de sustancias tóxicas, que ya están siendo detectadas en muchas especies que el hombre consume. Esto último también sucede en el caso de los microplásticos.
- **Sobrepesca:** se produce por la demanda (turismo), el abandono de artes de pesca tradicionales, el uso de tecnologías más eficientes y destructivas (redes de arrastre), así como por la ausencia de una gestión adecuada de los recursos. Además, en muchas zonas del Indo-Pacífico es frecuente la utilización de muro-ami y explosivos para pescar, o de cianuro para capturar peces de cara al productivo mercado de la acuariofilia. La sobrepesca y el uso de artes agresivas ha llevado en muchos arrecifes al agotamiento de algunas de sus principales especies de peces y a causar grandes daños, no solo a los corales sino también a otros muchos organismos, con la consecuente destrucción del hábitat. En términos más suaves, pueden alterar la es-

estructura de la red alimenticia y producir un efecto cascada; como, por ejemplo, reducir la cantidad de peces herbívoros que controlan el desarrollo excesivo de algas en los arrecifes, perjudicando así el de los corales.

A estas amenazas de carácter más local se les unen otras de ámbito global, como:

- **Incremento de la temperatura:** relacionado directamente con el Cambio Climático. La elevación de unos pocos grados en la temperatura del agua de mar provoca en los corales la pérdida de las zooxantelas simbiotas y, con ellas, su coloración. Esto revela el color blanco de su esqueleto y se produce el fenómeno de “blanqueamiento”. Cuando el proceso es muy intenso o prolongado, puede destruir arrecifes enteros en cuestión de semanas, causando directamente la muerte de las colonias, haciéndolas más frágiles o aumentando su vulnerabilidad frente a otras amenazas. En todas las “quinielas” y modelos predictivos sobre los efectos del cambio climático global, los arrecifes coralinos figuran entre los principales afectados. A la elevación de la temperatura de las aguas marinas superficiales, ya comentada, se une la predicción del aumento del nivel del mar (recuérdese que los arrecifes se desarrollan en aguas poco profundas por la necesidad de luz), el incremento en intensidad y frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos, como los huracanes, y la alteración de los patrones de circulación de las corrientes oceánicas, que puede afectar muy negativamente a los arrecifes.
- **Acidificación:** la absorción natural de CO_2 por los océanos ayuda a mitigar los efectos climáticos de nuestras emisiones a la atmósfera y, de hecho, anualmente los océanos absorben aproximadamente la cuarta parte del CO_2 emitido. El CO_2 reacciona con el agua del mar y forma H_2CO_3 , disminuyendo el pH, es decir, incrementando su acidez. Desde la Revolución Industrial la acidez de los océanos ha aumentado alrededor de un 30 %, una tasa diez veces superior a lo ocurrido durante millones de años. Además, se prevé el incremento de un 40 % más, con respecto a los niveles actuales, para finales de este siglo. El aumento de la acidez reduce la disponibilidad de las sales e iones disueltos que los corales (también equinodermos, moluscos, poliquetos, etc.), necesitan para formar sus estructuras de carbonato de calcio. En consecuencia, el crecimiento de los corales y de los arrecifes puede hacerse más lento o incluso, si el efecto se agrava, impedir su desarrollo.

Valor económico de los arrecifes de coral

Los arrecifes coralinos, además de su valor en términos de biodiversidad, proporcionan alimentos y recursos a más de 500 millones de personas, a las que brindan valiosos servicios, como son: la protección de las costas, los recursos pesqueros, el turismo y compuestos bioactivos o industrialmente valiosos, entre otros. El valor de estos servicios varía según el lugar, pero se ha estimado en más de 31 billones de dólares/año para el conjunto de todos los arrecifes. De ellos, según Cesar *et al.* (2003), aproximadamente un 30% corresponden al turismo, otro 30% a la protección costera, un 15% a la pesca y otro 15% a la biodiversidad (valor medido por la dependencia que tienen muchas especies marinas de la estructura de los arrecifes).

En este sentido, el Servicio Nacional de Pesca Marítima de los Estados Unidos calcula que la pesca deportiva en sus arrecifes genera unos 100 millones de dólares/año, estimando que el valor de una hectárea en términos de turismo, protección costera y pesca es, como promedio, de 130000 dólares/año, y puede llegar hasta 1,25 millones donde el sector turístico es más importante. El turismo, en gran medida dependiente de los arrecifes, también contribuye con un tercio del PIB en el Caribe y hasta un 80% en Maldivas. Así mismo, un informe de la Great Barrier Reef Foundation de 2017 indicaba que el valor económico de la Gran Barrera de Coral australiana ronda los 42390 millones de dólares y de ella dependen 64000 puestos de trabajo.

Sin embargo, el apoyo financiero internacional para proteger y gestionar de manera sostenible los arrecifes de coral del mundo es insuficiente. Un análisis realizado por el Programa de la ONU para el Medio Ambiente, la Iniciativa Internacional de Arrecifes Coralinos y el Centro de la ONU para Monitoreo Mundial de la Conservación del Medio Ambiente, indica que, si bien hubo un aumento de la financiación entre 2010 y 2016 en respuesta a la política global y regional de gestión y protección ambiental, alcanzando más de 1.900 millones de dólares, esta cantidad no se corresponde con los beneficios económicos y sociales que obtenemos de los arrecifes. Finalmente, el análisis revela que la inversión anual en el mantenimiento de arrecifes es solo el 0,07% del valor de los beneficios que producen estos ecosistemas y que casi las tres cuartas partes de todos los proyectos financiados son iniciativas a pequeña escala.

“Los otros arrecifes”

Los que he denominado “los otros arrecifes” son aquellos que generalmente no aparecen en los catálogos de las agencias de viajes, no han tenido demasiado interés para los científicos hasta épocas relativamente recientes y, para

algunos, ni siquiera han merecido la consideración de verdaderos arrecifes. De hecho, han sido definidos como "empobrecidos" (Wells, 1956) y en tratados tan importantes como el de Stoddart (1969) no se los menciona. Son los arrecifes que se desarrollan en el Pacífico Oriental Tropical (**Fig. 3**), que comprende la costa de Centroamérica y Sudamérica (*in extenso* desde el Mar de Cortés hasta la Isla de Pascua), concretamente en la zona ubicada entre los paralelos 20°N y 5°S, incluyendo las islas de Revillagigedo, Clipperton, Cocos, Malpelo y Galápagos (Glynn y Wellington, 1983). En esta parte del océano, según Glynn *et al.* (1983), las bajas temperaturas, la baja salinidad y las altas descargas de nutrientes no deberían favorecer el desarrollo de arrecifes coralinos, pero existen, aunque como veremos en condiciones restringidas. En general, alcanzan su mejor desarrollo a lo largo de las costas protegidas por montañas altas, a resguardo de los vientos que causan el afloramiento de aguas frías en esta zona (Glynn *et al.*, 1983; Cortés, 1997), siendo Panamá y Costa Rica los sitios donde se dan la mayor diversidad y las formaciones de mayor tamaño (Guzmán y Cortés, 1993).



Figura 3. Mapa del área que comprende el Pacífico Oriental Tropical (tomado de López-Victoria, 2011).

Fueron poco estudiados y solo a partir de la década de los 70 despertaron interés debido a su importancia biogeográfica, su historia geológica, su distribución y su diversidad (Cortés, 1997). Así, el primero de una lista de trabajos sobre estos arrecifes, concretamente de Panamá, fue publicado por Glynn *et al.* (1972) y la visión inicial sobre los de Costa Rica la ofrecieron Glynn *et al.* (1983). En Colombia, la isla Malpelo fue visitada en 1972 por una expedición del Smithsonian Tropical Research Institute y los resultados fueron publicados por Birkeland *et al.* (1975), mientras que un grupo de la Universidad de los Andes trabajó intensamente en la Isla Gorgona (von Prahl *et al.*, 1979). En las Islas Galápagos se han recolectado corales desde el siglo XIX (Durham, 1966), pero hasta las décadas de los 70 y 80 no se iniciaron investigaciones más extensas sobre sus formaciones coralinas (Glynn *et al.*, 1979; Glynn y Wellington, 1983).

El origen de “los otros arrecifes”

Con el levantamiento del istmo de Panamá (hace unos 3,5 millones de años), por el hundimiento de la Placa de Cocos debajo de la Placa Caribe, se estableció un puente para organismos terrestres pero una barrera para los marinos. Se constituyeron así dos grandes provincias oceánicas: la Provincia del Indo-Pacífico y la Provincia del Caribe o Atlántica (Stehli y Wells, 1971; Goreau *et al.*, 1979), lo que ha tenido consecuencias oceanográficas fundamentales para la región, además de climáticas y biológicas. Las condiciones cambiaron radicalmente y se hicieron propicias para el desarrollo de fenómenos cálidos de El Niño, así como para que se produjeran afloramientos de aguas frías en la costa, principalmente en Tehuantepec al sur de México, Papagayo al norte de Costa Rica y en la bahía de Panamá. Ambos extremos térmicos dificultan el desarrollo de corales.

Estas alteraciones oceanográficas provocaron también un cambio en la fauna coralina del Pacífico Oriental, de manera que las especies que allí estaban, compartidas en gran medida con el Caribe, desaparecieron durante el Pleistoceno y fueron sustituidas por otras. Siguiendo la hipótesis más aceptada (Dana, 1975), plánulas coralinas realizaron una migración transoceánica desde el Indo-Pacífico hasta el Pacífico Oriental, gracias a la contracorriente Ecuatorial del Norte, lo que apoyan hechos tales como que algunas especies del género *Pocillopora*, presentes en los arrecifes de esta región, se encuentran también en otras partes del Pacífico, como Australia y Japón, en el Océano Índico e incluso en el Mar Rojo. Por tanto, en la actualidad la fauna coralina del Pacífico Oriental tiene gran afinidad con la del Indo-Pacífico, lo cual ya fue aventurado por Vaughan y Wells (1943), Durham (1966) y Porter (1972), y reafirmado más tarde por Cortés (1986) y von Prael (1986). Este último postula que no todos los corales que provenían del otro lado del Pacífico encontraron su medio adecuado en las zonas de surgencias frías (afloramientos), por lo que los nuevos colonizadores debieron adquirir una serie de adaptaciones para ocupar aguas con temperaturas más bajas, mayor aporte de sedimentos, menor penetración de la luz y un rango de mareas más amplio.

Por tanto, estos arrecifes han tenido una historia muy accidentada en la región, debido a la ocurrencia de eventos de extinción de gran alcance (Reyes Bonilla, 1992; Veron, 1995) y al reemplazo de la fauna que caracterizó ambas costas del continente americano desde el Paleoceno (hace 55 a 65 millones de años), por una relativamente nueva, proveniente del Indo-Pacífico, que es la dominante en la actualidad (Grigg, 1988; Glynn y Ault, 2000). Todo ello confirma que “los otros arrecifes” son entidades únicas en el planeta.

Estructura de “los otros arrecifes”

Los arrecifes del Pacífico Oriental, como se ha comentado, son comunidades altamente singulares, con ciertas afinidades con el resto de los del Pacífico, pero con una diversidad de corales mucho menor y algunos de ellos endémicos. Por su estructura física -escasa extensión y poca profundidad hasta la que se desarrollan- a la mayoría se los ha considerado simplemente como comunidades coralinas. Sin embargo, aunque su desarrollo está limitado, existen algunas estructuras reales de arrecifes, particularmente, en las bahías más abrigadas.

Generalmente son arrecifes pequeños (alrededor de 1 hectárea o menos) y su fauna coralina es pobre y poco diversa, si se la compara con la del Indo-Pacífico o la del Caribe (Durham, 1966; Stehli y Wells, 1971), dominada, principalmente, por varias especies del género *Pocillopora* (**Fig. 4**) o por *Porites lobata* (**Fig. 5**). Así ocurre en los arrecifes de Panamá, Colombia y algunos de Costa Rica, en los que las colonias ramificadas de *Pocillopora* spp. crecen entrelazadas formando un arrecife, en el que no hay cementos y la cantidad de algas calcáreas es escasa. Otros, como los de Clipperton o isla del Coco (Costa Rica), están contruidos por el coral masivo *Porites lobata* que, generalmente, forma colonias de gran tamaño. Los arrecifes mejor desarrollados –por ejemplo, los de las islas Secas o Contreras en la Bahía de Chiriquí (Panamá)– exhiben una clara zonación; de manera que en las aguas someras (entre 1 y 6 m de profundidad) se da un crecimiento denso de *Pocillopora damicornis* y *P. elegans*, mientras que en las zonas más profundas (entre los 6 y 12 m) se observan varias especies de corales masivos o incrustantes (*Porites lobata*, *Gardineroseris planulata*, *Pavona clavus* y *Pavona varians*).

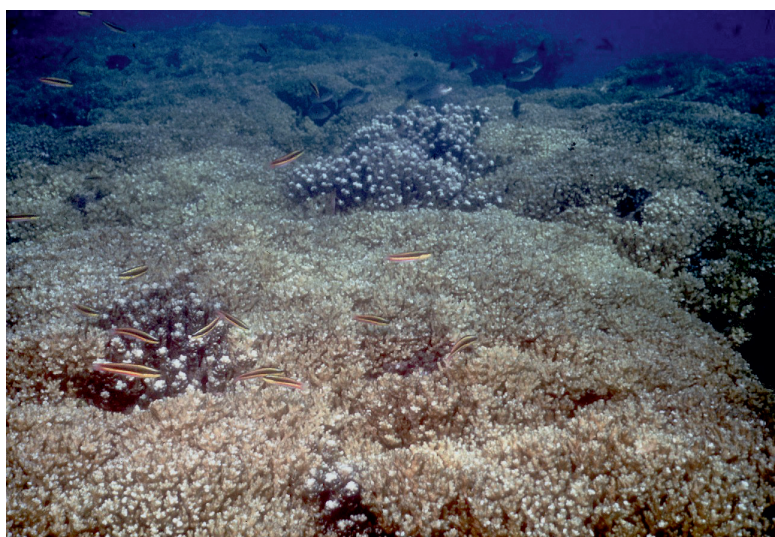


Figura 4. Aspecto general de la planicie del arrecife, constituida por colonias de *Pocillopora damicornis* con otras dispersas (más grandes y oscuras) de *P. elegans*. (Foto. A. J. Laborda).



Figura 5. Colonia de *Porites lobata*. (Foto. A. J. Laborda).

En el Pacífico mexicano los corales hermatípicos se consideraban raros, pero investigaciones más recientes han descrito abundantes comunidades de coral, con una distribución discontinua. Los verdaderos arrecifes se presentan en islas como la del Espíritu Santo y Marías, así como en lugares dispersos de la costa sur de Oaxaca. Comunidades de coral, a veces con abundante crecimiento de coral, pero poca acumulación neta, están presentes en el golfo central de California, desde la isla Ángel de la Guarda hasta Bahía Concepción. En ellas, se presentan mayoritariamente dos especies, *Porites panamensis* y *P. sverdrupi*, que toleran las bajas temperaturas que se dan en la zona, considerándose a la última una especie endémica, reliquia del Plioceno, en proceso de extinción natural. Al sur de Baja California, las Islas Revillagigedo están rodeadas de aguas oceánicas profundas e influenciadas por la corriente Ecuatorial del Norte, que fluye hacia el oeste, alimentada por la fría corriente de California y la corriente costera más cálida de Costa Rica. Estas condiciones relativamente duras se ven agravadas por un régimen de tormentas tropicales regulares, pero, a pesar de esto, albergan una de las comunidades más diversas de corales en el Pacífico mexicano. Veinte especies de corales hermatípicos, dominados por *Pocillopora* spp., *Porites lobata* y *P. liquen*, han sido registradas alrededor de estas islas y biogeográficamente parecen estar más vinculadas con el atolón de Clipperton que con la costa mexicana.

La costa del Pacífico, sobre todo en el sur de México, Costa Rica y Panamá, está fuertemente afectada por temperaturas extremas del agua asociadas a afloramientos fríos frecuentes (15°C) y a episodios cálidos de El Niño (hasta 33°C). Ambos fenómenos restringen el desarrollo de arrecifes en alta mar y limitan en gran medida su presencia en las costas continentales, por lo que, en general, el desarrollo de los arrecifes es puntual y principalmente alrededor de las islas costeras. En Colombia también hay pequeños y jóvenes arrecifes en Tebada y Ensenada de Utria, conformados por no más de media docena de corales, en su mayo-

ría constituidos por diversas especies de *Pocillopora*. Además, también hay arrecifes alrededor de Isla Gorgona, particularmente en su zona oriental, y más lejos, en la isla oceánica de Malpelo, existen comunidades coralinas hasta los 35 m de profundidad.

En Ecuador hay algunos parches o comunidades de coral en la costa continental y un verdadero arrecife en Machalilla; sin embargo, es en las islas Galápagos donde mejor se desarrollan. Este archipiélago está influenciado por la corriente Ecuatorial del Sur, que fluye desde el Este, alimentada en gran medida por la fría corriente Oceánica de Perú (20-24°C) y un frío afloramiento costero (15°C). Por lo tanto, el agua fría rica en nutrientes está presente durante todo el año (salvo eventos de El Niño) y esto restringe el crecimiento del coral y el desarrollo de los arrecifes, por lo que, en su mayor parte, son parches poco desarrollados que no forman estructuras arrecifales verdaderas y su diversidad de especies es baja.

El único atolón del Pacífico Oriental Tropical es la isla de Clipperton. Aproximadamente circular, tiene unos 4 km de diámetro y un arrecife de 50 a 200 metros de ancho con una alta cobertura de coral (hasta el 83 %). Es el mejor desarrollado de “los otros arrecifes” y presenta una mezcla de especies del Indo-Pacífico y del Pacífico Oriental Tropical, por lo que tiene gran importancia desde el punto de vista biogeográfico.

Amenazas sobre “los otros arrecifes”

Los impactos humanos en esta región se pueden considerar relativamente bajos, en comparación con otras del Pacífico, ya que la mayoría de los arrecifes se encuentran en islas costeras, no tienen una influencia terrestre excesiva y el turismo no supone aún un grave problema. Pero, en algunas zonas, el agua dulce de sus abundantes cursos fluviales sí puede tener efectos nocivos y arrastrar gran cantidad de sedimentos (**Fig. 6**) que pueden afectar a los arrecifes (por ejemplo, en la costa del Pacífico panameño desembocan alrededor de 330 ríos).



Figura 6. Efecto del sedimento sobre una colonia de coral en Isla Coiba (Panamá). Foto A. J. Laborda.

Por tanto, los arrecifes del Pacífico Oriental se enfrentan, en mayor o menor medida, a las amenazas ya comentadas que son comunes a todos los arrecifes del mundo, pero, de acuerdo con Cortés y Jiménez (2003), la principal amenaza natural que afecta a “los otros arrecifes” es el fenómeno de El Niño – Oscilación Sur (ENSO por sus siglas en inglés), en periodos que oscilan entre los 2 y 7 años. El Niño es un patrón climático recurrente a escala mundial que conlleva, entre otras condiciones, un aumento de la temperatura de las aguas superficiales (entre 1 y 3°C), que tienen efectos principalmente notorios en la parte central y oriental del Pacífico tropical. En su conjunto, el fenómeno tiene tres fases: El Niño (cálida), La Niña (fría) y entre ellas, una fase Neutra. En la actualidad, aún no se entiende completamente cuáles son las causas que generan este fenómeno, pero el calentamiento y enfriamiento oscilantes de las aguas del mar afectan directamente a la distribución de las precipitaciones en las zonas tropicales y tiene una fuerte influencia sobre el clima en otras partes del mundo. Su intensidad y duración son muy variables, pero, en términos generales, el efecto más notorio de la fase cálida son los intensos procesos de blanqueamiento que puede provocar en los arrecifes (**Fig. 7**); mientras que la fase fría incide, principalmente, en el incremento de la frecuencia e intensidad de las grandes tormentas, que pueden causar importantes daños físicos a los corales.

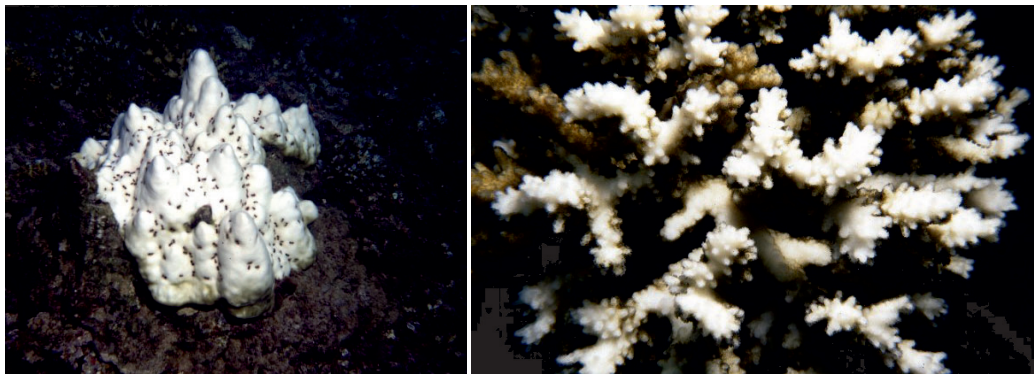


Figura 7. Blanqueamiento de *Porites lobata* (izquierda) y *Pocillopora damicornis* (derecha) durante El Niño 1997-98 en Isla Coiba (Panamá). Foto A. J. Laborda.

Debido a este fenómeno, los arrecifes del Pacífico Oriental se han visto gravemente impactados a lo largo del tiempo. En la Figura 8 se representan los valores del Índice Oceánico de El Niño (ONI), que mide, entre otros parámetros, las anomalías de la temperatura del agua superficial. En ella se puede observar como los fenómenos más importantes de El Niño sucedieron en 1982-83, 1997-98 y 2015-16, siendo considerado el primero en su momento “El Niño del Siglo”, por su magnitud sin precedentes, aunque después se vio superado por los otros dos que presentaron mayores anomalías.

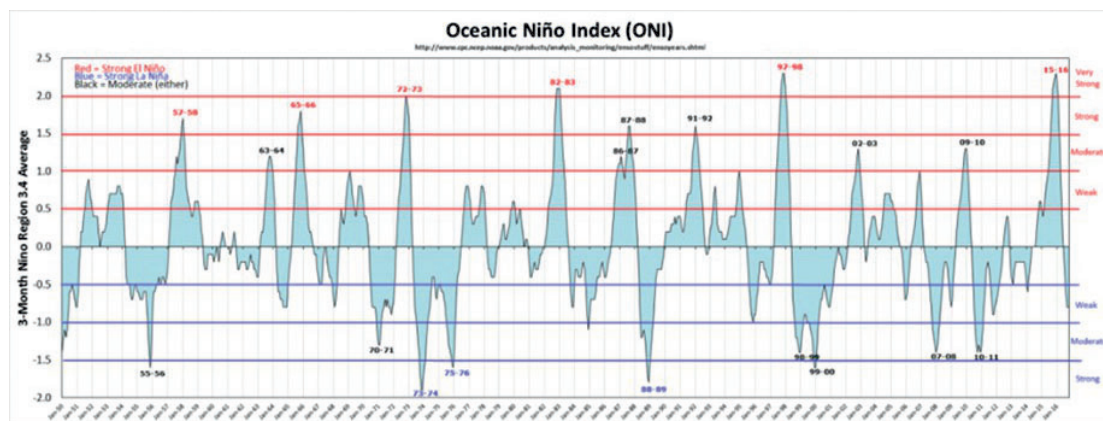


Figura 8. Representación de los valores de ONI desde 1950 hasta 2016. Valores (+) El Niño y (-) La Niña, destacando como fenómenos más fuertes los Niños 1982-83, 1997-98 y 2015-16. (Tomado de NOAA, Climate Prediction Center).

Los efectos y repercusiones ecológicas del ocurrido en 1982-83, han sido convenientemente relatados por, entre otros, Glynn y de Weerd (1991) y Glynn *et al.* (1988), destacando que provocó la decoloración masiva y una altísima mortalidad de corales en esta área del Pacífico. Así, por ejemplo, los arrecifes de Panamá perdieron el 75-85% de su cobertura viva y en Costa Rica causó la mortalidad de hasta un 50% de los corales en la Isla del Caño (Guzmán *et al.*, 1987) y un 90% en la isla del Coco (Guzmán y Cortés 1992). Cuando los arrecifes se estaban recuperando de “El Niño del Siglo”, a pesar de sufrir otros dos fenómenos fuertes en 1987-88 y en 1991-92, tuvieron que hacer frente a El Niño 1997-98 que actuó sobre ecosistemas estructuralmente debilitados, presentó mayores anomalías y tuvo una evolución particular.

Las anomalías de El Niño 1982-83 comenzaron a detectarse en marzo-abril de 1982, tuvo un largo proceso de “maduración” y alcanzó el máximo en marzo de 1983. Sin embargo, El Niño 1997-98 comenzó a mostrar anomalías un poco antes, en febrero-marzo de 1997, su proceso de maduración fue más corto, presentó un primer máximo de condiciones anómalas en junio-julio de 1997 y, tras un ligero periodo de reposo, un segundo máximo en febrero-marzo de 1998 (Laborda, 2000). Por tanto, sus efectos fueron mayores, no solo por presentar condiciones anómalas más severas, sino, también, porque esas condiciones fueron máximas durante más tiempo. En realidad, los arrecifes sufrieron dos fenómenos de El Niño seguidos, o si se quiere ver de otra manera, uno, pero de mayor duración. Este evento tuvo gran repercusión en Panamá, ya que actuó sobre arrecifes muy afectados por el de 1982-83; sin embargo, en Costa Rica, la mortalidad fue menor y la recuperación más rápida que en el de 1982-83 (Cortés y Jiménez, 2003), sugiriéndose, por parte de Guzmán y Cortés (2001), que los corales

habían adquirido mayor tolerancia a altas temperaturas que en eventos anteriores.

El evento de El Niño 2015-16 fue declarado por la Organización Meteorológica Mundial como uno de los tres más fuertes registrados desde 1950 y generó impactos significativos alrededor del planeta, principalmente sobre la agricultura y la seguridad alimentaria (Martínez *et al.*, 2017). Según Eakin *et al.* (2016), El Niño de 2015-2016 superó a los eventos anteriores tanto en términos de intensidad como en duración del calentamiento, lo que tuvo consecuencias ecológicas sin precedentes en todo el mundo y provocó el blanqueamiento del 100% de los corales en algunos lugares. Las áreas más afectadas tradicionalmente por El Niño en el Pacífico Oriental no lo fueron tanto y, sin embargo, en el Pacífico Central se revelaron niveles de estrés por encima del umbral descrito hasta entonces para ellos por Hoegh-Guldberg (2010).

Conclusiones

Si no disminuye la tasa actual de calentamiento y acidificación en los océanos tropicales del mundo y si no cesan o se gestionan adecuadamente actividades como la pesca, la eliminación de residuos, etc., es poco probable que los arrecifes de coral estén presentes en el futuro de nuestro planeta.

La pérdida de estos importantes ecosistemas disminuirá los recursos disponibles para cientos de millones de personas. Nuestra comprensión actual de esta importante cuestión es escasa, por lo que conocer los impactos desde el punto de vista social debe ser una prioridad en la investigación futura, para diseñar acciones que permitan a las comunidades costeras tropicales adaptarse a los cambios que se van a producir rápidamente.

Dejando a un lado las amenazas globales (cambio climático, acidificación), con el fin de intentar detener y revertir el declive de los arrecifes, las actuaciones deben dirigirse sobre las amenazas que los expertos han manifestado como más graves. Una encuesta realizada en 50 países con arrecifes reveló que esos expertos estaban de acuerdo en que las dos más importantes, a escala local, son la sobrepesca y el desarrollo costero.

Los beneficios que proporcionan los arrecifes de coral son abundantes y la financiación es esencial para su gestión sostenible en todo el mundo. Por ello es preciso prestar mayor atención a los arrecifes, como activos de la economía marina que son, para lograr de los sectores público y privado una mayor inversión, más diversa y a largo plazo.

Bibliografía

- Birkeland, C.H., Meyer, D., Stames, J. y Buford, D. 1975. Subtidal Communities of Malpelo Island. *Smithsonian Contributions to Zoology* 176:55-68.
- Cesar H, Burke L, y Pet-Soede L. 2003. The Economics of Worldwide Coral Reef Degradation. Cesar Environmental Economics Consulting, Arnhem, and WWF-Netherlands, 23 pp., Zeist, The Netherlands.
- Cortés, J. 1986. Biogeografía de corales hermatípicos: el istmo Centro Americano. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología UNAM* 13:355-374.
- Cortés, J. 1990a. "Coral reef decline in Golfo Dulce, Costa Rica, eastern Pacific: Anthropogenic and natural disturbances". Dissertations from ProQuest. 2863. University of Miami, Miami, Florida, USA. <https://scholarlyrepository.miami.edu/dissertations/2863>
- Cortés, J. 1990b. The coral reefs of Golfo Dulce, Costa Rica: Distribution and community structure. *Atoll Research Bulletin* 344:1-37.
- Cortés, J. 1997. Comunidades coralinas y arrecifes del Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 44/45:623-625.
- Cortés, J. y Jiménez, C.E. 2003. Corals and coral reefs of the Pacific of Costa Rica: History, research and status. En Latin American coral reefs. (ed. Cortés, J.), Elsevier Science B.V., pp. 361-385, Amsterdam, The Netherlands.
- Cózar, A., Echevarría, F., González Gordillo, J.I., Irigoien, X., Úbeda, B., Hernández León, S., Palma, A.T., Navarro, S., García de Lomas, J., Ruiz, A., Fernández de Puellas, M.L., y Duarte, C.M. 2014. Plastic debris in the open ocean. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 28:10239-10244.
- Dana, T.B. 1975. Development of contemporary Eastern Pacific coral reefs. *Marine Biology* 33:355-374.
- Durham, J.W. 1966. Coolenterates, especially stony corals, from the Galápagos and Cocos Islands. En The Galapagos. (ed. Bowman, R. L.), pp. 123-135, University of California Press, Berkeley, California, USA.
- Eakin, C.M., Liu, G., Gómez, A.M., De la Cour, J.L., Heron, S.F., Skirving, W.J., et al. 2016. Global coral bleaching 2014-2017: status and an appeal for observations. *Reef Encounter* 31:20-26.
- Glynn, P.W., Steward, R.H. y McCosker, J.E. 1972. Pacific coral reefs of Panamá: structure, distribution and predators. *Geologische Rundschau* 61:483-519.
- Glynn, P. y Ault, J. 2000. A biogeographic analysis and review of the far eastern Pacific coral reef región. *Coral Reefs* 19 (1):1-23.

- Glynn, P.W. y de Weerdt, W.H. 1991. Elimination of two reef-building hydrocorals following the 1982-82 El Niño warming event. *Science* 253:69-71.
- Glynn, P.W. y Wellington, G. M. 1983. Corals and coral reefs of the Galápagos Islands. University of California Press, pp. 330, Berkeley, California, USA.
- Glynn, P.W., Wellington, G.M. y Birkeland, C. 1979. Coral reef growth in the Galápagos: Limitation by sea urchins. *Science* 203:47-49.
- Glynn, P. W., Druffel, E. M., Dunbar, R. B. (1983). A dead Central American coral-reef tract: possible link with the Little Ice Age. *Journal of Marine Research* 41:605-637
- Glynn, P.W., Cortés, J., Guzman, H.M. y Richmond, R.H. 1988. El Niño (1982-83) associated coral mortality and relationship to sea surface temperature deviations in the Tropical Eastern Pacific. *Proceedings 6th International Coral Reef Symposium* 3:237-243.
- Goreau, T.F., Goreau, N.I. y Goreau, T.J. 1979. Corals and Coral Reefs. *Scientific American* 241 (2):124-137.
- Grigg, R.W. 1988. Paleoceanography of Coral Reefs in the Hawaiian-Emperor Chain. *Science New Series* 240 (4860):1737-1743.
- Guzmán, H.M. y Cortés, J. 1992. Cocos Island (Pacific of Costa Rica) coral reefs after the 1982-83 El Niño disturbance. *Revista de Biología Tropical* 40:309-324.
- Guzmán, H.M. y Cortés, J. 1993. Arrecifes coralinos del Pacífico Oriental Tropical: revisión y perspectivas. *Revista de Biología Tropical* 41 (3):535-557.
- Guzmán, H.M. y Cortés, J. 2001. Changes in reef community structure after fifteen years of natural disturbances in the Eastern Pacific (Costa Rica). *Bulletin of Marine Science* 69:133-149.
- Guzmán, H.M., Coms, J., Richmond, R.H. y Glynn., P.W. 1987. Efectos del fenómeno de El Niño-Oscilación Sureña 1982/83 en los arrecifes coralinos de la Isla del Caño, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 35:325-332.
- Hall, N.M., Berry, K.L.E., Rintoul, L., Hoogenboom, M.O. 2015. Microplastic ingestion by scleractinian corals. *Marine Biology* 162 (3):725-732.
- Halpern, B.S., Walbridge, S., Selkoe, K.A., Kappel, C.V., Micheli, F., D'Agrosa, C., Bruno, J.F., Casey, K.S., Ebert, C., Fox, H.E., Fujita, R., Heinemann, D., Lenihan, H.S., Madin, E.M., Perry, M.T., Selig, E.R., Spalding, M., Steneck, R. y Watson, R. 2008. A global map of human impact on marine

- ecosystems. *Science* 15;319(5865):948-952.
- Hoegh-Guldberg, O. 2010. Coral reef ecosystems and anthropogenic climate change. *Regional Environmental Change* 11:215-227.
- Laborda, A.J. 2000. “El Niño”, “La Niña” y su “Madre”. Conferencia del Acto Académico de inauguración del curso 2000-2001 en el Campus de Ponferrada. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de León, 35 pp., León, España.
- Lamb, J.B., Willis, B.L., Fiorenza, E.A., Couch, C.S., Howard, R., Rader, D.N., True, J.D., Kelly, L.A., Ahmad, A., Jompa, J., Harvel, C.D. 2018. Plastic waste associated with disease on coral reefs. *Science* 359 (6374):460-462.
- Martínez, R., Zambrano, E., Nieto, J.J., Hernández, J. y Costa, F. 2017. Evolución, vulnerabilidad e impactos económicos y sociales de El Niño 2015-2016 en América Latina. *Investigaciones Geográficas* 68:65-78.
- Pandolfi, J.M., Bradbury, R.H., Sala, E., Hughes, T.P., Bjorndal, K.A., Cooke, R.G., Mc Ardle, D., McClenachan, L., Newman, M.J.H., Paredes, G., Warner, R.R. y Jackson, J.B.C. 2003. Global Trajectories of the Long-Term Decline of Coral Reef Ecosystems. *Science* 301:955-958.
- Porter, J.W. 1972. Ecology and species diversity of coral reefs on opposite sides of the Isthmus of Panamá. In M.L. Jones (Ed): The Panamic Biota: Some observations prior to a sea-level canal. *Bulletin Biological Society of Washington* 2:89-116.
- Prahl, H. von, Escobar, D. y Molina, G. 1986. Octocorales (Octocorallia: Gorgonüdae y Plexauridae) de aguas someras del Pacífico Colombiano. *Revista de Biología Tropical* 34 (1):13-33.
- Prahl, H. von, Guhl, F. y Grógl, M. 1979. Gorgona. Futura Grupo Editorial, 279 pp., Bogotá, Colombia.
- Reyes-Bonilla, H. 1992. New records for hermatypic corals (Anthozoa: Scleractinia) in the Gulf of California, Mexico, with an historical and biogeographical discussion. *Journal of Natural History* 26:1163–1175.
- Sammarco, P.W. 2008. Crises on coral reefs and in coral reef science in the 21st century: the need for a new peer-review system. *Ethics in Science and Environmental Politics* 8:109–119.
- San Martín, G., López, E., Redondo, M., Capa, M., Cladera, P. y Laborda, A.J. 1997. El bentos marino del Parque Nacional Coiba (Panamá). En Flora y Fauna del Parque Nacional Coiba (Panamá): Inventario Preliminar (ed. Castroviejo, S.), pp. 33-55, Madrid, España.
- Smith, J.E., Brainard, R., Carter, A., Grillo, S., Edwards, C., Harris, J., Lewis, L., Obura, D., Rohwer, F., Sala, E., Vroom, P.S. y Sandin, S. 2016. Re-

- evaluating the health of coral reef communities: baselines and evidence for human impacts across the central Pacific. *Proceedings of the Royal Society of London B* 283: 20151985.
- Spalding, M.O., Ravilious, C. y Green, E.P. 2001. World Atlas of Coral Reefs. Prepared at the UNEP World Conservation Monitoring Centre. University of California Press, 428 pp., Berkeley, USA.
- Stehli, E.G. y Wells, I.W. 1971. Diversity and Age Patterns in Hermatypic Corals. *Systematic Zoology* 20:115-126.
- Stoddart, D.R. 1969. Ecology and morphology of recent coral reefs. *Biological Reviews* 44 (4):433-498.
- Vaughan, T.W. y Wells, J.W. 1943. Revision of the suborders, families, and genera of the Scleractinia. *Geological Society of America Special papers* 44:1-363.
- Veron, J.E.N. 1995. Corals in Space and Time: The Biogeography and Evolution of the Scleractinia (ed. Cornell University Press), 336 pp., Ithaca, Nueva York, USA.
- Veron, J.E.N. 2000. Corals of the world. Vol 1-3 (ed. Stafford-Smith, M.), 1382 pp., Australian Institute of Marine Science, Townsville, Australia.
- Wear, S.L. 2016. Missing the boat: Critical threats to coral reefs are neglected at global scale. *Marine Policy* 74:153-157.
- Wear, S.L. y Thurber, R.V. 2015. Sewage pollution: mitigation is key for coral reef stewardship. *Annals of the New York Academy of Sciences Issue: The Year in Ecology and Conservation Biology*:1-16.
- Wells, J.W. 1956. Scleractinia. En *Treatise on invertebrate paleontology, part F. Coelenterata* (ed. Moore, R.F.), pp. 328-444, University of Kansas Press, Lawrence, USA.
- Wells, J.W. 1969. The formation of dissepiments in zoantharian corals. En *Stratigraphy and palaeontology: essays in honour of Dorothy Hill.* (ed. Campbell, K.S.W.), pp. 17-26, Australian National University Press, Canberra, Australia.
- Coral Reef Alliance 2018. <https://coral.org/coral-reefs-101/coral-reef-ecology/geography/>