

EFECTO DE LA SEDIMENTACION EN EL DESARROLLO DE LOS ARRECIFES CORALINOS.

Effects of sedimentation on the development of the coral reef

Yasser Romero Hernández¹

Resumen

Los corales son invertebrados marinos compuestos por colonias de pólipos de coral de diferentes especies, que producen un exoesqueleto de carbonato de calcio, lo que va originando una estructura fuerte que soporta al arrecife mismo. Se considera un ecosistema marino tropical tipo humedal en el que habita una cuarta parte de todas las especies marinas y beneficia directamente a casi 500 millones de personas que viven cerca de la costa en las zonas tropicales brindándoles seguridad alimentaria e ingresos del turismo y protegiendo el litoral. Se estima que un arrecife gestionado adecuadamente en los océanos Índico y Pacífico puede proporcionar entre 3 y 5 toneladas de pescado y marisco por km²/año, y alrededor de 200 a 500 millones de dólares en ingresos económicos por hectárea/año. No obstante, los arrecifes de coral están sufriendo un grave deterioro debido a presiones humanas y naturales. Se estima que entre 1980 y 2004 la cobertura de coral duro vivo disminuyó en un 38% en toda la superficie terrestre y al menos el 75% de los arrecifes de coral del mundo está en situación de riesgo.

Palabras clave: *Arrecifes coralinos, Ecosistemas Marinos, Sedimentación, Equinodermos.*

© 2018 Romero-Hernandez. Este es un artículo Open Access distribuido bajo la licencia CC BY-NC-SA (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>). No se permite un uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, su distribución se debe hacer con una licencia igual a la que regula la obra original.

Abstract

Corals are marine invertebrates composed of colonies of corals of different species, which produce a calcium carbonate exoskeleton, which originated in a strong structure that supports the reef itself. It is considered a tropical marine ecosystem type wetland in which it has been a quarter of all marine species and directly benefits almost 500 million people living near the coast in the areas provide the security and income of tourism and protection of the littoral. It is estimated that a reef managed in the Indian and Pacific oceans in 3 and 5 tons of fish and shellfish per km² / year, and around 200 to 500 million dollars in revenue per share / year. However, coral reefs are suffering serious deterioration due to human and natural pressures. It is estimated that between 1980 and 2004, live hard coral cover decreased by 38% across the entire land surface and at least 75% of the world's coral reefs are at risk.

Keywords: *Coral reef, Marine Ecosystems, Sedimentation, Echinoderms.*

© 2018 Romero-Hernandez. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License CC BY-NC-SA (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>). Commercial use of the original work of the possible derivative works is not allowed, its distribution must be done with a license equal to that which regulates the original work.

Recibido para publicación: 04 de Octubre, 2018 - **Aceptado para publicación:** 14 de Diciembre, 2018

¹Biólogo, Especialista en administración ambiental de zonas costeras; candidato a Magister en Oceanografía. Instructor en el área ambiental del Sena Agroempresarial y Minero. Correo de correspondencia: yromero@sena.edu.co

Introducción

Un arrecife coralino es un sistema de gran diversidad e importancia ecológica debido a las complejas interacciones que allí se desarrollan, además de que es un ecosistema de alta productividad (Díaz et al., 1996). Entre los llamados ecosistemas marinos estratégicos, el arrecife de coral es quizás el que mayor interés despierta entre el común de las gentes, tanto por lo atractivo del paisaje costero como por la policromía y variedad de la fauna y flora. Desde el punto de vista de su importancia ecológica, el arrecife coralino es un valiosísimo reservorio de biodiversidad, que da soporte a una intrincada cadena alimenticia, es en muchos casos un rompeolas natural que protege de la erosión las costas adyacentes y juega un papel indirecto, pero significativo, en la fijación de gas carbónico de la atmósfera mediante la construcción de andamiajes de carbonato de calcio (Díaz et al., 2000).

En los últimos 30 años, los ecosistemas de arrecifes de coral han mostrado un incremento en su deterioro debido a perturbaciones naturales, como huracanes, fenómeno del Niño y blanqueamiento, y por perturbaciones antrópicas, tales como la sobrepesca, contaminación por descargas domésticas e industriales y turismo (Hughes, 1999; Nystrom et al., 2000; Pardo-Ochoa, 2013). Otros factores antrópicos que afectan o amenazan los arrecifes de coral pueden ser: el anclaje de embarcaciones, la minería, la contaminación de los océanos, el aumento en la sedimentación, la deforestación, los dragados, la alteración del curso de los ríos y la extracción del coral para la fabricación de artesanías (Gardner, 2003).

Este deterioro se ha evidenciado en la pérdida del tejido vivo de los corales, la ineficiente recuperación de las áreas afectadas, el incremento en la cobertura algal, la reducción de las poblaciones de peces, un rápido cambio en la composición de especies y la disminución en el número y las tallas de las especies de coral (Aronson, 2006). Para el mar Caribe se dice que desde la década de los 70's, el 40% de la cobertura original de este ecosistema se ha perdido (Pardo-Ochoa, 2013).

Según el programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA, (UNEP por sus siglas en inglés), la sobrepesca representa la mayor amenaza para los arrecifes del Caribe Oriental, seguida por el desarrollo costero, la sedimentación y la contaminación; afirman también

que cerca de 9.000 km de estos arrecifes coralinos están amenazados por el aumento de la sedimentación y de la contaminación relacionada con las actividades terrestres.

Problemática mundial.

Las actividades terrestres, incluyendo la construcción, la deforestación y las prácticas agrícolas incorrectas, están depositando en las aguas costeras una carga cada vez mayor de sedimentos y nutrientes, asfixiando algunos corales y contribuyendo a su recubrimiento por algas (Burke y Maidens, 2005).

Tabla 1: Sedimentos y destrucción de los arrecifes de coral.

| LUGAR | Porcentaje de corales afectados |
|------------------------|-------------------------------------|
| América Central | 100% |
| Polinesia | 10% |
| Asia | casi 100% |
| Todo el mundo | 60-70% de los arrecifes franjeantes |

Según datos de La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, mundialmente conocida como FAO, la rápida erosión de las subcuencas como consecuencia de prácticas agrícolas poco acertadas, genera un arrastre significativo de sedimentos. Se ha comprobado que los sedimentos son una causa importante de deterioro y destrucción de los arrecifes de coral, en todo el mundo. Los expertos (M. Risk, comunicación personal, 1995) estiman que los porcentajes de estos arrecifes afectados por la colmatación son los siguientes:

La FAO afirma que los estudios sobre los arrecifes de coral en Australia revelan que el Carbono Orgánico (CO) de las partículas terrestres puede ser transportado mar adentro a arrecifes situados a distancias de hasta 110 km., y que los sedimentos son producidos en gran parte por las actividades agrícolas y como consecuencia de la erosión de las tierras deforestadas. Agrega además que la producción de sedimentos como resultado de las actividades intensivas de explotación forestal de la isla de Madagascar ha destruido los arrecifes franjeantes. Observaciones efectuadas desde el espacio han permitido describir la transformación de Madagascar, una isla

verde rodeada de un mar azul, en una isla parda en medio de un mar rojo (sedimentos).

Problemática en el Caribe.

Después de una historia de pesca excesiva, cambios en el uso del suelo y pérdida catastrófica de especies clave; eventos de blanqueamiento en todo el Caribe en 1995, 1998, 2005 y 2010 causaron aún más mortalidad en corales y muchos arrecifes sufrieron brotes de enfermedades coralinas como consecuencia de estos eventos (Bastidas et al., 2006). Cerca de un tercio de los arrecifes caribeños están dentro del nivel de amenaza alta por la presión de la sobrepesca, y cerca de 30% en el nivel de amenaza media. La amenaza fue considerada como alta en casi todas las plataformas estrechas y cercanas a núcleos de población (Burke y Maidens, 2005) (figura 1).



Figura 1. Mapa de arrecifes del Caribe amenazados por actividades humanas. Tomado de: Reefs At Risk. (Burke y Maidens, 2005).

Burke y Maidens (2005) realizaron el análisis de más de 3.000 cuencas hidrográficas en todo Caribe, demostrando que un 20% de los arrecifes coralinos de la región están bajo un alto nivel de amenaza, y cerca de 15% bajo amenaza media por el daño causado por el aumento de los sedimentos y la contaminación, derivados de los campos agrícolas y otras modificaciones de la tierra.

Garzón - Ferreira *et al.*, (2002) realizaron un estudio en corales del Caribe y el Pacífico; en Brasil, Colombia, Costa Rica, Panamá y Venezuela. El incremento de coberturas algales es evidente en los arrecifes de estas regiones, debido al aumento de nutrientes en el agua, producto de la descarga de sedimentos de los ríos Magdalena, Atrato, Orinoco y Amazonas.

Antonius (1977) registró la denominada Reacción de Muerte Súbita, RMS (Shut Down Reaction) en

el Caribe, síndrome que provocaba la muerte rápida a corales altamente estresados, principalmente por condiciones ambientales extremas (tales como temperatura y sedimentación). La RMS comienza en cualquier punto de la colonia coralina a partir del cual se difunde hacia el resto de la colonia, despojando el tejido vivo a una tasa que puede alcanzar los 10 cm/hora. Se ha encontrado también que esta enfermedad es contagiosa, infectando a otros corales por contacto a través de la columna de agua, siempre y cuando se encuentren estresados (Antonius, 1988).

Problemática en Colombia.

En Colombia se han reportado múltiples casos de deterioro de zonas de arrecifes coralino, tanto para el Mar Caribe como para el océano Pacífico, siendo los más relevantes los presentados en los arrecifes coralinos del parque Tayrona en Santa Marta, de islas del Rosario en Cartagena y los del Golfo de Urabá, los cuales han recibido durante muchos años significativos aportes de sedimentos a través del río Magdalena, canal del Dique y río Atrato, respectivamente.

Prahl y Erhardt (1985), realizaron un extenso estudio en todo Colombia donde resaltaron que la degradación de los arrecifes coralinos ha sido ocasionada especialmente por dragados, construcciones civiles, pesca con dinamita, contaminación y vertimiento de aguas residuales al mar. Además argumentan que los arrecifes se han visto agredidos desde la época de la colonia. No obstante, los primeros datos que se tiene son de los años cincuenta cuando en Cartagena e Islas de Rosario se abrió el Canal del Dique y los sedimentos cubrieron las aguas cristalinas y los corales hasta matarlos.

El Canal del Dique desemboca sus aguas en el mar Caribe, aportando un volumen anual de 228 km³ (IDEAM, 2003). En el mar, la gran mayoría de sedimentos son transportados a los arrecifes coralinos de las Islas del Rosario y San Bernardo. Muchas de estas formaciones coralinas que persisten en la actualidad se encuentran en avanzado estado de deterioro, o incluso en algunas zonas ya han desaparecido (como es el caso de las formaciones que existieron hasta hace algunas décadas al interior de la bahía de Cartagena y en torno a Tierra Bomba). (Arroyave *et al.*, 2014).

Es evidente que esta problemática de degradación de los arrecifes coralinos es un evento de magnitud global y que los aportes de sedimentos ocasionados por ríos, canales y arroyos, juegan un papel principal como actores perturbadores del desarrollo de estos valiosos ecosistemas. Por otra parte, son pocos los estudios acerca de los efectos de los sedimentos sobre el desarrollo de los corales, además de puntuales, por lo que generalmente tratan cada efecto de manera aislada; en este artículo se presenta una recopilación de diversos estudios con el propósito de condensar los efectos que los aportes de sedimentos ocasionan sobre los arrecifes coralinos.

Efectos de los sedimentos sobre los corales.

Los arrecifes coralinos son ecosistemas muy frágiles ante la acción de agentes perturbadores externos; por esto existen muchas alteraciones, tanto de origen natural como antropogénico, que los afectan negativamente. Tormentas, huracanes, eventos como el fenómeno del Niño, contaminación, alta sedimentación y sobrepesca, entre otros muchos factores, han provocado una considerable disminución de la salud coralina en las últimas décadas (Birkeland, 1997).

Los arrecifes de coral y las comunidades de coral se desarrollan mejor en aguas tropicales claras y cálidas, con salinidades relativamente altas, entre 33 y 36, por lo que están generalmente ausentes de las zonas de influencia de las descargas de aguas dulces y cargadas de sedimentos. Dado que los corales hermatípicos viven en simbiosis con algas microscópicas (zooxantelas), su dis-

tribución está limitada a las aguas claras y a zonas poco profundas, generalmente por encima de los 50 m. (Díaz et al., 1996). Un arrecife coralino en buen estado se caracteriza por tener una alta cobertura coralina viva y diversidad de especies; un arrecife en buenas condiciones ofrece múltiples servicios ecosistémicos (Pizarro et al., 2014). (Figura 2).

LPese a que las aguas marinas costeras reciben en mayor o menor grado la influencia de las descargas de aguas dulces con sedimentos en suspensión, lo que implica una serie de limitantes para el asentamiento y desarrollo de la comunidad coralina, en algunos sectores particulares se ha posibilitado el desarrollo de verdaderas estructuras arrecifales, y la diversidad de corales y de otros organismos que habitan en ellas puede ser equiparable o incluso superar a la de las áreas oceánicas (Díaz et al., 1996). Por otra parte, un arrecife coralino degradado se distingue por la baja cobertura de coral vivo. El bentos es dominado usualmente por macro algas y otros organismos, lo que se conoce como un cambio de fase, (Pizarro et al., 2014). (Figura 3).

Algunos de estos autores han planteado que el bajo crecimiento coralino y desarrollo de los arrecifes está limitado por condiciones subóptimas, como aguas de surgencia y la descarga continental de aguas dulces cargadas de sedimentos y nutrientes (Martínez et al, 2005). La incidencia de sedimentos sobre los corales provoca una gran afectación en el desarrollo de estos; inicialmente inhiben su desarrollo al obstruir el paso de la luz solar y por ende provocar la disminución de la foto-



Figura 2. Arrecife coralino del Caribe colombiano, en el sector de Barú, en buen estado. Fuente: Pizarro et al., 2014.

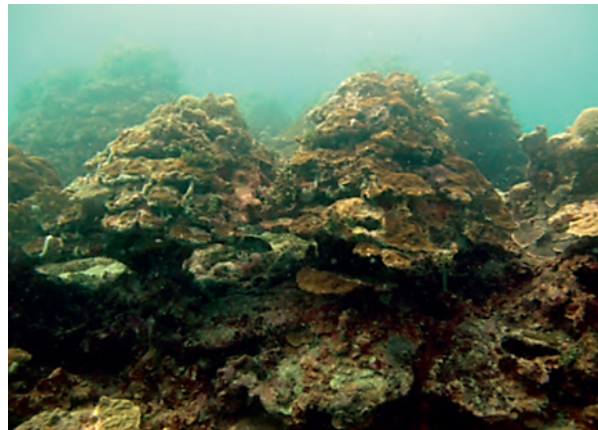


Figura 3. Un arrecife coralino degradado. (Foto arrecife del Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo - Isla Grande). Fuente: Pizarro et al., 2014.

síntesis, también retardan el crecimiento al obstruir los pólipos de los corales de tal forma que estos no pueden alimentarse, y finalmente estos sedimentos impiden que los corales expulsen sus desechos.

Efectos sobre la fotosíntesis.

La sedimentación es uno de los factores más adversos para los arrecifes de coral. La turbidez de las aguas provocada por la sedimentación disminuye la penetración de luz solar necesaria para la fotosíntesis de las algas. (Departamento de Recursos Naturales y Ambientales de Puerto Rico).

La parte viva de los corales se conoce como pólipo (Figura 4). Los pólipos tienen una estructura sencilla, formada por dos capas de tejidos y entre estas hay un material gelatinoso. Estos contienen células especializadas (células calciformes) que les permiten extraer el carbonato de calcio que está disuelto en el agua de mar y depositarlo alrededor del pólipo para así formar el exoesqueleto que les sirve de sostén (Ortiz, 2005). Además, estos pólipos forman asociaciones simbióticas con algas microscópicas llamadas zooxantelas; estas algas se encargan del proceso fotosintético que proporciona nutrientes al coral y favorece su crecimiento (Arroyave et al, 2014). Las zooxantelas, entre otras cosas son responsables de las diferentes coloraciones que presentan los corales; al desaparecer estas algas los corales se toman blancos, proceso conocido en inglés como "bleaching" (Cortés Et al., 1984).

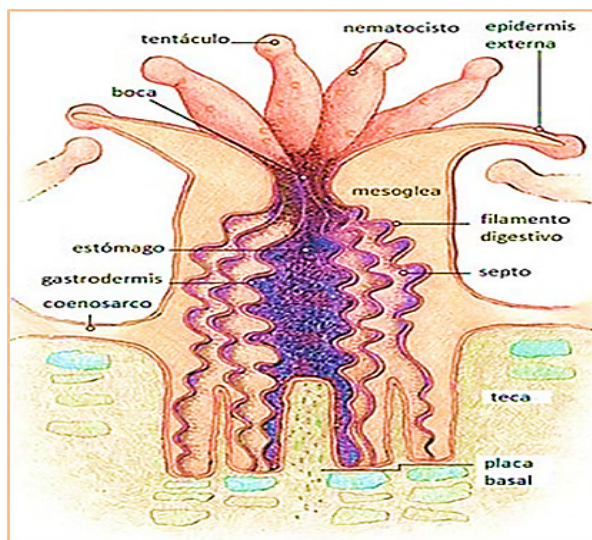


Figura 4. Anatomía de un pólipo de coral.

La erosión producida en los suelos agrícolas, particularmente los de pendiente abrupta, puede producir sedimentos que bloquean la luz necesaria para la fotosíntesis, y que terminan por asfixiar a los arrecifes (Burke y Maidens, 2005). La afección de la reacción fotosintética de las zooxantelas conduce a la muerte gradual de los corales por aumento de la sedimentación (Arroyave et al, 2014).

Efectos sobre la alimentación y crecimiento.

La sedimentación en las zonas costeras proviene de actividades tierra adentro y el dragado en las aguas costeras. El sedimento suspendido puede obstruir el mecanismo de filtración de alimento de los corales y actúa como un abrasivo (Departamento de Recursos Naturales y Ambientales de Puerto Rico).

El aumento de los sedimentos en el agua taponan progresivamente los orificios de los pólipos, impidiéndoles captar el alimento, expulsar los materiales de desecho y realizar el intercambio gaseoso (Pinilla, 2007). La eliminación del sedimento requiere mayor energía, lo cual incrementa las demandas metabólicas por parte de los corales. El incremento de sedimentos en el agua, produce el ahogamiento y muerte de los pólipos al taponarlos y sobrepasar su velocidad de limpieza, sumado a esto causa la reducción de la luz incidente afectando la simbiosis con las zooxantelas a las que se les atribuye el proceso de calcificación de los escleractinios y formación de arrecife, lo que conlleva al blanqueamiento coralino de las colonias (González, 2010) (figura 5).



Figura 5. Blanqueamiento del coral debido al taponamiento causado por sedimentos. Fuente: <https://www.spotmydive.com/en/news/what-is-coral-bleaching-great-barrier-reef>

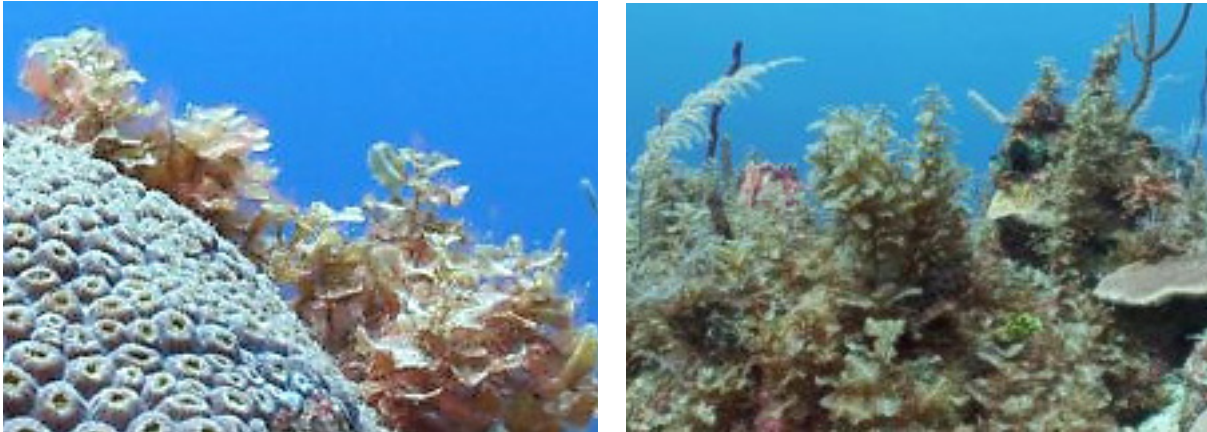


Figura 6. Efectos de los sedimentos sobre el ecosistema; a. Algas creciendo sobre corales, y b. Arrecife de coral invadido por algas
Fuente: <https://www.buscandoelazul.com/especies-clave-en-el-control-de-las-poblaciones-de-algas/>

Efectos sobre la reproducción.

Otro elemento importante es si el momento en que ocurre el disturbio (presencia de sedimentos) afecta procesos cruciales como el período de reproducción, asentamiento larval o la metamorfosis de las larvas, entre otros. El proceso de reproducción en los corales, por ejemplo, coincide con la época de lluvia que es cuando el arrastre de los ríos es mayor. Ello provoca, consecuentemente, que aumente la turbidez y la sedimentación de las aguas, lo cual dificulta la unión de los gametos de los corales (González, 2010).

La fecundidad del coral decrece en condiciones de turbidez ya que las larvas de los corales se guían por la cantidad y la calidad de la luz para elegir su sitio de asentamiento (Nystrom et al., 2000). A bajos niveles de luz, los corales se asientan en las superficies superiores, donde el riesgo de daño debido a la sedimentación es alto, más que en las superficies verticales. En condiciones de turbidez alta, el reclutamiento de los corales puede obstaculizarse debido a problemas durante la metamorfosis, creando condiciones inapropiadas para el continuo desarrollo y crecimiento (Fabricius et al., 2004). Es evidente que el proceso de reclutamiento de corales hermatípicos en el Caribe colombiano está determinado por las interacciones entre los factores físicos, biológicos y químicos del hábitat marino y las características intrínsecas de las diferentes especies (INVEMAR, 2005).

Efectos sobre el ecosistema.

Desde otra perspectiva, el aumento de aguas dulces y sedimentos está acompañado de mayores concentraciones de nutrientes, los cuales podrían promover el crecimiento de macro algas marinas sobre el coral (figura 6), transformando el paisaje submarino y provocando su muerte por la colonización que hacen estas algas sobre las estructuras coralinas (Pinilla, 2007). A su vez, la contaminación producida por sustancias químicas utilizadas en la agricultura tales como abonos y plaguicidas puede impedir el crecimiento de los corales, llegando incluso a aniquilarlos. (Burke y Maidens, 2005).

La pérdida de este ecosistema provoca la desaparición de otros, afectando la biodiversidad marina del país, por lo cual se hace necesario tomar medidas efectivas que contrarresten los efectos de la sedimentación. (Arroyave et al, 2014).

En términos generales los sedimentos causan una afección tanto a nivel fisiológico, como a nivel metabólico y ecosistémico; no obstante, algunos autores consideran que esta afección no se presenta de igual forma en todas las especies de corales. Torres y Morelock (2002) han planteado que la entrada de cantidades grandes de sedimentos terrígenos no afecta a especies tolerantes a la sedimentación (*S. siderea* y *P. astreoides*). En tal sentido, Anthony (2006) ha demostrado que las condiciones ambientales en áreas de la plataforma con turbidez alta, no siempre impactan negativamente en la fisiología de los corales. Este autor halló reservas de lípidos cuatro veces

superiores en corales de arrecifes costeros comparados con las que encontró en corales de arrecifes fuera de la plataforma. Él mismo ha sugerido que los efectos adversos de la sedimentación y la turbidez sobre los arrecifes, pudieran estar operando a nivel de población y comunidad, más que a nivel fisiológico (González, 2010).

Conclusiones.

En las últimas décadas los aportes de sedimentos se han incrementado considerablemente en todo el Caribe, lo cual ha repercutido en el deterioro de grandes extensiones de zonas coralinas.

La presencia de sedimentos en los arrecifes coralinos afecta primordialmente el proceso de respiración, lo cual se da en dos momentos; inicialmente los sedimentos obstruyen el paso de la luz solar al estar suspendidos en la columna de agua y disminuir la visibilidad, y posteriormente el depósito de los sedimentos sobre los pólipos de coral afecta directamente la capacidad fotosintetizadora de las zooxantelas.

Los sedimentos restringen el proceso de alimentación cuando su tasa de colmatación excede la velocidad de limpieza de los pólipos del coral, lo que genera una obstrucción de la boca de los mismos y el impedimento para ingerir los nutrientes necesarios para su desarrollo.

La afección de la relación simbiótica entre los pólipos y las zooxantelas, provocada por los sedimentos, repercute en la disminución del crecimiento de los arrecifes, dado que estos impiden la producción del carbonato de calcio, del cual está formado el exoesqueleto de los corales y sobre el que se cimenta el crecimiento del arrecife coralino.

Los procesos reproductivos de los corales también se ven afectados por la presencia de sólidos suspendidos en la columna de agua, debido que estos dificultan la unión de los gametos de los corales.

Los efectos de los sedimentos sobre los procesos de respiración, alimentación, crecimiento y reproducción de los corales, propician en el deterioro general del arrecife coralino, lo cual afecta también a otros ecosistemas, tales como praderas marinas, bosques de manglar, eco-

sistemas bentónicos y necton, dadas las relaciones interecosistémicas existentes entre estos y los arrecifes coralinos.

Bibliografía

Anthony, K.R.N. (2006): Enhanced energy status of corals on coastal, high-turbidity reefs. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 319: 111-116.

Antonius, A. 1977. Coral mortality in reefs: a problem for science and management. *Proc. 3rd Internat. Coral Reef Symp.*, 2: 617-623.

Antonius, A. 1988. Distribution and dynamics of coral diseases in the eastern Red sea. *Proc. 6th Internat. Coral Reef Symp.*, 2: 293-298.

Aronson, R. & 2006. Conservation, precaution, and Caribbean reefs. *Coral reef journal of the International Society for reef studies*, 441-450.

Arroyave, L., Bermúdez, Y. & Villada, L. (2014). Impacto de la sedimentación en los corales de Islas del Rosario y San Bernardo, Colombia. *Cuaderno Activa*, 6, pp 133-141.

Bastidas, C., A. Croquer & D. Bone. 2006. Shifts of dominance species after a mass mortality on a Caribbean Reef. *Proc. 10th Int. Coral Reef Symp.*, Okinawa: 989-993.

Birkeland, R. (Ed.). 1997. *Life and death of coral reefs*. Chapman and Hall, Neva York. 536 p.

Burke, L., Maidens. J. 2005. *Reefs at Risk in the Caribbean*. World Resources Institute. Washington, DC, 84p.

Cortés, J., Murillo, M., Guzmán, H., y Acuña, J. 1984. Pérdida de zooxantelas y muerte de corales y otros organismos arrecifales en el Caribe y Pacífico de Costa Rica. Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR) y Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica.

Departamento de Recursos Naturales y Ambientales de Puerto Rico. Programa de Educación en Recursos

- Acuáticos. Cartilla "Arrecifes". San Juan, PR 00936. Sector El Cinco, Carretera 8838, Km 6.3 Río Piedras, Puerto Rico.
- Díaz, J.M., G. Díaz-Pulido, J. Garzón-Ferreira, J. Geister, J. Sánchez y S. Zea. 1996. Atlas de los arrecifes coralinos del Caribe colombiano: I. Complejos arrecifales oceánicos. INVEMAR, Serie de publicaciones especiales No. 2, Santa Marta. 83 p.
- Díaz, J. M., L. M. Barrios, M. H. Cendales, J. Garzón-Ferreira, J. Geister, M. López-Victoria, G. H. Ospina, F. Parra-Velandia, J. Pinzón, B. Vargas-Ángel, F. A. Zapata y S. Zea. 2000. Áreas coralinas de Colombia. INVEMAR, Serie Publicaciones Especiales No. 5, Santa Marta, 176p.
- Fabricius, K. E.; De'ath, G.; McCook, L.; Turak, E. and D. McB Williams (2004): Changes in algal, coral and fish assemblages along water quality gradients on the inshore G Barr R. Mar. Poll. Bull. 48: 101-111.
- FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. Capítulo 2 - Contaminación Provocada por los Sedimentos. Departamento de Desarrollo Sostenible.
- Gardner, T. A., I. M. Cote, J. A. Gill, A. Grant, A. R. Watkinson. 2003. Long-term region-wide declines in Caribbean corals. *Science*, 301:958-960.
- Garzón-Ferreira, J., M. Reyes-Nivia y A. Rodríguez-Ramírez. 2002. Manual de métodos del SIMAC: Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia. INVEMAR, Santa Marta. 102 p.
- González Díaz, S. 2010. Efecto acumulativo de agentes estresantes múltiples sobre los corales hermatípicos de la región noroccidental de Cuba. Universidad de La Habana. Centro de Investigaciones Marinas. Ciudad de La Habana.
- Gonzalez Rodriguez, C. 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). Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de estudios ambientales y rurales. Bogotá D.C.
- Hughes, T.P. y J.H. Conell. 1999. Multiple stressors on coral reefs: A long-term perspective. *Limnol. Oceanogr.*, 44 (3, part 2): 932-940.
- IDEAM, 2003 (s.f.). River Database of the Magdalena Drainage Basin. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Bogotá, Colombia.
- INVEMAR, Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2005. (Serie de publicaciones periódicas/INVEMAR; No.8) Santa Marta. 360 p.
- Nystrom, M., C. Folke, F. Moberg. 2000. Coral reef disturbance and resilience in a human-dominated environment. *Tree*.
- Martínez, S.; Acosta, A. Cambio temporal en la Estructura de la comunidad coralina del área de Santa Marta - Parque Nacional Natural Tayrona (Caribe Colombiano). 2005. *Bol. Invest. Mar. Cost.* 34. ISSN 0122-9761. Santa Marta, Colombia. P 161-191.
- Ortiz, A. (2005). Los arrecifes de coral. Puerto Rico: Sea Grant.
- Pardo-Ochoa. A. (2013). Evaluación del estado actual de conservación de cinco parches coralinos en la zona sur - occidental de Isla Fuerte - Mar Caribe, Colombia. Pontificia Universidad Javeriana Facultad de Estudios Ambientales y Rurales. Bogotá D.C.
- Pinilla, G., Gutiérrez, A. & Ulloa, G. (2007). Efectos ecológicos de la derivación de aguas y sedimentos hacia la bahía de Barbacoas. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/3490/1/>
- Pizarro, V., V. Carrillo y A. García-Rueda. 2014. Revisión y estado del arte de la restauración ecológica de arrecifes coralinos. *Biota Colombiana* 15 (Supl. 2): 132-149.
- Prahl, H von y Erhardt, H. 1985. Colombia: Corales y Arrecifes Coralinos. Fondo para la Protección del Medio Ambiente José Celestino Mutis. FEN Colombia, Bogotá, 295 págs.
- Torres, J.L. y J. Morelock. 2002. Effect of terrigenous sediment influx on coral cover and linear extension rates of three caribbean massive coral species. *Carib. J. Sci.*, 38 (3,4): 222-229.