

Sistema arrecifal mesoamericano: daños por cambio climático y encallamientos

Gallegos-Rojano, Iliana Zamira; Salazar, Alfredo; Martínez-Rodríguez, María Concepción

Sistema arrecifal mesoamericano: daños por cambio climático y encallamientos

Tecnología en marcha, vol. 35, núm. 1, 2022

Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=699872860012>

Los autores conservan los derechos de autor y ceden a la revista el derecho de la primera publicación y pueda editarlo, reproducirlo, distribuirlo, exhibirlo y comunicarlo en el país y en el extranjero mediante medios impresos y electrónicos. Asimismo, asumen el compromiso sobre cualquier litigio o reclamación relacionada con derechos de propiedad intelectual, exonerando de responsabilidad a la Editorial Tecnológica de Costa Rica. Además, se establece que los autores pueden realizar otros acuerdos contractuales independientes y adicionales para la distribución no exclusiva de la versión del artículo publicado en esta revista (p. ej., incluirlo en un repositorio institucional o publicarlo en un libro) siempre que indiquen claramente que el trabajo se publicó por primera vez en esta revista.



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 3.0 Internacional.

Sistema arrecifal mesoamericano: daños por cambio climático y encallamientos

Mesoamerican reef system: damage for climate change and fillings

Iliana Zamira Gallegos-Rojano
Universidad del Mar Campus Huatulco, México
 ilzagaro1@gmail.com

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=699872860012>

 <https://orcid.org/0000-0001-7544-9396>

Alfredo Salazar
Instituto Politécnico Nacional, México
 asalazal@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-2628-668X>

María Concepción Martínez-Rodríguez
Instituto Politécnico Nacional, México
 mcmartinezr@ipn.mx

 <https://orcid.org/0000-0003-3094-5411>

Recepción: 27 Octubre 2020

Aprobación: 05 Enero 2021

RESUMEN:

Los impactos a los ecosistemas marinos son variados y poco visibles, en la presente investigación mostramos los daños de una parte del sistema de arrecifes Mesoamericano por distintos factores entre ellos el cambio climático y los encallamientos. Mediante el análisis de las Áreas Naturales Protegidas de México que forman parte del sistema, se tiene que durante 10 años se han perdido 8,798.55 m² de arrecifes, aunque los impactos están disminuyendo en los últimos años, aún no tenemos la seguridad de que esto esté controlado.

PALABRAS CLAVE: Ecosistema marino, cobertura coralina, destrucción de arrecifes, encallamiento, Ecosistema marino, cobertura coralina, destrucción de arrecifes, encallamiento.

RESUMEN:

Los impactos a los ecosistemas marinos son variados y poco visibles, en la presente investigación mostramos los daños de una parte del sistema de arrecifes Mesoamericano por distintos factores entre ellos el cambio climático y los encallamientos. Mediante el análisis de las Áreas Naturales Protegidas de México que forman parte del sistema, se tiene que durante 10 años se han perdido 8,798.55 m² de arrecifes, aunque los impactos están disminuyendo en los últimos años, aún no tenemos la seguridad de que esto esté controlado.

PALABRAS CLAVE: Ecosistema marino, cobertura coralina, destrucción de arrecifes, encallamiento, Ecosistema marino, cobertura coralina, destrucción de arrecifes, encallamiento.

ABSTRACT:

The impacts to marine ecosystems are varied and not very visible, in this research we show the damage to a part of the Mesoamerican reef system due to different factors, including climate change and strandings. Through the analysis of the Protected Natural Areas of Mexico that are part of the system, it is clear that during 10 years 8,798.55 m² of reefs have been lost, although the impacts are decreasing in recent years, we are still not sure that this is controlled.

KEYWORDS: Marine ecosystem, coral cover, destruction of reefs, stranding, Marine ecosystem, coral cover, destruction of reefs, stranding.

ABSTRACT:

The impacts to marine ecosystems are varied and not very visible, in this research we show the damage to a part of the Mesoamerican reef system due to different factors, including climate change and strandings. Through the analysis of the Protected Natural Areas of Mexico that are part of the system, it is clear that during 10 years 8,798.55 m² of reefs have been lost, although the impacts are decreasing in recent years, we are still not sure that this is controlled.

KEYWORDS: Marine ecosystem, coral cover, destruction of reefs, stranding, Marine ecosystem, coral cover, destruction of reefs, stranding.

INTRODUCCIÓN

Los alcances del impacto del cambio climático que existe actualmente dan muestras de serias preocupaciones frente a los hallazgos que se han presentado en las afectaciones que sufren los arrecifes. Si bien, estos daños se ven reflejados tanto para ecosistemas terrestres como marinos, debemos reconocer que algunas veces los marinos son menos visibles como es el caso que exponemos de los daños a los arrecifes marinos.

Lo anterior se justifica por distintas razones, una es por la relación de simbiosis que tienen con algas unicelulares, conocidas como zooxantelas¹ [1] que habitan en el interior del coral brindándole protección y sustento, estas algas son sensibles a los cambios bruscos de temperatura, soportando una variación no mayor a los 4°C [2]. Está es otra de las razones por la cual a los arrecifes sólo se les encuentra en aguas tropicales y subtropicales con rangos de temperatura de 18° a 30°C, salvo algunas excepciones [2], y sobre las latitudes de 30°N y 30°S, aunque su distribución dentro de la misma se encuentra desigual [3].

Estas características, dan una gran sensibilidad para la pérdida de los sistemas arrecifales, si a esto se le suman otro factores como son los atmosféricos y/o climatológicos como son los ciclones o Huracanes [4], la presencia de enfermedades a partir de bacterias y virus [5], factores fisicoquímicos como la salinidad, sedimentación, acidificación del agua y por supuesto la temperatura [6], y finalmente los antropogénicos como la pesca, la deforestación, la quema de combustibles fósiles, el desecho de nutrientes, el uso de sustancias químicas tóxicas, el turismo entre muchos otros, forman la complejidad del estudio del daño a los arrecifes [7].

Todo esto, genera una gran presión a estos ecosistemas que representan valiosos recursos por la diversidad de especies que se consideraran equivalentes a un bosque tropical lluvioso [8], ya que brindan grandes servicios ambientales, tales como la generación de oxígeno, provee de alimento, turismo e ingreso por pesquerías y estabilización en las líneas de costa [6], entre otras.

Hay que considerar que un arrecife es una estructura construida por organismos vivos y que modifica la topografía del lecho marino, ayudando a resistir las fuerzas hidrodinámicas, teniendo la capacidad de formar un hábitat duradero, estable y característicamente estructurado para albergar organismos especialmente adaptados [9]. Algunos organismos representativos de la resistencia a las fuerzas hidrodinámicas, son las esponjas (*Cliona aprica* y *Aplysina cauliformis*) observadas en cabezos y terrazas someras, que resisten a fuerte agitación del agua, en zonas sometidas a embate constante y esporádicamente afectadas por ciclones, además sirven como indicadores de sedimentación (Alcolado, 1989, 1992a, 1999; De la Guardia y González-Sansón, 1997a, Alcolado y Herrera-Moreno, 1987 en [10]) en un sistema arrecifal.

Dependiendo de la estructura de los arrecifes, estos son clasificados en diversos tipos, los más distintivos son los de tipo barrera, representados por la gran Barrera de Australia en el Pacífico y una segunda barrera ubicada en el Caribe conocida como Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM).

El Sistema Arrecifal Mesoamericano es un ecosistema de aproximadamente 1,000 km de longitud localizado en el mar Caribe (Figura 1). Inicia en Cabo Catoche, al norte de Quintana Roo, México, bordea las costas de Belice y Guatemala y finaliza en el complejo Islas de la Bahía/Cayos Cochinos en la costa norte de Honduras [11]. Estos arrecifes están particularmente bien desarrollados y es uno de los que contienen la más rica diversidad en el Gran Caribe [12].



FIGURA 1
Ubicación del Sistema Arrecifal Mesoamericano
[13]

Este sistema no se encuentra ajeno a los factores mencionados con anterioridad, observándose una gran pérdida en la cobertura coralina, algunos estudios de salud realizados al sistema mencionan que su situación no mejora, que en cambio presenta una tendencia al declive (figura 2) [6], [14]. Un ejemplo del deterioro en un arrecife se ve reflejado durante un estudio realizado por Caballero et. al. en 2009, en Bahía de Cochinos, Cuba; en donde mencionan que han encontrado una disminución de hasta un 25% en el índice de biomasa, pérdidas de más de 2 ejemplares/m² y alteraciones en el patrón de dominancia de especies de esponjas (organismos que viven en comunidad con el arrecife) [10]. Jackson en 2014 menciona que los arrecifes del Golfo de México y varios arrecifes del Caribe aún manifiestan bajos valores en cobertura coralina, que se atribuyen a la frecuencia de perturbaciones naturales y de origen humano [15].

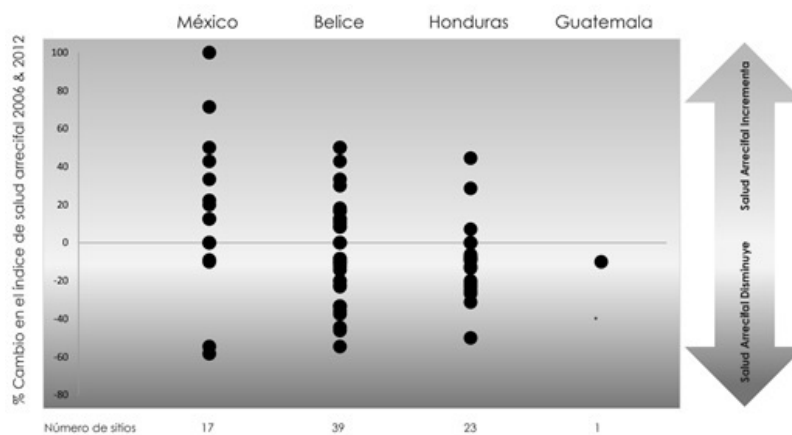


FIGURA 2
Cambios en el índice de estado de salud del Sistema Arrecifal Mesoamericano del 2006 al 2012
[6]

La recuperación de los ambientes arrecifales se encuentran basados en un reclutamiento natural, también conocido como resiliencia inherente, en los arrecifes de coral esta resiliencia se da en diferentes periodos de tiempo, mientras no exista otro impacto asociado (blanqueamiento, enfermedades, etc.), Como ejemplo, se tiene a la especie de *Porites astreoides*, en donde Alcolado ha observado que ha incrementado notablemente su dominio en crestas afectadas por eventos extremos, gracias a su resistencia y poder reproductivo. Sin

embargo, como tal no contribuye marcadamente al relieve de estas, por lo que no es apta como refugio por su hábito incrustante [16]. Aunque [17] argumenta que el desarrollo de las especies no está al parecer siendo influenciado por las condiciones ambientales, solo el desarrollo de los complejos arrecifales [17].

Sin embargo, la presencia de impactos reiterados y/o varios impactos al mismo tiempo en un corto periodo, reduce la habilidad del ecosistema a recuperarse [18], por daño directo a los corales establecidos, y por restricción de la recuperación de las colonias perjudicadas y del reclutamiento [16]. Un ejemplo se dio en Belice en el cual se mostró que la combinación de impactos por blanqueamiento seguido de impactos por daños físicos del huracán Mitch redujo sustancialmente el reclutamiento coralino comparado con áreas que sufrieron solamente el daño por el huracán. Si a estos arrecifes se les adiciona el impacto frentes fríos, eventos que actúan por mediación, tanto del impacto mecánico como el efecto de los sedimentos (ambos generados por el fuerte oleaje) [16] por tóxicos de aceites y otros contaminantes, la susceptibilidad al daño y a la presencia de enfermedades tiende a aumentar y su recuperación se ve reducida [14].

METODOLOGÍA

Primeramente, la literatura revisada para este análisis incluyo la búsqueda de documentos en motores de base de datos de artículos como fueron Scielo, Revistas Arbitradas, Científicas e Indexadas por la CENID, entre otros. Los criterios de búsqueda incluyeron las palabras arrecifes, sistema arrecifal mesoamericano, encallamientos, daños, cambio climático, cobertura coralina, estado de salud arrecifal, entre otras. Los resultados fueron filtrados y se retuvieron aquellas publicaciones relacionadas con el tema de Estados de salud arrecifal, Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM), Encallamientos.

En esta búsqueda se consideraron artículos en los que se analizaban primordialmente el daño sufrido a arrecifes por encallamientos, los reportes de salud en el SAM, así como el entendimiento en los conceptos básicos y sus asociaciones.

Conjuntamente se solicitó información más puntual sobre los encallamientos sufridos en el Sistema Arrecifal Mesoamericano en México y número de embarcaciones existentes en el estado de Quintana Roo, a través de la Plataforma Nacional de Transparencia Gobierno Federal, en las diversas secretarías como la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca, Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA); así mismo se solicitó la misma información al Sistema de Solicitudes de Información del Estado de Quintana Roo.

RESULTADOS

Uno de los principales impactos de asociación que causan gran daño a un arrecife son los encallamientos especialmente en la estructura del arrecife, incrementando la erosión y degradación arrecifal; ocasionando así pérdida de vida marina residente; otro de los daños adyacentes se encuentran la potencialidad de derrames o salidas pequeñas de combustible [14] o hasta agua de lastre en embarcaciones mayores.

Los daños que se sufren por los encallamientos aparte de la destrucción en los arrecifes y organismos marinos residentes son: 1) Pérdida del valor y función ecológica del recurso; 2) La destrucción de los tallos rastreros de las hierbas marinas provocando erosión, la cual se refleja en depresiones y cicatrices visibles en las praderas de hierbas marinas ya que mientras más profunda es la depresión más difícil se hace la restauración del hábitat; 3) La contaminación del agua por basura que había en la embarcación y por derrames de combustible, aceites y aguas usadas que se escapan de la embarcación; 4) Posible contaminación del agua por restos de pintura desprendidos de la embarcación; y 5) Pérdida del servicio prestado en pesca, recreación, turismo, entre otros [19].

Una embarcación se considera encallada al chocar súbitamente con el fondo. Esto puede suceder cuando se navega por lugares de aguas llanas, en los cuales existen fondos, con bancos de arena, manglares, arrecifes de coral y praderas de hierbas marinas, muy cerca de la superficie [19].

Estos encallamientos surgen a partir de una incorrecta conducción de una embarcación provocando así el encallamiento de ésta, además de las actividades subsecuentes como los intentos de liberación de la embarcación y su movilización del área afectada [18], [19]. Otras razones, son el desconocimiento de las aguas en las que se navega, debido a la ignorancia y/o imprecisión de las cartas de navegación, negligencia en las medidas de seguridad, falta de señalización, fallas mecánicas de las embarcaciones y condiciones meteorológicas adversas [19], [18].

La destrucción de importantes zonas arrecifales por encallamientos de embarcaciones de diferente calado en las Áreas Naturales Protegidas (ANP's) del Caribe Mexicano, es actualmente una realidad. Esto puede ser causado por un aumento en el turismo, debido a un aceleramiento en el desarrollo turístico del caribe, originando que gran cantidad de turistas visiten el arrecife, que por lo general incluye buzos inexpertos [18]; además de la presencia de cruceros [20].

Si bien, hasta el momento se tienen registradas y matriculadas a nivel nacional (México) 172,214 embarcaciones (figura 3), de estas 162,642 son embarcaciones menores y medianas que miden entre los 12 a 24 metros, incluyen: lanchas, chalanes, turismo náutico, motos acuáticas, de carga, pasaje, pesqueros, los 2,572 son embarcaciones que fluctúan entre los 24 a mayores de 40 metros, que incluyen pesqueros, barcas, turísticos, abastecedores y remolcadores, abastecedores, petroleros, gaseros, transbordadores, chalanes, que no realizan servicios de recreo y deportivas; principalmente navegación de altura y cabotaje [21].

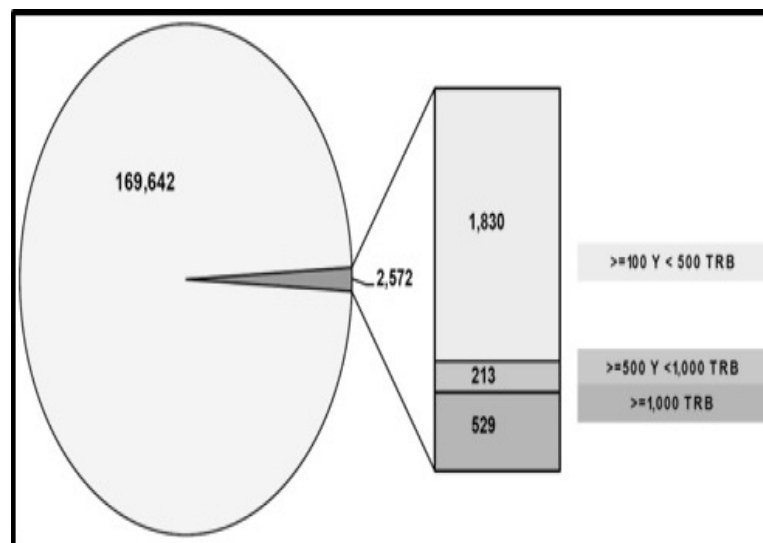


FIGURA 3
Composición de la flota por dimensiones TRB ²
[21]

Del total de embarcaciones a nivel nacional, solo en el Estado de Quintana Roo presentan un total de embarcaciones de 11,013, situándose en el cuarto lugar con el mayor número de embarcaciones registradas, siendo Sinaloa el mayor con 21,486, Veracruz con 18,736 y Baja California Sur con 11,526.

Por esta razón el daño en áreas arrecifales se acrecienta, mayormente en una zona de gran importancia como es el Sistema Arrecifal Mesoamericano, ya que la variedad de especies formadoras de arrecifes se ven seriamente amenazadas por el constante tránsito de los navíos.

La afectación de los arrecifes por los encallamientos se da en diversas formas y causas, pero el daño es el mismo, la destrucción del arrecife que sirven como zonas de anidación y crianza de otras especies comerciales.

En México, gran parte del Sistema Arrecifal Mesoamericano se encuentra protegido bajo la designación de Áreas Naturales Protegidas en sus diversas categorías que manejan, como son: Parque Nacional, Reserva de la Biosfera, Área de Protección de Flora y Fauna, Áreas de Protección de Recursos Naturales, Monumentos Naturales y Santuarios [22] Estas áreas son conocidas como Parque Nacional Xcalak, Parque Nacional Arrecifes de Cozumel, Reserva de la Biosfera SIAN KA'N, Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc, Reserva de la Biosfera de Chinchorro, además de Puerto Morelos el cual también presenta área arrecifal.

Estas áreas presentaron en un periodo de 2004 a 2014 una serie de encallamientos que causaron daño a los sistemas arrecifales, así como también en zonas costeras de arenas y pastos marinos. El total de superficie arrecifal dañada causado por las embarcaciones dentro del periodo de 2004 – 2014 fue de 8,798.85 m²; en la Tabla 1, mostramos por cada área natural protegida la superficie dañada a lo largo de los 10 años.

CUADRO 1
Superficie arrecifal dañada en el periodo de 2004 – 2014 por embarcaciones

Superficie Arrecifal Dañada 2004 – 2014 por embarcaciones														
Área Natural Protegida Dañada	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Total (m ²)		
Parque Nacional Xcalak				80	3.58			234.29		80	60	457.87		
Parque Nacional Arrecifes de Cozumel		2,757									39	2,796.00		
Puerto Morelos		181										181		
Reserva de la Biosfera SIAN KA'N				100				40				140		
Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc	161.5			1,973		280		788.82	2.2	61		3,266.52		
Reserva de la Biosfera de Chinchorro		48		1,909	0.46							1,957.46		
Total												8,798.85		

Reporte generado a partir de la solicitud de información mediante la página de Infomex Federal ante la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.

Dentro de lo analizado los años que presentaron más incidentes por encallamientos dentro de las áreas naturales protegidas fueron 2005, 2007 y 2011, curiosamente en buen grado en el 2006 y 2010 no se presentó ningún accidente de encallamiento. En la figura 4 ilustramos mediante una gráfica las Áreas Naturales Protegidas y la superficie arrecifal dañada.

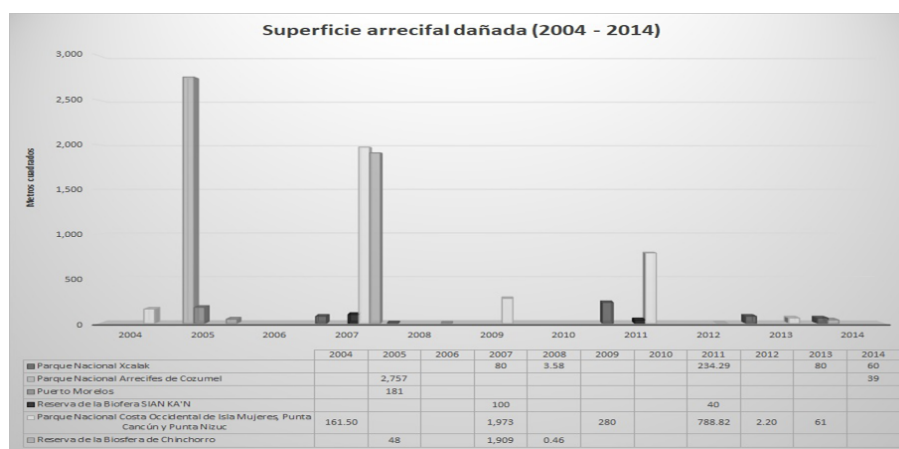


FIGURA 4
Superficie arrecifal dañada en las Áreas Naturales Protegidas de Quintana Roo por encallamientos en un periodo de 2004 a 2014

Las ANP's que presentan mayor daño fueron Parque Nacional Arrecife Cozumel, Parque Nacional Costa Occidente de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc, y Reserva de la Biosfera de Chinchorro.

Para conocer la proporción de los daños, se identifican y registran las especies³ dañadas, tanto de corales duros como blandos, estos se segmentaron en géneros, aunque se presentan algunas especies en particular, dentro de los géneros más dañados se encontraron *Porites*, *Montastrea* (registrado en la NOM-59-SEMARNAT-2010), *Agaricia*, *Millepora*, *Acropora*, *Diploria* y *Siderastrea*. La figura 5 describe los daños por género de los corales.

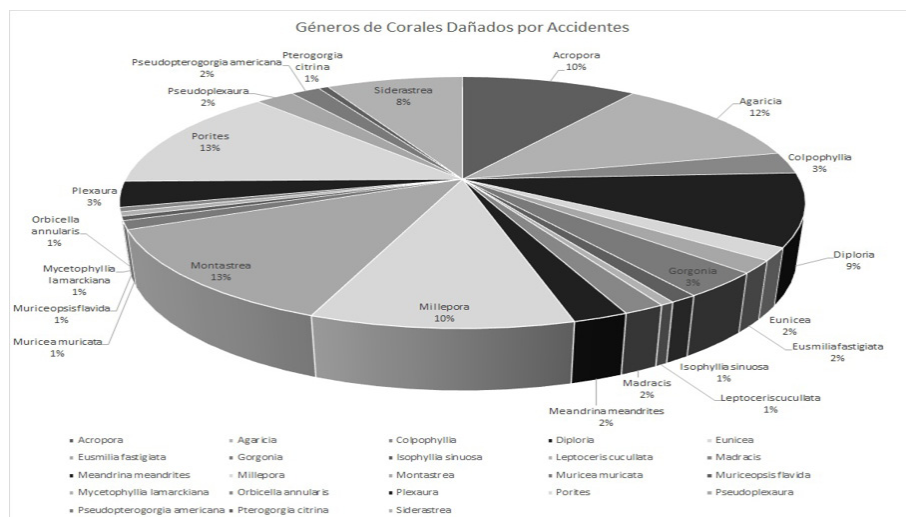


FIGURA 5

Porcentaje de los Géneros de Corales dañados por accidentes en ANP's de Quintana Roo

Si comparamos los géneros que presentaron mayor afectación *Montastrea* y *Porites* (13% cada uno) durante el periodo analizado, se encuentra que a pesar de ser géneros representativos estos difirieron en la presencia de daño siendo que *Montastrea* solo se presentó en 5 años mientras que el género *Porites* se presentó en 8 de los 10 años (figuras 6 y 7). Además, el género de *Porites* *astreoides* es el que se ha reportado en más ocasiones.

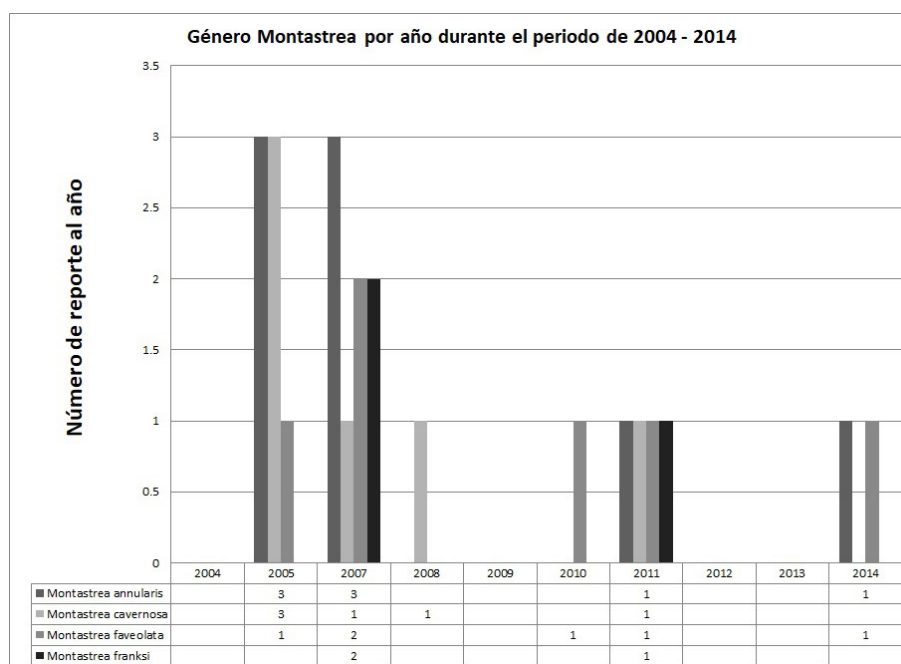


FIGURA 6

Presencia en reportes del Género Montastrea durante el periodo 2004 – 2014

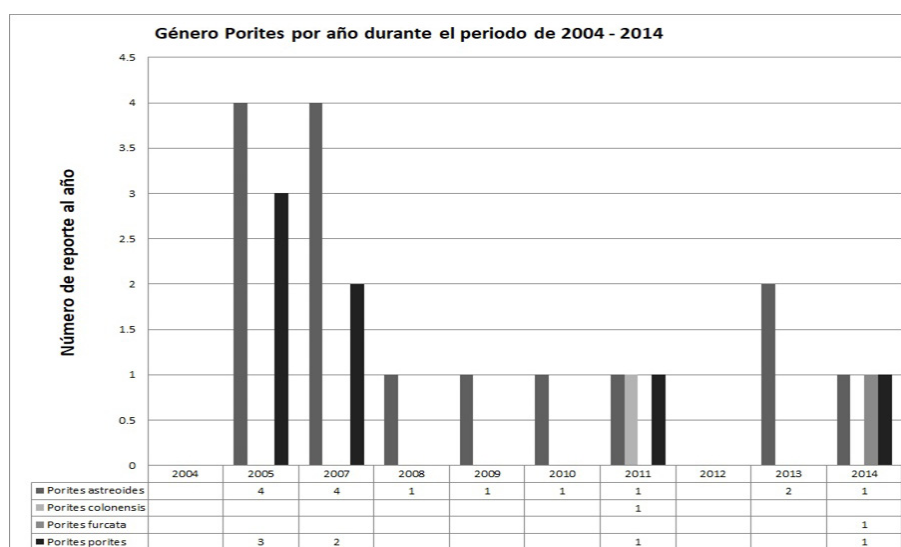


FIGURA 7

Presencia en reportes del Género Porites durante el periodo 2004 – 2014

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Si bien los daños en sistemas arrecifales han disminuido conforme los años han avanzado, teniendo algunos repuntes, proporcionados ya sea por el tamaño de la embarcación o por la incidencia de pequeños navíos. Hay que tener en cuenta que el tránsito en las áreas turísticas sigue en aumento y estas áreas son propensas a tener accidentes por las embarcaciones que circulan en su entorno.

Las afectaciones en los sistemas arrecifales son de gran consecuencia no solo para el arrecife en sí, sino por todos los servicios ambientales que ofrecen. El daño en el arrecife es solo una parte de un gran problema, porque él no cuidar y proteger un arrecife genera una reacción en cadena.

El mejoramiento en las embarcaciones, el manejo apropiado, el conocimiento de las zonas y cartas náuticas, nos brindan un apoyo y amortiguamiento para evitar accidentes que dañen seriamente estas áreas de difícil recuperación, ya que la formación de un arrecife tal cual como se observa actualmente se formó en un periodo de alrededor de 500 años, para que en un espacio de menos de un minuto sea desintegrado.

Hay que tomar conciencia de que es un sistema y que si algo deja de funcionar se genera una reacción en cadena que perjudica lo demás, ciertamente existen regulaciones tanto para las embarcaciones en la navegación, pero hace falta mayor incidencia en la marcación y conocimiento de áreas protegidas, los límites que se establecieron de las mismas, así como el seguimiento y vigilancia de las reglas que se implementaron para su protección.

También, se deben de conocer los procedimientos a seguir en una contingencia y/o accidente por encallamiento o de otra índole por la población general que visita las áreas naturales protegidas, además del personal de las embarcaciones tanto menores como mayores, ya que la reacción inmediata, genera una mejor respuesta a evitar un daño permanente en el área afectada, asimismo evitar daños posteriores por no brindar las acciones debidas a un encallamiento, que más adelante generen un mayor daño por otros eventos sean climatológicos y/o contaminación.

REFERENCIAS

- [1] I. Z. Gallegos Rojano y K. G. Narvaéz Frías, *Análisis del Marco Legal para la Restauración de Arrecifes Coralinos en las Áreas Naturales Protegidas del Golfo de México*, Xalapa, Veracruz: Universidad Veracruzana, 2011.
- [2] M. Spalding, C. Ravilious y E. P. Green, *World Atlas of Coral Reefs*, London, England: University of California Press, 2001.
- [3] C. Wilkinson, «Status of Coral Reefs of the World: 2004,» 2004. [En línea]. Available: <http://www.vliz.be/imisdocs/publications/213234.pdf>. [Último acceso: 20 12 2012].
- [4] M. C. Jara, «ABC del Cambio Climático en Mesoamérica,» 2010. [En línea]. Available: <http://www.catie.ac.cr/BancoMedios/Documentos%20PDF/abc%20espanol.pdf>. [Último acceso: 13 Diciembre 2012].
- [5] L. Burke y J. Maidens, «Reef at Risk of the Caribbean,» 2004. [En línea]. Available: http://www.unep-wcmc.org/medialibrary/2010/09/19/bc0a64ea/ReefsAtRiskCaribbean_WRI.pdf. [Último acceso: 06 Enero 2013].
- [6] HRI, «Reportes de Salud,» 2012. [En línea]. Available: <http://www.healthyreefs.org/cms/es/reportes-de-la-salud/>. [Último acceso: 12 Enero 2013].
- [7] L. C. Santander Botello y E. Propin Frejomil, «Impacto Ambiental del Turismo de Buceo en Arrecifes de Coral,» *Cuadernos de Turismo*, n° 24, pp. 207-227, 2009.
- [8] C. G. M. Irigoyen, «Restauración en Arrecifes de Coral,» *Ciencias*, pp. 42 - 45, 2004.
- [9] O. R. Vargas, S. P. R. Bejarano, P. A. G. Ruíz y J. E. D. Triana, «Guías Técnicas para la restauración ecológica de los ecosistemas,» Julio 2010. [En línea]. Available: http://www.minambiente.gov.co/documentos/DocumentosAmbiente/proyectos_norma/proyectos/230910_guia_tec_res_eco.pdf. [Último acceso: Marzo 2011].
- [10] H. Caballero, L. Busutil, Y. García y P. M. Alcolado, «Variación Espacial en Comunidades de Esponjas de la Costa Oriental de Bahía de Cochinos, Cuba,» *Revista Ciencias Marinas y Costeras*, pp. 95-109, 2009.
- [11] P. L. Ardisson, M. A. May Ku, M. T. Herrera Dorantes y A. Arellano Guillermo, «El Sistema Arrecifal Mesoamericano-México: consideraciones para su designación como Zona Marítima Especialmente Sensible,» 2011. [En línea]. Available: http://investigacion.izt.uam.mx/rehb/publicaciones/21-3PDF/261-280_Ardisson.pdf. [Último acceso: 16 Agosto 2012].
- [12] C. Wilkinson, *Status of Coral Reefs of the World*, Townsville: Australian Institute of Marine Science, 2004.
- [13] WWF, «Sistema Arrecifal Mesoamericano. Aspectos Generales,» 2017. [En línea]. Available: http://www.wwf.org/especies_yllugares/arrecife_mesoamericano/.
- [14] M. A. Gacia-Salgado, G. G. Nava-Martínez, M. Vasquez, N. D. Jacobs, I. Majil, A. Molina-Ramírez, B. Yañez-Rivera, A. Cubas, J. J. Domínguez-Calderon, W. Hadaad, M. A. Maldonado y O. Torres, «Declining Trend

- on the Mesoamerican Reef System Marine Protected Areas,» Proceedings of the 11th International Coral Reef Symposium, pp. 883-888, 2008.
- [15] M. González-González, V. De la Cruz-Francisco, I. Morales-Quijano y R. E. Orduña-Medrano, «Diversidad y cobertura de la comunidad bentónica del arrecife Enmedio, Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan, México,» Revista Ciencias Marinas y Costeras, pp. 47-65, 2016.
- [16] H. Caballero y P. M. Alcolado, «Condición de Arrecifes de Coral sometidos a presiones naturales recientes: Bajos de Sancho Pardo, Cuba,» Revista Ciencias Marinas y Costeras, pp. 51-65, 2011.
- [17] A. Abril-Howard, C. T. Orozco, N. C. Bolaños y H. H. Bent, «Primera aproximación al conocimiento de las comunidades coralinas de los complejos arrecifales de Serranilla, Bajo Alicia y Bajo Nuevo-Colombia, sección norte de la Reserva de Biósfera Seaflower, Caribe Occidental,» Revista Ciencias Marinas y Costeras, pp. 51-65, 2012.
- [18] M. García y G. Nava, «Guía de procedimientos en eventos de Impactos en Arrecifes Coralinos,» Oceanus A. C.; CONANP; PNSAV, Veracruz, Ver., 2006.
- [19] DRNA, «Evite los Encallamientos,» [En línea]. Available: <http://www.drna.gobierno.pr/oficinas/arn/recursos-vivientes/negociado-de-pesca-y-vida-silvestre/division-de-recursos-marinos-1/proyectos-de-agua-salada/evaluacion-del-dano-sobre-los-corales-y-las-praderas-de-hierbas-marinas-debido-a-los-ancclajes-de-embarca>.
- [20] Conservation International; Cozumel, PROTEGIENDO LA HERENCIA NATURAL DE COZUMEL: Plan de Acción para el Manejo Compartido de un Destino de Cruceros, Cozumel, México: Conservation International; Honorable Ayuntamiento de Cozumel 2005-2008; National Fish and Wildlife Foundation, 2008.
- [21] SCT, Estadística de flota nacional Junio 2014, México: Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2014.
- [22] CONANP, «¿Que hacemos?,» 2013. [En línea]. Available: http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/.
- [23] Gobierno Federal, SEMARNAT, SEMAR, SCT, PGR, «Elaboración de un manual coordinado de procedimientos ambientales, administrativos y legales (MCPAAL) para la atención inmediata a los arrecifes por encallamientos y de una guía de referencia cartográfica (GRC),» Febrero 2010. [En línea]. Available: <http://www.conabio.gob.mx/institucion/cgi-bin/datos.cgi?Letras=EQ&Numero=4>.
- [24] H. y. A. P. Caballero, «Condición de Arrecifes de Coral sometidos a presiones naturales recientes: Bajos de Sancho Pardo, Cuba,» Revista Ciencias Marinas y Costeras, pp. 51-65, 2011.

NOTAS

- 1 Estas algas ayudan a metabolizar el calcio necesario para la formación de su esqueleto de carbonato de calcio que sirven como formador de arrecifes.
- 2 TRB: Toneladas de Registro Bruto.
- 3 Mismas que fueron determinadas bajo las evaluaciones rápidas como AGRRA (<https://mgs.rsmas.miami.edu/agrra>), Reef Check (<https://www.reefcheck.org>) y SAM (<https://www.mbrs.org.bz>), presentadas en sus informes correspondientes basados en una Guía de Procedimientos en Eventos de Impacto en Arrecifes Coralinos de diciembre 2006 y en el Manual Coordinado de Procedimientos Ambientales, Administrativos y Legales para la Atención Inmediata a los Arrecifes por encallamientos de febrero 2010.