

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Estudios Superiores Iztacala

ARRECIFES CORALINOS DE MÉXICO: REVISIÓN ENFOCADA EN SU
DISTRIBUCIÓN, IMPORTANCIA, IMPACTOS, ESTADO Y ESTRATEGIAS DE
CONSERVACIÓN

Seminario de Titulación

Que para obtener el título de
Licenciado en Biología

Presenta

Mariana Hidalgo Reza

Director

Biól. José Ángel Lara Vázquez

Tlalnepantla, Edo. De Méx.

2009



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedico esta tesina especialmente:

A mis padres, Luis y Micaela, GRACIAS, por darme una vida llena de felicidad, por apoyarme en todo momento, por haberme brindado la oportunidad de estudiar esta maravillosa carrera, por confiar en mí durante todos estos años, porque sé que siempre puedo tener en ustedes a un amigo. Los amo.

A mi abuelita Dolores, esta tesina es para ti por todos esos detalles que siempre tienes los cuales hacen a mi corazón latir más fuerte.

A mi familia Hidalgo, Martín (por tanto apoyo en momentos difíciles, por tu paciencia y amor que siempre me demuestras), Irma (por tu forma de ser y esos mensajes a mitad de la noche), Rosa (por tu sonrisa, la cual compartimos), María Elena (porque te quiero y te admiro), Jesús (por enseñarme que hay que disfrutar la vida), Gabriela y Pamela (por ser mis amigas y confidentes y ayudarme a salir de momentos difíciles) y a Raúl (porque sé me quieres y yo a ti muchísimo).

A mi familia Reza, mis tías Concepción y Julia (por estar tan cerca en momentos difíciles), mis primos (as) July, Alba, Alma, Hugo, Rebeca y Abigail, a ustedes porque hemos pasado toda una vida juntos y sabemos que no importa la distancia contamos los unos con los otros. Muy en especial a Dante, hasta un lugar lleno de paz donde seguramente te encuentras, te extraño, nadie baila como tú ni disfruta tanto la vida, gracias por haber existido.

A mis chiquitas hermosas, Sabrina, Andrea y Paola, por esa luz y alegría que le impregnan a mi vida. A ti hermoso ser que aún no conozco pero que ya ocupas un lugar súper importante en mi corazón y serás el próximo miembro de esta alocada familia.

Realmente lo que pueda escribir en este corto espacio es nada en comparación con todo lo que siento por ti, gracias por amarme, por todo el tiempo y los momentos inolvidables, yo también te amo Izkander Gabriel. Esto es para ti. Nos volveremos a reunir.

A mis hermanos de corazón, Guillermina y Christian (quienes están conmigo desde tiempos aquellos en que la vida era demasiado fácil); Elizabeth, David, Adriana, Adrian, Adán, Mireya, Guadalupe, Raúl, (por esos momentos irrepetibles del CCH, por ser mis hermanos y brindarme su mano en esos ratos tan pero tan cabrones, los amo); Aurora, Carolina (médico), Paulina, Carolina (bióloga), Ramón, Edsel, Eduardo, Juan Carlos, Alejandro, Israel, Héctor, Antonio, Luis, Gabriel, Nelly, Gustavo (por prácticas de campo, borracheras, platicas, clases de 5 horas, comidas, quemadas, y sobre todo su amistad), los machines Ricardo y Gil (Cuetzalán vivirá en mi corazón por siempre, porque ahí los conocí, gracias por reabrirme los ojos a este mundo maravilloso de la biología, y por ser el principal impulso para terminar esto); Alberto, Josué, Benigno e Israel (reforma), porque son parte importante en este viaje llamado vida.

Agradecimiento:

Al Biól. José Ángel Lara Vázquez, por el tiempo y la atención prestada para la realización de este trabajo.

INDICE

Tema	Página
Introducción	4
Objetivos	8
Importancia	8
Impactos	10
Estrategias de conservación	18
Estado	20
Discusión	21
Bibliografía	23

Introducción

Los arrecifes de coral son comunidades biológicas de estructuras rígidas, están compuestos principalmente por uniones de esqueletos de carbonato de calcio, secretados en gran porción por corales escleractinos y en menor cantidad por otros organismos, esto aunado a procesos de litificación y sedimentación, da origen a arquitecturas tales, que sustentan a uno de los ecosistemas más diversos, complejos e interesantes de todo el planeta (Goreau, 1979, Iglesias-Prieto, 2009).

Los corales están compuestos por colonias de diminutos pólipos, cada uno de ellos consta de un disco oral, un tallo o columna cilíndrica y el disco basal, los pólipos se encuentran unidos entre si por proyecciones de tejido del tallo o cenosarco, por lo cual existe una continuidad histológica y fisiológica entre todos ellos (Reyes, 1989).

Los corales se reproducen sexualmente produciendo larvas denominadas plánulas, que se desplazan en el agua de forma autónoma durante un periodo de una a ocho semanas hasta que se fijan a un sustrato duro, dando lugar a una nueva colonia (Goreau, 1973), cada una de éstas secreta un esqueleto denominado coralum, y los pólipos están inmersos en una depresión o copa, llamada coralito, el cual consiste en una delgada placa basal de donde parten radialmente hacia el centro y arriba láminas verticales denominadas escleroseptos, que pueden unirse en el centro formando la columela; la placa se continua hacia arriba dando origen a la epiteca, y en otros casos se puede formar otra pared llamada teca que puede estar separada de la epiteca por un espacio en el cual pueden existir prolongaciones de los escleroseptos llamadas costas. Entre los escleroseptos se pueden formar barras esqueléticas horizontales denominadas sinaptículos (Wells, 1973).

La construcción del arrecife ocurre donde las condiciones ecológicas permiten el establecimiento de las larvas planctónicas de coral y de sus algas asociadas zooxantelas (*Gimnodinium microadriaticum*) que viven y realizan la fotosíntesis en el interior del pólipo; utilizando el anhídrido carbónico que liberan estos durante su proceso de calcificación, además utilizan los residuos del metabolismo tales como dióxido de carbono, nitratos y fosfatos indispensables para su supervivencia, estos son transformados fotosintéticamente en materia orgánica, parte de esta pasa al coral en forma de compuestos simples como glicerol, glucosa y aminoácidos que son utilizados por los pólipos en rutas metabólicas productoras de energía o como bloques básicos para la elaboración de proteínas, grasas y carbohidratos. Estos fenómenos permiten a los animales que contribuyen a la construcción de la estructura y a la adición del sustrato, llamados hermatípicos (ya que forman con sus esqueletos en armazón rígido que es una estructura estable con enorme resistencia al movimiento de la masa de agua y con alta estabilidad mecánica), secretar grandes cantidades de carbonato de calcio (Wells, 1973; Goreau, 1979). Como podemos ver en dicha asociación reside toda

la productividad biológica del ecosistema arrecifal (Barnes, 1996), a pesar de que las aguas donde se desarrollan los arrecifes coralinos son pobres en nutrientes, existen altas tasas de fijación fotosintética de carbono, nitrógeno y de depósitos de carbonato de calcio (Goreau, 1979).

La simbiosis entre zooxantelas y pólipos juega un papel importante para determinar las tasas de calcificación de los corales, por lo que estos son capaces de formar un esqueleto calcáreo masivo que se va depositando sobre el sustrato (Gutiérrez, 1993).

A través del tiempo, el material calcáreo depositado forma una estructura compleja debido al entrelazado de esqueletos de los organismos de épocas anteriores, que se modifican con el crecimiento de las comunidades presentes. El crecimiento arrecifal es tan solo de unos centímetros por año y resulta de un balance entre procesos biológicos de calcificación (acreación), procesos físicos, químicos y biológicos que causan destrucción (erosión). Estos procesos regulan la dinámica del material calcáreo y determinan la construcción arrecifal (Wells, 1973).

Por la simbiosis antes mencionada los arrecifes coralinos se desarrollan en mares con características específicas. Se encuentran restringidos por la temperatura del agua y solamente aparecen en mares tropicales y subtropicales, donde la temperatura va de los 20°C y 28°C (Barnes, 1986), con salinidad entre 34 y 37, pH que oscila entre 7.5 y 8.4 (Rogers, 1994) y profundidad de hasta 60 m. La distribución vertical de los arrecifes de coral está limitada a la profundidad de penetración de la luz; debido a esa dependencia por la luz requieren aguas claras (someras), se encuentran donde las aguas tienen cantidades relativamente pequeñas de material en suspensión, esto es, en aguas poco turbias (Barnes, 1996).

Se les observa en las regiones zoogeográficas del Indo-Pacífico y del Atlántico Occidental. Se encuentran limitados al cinturón tropical, localizado entre los 30°N y los 30°S (Jordán, 1993).

En México las formaciones arrecifales se distribuyen a lo largo de diferentes estados, tanto en el océano Pacífico como en el océano Atlántico.

Empezando por el lado norte de la República en el Pacífico podemos encontrarlas en Cabo Pulmo, entre la Paz y Cabo San Lucas al sur de la península de Baja California; otra esta situada en el Archipiélago de Revillagigedo en el estado de Colima; aproximadamente a 112 km del estado de Nayarit podemos apreciarlas en las Islas Marías (que forman parte de dicho estado); igualmente hallamos estas formaciones en costas del pacífico sur (Fig.1) (Romeu, 1995).

Pasando al lado del Atlántico observamos en el Golfo de México frente a las costas de Veracruz el Sistema Arrecifal Veracruzano (el cual se encuentra dividido en dos partes

por la desembocadura del río Jamapa, una localizada frente al puerto de Veracruz y otra frente al poblado de Antón Lizardo); contamos con arrecifes coralinos también en la plataforma continental de Campeche; pero la mayor de todas las formaciones del país está presente en el Caribe, la cual se extiende desde la península de Yucatán hasta Belice (Fig.1) (Romeu, 1995).

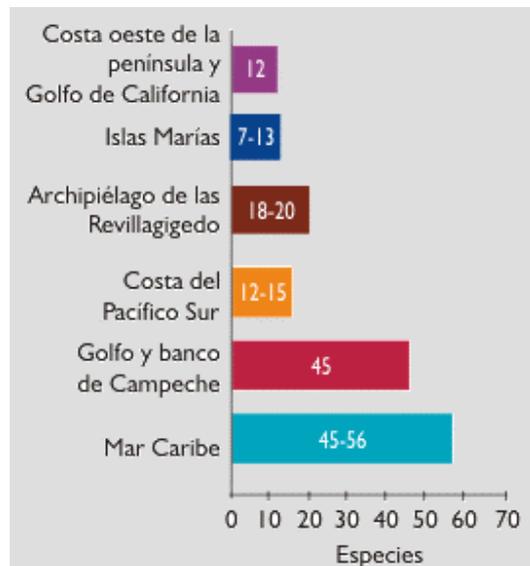
Del lado del océano Pacífico tenemos un número aproximado de 5 géneros (*Pcillopora*, *Pavora*, *Psammocora*, *Cycloseris* y *Porites*), por el Atlántico podemos encontrar un aproximado de 27 géneros (*Leptoseris*, *Siderastrea*, *Cladocora*, *Solenastrea*, *Diploria*, *Manicina*, *Colpophyllia*, *Oculina*, *Scolymia*, *Mussa*, *Isophyllastrea*, *Stylaster*, *Leptoseris*, *Favia*, *Montastraea*, *Millepora*, *Stephanocoenia*, *Madracis*, *Acropora*, *Agaricia*, *Porites*, *Dichocoenia*, *Meandrina*, *Dendrogyra*, *Isophyllia*, *Mycetophylli* y *Eusmilia*) (Wood, 1983). En una entrevista realizada a los investigadores Horta-Puga y Carricart-Ganivet, mencionan que la diversidad de corales formadores de arrecifes asciende a 63 especies de las cuales 46 viven en el Atlántico y 17 en el Pacífico.



Fig. 1. Distribución de arrecifes por zona geográfica.

En la grafica 1 se muestra la diversidad de especies de coral hermatípico y formadores de arrecifes en México para diferentes zonas geográficas. Como puede apreciarse, la zona con mayor diversidad corresponde al Caribe (45-56 especies), seguida por los arrecifes de las costas de Veracruz y Campeche (45 especies). En contraste, las zonas con menor número de especies son las Islas Marías y el Golfo de California (entre 7 y 13 y 12 especies, respectivamente). Con respecto a la diversidad de otros grupos presentes en los arrecifes, se han documentado cerca de 346 especies de peces asociados, de las cuales 245 habitan el Atlántico: 68% en el Golfo de México y 92% se encuentra a lo largo de la península de Yucatán (www.semarnat.gob.mx).

En el caso de los arrecifes de aguas frías, poco se sabe de su distribución geográfica en el país. Los registros provienen fundamentalmente de colectas de ejemplares de algunas de sus especies en el Golfo de México, aunque no debe descartarse su presencia en las aguas territoriales del Pacífico. *Lophelia pertusa*, una de las especies de corales formadoras de arrecifes de aguas frías más importantes, se ha identificado en ciertas zonas del norte del Golfo de México y el Mar Caribe. De igual modo, *Madrepora oculata*, otra especie de coral de aguas frías, también se ha colectado en las aguas del Golfo de México (www.semarnat.gob.mx).



Grafica 1. Diversidad de especies de coral hermatípico y formadores de arrecifes en México.

Son los ecosistemas más diversos y productivos del planeta. Caracterizados por la asociación de varios miles de especies de diferentes clases, en donde las cadenas tróficas son generalmente cortas, de tal forma que la pérdida de energía es mínima debido a las interacciones intra e interespecíficas tan estrechas, dando como resultado uno de los ecosistemas más productivos de nuestro planeta. (Goreau, 1979).

Como observamos la distribución de arrecifes coralinos en las costas de nuestro país es amplia, brindando oportunidades de desarrollo económico, desde la promoción turística hasta el desarrollo industrial (construcción, hotelería, pesca, etc), generando ingresos como es el caso de casi todas las localidades costeras donde los encontramos.

Al igual que muchos procesos ecológicos, los cambios en un arrecife de coral pueden ser lentos y casi imperceptibles a corto plazo, o altamente variables de un año a otro. A

nivel planetario estamos ocasionando una presión hacia estos organismos, esto los lleva en vez de crecer a decrecer (Iglesias, 2009).

Es de vital importancia realizar revisiones continuas acerca de cómo se están desarrollando los arrecifes coralinos en México. Esto podría permitirnos ajustar adecuadamente los planes de manejo ya existentes e incrementar nuevas estrategias de conservación de los arrecifes. Tomando en cuenta todo lo que nos proveen actualmente debemos considerar las implicaciones económicas y ecológicas que afrontaría nuestro país si no buscamos la forma de administrar el uso de dichos ecosistemas de manera sustentable.

Objetivos:

- Señalar la distribución de los arrecifes coralinos a lo largo de las costas de la República Mexicana.
- Discutir la importancia económica, ecológica y ambiental de dichos ecosistemas.
- Exponer los impactos que sufren los arrecifes por parte de la población de zonas costeras (pesquerías), de turistas y por el cambio climático.
- Mostrar algunos indicadores de estado de los arrecifes de coral.
- Presentar algunas estrategias de conservación que se han realizado y algunas que se podrían realizar para el manejo sustentable de estos ecosistemas.

IMPORTANCIA

Desde el punto de vista ecológico la importancia de los arrecifes de coral reside en que son ecosistemas complejos y muy diversos del mundo submarino, por su topografía tan variada, influenciando las condiciones hidrográficas y proveyendo de refugio a muchas especies de organismos; están usualmente asociados a la enorme riqueza biológica de los hábitats adyacentes (Barnes, 1991).

México posee una valiosa riqueza en endemismos asociados a sus arrecifes. Roberts y colaboradores (2002), con base en el estudio de la distribución geográfica de diversas especies de peces, corales, caracoles y langostas, reconocieron a las zonas del Golfo de California y al Caribe occidental como dos de los 18 centros de endemismo de especies arrecifales más importantes en el mundo (www.semarnat.gob.mx).

A diferencia de la mejora de nutrientes de comunidades circundantes, los arrecifes coralinos tienen una tasa total muy alta de producción primaria. Esta productividad es resultado de la enorme área superficial fotosintética de tejidos presentes en el arrecife como lo explica Barnes en su libro, *Fundamentos de Ecología Acuática*, la razón de una productividad primaria tan alta depende en gran medida de los organismos que reciclan eficientemente los nutrientes dentro de su comunidad; esto como resultado de la

asociación tan íntima entre las zooxantelas y el pólipo. Son los organismos que recolectan más luz y con mayor eficiencia.

El Dr. Jordán menciona que tienen una gran influencia e interacciones con la dinámica ecológica de las zonas costeras en donde se localizan, ya que construyen una barrera natural que recibe el embate de las olas haciendo más estables las aguas que quedan protegidas de esta manera y evitando la erosión costera.

Por ejemplo en términos energéticos, una sección de 12 Km lineales de arrecife en la zona norte de Quintana Roo disipó el equivalente de 25 bombas atómicas durante el paso del huracán Wilma en octubre de 2005. Durante dicho evento la energía del oleaje en la parte interna del arrecife fue 100 veces menor que en la parte externa, evitando pérdidas invaluable tanto de vidas humanas como de infraestructura (www.semarnat.com).

Tienen una gran variedad de usos directos e indirectos que benefician al hombre y a la sociedad, entre los más predominantes y valiosos está el gran rendimiento derivado de la pesca, el cual se estima que llega hasta las cinco toneladas por kilómetro cuadrado.

Otro de sus usos, quizá muy poco reconocido, es su importancia en la promoción y desarrollo de la industria turística generadoras de ingresos (Reyes, 1989), el caso más evidente lo tenemos en el Mar Caribe, donde es la principal fuente de divisas para muchas playas; en Quintana Roo se observa un crecimiento del 6.2% anual en su derrama económica, a partir del uso de los arrecifes de coral como principal promoción (Iglesias, 2009).

Se sabe que la fauna y flora de los arrecifes pueden ser proveedores de sustancias farmacológicas. El grupo de ficología aplicada del Departamento de Hidrobiología de la UAM-Iztapalapa, realiza interesantes investigaciones en este sentido y han comprobado la acción antibiótica de algunas especies de algas en las bacterias *Escherichia coli* y *Micrococcus lisodeikticus*. Aún siguen en proceso de investigación y las algas todavía no se usan en la industria de los medicamentos. En la fauna encontramos al coral *Plexaura homomala*, que posee un alto contenido de prostaglandinas, sustancia con efectos sobre los músculos de fibra lisa de los humanos y que pueden utilizarse, por ejemplo, para facilitar la labor de parto. Por lo tanto estos corales llegarían a ser un aporte económico importante. En México se ha evaluado la factibilidad de usar el recurso y se ha desarrollado la tecnología para hacer semicultivos en gran escala de dicha especie, pero estos proyectos no han sido llevados a cabo todavía (Romeu, 1995).

En una entrevista realizada el 26 de marzo del 2009 a la Investigadora Martha Sonia Morales Ríos del Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados (Cinvestav), se dio a conocer que algas, esponjas y corales podrían ser un fármaco eficiente para el

tratamiento del Alzheimer, una enfermedad neurodegenerativa que merma la calidad de vida del enfermo y sus familiares. En el Cinvestav se busca obtener fármacos menos invasivos para las personas que padecen este mal y a la vez buscar sustancias mucho más selectivas al banco molecular al que van dirigidas. Las medicinas obtenidas de fuentes marinas tienen el potencial de reactivar los neurotransmisores afectados por el Alzheimer.

Los expertos afirman que además de curas para la demencia senil, los productos marinos pueden ser una fuente más económica para sintetizar fármacos para combatir cáncer, SIDA, y enfermedades virales y bacterianas (oncetv-ipn.net).

Estas actividades como muchas otras tienen impactos negativos sobre los ecosistemas arrecifales, si no se realiza una utilización sustentable del recurso.

IMPACTOS

Los arrecifes coralinos aportan al hombre valiosos recursos, pero con la intensificación de la explotación pesquera y turística, las excesivas colectas, y los cambios ambientales locales o planetarios, la armonía arrecifal está siendo perturbada.

Los impactos en áreas coralinas son provocados por diversas actividades, muchas de ellas están asociadas al crecimiento económico desordenado.

A continuación se enlistan algunos disturbios que afectan los arrecifes de coral, los cuales son agrupados en tres puntos principales para su mejor manejo y explicación.

1. **Impactos Naturales** Los arrecifes de coral pueden ser dañados por eventos naturales como huracanes, cambios en la temperatura y/o salinidad del agua, sedimentación y cambios en otros factores biológicos. Algunos de los factores más relevantes que influyen en el impacto son la cercanía a la costa, los aportes fluviales y pluviales y los sistemas de corrientes marinas litorales y oceánicas; todo esto en función de la naturaleza, intensidad y frecuencia que tengan tales impactos.
 - a) Disturbios térmicos: El cambio climático global, identificado por el calentamiento global del planeta registrado en los últimos cincuenta años, constituye otra fuerte presión sobre los sistemas coralinos, así como el cambio de temperatura en el mar, por ejemplo, el calentamiento del agua que ocasionó el fenómeno de *El Niño* en 1997 (fig. 2) y 1998 (el cual disminuyó la cobertura de coral vivo en algunos lugares de México hasta 97 por ciento), aunque otros autores consideran que algunos de estos eventos causarían a los arrecifes coralinos más beneficios que perjuicios (Medina-Rosas, 2005).

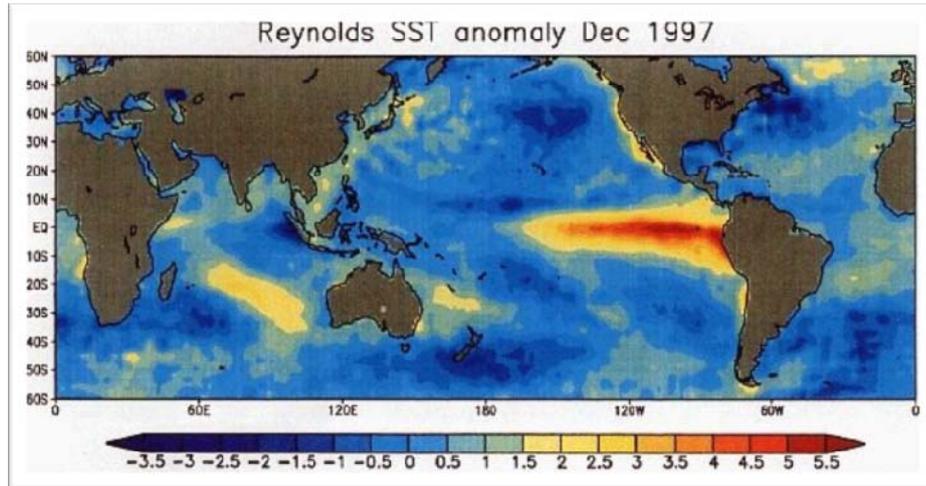


Figura 2. Anomalías en las Temperaturas para el período de El Niño en Dic. 1997.

- b) Biológicos (enfermedades): Pueden ser causadas por otro tipo de impacto como en el caso de los arrecifes coralinos de isla Isabel, en los que se produjo el fenómeno de blanqueamiento (los corales expulsan las zooxantelas de su tejido, y pierden su color característico) por una masa de agua caliente con una temperatura alrededor de 32°C que se mantuvo en la zona por cinco días durante agosto del 2004. Como resultado, en promedio, se blanquearon alrededor del 70 por ciento de los arrecifes, y aproximadamente, el 13 por ciento de estos últimos murió por calentamiento y blanqueamiento (Medina-Rosas, 2005).
- i) Blanqueamiento de corales: El Doctor Roberto Iglesias-Prieto Jefe de la U. A. Puerto Morelos, ICML, comentó en una entrevista que en los últimos 15 años se ha observado un incremento en la frecuencia, intensidad y distribución geográfica del fenómeno llamado blanqueamiento del coral, que consiste en que algunos invertebrados simbióticos (no solo los corales) pierden su color (figura 3).



Figura 3. Blanqueamiento en corales, mostrado por el Dr. Iglesias.

El color de los corales se debe a la presencia de algas simbióticas en el interior de los tejidos del animal. Los organismos que habitan los arrecifes de coral son muy sensibles a las variaciones de las condiciones ambientales como la temperatura, salinidad y concentración de nutrientes. La decoloración de los invertebrados arrecifales puede ser el resultado de una disminución en las concentraciones de las algas mencionadas en el tejido del coral, o también a una reducción de los pigmentos fotosintéticos de las mismas. En cuanto al grado de amenaza de blanqueamiento en México, el Golfo es el que presenta los niveles más altos como lo podemos observar en la figura 4.



Figura 4. Distribución por grado de amenaza.

El blanqueamiento de los corales ha sido relacionado con temperaturas anormalmente elevadas del océano. Aún se debate si esto puede ser un indicador temprano de cambio climático global y, por supuesto, en caso de que ambos fenómenos estén correlacionados, es de esperarse que las temperaturas anormalmente elevadas pudieran continuar influyendo en las formaciones coralinas, lo que irá acompañado de serios problemas ecológicos y económicos. En el cuadro 1 apreciamos que en el Caribe es donde hay mayor afectación por blanqueamiento de corales, al presentar un grado de severidad alto en 98 colonias de corales, del total estudiado.

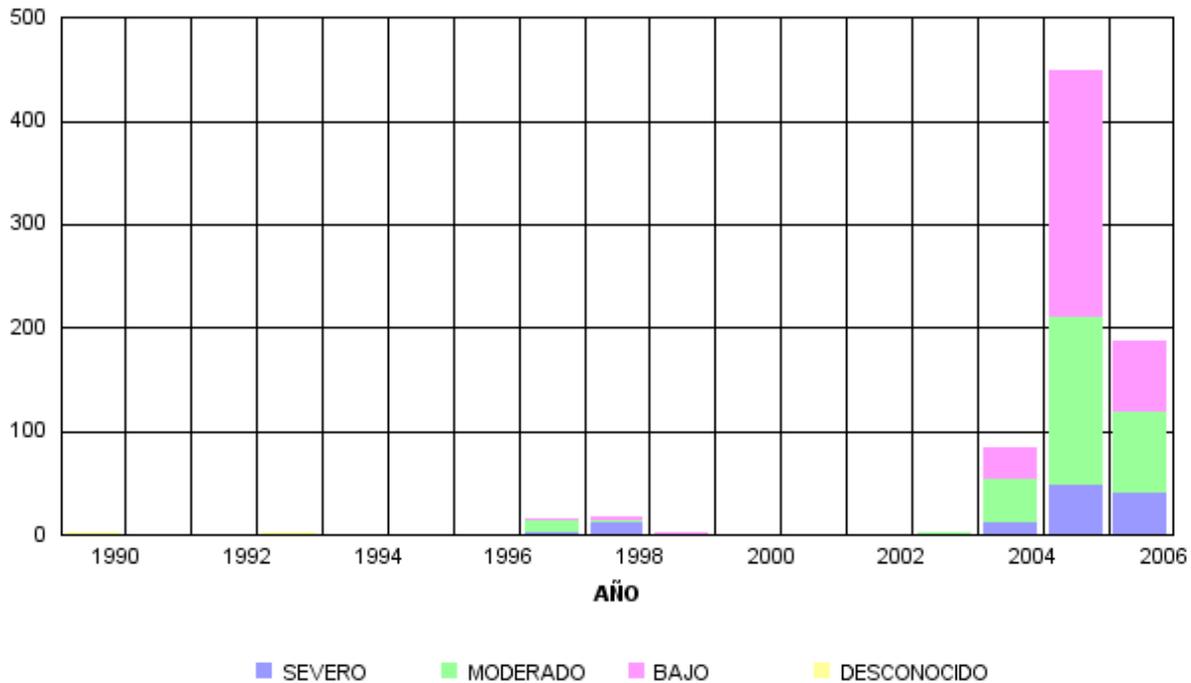
LITORAL	GRADO DE SEVERIDAD				TOTAL
	DESCONOCIDO	BAJO	MEDIO	ALTO	
CARIBE	3	338	279	98	718
GOLFO	0	3	1	0	4
PACÍFICO	0	2	13	10	25
TOTAL	3	343	322	108	776

Notas:

¹ El grado de deterioro se refiere al porcentaje de corales afectados por el evento en el sitio de estudio: bajo (1-10%), medio (10-30%), alto (mayor al 30%).

Cuadro 1. Blanqueamiento de coral en arrecifes mexicanos según litoral y grado de severidad.

A partir del año 2003 comenzó el incremento de esta enfermedad en los corales, mostrando niveles claramente más altos en el año 2005 en donde se observa como el nivel bajo de blanqueamiento aumenta significativamente (Gráfica 2).



Gráfica 2. Reportes de blanqueamiento de coral en los arrecifes mexicanos 1990-2006.

2. Impactos antropogénicos: De todos los tipos de impactos que sufren los arrecifes coralinos, los causados por el hombre son los más numerosos y los más serios, por lo tanto los más difíciles de reparar (Medina-Rosas, 2005). Tenemos una subdivisión de este tipo de impacto en:

- a) Social: La reducción en la cobertura de corales ha mostrado ser muy significativa en regiones costeras asociadas a un fuerte crecimiento poblacional. Se ha propuesto que el aporte antropogénico de nutrientes es una de las causas principales de este detrimento, ya que los arrecifes responden con un cambio de fase, pasando de ser ecosistemas dominados por corales a ecosistemas dominados por macroalgas (Carriquiry, 2006). En la figura 4 se muestra el crecimiento poblacional en estados con arrecifes coralinos. En algunas áreas se ha ido incrementando el número de personas que explotan comúnmente los recursos de los arrecifes coralinos.

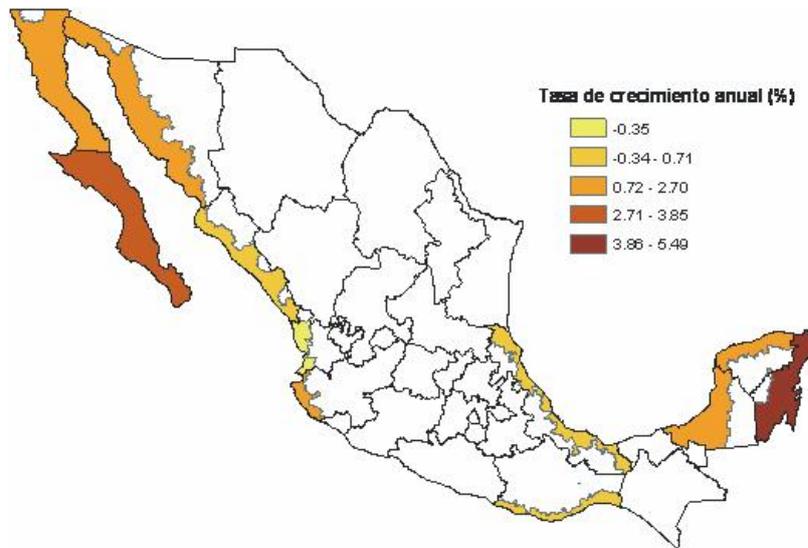


Figura 4. Tasa de crecimiento poblacional anual, mostrada en porcentaje.

- i) Flujos de nutrientes provenientes de aguas cloacales. Aportan grandes cantidades de materiales fosfatados y nitrogenados (op, cit, Hernández, 2001). Estos compuestos son aprovechados por las algas las cuales se desarrollan desmedidamente, llegando algunas veces a cubrir los corales, también impiden el flujo libre de oxígeno, alimento y luz (como ya mencionamos esta última es necesaria para el desarrollo óptimo de los arrecifes). Como lo menciona Milory, esta situación promueve un incremento de las poblaciones de herbívoros y la competencia por espacio, luz y oxígeno se intensifica. Aunado a lo anterior el aumento en la concentración de nutrimentos a niveles de eutrofización provoca una disminución en la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, al grado de amenazar la sobrevivencia en el arrecife al momento en que el oxígeno se torna cada vez más limitado. Además las condiciones de anoxia en el sedimento, favorecen el desarrollo de bacterias anaerobias cuyo subproducto metabólico, el ácido sulfhídrico es letal para los corales (Johannes, 1975).

Como dato histórico debemos recordar que los arrecifes de coral (atolones) fueron utilizados para probar las bombas atómicas, por lo resistentes que llegan a ser, pero esto provocó daños inimaginables.

- i) Industrial: Los impactos indirectos de actividades industriales, urbanas, agrícolas y forestales son muy variables. Son de gran importancia, pero se trata de algo muy complejo de evaluar, porque los arrecifes tienden a desarrollarse en aguas de gran dinámica.

- ii) Sedimentos provenientes de áreas de dragado o limpieza de terrenos. Esto provoca que haya una resuspensión de sedimento que afecta el crecimiento coralino (Johanes, 1975).
- iii) Escorrentías agrícolas (pesticidas, nutrientes). En muchas ocasiones todos estos venenos llegan a los arrecifes por medio de los afluentes de agua dulce.
- iv) Varamiento y anclaje de embarcaciones. Esta situación se ha vuelto muy común en los últimos años. Pueden haber embarcaciones que golpeen al arrecife, debido a que la zona en la que se desarrollan estos ecosistemas es de aguas poco profundas, esta última característica es por lo que se varan algunos barcos. En la siguiente imagen podemos observar el impacto que tuvieron la draga de “La concha” y el barco “Discovery” y la barcaza AM-215 que afectaron una zona arrecifal, en Punta Nizuc Quintana Roo (fig. 5), en donde se encontraban especies como la *Acropora palmata* enlistada bajo protección especial en la Norma Oficial Mexicana-NOM-059. Se trata de estructuras irremplazables por el tiempo que requieren para su recuperación natural, el cual se calcula tarde más de 70 años (www.novenet.com.mx).



Figura 5. Consecuencias de varamiento en Punta Nizuc, Quintana Roo.

- v) Desarrollo costero: Este punto es evidente en la parte del Golfo de México, donde encontramos el Sistema Arrecifal Veracruzano, ahí observamos como en la zona donde el desarrollo costero es mayor (arriba de barcos, mercados, zona hotelera, afluentes de aguas cloacales) los arrecifes están más dañados, y mientras nos alejamos de esta zona, hacia Antón Lizardo, los arrecifes de coral están más conservados.
- vi) Pesca: Hasta mediados del siglo pasado en los arrecifes se practicaba principalmente una pesca de subsistencia que llevaban a cabo los pobladores de las costas cercanas, pero desde hace algunos años esta pesca se ha vuelto más intensiva y con fines comerciales, auxiliada en muchos casos por adelantos tecnológicos marinos de las últimas décadas, algunas de las técnicas que se han adoptado son altamente destructivas. Recordemos que en los ecosistemas arrecifales habitan el 50% de las especies de peces

(Iglesias, 2009). Podemos dividir la pesca en tres tipos: Pesca deportiva, pesca tradicional y pesca Maltusiana.

De estos tres tipos la pesca Maltusiana, es la más dañina para los arrecifes, ya que se refiere a la extracción de grandes cantidades de peces, lo cual no es sustentable, esto se da como consecuencia del crecimiento exponencial de la población, mientras más somos mayor cantidad de recursos necesitamos (Hall, 1999).

La pesca tradicional por varios años utilizó, tal vez siga utilizando, el veneno como método de captura de organismos.

El método más destructivo es en el que utilizan explosivos como herramienta principal.

Los dos principales recursos que se están explotando en los arrecifes del sur de Quintana Roo son la langosta y el caracol rosado, seguidos por peces óseos, coral negro y otros. En los arrecifes del Banco Chinchorro se ha explotado fundamentalmente el caracol rosado, además de la langosta espinosa, así como pargos, barracudas, jureles y meros. Se teme que aquí también la intensa explotación pesquera empiece a constituir una amenaza para las especies de interés económico (Romeu, 1995).

En el caso de los corales de la isla Isabel, la evidencia de estos impactos es muy clara en las colonias de coral que han muerto por los restos de redes que quedan atoradas en ellas. Diversas imágenes tomadas por investigadores muestran este fenómeno: una red que cubre la colonia de coral y que no solamente impide su crecimiento, sino que puede llegar a matarla (Medina-Rosas, 2005).

Indirectamente la pesca provoca el cambio o transformación de estos ecosistemas a arrecifes algales, causada por sobreexplotación de macroherbívoros.

- vii) Derrames de petróleo: Este tipo de impacto es cada vez más frecuente en los océanos, dejan estelas de contaminación de muy largo plazo, la formación de una película impermeable sobre el agua en las zonas de derrame afecta rápida y directamente, ya que obstruye el intercambio gaseoso y desvía los rayos luminosos que son necesarios para la vida en los arrecifes coralinos (www.sagan-gea.org).
- viii) Metales pesados: En una entrevista el investigador Guillermo Horta Puga de la FES-Iztacala UNAM, menciona que su grupo de investigadores ha detectado altos niveles de metales pesados como cobalto, níquel y plomo en los corales del Sistema Arrecifal Veracruzano. Esto puede ser evidencia de la contaminación ambiental a que están sometidos, pero aún son necesarios estudios sobre estos metales en la columna de agua, así como en los sedimentos del fondo y en el resto de los organismos que viven en los

arrecifes. Hasta ahora los niveles detectados en el coral resultan alarmantes y constituyen un riesgo potencial para su supervivencia.

- ix) Turístico: Afectan a estos ecosistemas, tanto por la demanda de infraestructura y de recursos naturales que requiere para su mantenimiento y crecimiento, como por las actividades recreativas que practican los turistas, tales como el buceo, que promueve el pisoteo y/o colecta de partes o ejemplares de coral (Hernández, 2001) y otros organismos cuando no está adecuadamente regulado. En México, esta industria ha crecido notablemente en las últimas décadas, especialmente en la costa este de la península de Yucatán. Cancún y Cozumel son dos de los destinos turísticos nacionales que más turistas atraen cada año, con alrededor de 3 millones, lo cual constituye una fuerte presión para los sistemas arrecifales de la zona (cuadro 2).

DESTINO	ESTADO	AÑO						
		2000	2001	2002*	2003*	2004*	2005*	2006*
LITORAL PACÍFICO								
La Paz, Loreto y Los Cabos ²	Baja California Sur	870 392	360 956	280 963	252 801			
Bahías de Huatulco y Puerto Escondido	Oaxaca	391 452	381 615	457 110	465 784			
Costalegre y Puerto Vallarta ³	Jalisco	1 686 662	1 516 852	1 444 980	1 373 598	442 259	204 918	232 624
GOLFO								
Veracruz y Boca del Río	Veracruz	1 448 847	1 515 945	1 599 402	1 693 103	1 728 759		
EL CARIBE								
Cancún y Cozumel ⁴	Quintana Roo	3 352 419	2 986 489	2 826 922	3 057 327	3 367 956	3 072 431	2 431 748
NACIONAL		7 749 772	6 761 857	6 609 377	6 842 613	5 538 974	3 277 349	2 664 372

Notas:

* Datos preliminares

¹ Se considera como turistas a aquellos que llegaron y ocuparon los servicios de hospedaje (hoteles y moteles) de un destino turístico.

² Los datos para 2001 no incluyen Los Cabos y para 2002 y 2003 sólo consideran a La Paz.

³ Los datos para el periodo 2001-2003 sólo consideran a Puerto Vallarta.

⁴ Los datos para el periodo 2001-2006 sólo consideran a Cancún.

Cuadro 2. Número de turistas en zonas con arrecifes de coral.

- x) Daño por personas practicando el buceo SCUBA, buceo libre y natación. Causan daño físico o mecánico, total o parcial a las colonias coralinas y otros organismos arrecifales; es provocado por los buzos que intencionalmetnte o por descuido y/o ignorancia rompen corales, algunos se paran sobre o tocan las estructuras coralinas. En grandes proporciones esto constituye un fuerte impacto: agitación de los organismos, molestia a los organismos móviles o alteración de su comportamiento. Las especies menos tolerantes a la presencia humana pueden ser desplazadas completamente (Monteforte, 2008).

- xi) Colecta de organismos. La recolección de ejemplares se puede dar por varias razones, como pueden ser, para la comercialización como piezas de ornato, son utilizados como material de construcción y en otras ocasiones son tomadas por los turistas como recuerdos, debemos recordar que el saqueo solo produce pobreza (Hernández, 2001). La recolección indiscriminada de organismos vivos como peces, anémonas, poliquetos, caracoles y hasta corales, es una manera de destruir la base de este ecosistema y a organismos clave en la organización de la comunidad.

El doctor Erick Jordán comenta en entrevista que en la gran mayoría de los casos, se usan los recursos por necesidades económicas y sociales, sin pensar en el potencial de lo que se pretende explotar. En este sentido, a diferencia de la gran mayoría de otros ecosistemas marinos explotados, la comunidad coralina esta adaptada a medios muy pobres en nutrientes y su dinámica se basa en complejas redes tróficas que tienden a retener estas sustancias en los organismos que la constituyen. Esto resulta, entre otras cosas, en una gran riqueza de especies y poca biomasa de cada una de ellas. A la vez existe una gran dependencia de todos los organismos y de ellos con su ambiente. Lo que en términos prácticos implica que las poblaciones arrecifales tienen una tasa de renovación lenta y por lo tanto su capacidad de recuperarse de actividades extractivas y transformadoras es baja.

ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN

Es necesario tomar en cuenta las realidades de estos ecosistemas para planificar su explotación. Llevar a delante un buen uso de cada uno de sus recursos es una de las formas de garantizar su conservación.

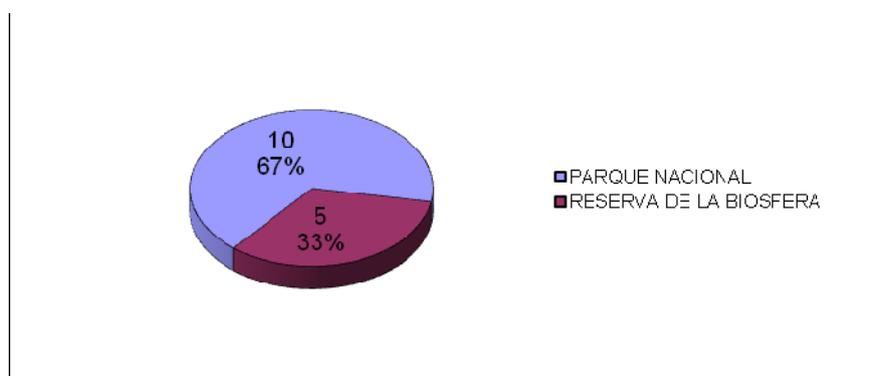
El conocimiento del estado de conservación de la mayoría de los arrecifes mexicanos de aguas cálidas es escaso y fragmentario. Sin embargo, algunos esfuerzos internacionales encaminados a conocer el estado de los arrecifes del mundo han incluido a México (www.semarnat.gob.mx).

Con el objeto de proteger la riqueza en arrecifes coralinos que posee el país, la creación de áreas naturales protegidas (ANP) que incluyen arrecifes coralinos ha sido una de las estrategias de política ambiental más importantes. Actualmente, existen 13 ANP que protegen zonas con arrecifes de coral (cuadro 3), nueve de ellas localizadas en el Golfo de México y el Mar Caribe y las restantes cuatro en la costa del Pacífico. También dentro del marco de la Convención de Humedales de Importancia Internacional Ramsar se han protegido zonas con arrecifes de coral. De los 51 sitios mexicanos inscritos dentro de la Convención, 11 tienen dentro de sus áreas zonas con arrecifes de coral.

CATEGORÍA DE MANEJO	NÚMERO DE ANP	PORCENTAJE
PARQUE NACIONAL	10	77
RESERVA DE LA BIOSFERA	5	38
TOTAL	13	100

Cuadro 3. Número de áreas Naturales Protegidas Federales con zonas de arrecifes de coral, según categoría de manejo, 2007.

El uso de los arrecifes de coral a través de un sistema de Reservas de la biosfera, puede ayudar a detener la degradación, facilitar la recuperación de áreas devastadas y mantener la utilización sostenible de los recursos, en México contamos con 5 de éstas reservas (grafica 3).



Gráfica 3. Porcentaje de ANP Federales, según categoría de manejo, 2007.

Debemos recordar que realizar una explotación sustentable de los arrecifes requiere de un manejo delicado. En el cuadro 4 se enlistan los nombres de Áreas Naturales Protegidas, año de decreto y superficie de las mismas.

NOMBRE ANP	AÑO DE DECRETO	SUPERFICIE
SIAN KA'AN	1986	153 192
SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO	1992	52 104
ARRECIFE ALACRANES	1994	333 962
ARCHIPIELAGO DE REVILLAGIGEDO	1994	637 230
CABO PULMO	1995	7 061
BANCO CHINCHORRO	1996	143 766
ARRECIFES DE COZUMEL	1996	12 011
COSTA OCCIDENTAL DE ISLA MUJERES, PUNTA CANCUN Y PUNTA NIZUC	1996	8 620
ARRECIFES DE SIAN KA'AN	1998	33 566
ARRECIFE DE PUERTO MORELOS	1998	9 052
HUATULCO	1998	5 292
ISLAS MARIAS	2000	616 990
ARRECIFES DE XCALAK	2000	13 428
ARCHIPIELAGO DE SAN LORENZO	2005	58 443
ISLAS MARIETAS	2005	1 312

Elaboración propia con datos de: Conanp. México. 2007.

Cuadro 4. Hectáreas de ANP federales con zonas de arrecifes de coral.

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO
Acroporidae	<i>Acropora cervicornis</i>	Cuerno de ciervo	Protección especial
Acroporidae	<i>Acropora palmata</i>	Cuerno de alce	Protección especial
Antipathidae	<i>Antipathes bichitoea</i>	Coral negro	Protección especial
Antipathidae	<i>Antipathes grandis</i>	Coral negro	Protección especial
Antipathidae	<i>Antipathes ulex</i>	Coral negro	Protección especial
Plexauridae	<i>Plaxaurella dichotoma</i>	Coral blando o abanico de mar	Protección especial
Plexauridae	<i>Plaxaurella homomalla</i>	Coral blando o abanico de mar	Protección especial

Cuadro 5. Especies de corales hermatípicos y blandos en algunas categorías de registro según la NOM-059-SAMARNAT-2001.

La NOM-022-SEMARNAT-2003 (que establece las especificaciones para la preservación, conservación y restauración de los humedales costeros), la NOM-006-PESC-1993 (establece la regulación para el aprovechamiento de todas las especies de langosta), la NOM-008-PESC-1993 (ordena el aprovechamiento de las especies de pulpo), la NOM-013-PESC-1994 (establece la regulación para el aprovechamiento de las especies de caracol) y la NOM-029-PESC-2000 (que regula la pesca responsable del tiburón y especies afines). En materia de ecoturismo, existe la NOM-05-TUR-1998, que establece los requisitos mínimos de seguridad a que deben sujetarse las operadoras de buceo para garantizar la prestación del servicio y vigilar que las actividades se lleven a cabo sin dañar la flora y fauna silvestre acuática (www.semarnat.gob.mx).

ESTADO

Como habíamos mencionado en México se reconocen tres zonas de arrecifes coralinos: la costa del Pacífico (que incluye algunos de los estados costeros, además de las Islas Marías y Revillagigedo), las costas de Veracruz y Campeche en el Golfo de México y la costa este de la Península de Yucatán (desde Isla Contoy hasta Xcalak, incluyendo al atolón de Banco Chinchorro). Se estima que el área que ocupan los arrecifes coralinos de aguas cálidas en el país asciende a cerca de mil 780 kilómetros cuadrados, es decir, cerca del 0.63% del área total de este tipo de arrecifes en el mundo.

Para México, se estima que cerca del 39% de sus arrecifes se encuentran en alguna condición de riesgo (grado: alto, medio y bajo) (Spalding, 2001). El mapa 3 muestra el grado de riesgo de los arrecifes mexicanos. Los arrecifes de la costa del estado de Veracruz (Tuxpan y el Sistema Arrecifal Veracruzano), los cercanos a los centros turísticos más importantes de Quintana Roo (especialmente los de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc) y los de La Paz, en Baja California Sur y Cayo Arcas en Campeche, son los más amenazados.



Mapa 3. Distribución de corales por grado de riesgo.

Entre los arrecifes con grado de amenaza medio, el estudio señala a los de Cabo Pulmo en la costa oriental de Baja California Sur, la zona occidental de Arrecife Alacranes y Bajo Sisal en la costa yucateca, los arrecifes de la costa occidental de Cozumel y, en el sur de Quintana Roo, los cercanos a Xcalak. Debe mencionarse que, aunque este estudio no es definitivo en cuestión de la salud actual de los ecosistemas coralinos mexicanos, permite avanzar hacia la identificación de zonas susceptibles al impacto de algunos de los factores antropogénicos que afectan estos ecosistemas (www.semarnat.gob.mx).

DISCUSIÓN

Como se pudo observar son múltiples los recursos que nos brindan los arrecifes coralinos, pero también son muchos los impactos y amenazas a que están sometidos.

No todas las formaciones arrecifales mexicanas están sometidas a las mismas presiones, y por lo tanto no se encuentran en igual grado de conservación o de peligro, por ejemplo, en los arrecifes del Mar Caribe donde sabemos que el crecimiento poblacional es el mayor con un aproximado de 5.49 % anual, tiene el menor grado de amenaza de blanqueamiento, lo cual nos dice que el medio en el que se desarrolla es más estable que en otros sitios de la República, a pesar de tener el mayor número de afluencia de turistas lo cual ocasiona un daño considerable a los arrecifes; con esto podemos deducir que el valor brindado a estos ecosistemas es debido a su utilización como principal atracción turística y por ende brinda una derrama económica importante en el estado de Quintana Roo. Estos arrecifes están sujetos a una explotación sustentable, y aunque en las últimas décadas la pesca de ciertas especies ha sido intensa, se considera que aún se mantiene en buen estado.

El manejo turístico de una zona requiere de gran vigilancia y reglas para evitar la captura de “recuerdos”, el roce de las aletas de los buzos, el contacto con las coloridas esponjas para tomarse fotografías y la excesiva visita de turistas a un arrecife.

La mayoría de los arrecifes están en buen estado, sin embargo existen casos marcados.

Un caso importante en cuanto a la cantidad de impactos que pueden tener los arrecifes coralinos lo podemos ejemplificar con el caso del Sistema Arrecifal Veracruzano en donde a pesar de tener el crecimiento poblacional anual más bajo con un 0.35%, presenta el mayor riesgo de varamientos dado la gran actividad naviera que se realiza en el puerto de Veracruz, lo cual también causa que la cantidad de sedimentos suspendidos sea considerable; es también importante mencionar que a lo largo del puerto se observa la afluencia de aguas cloacales al océano, las cuales como ya mencionamos pueden ocasionar la competencia por espacio luz y oxígeno. A pesar de tener tantos impactos y de que en esta zona se cuenta con una superficie protegida aproximada de 52 104 hectáreas, se hace evidente que no es de interés de las autoridades pertinentes conservar este ecosistema.

También se ha expuesto que el aporte antropogénico de nutrientes, por ejemplo el caso de escorrentías agrícolas, es una de las causas principales de detrimento, ya que los arrecifes responden con un cambio de fase, pasando de ser ecosistemas dominados por corales a ecosistemas dominados por macroalgas. Aunque el aumento de nutrientes crea las condiciones propicias para el crecimiento de las algas, comúnmente estos cambios de fase se disparan por efecto de perturbaciones mayores sobre el arrecife de coral como lo son los mencionados fenómenos de blanqueamiento, enfermedades o mortalidades masivas causadas a tormentas, huracanes y epidemias; así como la sobrepesca de organismos que se alimentan de este tipo de algas marinas.

Hay que tener en cuenta que además del valor estético que ofrecen, los arrecifes coralinos de aguas cálidas y frías brindan un gran número de bienes y servicios ambientales a la sociedad. Son lugares importantes para la reproducción y cría de muchas de las especies comerciales de consumo, sirven como protectores de las líneas de costa ante los embates de tormentas y huracanes, como fue ejemplificado en el caso de las costas de Quintana Roo a la llegada del huracán Wilma, además de que han abastecido a las comunidades costeras durante largo tiempo de materiales de construcción.

Es necesario que la gente entienda que para proteger el mar y sus especies es indispensable poner atención a las actividades humanas en tierra, pues no son áreas independientes, sino que están íntimamente relacionadas, esto podría atenderse llevando a cabo concientización por medio de pláticas, educación ambiental o llevando

a las zonas donde existe mayor daño en los arrecifes el caso del Mar Caribe en donde el crecimiento económico que se ha tenido es mucho por el buen manejo, cuidado tanto de impactos antropogénicos como naturales, y promoción de este recurso.

Las pesquerías de subsistencia, deportivas y comerciales no pueden ser ajenas al cuidado de las áreas de alimentación, reproducción y desarrollo de las especies aprovechadas.

Bibliografía:

Almada Villela, P., M McField, P. Kramer, P. Richards y E. Arias González. Status of coral reefs of Mesoamerica. En: Wilkenson C. (Ed.). Status of Coral Reefs of the World: 2002. AIMS, Australia. 2002.

Barnes, D. J. *et. al.* 1986. Reef Metabolism *Oceanus*. 29:20-26.

Barnes, R. S. K. and Mann, K. H., *Fundamentals of Aquatic Ecology*. Ed. Blackwell Publishing. Francia 1991. P.p. 213, 226, 261.

Bastida-Zavaña, J. R., Beltrán-Torres, U., Gutiérrez-Aguirre, M. A. y Fuente-Betancourt, G.. Evaluación Rápida de los Arrecifes Parche de Majagual, Quintana Roo. México. 1999. *Revista de Biología Tropical*. V. 48. N. 1. San José Mar. 2000

Breton, Y., David N. Brow, Brian Davy. 2006. Manejo de recursos costeros en el Gran Caribe: resiliencia, adaptación y diversidad comunitaria. Mayol Ediciones. Bogota, Colombia. P.p. 49-57, 102-115.

Carrquiry, J. D., Monitoreo del bentos, nutrientes e isótopos en la relación a la salud arrecifal de áreas naturales protegidas del norte de Quintana Roo con mayor vulnerabilidad al cambio de fase arrecifal: Primera etapa. Proyecto DM012. Universidad Autónoma de Baja California. Instituto de Investigaciones Oceanográficas. México 2006.

Connell, J.H., 1978. Diversity in Tropical Rain Forests and Coral Reefs. *Science*, 199: 1302-1310.

Diario Oficial de la Federación, 6 de marzo de 2002; NOM-059-SEMARNAT-2001.

Goreau, T. F. y N. I. Goreau. 1973. The ecology of Jamaica coral reef II. Geomorphology, zonation and sedimentary phases. *Bull. Mar. Sci.* 23:399-464.

Goreau, T. F., N. I. Goreau, y T. J. Goreau. 1979. Corals and Coral Reef. *Scientific American*. 24(2):110-120.

Gutiérrez, D., García, S., Lara, M. y Padilla, C.. 1993. Caracterización de los Arrecifes Coralinos de la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an Quintana Roo. Sian Ka'an series. Documentos, núm. 1. P.p. 1-8.

Hall, S. Fish Biology and Acuatic Ressources, serie 1. The effects of fishing on Marine Ecosystems and Communities. Francia. 1999. P.p. 101-102.

Hernández Landa Roberto Carlos. 2001. Diagnóstico del estado actual de tres arrecifes en Quintana Roo México. Tesis Biólogo. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Tlalnepantla Estado de México.

Iglesias, R., 2009. Conferencia: "Darwin y el problema de los arrecifes de corla en el siglo XXI". Auditorio Dr. Agustín Ayala-Castañares. Instituto de Ciencias Del Mar y Limnología, UNAM.

Johanes, R. E.. 1975. Pollution and degradation of coral reef communites. Tropical Marine Pollution. Oceanography Series. 12:13-62.

Jones, S. 1994. Coral: a pessimist in paradise. Londres. P.p. 242.

Jordán, E. 1993. El Ecosistema Arrecifal Coralino del Atlántico Mexicano. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* Pp. 157-16.

Jordán, E. 1993. Atlas de los Arrecifes Coralinos del Caribe Mexicano. Parte I. CIQRO. P.p. 10-15.

Kramer, P., P. Richards, E. Arias González y M. McField. Status of coral reefs of Northern Central America: Mexico, Belice, Guatemala, Honduras and El Salvador. En: Wilkenson C. (Ed.). Status of Coral Reefs of the World: 2000. AIMS, Australia. 2000.

Medina-Rosas, P., y Cupul-Magaña A.. 2005. Impacto natural y antropogénico en los arrecifes de isla Isabel en el Pacífico mexicano. Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de la Costa. Departamento de Ciencias. Puerto Vallarta, Jalisco.

Milory, P. S. 1999. Effects of Light Availability on Reef Community Structure of Hermatypic Coral within Sian Ka'an Biosphere Reserve, Quintana Roo, México. Thesis Master of Science. Departament of Physical and Life Science, Texas A&M University-Corpus Christi.

Monteforte M., Cariño M. 2008. Del saqueo a la conservación: Historia ambiental contemporánea de Baja California Sur, 1940-2003. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT, Instituto Nacional de Ecología, Universidad Autónoma de Baja California Sur UABCS, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Oliver, J., M. Noordeloos, Yusuf, Y., M. Tan, N. Nayan, C. Foo, and F. Shahriyah. *ReefBase: A Global Information System on Coral Reefs*. Disponible en:<http://www.reefbase.org>. 2004.

Oliver, J., M. Noordeloos, Yusuf, Y., M. Tan, N. Nayan, C. Foo, and F. Shahriyah. *ReefBase: A Global Information System on Coral Reefs*. Disponible en:<http://www.reefbase.org>. 2007.

Reyes, J. 1989. Tesis: Sistemática y algunos aspectos ecológicos de los corales scleractinos de isla Contoy, Q. Roo, México. Tesis para obtener el título de Biólogo. FES-Iztacala.

Reyes-Bonilla, H. Riqueza específica y biogeografía de los corales hermatípicos de la sección sur del Golfo de California y las Islas Revillagigedo. Informe final del proyecto H337 preparado para CONABIO. México. 1998.

Rogers, C. S.; G. Garrison, M. Hills y M. A. Frake. 1994. Coral reef monitoring manual for the Caribbean and Western Atlantic. *Coral reef*. VI. Pp. 92-177.

Romeu, E.. 1995 Arrecife como recurso. Biodiversitas. Boletín bimestral de la Comisión para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. Pag. 8-13.

Rosenberg Eugene and Loya Yossi. 2004. Coral health and disease. Ed. Springer. Alemania. P.p. 105-117, 463-482.

SECTUR, con base en información generada a través del Sistema Nacional de Información Turística (SNIT)- Sistemas de Información Turística Estatal (SITE). 2007.

Semarnat, Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental, Dirección General de Política Ambiental e Integración Regional y Sectorial, México, 2007.

Spalding, M., Buting, G., Ravilious, C.. 2001. A guide to the coral reefs of the Caribbean. UNEP, WCMC, PADI, WWF. Pp. 85-92, 30-45.

Stevenson. D.K., 1981. A review of the Marine Resources of the western Atlantic Comision (NEACAF) Region. FAD. Fish; Teach. Pap. No. 211; Roma, p.p. 131.

Wells, J. W. 1973. Coral Reef Project – Papers in memory of Dr. Thomas F. Goreua. 2. New and scleractinian coral from Jamaica. *Bull. Mar. Sci.* 23(1):1658.

Wood Elizabeth. 1983. Coral of the World. Editorial T.f.h. Estados Unidos. P.p. 9-16, 22-25.

<http://www.conabio.gob.mx>, <http://www.sciencemag.org>, <http://www.semarnat.gob.mx>, <http://www.conanp.gob.mx>, http://pdf.wri.org/arrecifesen_peligro_ch4.pdf, <http://www.reefbase.org>, <http://www.jornada.unam.mx>, <http://oncetv-ipn.net>, <http://images.google.com>, <http://www.sagan-gea.org>, <http://www.novenet.com.mx>,