



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

**DISTRIBUCIÓN Y TAMAÑO DE CORALES
SCLERACTINIOS EN EL SUR OESTE DE UNA BANDA
DE MONITOREO DE LA BIODIVERSIDAD (BMB) EN LA
LAGUNA ARRECIFAL DE ISLA VERDE, VERACRUZ,
MÉXICO EN PRIMAVERA DE 2006.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

B I Ó L O G A

P R E S E N T A

CONSTANZA GENOVEVA MORENO VIÑALS

TUTOR: DR. JORGE LUIS HERNÁNDEZ AGUILERA

2007



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.

1. Datos del alumno
Moreno Viñals Constanza Genoveva
0445518509438
Universidad Nacional Autónoma de México
Biología
096554236
2. Datos del tutor
Dr. Jorge Luis Hernández Aguilera
3. Datos del sinodal 1
M. en C. Rosa Estela Toral Almazán
4. Datos del sinodal 2
M en C. Beatriz Zúñiga Ruíz
5. Datos del sinodal 3
M. en C. Silvia Toral Almazán
6. Datos del sinodal 4
Biól. Marco Antonio Orozco Colunga
7. Datos del trabajo escrito
Distribución y tamaño de corales scleractinios en el sur oeste de una Banda de
Monitoreo de la Biodiversidad (BMB) en la laguna arrecifal de Isla Verde, Veracruz,
México en primavera de 2006.
31 p.
2007

Agradecimientos

A mi mamaita preciosa, que además de la vida, me ha dado siempre su apoyo, su cariño, su perseverancia y confianza en mí además de innumerables herramientas para trabajar y disfrutar de esta vida maravillosa.

A mi padre por estar siempre presente y cuidarme más allá de la muerte.

A mi abuela que es un verdadero regalo de la vida y que me ha apoyado siempre y ayudado a lidiar con ambos padres, abuela te amo.

A mi tutor Jorge Luis Hernández Aguilera por haber abierto las puertas a mi enorme deseo de trabajar en arrecifes coralinos porque yo, si lo acepto, siempre he querido ser como Jack Cousteu. A mi querida profesora Estela por ayudarme a concretar mis ideas y mejorar mi redacción. A los anteriores y Alfredo, Marco Antonio y Beatriz por la revisión dedicada y cuidadosa que hicieron de mi trabajo.

Muy especialmente quiero agradecer a mis compañeros Alejandro, Eva y Julio Cesar por su invaluable ayuda en el trabajo de campo, sin ustedes nada de esto hubiera sido posible, les agradezco desde el fondo de mi corazón y por siempre. A Sofía por sacarme las incontables espinas de erizos que atravesaron mis pies y mis manos durante el muestreo y a todos mis compañeros del taller por hacer divertido todo el proceso.

A la maravillosa familia universitaria que hice aquí y que permanecerá en mi vida por siempre llenando de gozo mi corazón y acompañándome en el camino de la vida: Daniel, Germán, Lorena, Alejandra R, Alejandra A., Clarita, Letus, Tania, Ana M, Kim, Poncho, Xumo, Constanza, MayaLol, Jaime, Silvina, Rafa, Marcos, Alex, Diego, Carlos, a mi maestro de paciencia Neto, y a las aditas Ivett, Ana L, y Daniela.

A mis amigas desde en denantes: Juliana, Paula, Siu Yin, Mayra y Mayrita y a mis amigos, Jorge, Federico, León por estar siempre bien cerquita.

A Julio Cesar por su apoyo y amor incondicional darte las gracia sería muy poco comparado con lo que has hecho por mí.

A Zenón Cano por ser el mejor maestro, a Rogelio Fragoso, Nely Diego y Armando Gómez a Alejandro Martínez, Julieta Morado, Oscar Flores, Daniel Piñero, Pedro García, Alfonso Vilchis, Beatriz Coutiño y Sigfido, por sus apasionantes y maravillosas clases.

Por supuesto quiero agradecer con toda el alma a la Universidad Autónoma de México por haberme abierto sus puertas y porque desde niña ha sido mi segunda casa y ahora orgullosamente puedo decir que tengo el corazón dorado y la sangre azul.

Y por sobre todas las cosas agradezco a mi Susanita adorada haber sido la compañera inseparable e inigualable que fue durante 14 años y que si no fuera por lo extremadamente tardado y tedioso que es el trámite de titulación, hubiera alcanzado a recibir su título por haber cursado casi todas las materias a mi lado. Perrita preciosa vivirás siempre en mi corazón y en mi más tierno recuerdo.

Constanza Moreno Viñals.

Índice

Resumen.....	1
Abstract.....	1
Introducción	2
Antecedentes	8
Objetivo	9
Área de estudio.....	9
Material y método	11
Resultados	12
Discusión y conclusiones	22
Literatura citada	27

Figuras

Figura 1. Árbol genealógico de los corales scleractinios.....	4
Figura 2. Distribución de corales en tres episodios geológicos	5
Figura 3. Distribución mundial de <i>Siderastrea radians</i>	6
Figura 4. Distribución mundial de <i>Colpophylla natans</i> , <i>Diploria clivosa</i> , <i>Diploria strigosa</i> , <i>Montastrea annularis</i> y <i>Acropora palmata</i>	6
Figura 5. Toponomía y distribución de los arrecifes que conforman el SAV.....	10
Figura 6.- Banda de Monitoreo de la Biodiversidad en la laguna del arrecife de Isla Verde .	12
Figura 7. Relación entre la cobertura coralina y la superficie ocupada por algas calcáreas en cada especie de coral.	18
Figura 8. Superficie por especie de coral y número de colonias en cada cuadrante a lo largo de la BMB..	18
Figura 9. Porcentaje de cobertura viva por especie de coral en los primeros 16 m ² de la BMB.	21
Figura 10. Relación entre el número de colonias y el porcentaje de cobertura coralina viva por especie.....	21

Tablas.

Tabla 1. Tipos de reproducción sexual en corales	7
Tabla 2. Lista de especies de corales en la banda de monitoreo de la biodiversidad sobre el Arrecife de Isla Verde, Veracruz, México.	14
Tabla 3. Ubicación, número de colonias y área en cm ² de cada colonia de coral.....	15
Tabla 4. Colonias coralinas que presentan en su superficie invasión por algas.....	17
Tabla 5. Superficie total de coral vivo por especie en cada cuadrante a lo largo de la BMB..	19
Tabla 6. Relación entre las superficies de las seis especies de coral que presentan invasión de algas en los primeros 16 m ² de la Banda de Monitoreo de la Biodiversidad en la laguna del arrecife de Isla Verde.....	20

Resumen

Se determinó la riqueza, distribución y abundancia de corales scleractinios en una Banda de Monitoreo de la Biodiversidad (BMB) en el arrecife tipo plataforma de Isla Verde, el cual forma parte del Área Natural protegida "Sistema Arrecifal Veracruzano" (SAV). Se localiza a 4.8 Km del puerto de Veracruz. La BMB mide 600m de largo por 5 m de ancho y está orientada de suroeste o noreste; las observaciones fueron efectuadas en primavera de 2006. Se reconocieron *in situ*, a lo largo de la banda, las especies de coral y el número de colonias presentes. Estas observaciones generales indican que en la laguna arrecifal se presenta una baja cobertura de corales pétreos y un alto porcentaje de colonias, presentan tejido muerto e invasiones de tapetes algales.

En la porción suroeste de la banda, en un área de 16 m², se determinaron *in situ* y midieron colonias de corales scleractinios de las que se reconocieron seis especies: *Colpophillia natans* (Houttuyn, 1772), *Diploria strigosa* (Dana, 1848), *Montastrea annularis* (Ellis y Solander, 1786), *Acropora palmata* (Lamarck, 1816), *Siderastrea radians* (Pallas, 1766) y *Diploria clivosa* (Ellis y Solander, 1786). Siendo estas dos últimas especies las más abundantes.

Se considera que la permanencia de esas especies de coral en un arrecife con problemas ambientales es debido a que *Siderastrea radians* es una especie con estrategia de vida tipo *r* (oportunista) y es altamente resistente a la sedimentación y *Diploria clivosa* con estrategia de vida tipo *k* (conservador), es una especie altamente resistente ante contaminantes, puede soportar la exposición solar directa por periodos cortos, pero es altamente sensible a los efectos de fuerte oleaje.

Abstract

It was determinate the distribution, richness and abundance of scleractinian corals in one Monitoring Band of Biodiversity (BMB) in the reefs platforms like Isla Verde witch is a natural protected area call Veracruz Arrecifal System (SAV) it is located at 4.8 Km from Veracruz port. The monitoring band is 600m large and 5m wide and it has S- NW orientation. The observations were done during the summer in 2006. Along the band were recognized in situ the coral colonies and their species. This general observation reveals that the arrecifal lagoon presents low rates of coral cover and hi percentage of the colonies presents death portions and algal growth over its bodies.

In the SW portion of the band in 16 square meters were recognize and measure the colonies of six scleractinian coral species: *Colpophillia natans* (Houttuyn, 1772), *Diploria strigosa* (Dana, 1848), *Montastrea annularis* (Ellis y Solander, 1786), *Acropora palmata* (Lamarck, 1816), *Siderastrea radians* (Pallas, 1766) and *Diploria clivosa* (Ellis y Solander, 1786). The last two were the most abundant, the permanence of this species within a polluted environment is because: *Siderastrea radians* is a specie with *r* strategy or opportunistic which has a high resistance to the effects of sedimentation, *Diploria clivosa* with *k* strategy o conservative, is a specie highly resistance to pollution and can stand shot times exposure to sun light but it's highly sensitive to the effects of strong waves.

Introducción

Los arrecifes de coral son ecosistemas marinos maduros, muy estables y capaces de sostener una gran diversidad. Una parte importante de un ecosistema coralino está compuesto por los corales que pertenecen al Reino Animal, al grupo de los celenterados, Filo Cnidario, Clase Anthozoa. Los corales son un grupo antiguo, con un registro fósil de más de 50 millones de años (Knowlton 2003). Son animales sésiles que poseen simetría radial, incluyen dos subclases Hexacoralia o Zoantharia y Octocoralia o Alcyonaria; diferentes entre si tanto en origen como en forma y fisiología (Sorokin 1995, Brusca y Brusca 2003). Como los corales blandos o anhermatípicos y los corales duros, mejor conocidos como pétreos o hermatípicos que son constructores de arrecife que forman masivos esqueletos calcáreos de aragonita (Scleractinia y Hexacoralia) (Britton y Morton 1989).

La unidad viviente del coral es el pólipo, sencillo animal que puede ser observado viviendo individualmente o formando colonias, con el cuerpo en forma de saco sus paredes están estructuradas por dos capas celulares que rodean una cavidad gástrica que se abre por medio de una boca que también funciona como ano, circundada de tentáculos (Brusca y Brusca 2003).

Todos los corales hermatípicos presentan simbiosis estrechas con algún tipo de alga conocidas como zooxantelas, las cuales aceleran significativamente el proceso de calcificación (Sorokin 1995) En términos generales un arrecife puede crecer 1.0 mm por año en la escala vertical y alrededor de 8.0 mm anuales en la escala horizontal (Cifuentes *et al.* 1995).

Diversos factores controlan los patrones de distribución de los corales, entre los cuales se pueden mencionar: 1. Gradientes de parámetros de estrés físico: como oleaje, corrientes, mareas, iluminación, turbidez y concentración de nutrientes; 2. Mecanismos de reproducción; 3) Relaciones entre los organismos como es el comensalismo, simbiosis y depredación; 4) Factores estocásticos externos como huracanes, inundaciones, plagas de *Acanthaster* e 5) Influencia antropogénica (Márquez 1996, Britton y Morton 1989).

Los corales se desarrollan con toda su capacidad sólo cuando la temperatura media está comprendida entre los 25 °C y los 30 °C; aunque pueden sobrevivir a temperaturas ligeramente inferiores por cortos periodos de tiempo y a una exposición prolongada a los rayos solares destruye a los corales (Britton y Morton 1989 y Spalding 2001).

Con relación a la sedimentación, debe ser mínima, ya que las partículas de sedimento pueden quedar sobre los pólipos causándoles la muerte al bloquear los canales alimenticios, por lo que son poco comunes en costas con desembocaduras de grandes ríos.

La iluminación, por el contrario, debe ser máxima, ya que las zooxantelas, requieren de luz para llevar a cabo la vital función de la fotosíntesis.

Debe haber corrientes o acción de las olas que muevan el agua por encima del arrecife: los corales se alimentan del plancton que capturan los pólipos con sus tentáculos, y las corrientes de

agua favorecen el aporte de alimentos. Los arrecifes coralinos tienden a adquirir formas y estructuras características debido a la acción continua del oleaje sobre ellos.

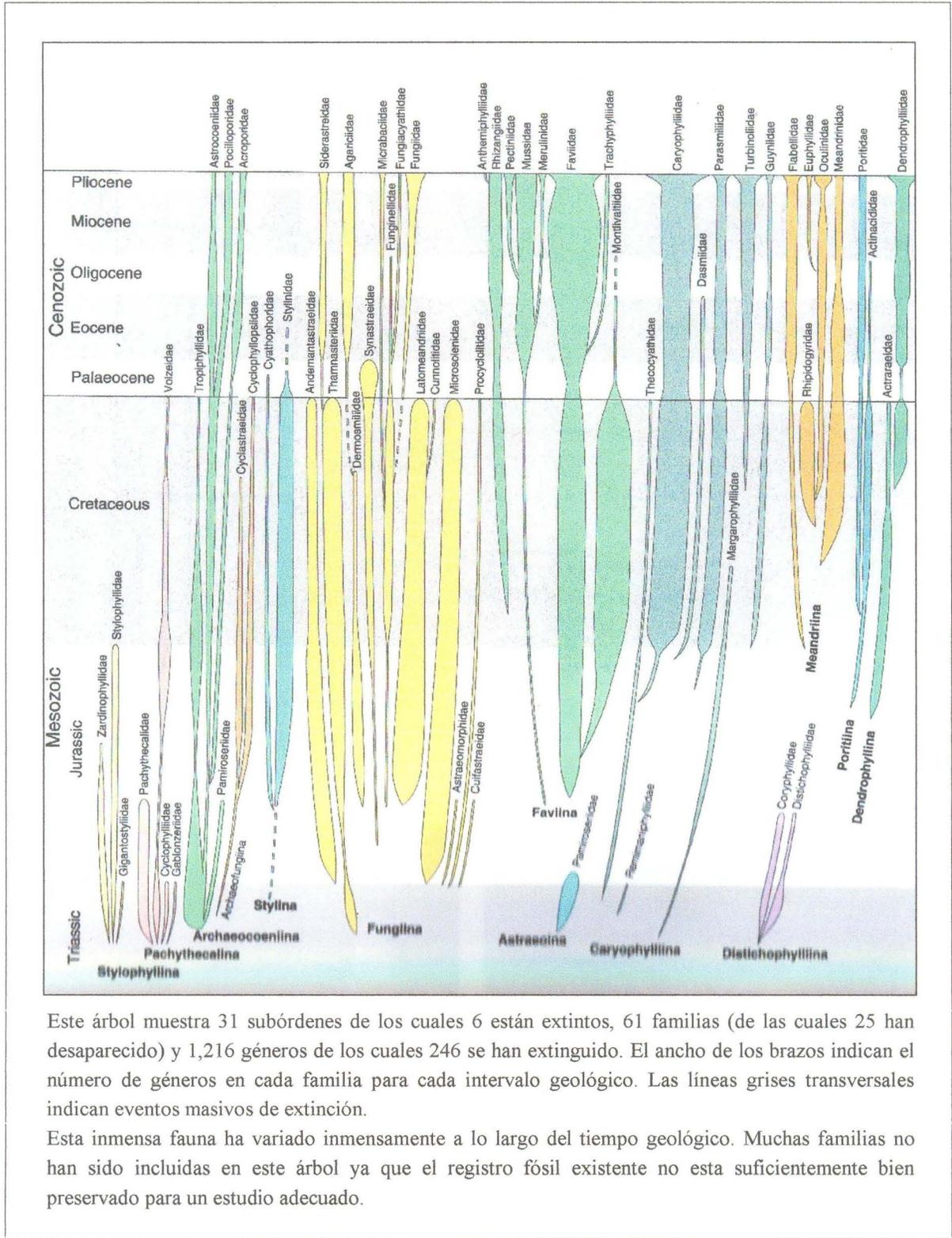
La salinidad ha de ser igual a la del promedio del océano, ya que una disminución mayor de 25 ups alteraría la estructura del arrecife (Cifuentes *et al.* 1987), por lo que están restringidos al ambiente marino y no toleran bajas salinidades.

El centro de diversificación de los corales scleractinios es el Indo-Pacífico (Veron 2000a). De los ancestros coralinos de la era Mesozoica se sabe muy poco ya que no hay ejemplares actuales. El primer organismo que podría clasificarse como scleractinio se conoce de fósiles del Paleozoico hace 570 millones de años (ma). Existe un abundante y complejo registro fósil de corales scleractinios que datan del Triásico temprano (205-250 ma) (Figura 1). Los primeros ancestros claros de scleractinios son del Triásico medio (220 ma) representado por 7 ó 9 subórdenes; estos eran pequeños y solitarios organismos que se desarrollaron en las aguas poco profundas. Durante el Triásico medio y tardío, los corales se dispersaron y sus fósiles se encuentran actualmente en la franja ecuatorial del océano conocido como Panthalasa; hubo un intervalo de 20- 25 ma entre los primeros corales del triásico y la subsiguiente dispersión de los arrecifes de coral.

La gran proliferación de arrecifes coralinos en el Jurásico, hace 154 ma, se relaciona con la abertura del mar Pacífico en este periodo se originaron dos de los mayores grupos de corales, Fungiina y Faviina. Fungiina dominó durante gran parte del Jurásico y hasta la gran extinción del Cretácico. El grupo Faviina esta bien definido desde entonces y se ha mantenido prácticamente sin cambios a lo largo de 150 ma; sin embargo en la gran extinción del cretácico sólo sobrevivieron 6 de los 16 géneros que había (Spalding 2001). Durante 12 millones de años después de la extinción del cretácico solo se registraron 13 nuevos géneros, al final de este periodo se presentaron grandes fluctuaciones en el nivel del mar (Veron 2000a).

De la Era Cenozoica se conocen bien, por el registro fósil, las ramas principales, pero muchas de ellas están extintas actualmente.

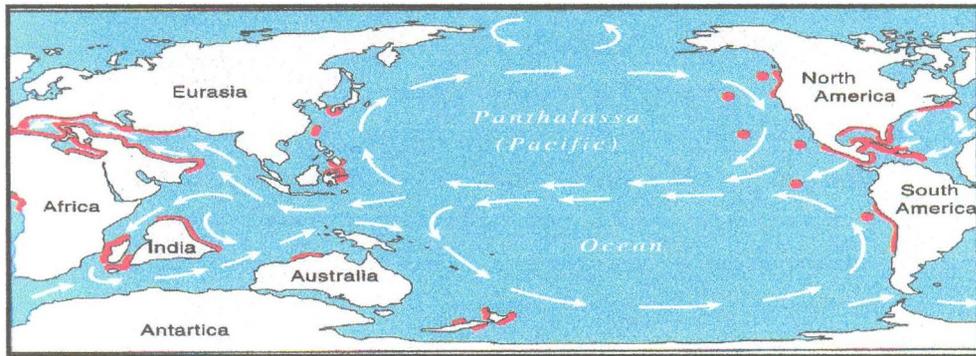
La historia evolutiva de los corales modernos ha ocurrido en tres episodios geológicos: Paleoceno (hace 67 a 24 ma), cuando los pocos sobrevivientes de la extinción del Cretácico proliferaron (Figura 2a); el Mioceno (hace 24 a 5.2 ma) cuando emerge el istmo de Panamá y se separan por completo las historias evolutivas del Atlántico y el Indo-Pacífico (Figura 2b); y por último en el Plio-Pleistoceno (hace 5.2 a 1.8 ma) donde ocurrieron las últimas glaciaciones (Figura 2c). Estos tres episodios juntos suman 125 millones de años y el final de cada uno de ellos coincide con un aumento en la temperatura global (Hughes 1983 y Veron 2000a).



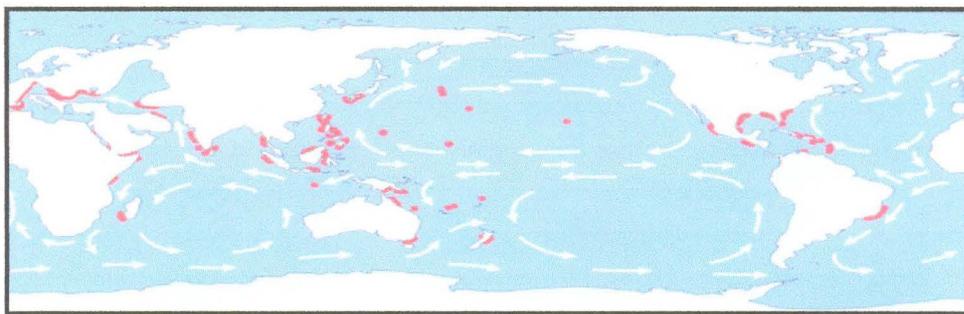
Este árbol muestra 31 subórdenes de los cuales 6 están extintos, 61 familias (de las cuales 25 han desaparecido) y 1,216 géneros de los cuales 246 se han extinguido. El ancho de los brazos indican el número de géneros en cada familia para cada intervalo geológico. Las líneas grises transversales indican eventos masivos de extinción.

Esta inmensa fauna ha variado inmensamente a lo largo del tiempo geológico. Muchas familias no han sido incluidas en este árbol ya que el registro fósil existente no está suficientemente bien preservado para un estudio adecuado.

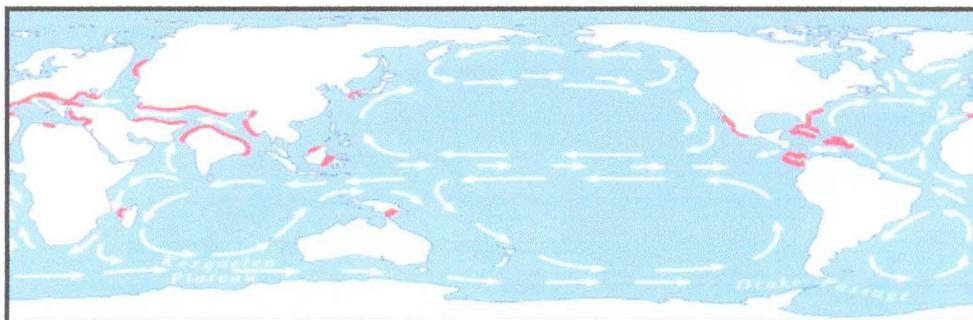
Figura1. Árbol genealógico de los corales scleractinios (tomado de Veron 2000 a).



2a. Paleoceno (hace 67 a 24 ma) proliferan los pocos sobrevivientes de la extinción del Cretácico.



2b. Mioceno (hace 24 a 5.2 ma) emerge el istmo de Panamá y se separan el Atlántico y el Indo-Pacífico.



2c. Plio-Pleistoceno (hace 5.1 a 1.8 ma) ocurrieron las últimas glaciaciones.

Figura 2. Distribución de corales en tres episodios geológicos (tomado de Veron 2000a). Se esquematiza en rojo la distribución de los corales en tres episodios geológicos las flechas blancas indican la dirección de las corrientes oceánicas.

Existen en la actualidad aproximadamente 2500 especies de corales que tienen la facultad de depositar carbonato de calcio (Cifuentes *et al.* 1995).

Las principales funciones de los ecosistemas coralinos son la sedimentación y acreción de carbonatos. Este es uno de los procesos bioquímicos más importantes sobre la Tierra (Capurro 1998), la producción anual en los arrecifes modernos es de 2.5×10^9 toneladas (Sorokin 1995) parte de esa producción es canalizada a aumentar el tamaño del arrecife lo cual contribuye a proteger las playas de la erosión y contra el embate de huracanes.

En la zona de muestreo sólo se encontraron individuos de: *Siderastrea radians* (familia Siderastridae, es el único scleractinio que habita tanto en arrecifes del Atlántico como en el Indo- Pacífico (Sorokin 1995) (Figura 3). *Colpophyllia natans*, *Diploria strigosa*, *Diploria clivosa*, *Montastrea annularis* (familia Faviidae) y *Acropora palmata* (familia Acroporidae). Esta última familia es la más importante de constructores de coral y su distribución mundial se muestra en la Figura 4.

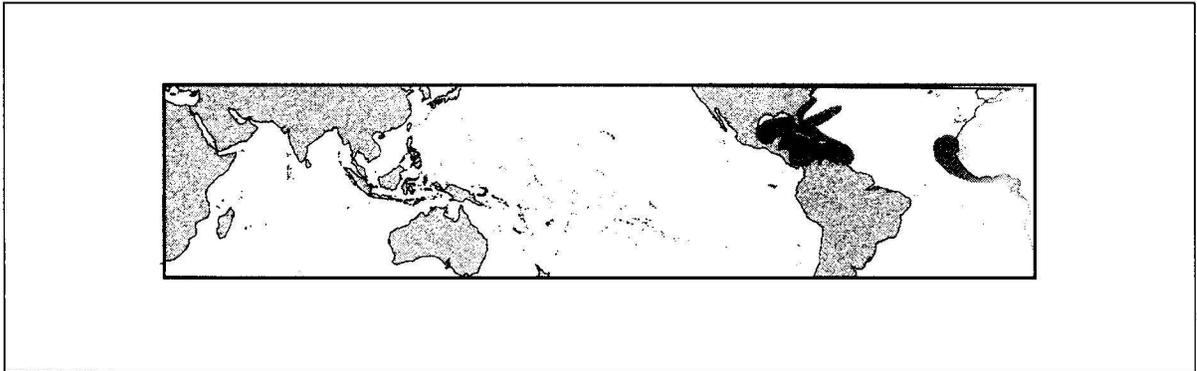


Figura 3. Distribución mundial de *Siderastrea radians* (tomado de Veron 2000b).

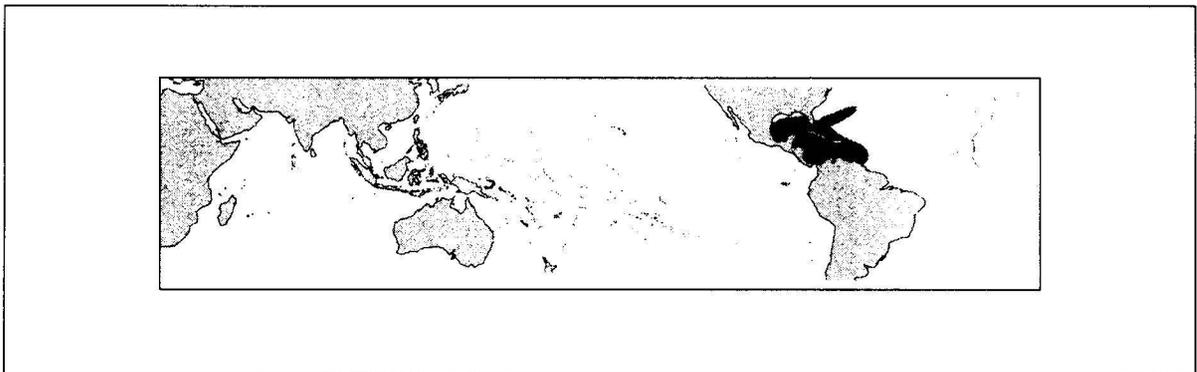


Figura 4. Distribución mundial de *Colpophyllia natans*, *Diploria clivosa*, *Diploria strigosa*, *Montastrea annularis* y *Acropora palmata* (tomado de Veron 2000b).

En cuanto a los tipos de reproducción (Tabla 1), los corales pueden ser vivíparos con fecundación interna u, ovovivípara con fecundación externa, en ambos tipos de reproducción puede ocurrir que los sexos estén localizados en el mismo individuo, hermafroditas, o en organismos separados, dioicos. Sin embargo, cabe mencionar que una cosa es el tipo de reproducción y otra muy distinta son sus estrategias de vida.

Tabla 1. Tipos de reproducción sexual en corales (tomado de Sorokin 1995)

Tipo de reproducción	Estatus sexual	Corales del Atlántico
Vivíparo fecundación interna	Dioico	<i>Siderastrea radians (r)</i>
	Hermafrodita	<i>Porites asteroides (k)</i> , <i>Favia fragum</i> , <i>Manicia areolata</i> , <i>Agaricia agaricites</i> , <i>Agaricia humilis</i>
Ovovivíparo fecundación externa	Dioico	<i>Dendrogyra cylindrica</i>
	Hermafrodita	<i>Millepora alcornis (r)</i> , <i>Acropora palmata (r)</i> , <i>Acropora cervicornis (r)</i> , <i>Colpophilia natans (k)</i> , <i>Diploria strigosa (k)</i> , <i>Diploria clivosa (k)</i> , <i>Montastrea annularis (k)</i>

En las estrategias reproductivas de los corales hermatípicos scleractinios se pueden distinguir tres tipos; las dos primeras son conocidas como estrategia *r* o *k*, y el tercer grupo, es intermedio entre estos dos.

Las especies que presentan estrategia *r*, se conocen como especies oportunistas; viven en pequeñas o medianas colonias de coral, alcanzan prematuramente la madurez sexual y canalizan gran parte de su energía en la reproducción. Los corales oportunistas pueden sobrevivir a diferentes tipos de estrés como la exposición a la radiación solar, bajas salinidades, sobrecalentamiento, contaminantes, agua turbia y alcalina (Connell 1993). Los corales oportunistas dominantes en el Atlántico oeste son *Acropora cervicornis*, *A. palmata*, *A. prolifera*, *Millepora alcornis* y *Siderastrea radians*.

Al grupo de los corales con estrategias de vida tipo *k* se les conoce como conservadores; estos utilizan la mayor parte de su energía en su propio crecimiento y metabolismo, su crecimiento es casi ilimitado, forman colonias de varios metros de diámetro, pueden vivir por décadas o cientos de años, sus periodos reproductivos son anuales por lo que invierten menos energía en la reproducción. Un ejemplo típico de estrategia tipo *k* la presentan los corales masivos como *Porites* y *Montastrea* (Sorokin 1995).

La habilidad de los animales coloniales para competir con animales solitarios en sistemas con espacio limitado está relacionada con diferencias básicas en la morfología y con los atributos de ciclos de vida de los grupos. La fecundidad es proporcional al volumen de la colonia y es también una función lineal del área de la colonia (espacio ocupado) (Jackson 1977). La fertilización es menos probable si las parejas están muy distantes (Knowlton y Jackson 2004).

Los corales constructores son por lo general clónales es decir, tienen la capacidad de reproducirse sexual y asexualmente (Brusca y Brusca 2003) y muchas formas coloniales constan de numerosos pólipos interconectados. La forma más común de reproducción asexual es la fragmentación.

Los niveles de nutrientes y la producción primaria de plancton modulan el balance entre los grupos clónales y los no clónales; condiciones eutróficas con altos niveles de nutrientes favorecen la existencia de animales solitarios. El incremento de alimento permite una enorme producción de larvas y suprime el crecimiento de fotoautótrofos y mixótrofos como las algas y los corales. Una baja productividad favorece a organismos clónales que no requieren de altos niveles de reclutamiento para mantener las densidades poblacionales (Kohn 1997, Carlton 1999).

La distribución espacial de los taxas de coral en el fondo marino puede tomarse como el reflejo estático de la estructura de ciertas comunidades, ya que esto es el resultado de procesos estocásticos de reclutamiento, crecimiento y supervivencia de los individuos de coral, así como de las relaciones entre poblaciones específicas y de todas estas con el ambiente. Los diferentes tipos de interacciones biológicas, los disturbios físicos y los procesos de dispersión y reclutamiento afectan a pequeña escala los patrones y estructura de los arrecifes de coral (Knowlton y Jackson 1994, 2004).

Antecedentes

Diversos estudios se han realizado sobre los corales del Sistema Arrecifal Veracruzano y específicamente, en el Arrecife de Isla Verde:

Así, Bonilla-Cepeda *et al.* (2005), reportan que el arrecife de Isla Verde presenta una baja cobertura de corales pétreos y un alto porcentaje de tapetes algales; Horta-Puga *et al.* (2005), caracterizaron la comunidad de corales scleractinios en el arrecife en cuanto a composición de especies y área cubierta y reportan que la comunidad de corales scleractinios, está representada por especies de corales hermatípicos de los cuales *Montastraea cavernosa* es la más abundante (35%) seguido de *Colpophyllia natans* (26.7%), *Siderastrea radians* (17%) y *Diploria* spp. (12.3%). La cobertura general por corales vivos es del 17.2%, la que se considera baja. El diámetro máximo promedio por colonia fue de 59cm. El 45.8% de la comunidad coralina presenta mortalidad parcial y cada colonia afectada en promedio pierde un 21.1% de su tejido. El fenómeno de blanqueamiento (parcial + total) tiene una incidencia de 2.8%. El índice de reclutamiento en general es muy bajo 1.2 rec/m². Por lo anterior, concluyen que el SAV es un área arrecifal fuertemente afectada con un alto grado de deterioro ambiental, al menos por lo que se refiere a la comunidad coralina y que además presenta pocas posibilidades de recuperación a corto plazo; Tello-Musi *et al.* (2005), realizaron un estudio sobre la Caracterización y distribución de los paisajes de la planicie arrecifal de Isla Verde en la que describen seis tipos diferentes de paisaje submarino, reconocibles cada uno por el elemento visual dominante (1) el pasto marino *Thalassia testudinum*, (2) las macroalgas bentónicas, (3) los corales scleractinios vivos, (4) corales scleractinios muertos, (5) los erizos de mar *Echinometra* spp. (6) el fondo arenoso desprovisto de fauna y flora.

Antecedentes

Diversos estudios se han realizado sobre los corales del Sistema Arrecifal Veracruzano y específicamente, en el Arrecife de Isla Verde:

Así, Bonilla-Cepeda *et al.* (2005), reportan que el arrecife de Isla Verde presenta una baja cobertura de corales pétreos y un alto porcentaje de tapetes algales; Horta-Puga *et al.* (2005), caracterizaron la comunidad de corales scleractinios en el arrecife en cuanto a composición de especies y área cubierta y reportan que la comunidad de corales scleractinios, está representada por especies de corales hermatípicos de los cuales *Montastraea cavernosa* es la más abundante (35%) seguido de *Colpophyllia natans* (26.7%), *Siderastrea radians* (17%) y *Diploria* spp. (12.3%). La cobertura general por corales vivos es del 17.2%, la que se considera baja. El diámetro máximo promedio por colonia fue de 59cm. El 45.8% de la comunidad coralina presenta mortalidad parcial y cada colonia afectada en promedio pierde un 21.1% de su tejido. El fenómeno de blanqueamiento (parcial + total) tiene una incidencia de 2.8%. El índice de reclutamiento en general es muy bajo 1.2 rec/m². Por lo anterior, concluyen que el SAV es un área arrecifal fuertemente afectada con un alto grado de deterioro ambiental, al menos por lo que se refiere a la comunidad coralina y que además presenta pocas posibilidades de recuperación a corto plazo; Tello-Musi *et al.* (2005), realizaron un estudio sobre la Caracterización y distribución de los paisajes de la planicie arrecifal de Isla Verde en la que describen seis tipos diferentes de paisaje submarino, reconocibles cada uno por el elemento visual dominante (1) el pasto marino *Thalassia testudinum*, (2) las macroalgas bentónicas, (3) los corales scleractinios vivos, (4) corales scleractinios muertos, (5) los erizos de mar *Echinometra* spp. (6) el fondo arenoso desprovisto de fauna y flora.

En lo que respecta a los sistemas arrecifales Vargas-Hernández *et al.* (2006) reportan para el SAV dieciséis especies coralinas registradas, de las cuales *Siderastrea radians* fue la más abundante, seguida de *S. siderea*, *Diploria clivosa* y *D. strigosa*.

Objetivos

Objetivo general:

- Determinar la riqueza, abundancia y tamaño actual de corales scleractinios en una Banda de Monitoreo de la Biodiversidad (BMB) en el arrecife de Isla Verde, Veracruz, México.

Objetivos particulares:

- Determinar la riqueza y abundancia de las especies de coral a lo largo de la BMB, así como el área ocupada por algas calcáreas sobre las colonias en el suroeste de la BMB.
- Determinar el área actual de aquellas colonias de coral que han sido invadidas por algas calcáreas en el suroeste de la BMB.

Área de estudio

El arrecife de Isla Verde forma parte del Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV), el cual consta de 23 arrecifes que en su mayoría son de tipo plataforma (Carricart-Ganivet 1994). Estos arrecifes se consideran como el sistema más extenso en el Golfo de México (Tello-Musi *et al.* 2005) y se localizan aledaños al Puerto de Veracruz y al poblado de Antón Lizardo (Figura 5).

El arrecife de Isla Verde se localiza, tomando como referencia al faro de la isla, en los 19° 12' 08" N y los 96° 04' 07" W a 4.8 Km del Puerto de Veracruz (Hernández-Aguilera *et al.* 2005), en él se distinguen cuatro zonas geomorfológicas: planicie arrecifal, cresta arrecifal, talud de barlovento y talud de sotavento. La planicie arrecifal es una meseta plana en la parte superior limitada en su crecimiento vertical por el régimen de mareas, con profundidades someras (1-1.6 m) (Vargas Hernández *et al.* 2006) tiene un área de 55ha con una porción emergida en la parte sur de 2.6 ha (Tello-Hernández 2000).

Desde el sur de la Laguna Madre en Tamaulipas, al norte de México y hasta el límite con Veracruz incluyendo Tampico y Cabo Rojo, el clima es tropical subhúmedo con precipitaciones anuales de 160 cm o más durante el periodo de lluvias que dura de junio a octubre; la temporada de secas abarca de noviembre a mayo (Britton y Morton 1989) la temperatura media anual es superior a los 18 °C. Los vientos predominantes de abril a septiembre provienen del norte, de octubre a marzo predominan los vientos del este por lo que el máximo desarrollo arrecifal ocurre entre los meses de junio y julio cuando las condiciones ambientales son mas favorables.

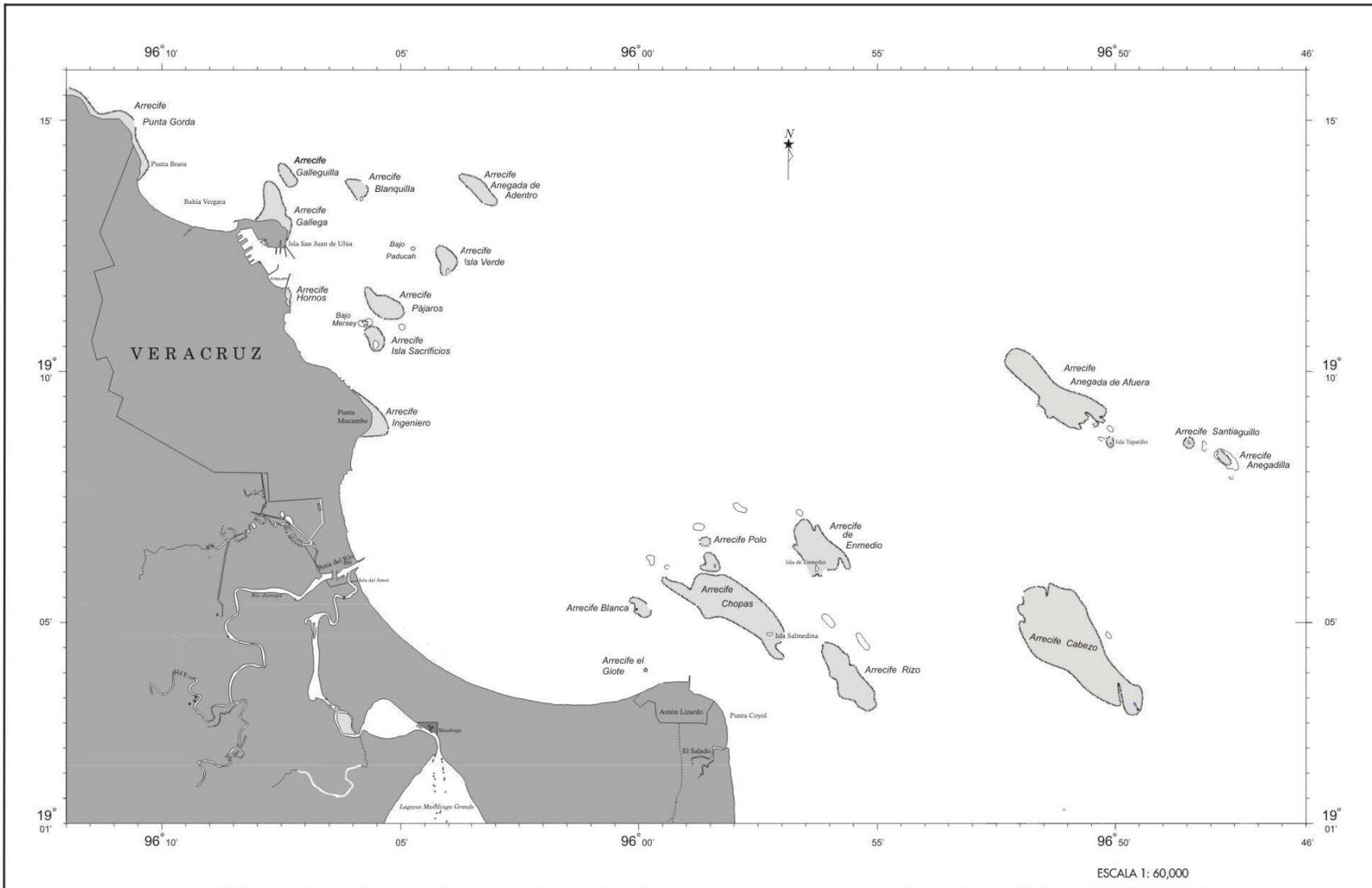


Figura 5. Toponimia y distribución de los arrecifes que conforman el SAV

Actualmente, en el SAV las condiciones ambientales son poco propicias para el desarrollo arrecifal debido a tres factores principales: 1) Se localiza frente al puerto de Veracruz, 2) está influenciado por los ríos La Antigua, Jamapa- Atoyac y Papaloapan mismos que en la época de lluvia aportan gran cantidad de sedimentos lo cual disminuye la penetración de la luz solar (Spalding *et. al.* 2001) y 3) en invierno los frentes fríos del norte ocasionan una baja en la temperatura del agua la cual llega a descender hasta los 16 °C (Carricart-Ganivet *et. al.* 1994) también el impacto sobre el ecosistema es muy alto debido a las actividades humanas tales como la sobrepesca, la contaminación, el turismo irrestricto, el desarrollo urbano e industrial y el tráfico marítimo, entre otras (Tello-Musi, *et al.* 2005).

El SAV se ha desarrollado sobre restos bioclásticos calcáreos de material coralino que datan del Pleistoceno y es producto del descenso en el nivel del mar, debido a la última glaciación (Barba-Santos 1998).

Material y método

Se determinaron la riqueza, abundancia y distribución de las especies de corales en una Banda de Monitoreo de la Biodiversidad (BMB). La banda midió 600m de largo por cinco metros de ancho y estuvo orientada de suroeste a noreste, para fines prácticos se dividió en cinco zonas; las observaciones fueron realizadas en primavera de 2006. Además en la zona suroeste, al inicio de la banda, se muestrearon 16 m². Se utilizó un cuadrante de pvc de 1 m² en el que se contabilizaron las colonias de corales duros; se utilizó un flexómetro con el que se midió el diámetro y la altura máximas para calcular el área que cada colonia ocupa en el cuadrante y se midió el área ocupada por algas calcáreas sobre la superficie de los corales.

En cada cuadrante se midió la profundidad y la temperatura del agua. Para el levantamiento del muestreo se utilizaron tablas de reconocimiento con foto que incluían las especies de corales reportadas para la zona. Para anotar los datos se utilizaron tablas de acrílico, una para cada cuadro, anotando la profundidad, la temperatura del agua y las especies encontradas con sus respectivas mediciones de diámetro y altura máxima.

Resultados

Por la distribución de las colonias sobre la BMB y el sustrato base, la banda fue dividida de suroeste a noreste en cinco zonas (Figura 6).

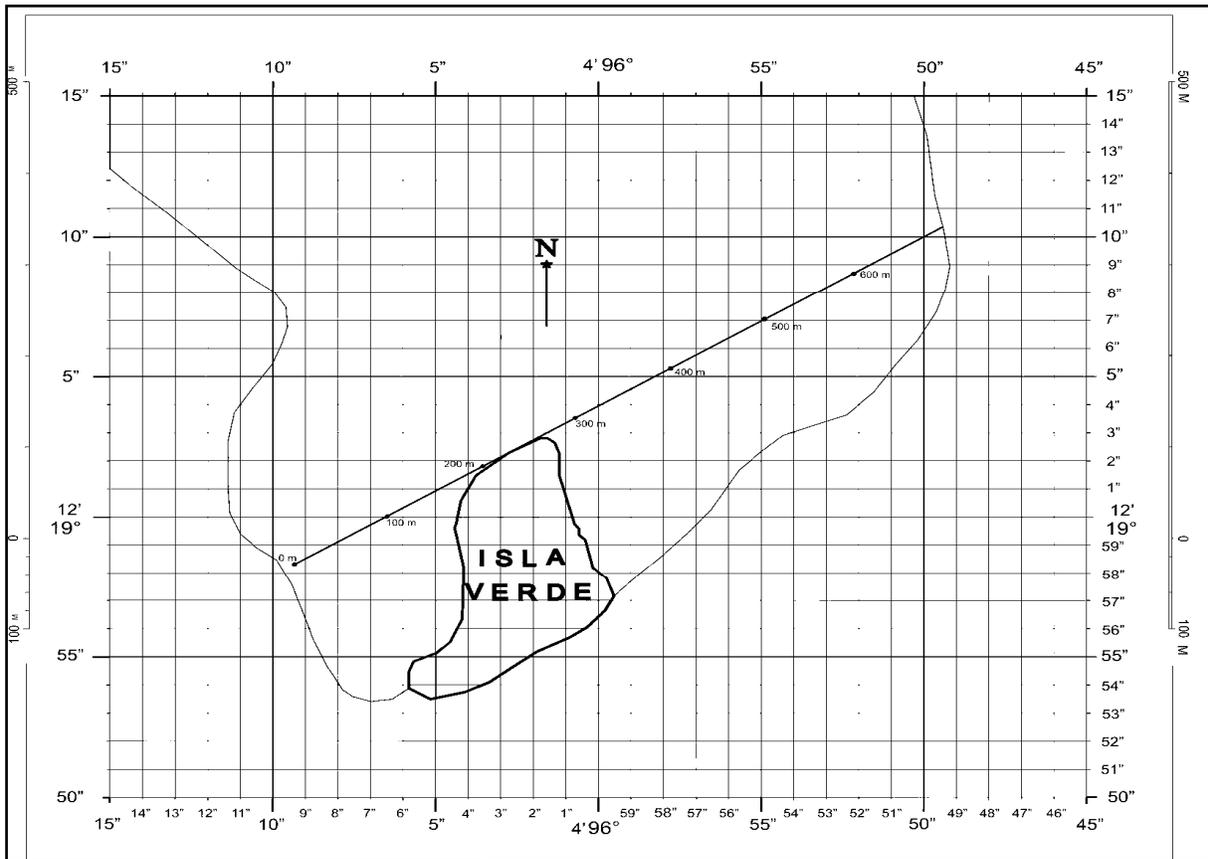


Figura 6.- Banda de Monitoreo de la Biodiversidad en la laguna del arrecife de Isla Verde (tomado de Hernández-Aguilera *et. al.* 2005).

La primera, de los 0 a los 150 m de su longitud, es la que presenta la mayor cobertura coralina y esta dominada por las colonias de *Diploria clivosa* y *Siderastrea radians*, seguidas de *Diploria strigosa* y *Colpophyllia natans* y en mucho menor grado *Montastrea annularis* y *Acropora palmata*. En esta zona, también se localizaron colonias de poco diámetro del gorgonaceo *Erythropodium caribaeorum* ocupando pequeñas zonas en la base de los corales duros.

La segunda, de los 150 a los 270 m se caracteriza por la dominancia de pastos marinos (principalmente *Thalassia testudinum*) y macro algas, con superficies areno-limosas cubiertas por cascajo de coral muerto. Entre los pastos marinos se localizan, a intervalos, pocas colonias recientes o reclutas de *Siderastrea radians*.

En la tercera, de los 270 a los 390 m se presentan esqueletos de coral, sobre los cuales hay crecimiento de reclutas y algunas colonias recientes, diversas colonias de *Porites porites* presentan muerte reciente; otras especies como es el caso de *Siderastrea radians*, *Porites asteroides*, *Diploria strigosa* y *Diploria clivosa* presentan tejido vivo y un amplio porcentaje de tejido muerto.

La cuarta, de los 390 a los 470 m es sustentada principalmente sobre bancos de arena con pastos marinos y claros de arena-limo con pedazos de coral muerto y ninguna colonia viva de corales.

La quinta zona, de los 470 a los 600 m y hasta la cresta arrecifal noreste, es dominada por colonias de *Siderastrea radians*, seguidas de colonias de *Porites porites*, *Porites divaricata*, *Porites asteroides* y tan sólo una colonia de *Diploria strigosa* de talla pequeña. Varias de las colonias presentan en su totalidad, muerte reciente o tienen más del 50% de su superficie muerta.

A lo largo de la Banda de Monitoreo de la Biodiversidad fueron determinadas *in situ* once especies de corales, diez de la subclase Hexacorallia y una de la subclase Alcyonaria (Tabla 2).

En lo que respecta a las observaciones a detalle realizadas en la primera zona de la banda, con 16 m², se determinaron y analizaron un total de 87 colonias que pertenecen a seis especies de las cuales cuatro son de la familia Faviidae: *Diploria strigosa*, *Diploria clivosa*, *Colpophilia natans* y *Montastrea annularis*; una de la familia Siderastreiidae: *Siderastrea radians* y una de la familia Acroporidae, *Acropora palmata*. También se muestrearon dos cuadrantes fuera de la banda uno que parte del metro cero hacia el norte indicado con las iniciales CT= Cuadrante testigo; las colonias localizadas en este cuadrante no se incluyeron en el análisis de datos, pero se utilizó para tener una referencia de la distribución de las especies encontradas muy cerca de la banda pero no sobre ella, este cuadro presentó siete colonias de *Diploria clivosa*, una de *Diploria strigosa* y tres de *Colpophilia natans*. El otro cuadro con las iniciales PE Punto emergido corresponde a una colonia masiva de *Diploria clivosa* que sobresale claramente de la superficie del agua y que sirve como punto de referencia para ubicar la BMB y tiene una superficie de coral vivo de 0.6 m² (Tabla 3). La temperatura del agua durante las observaciones fue de 18 °C.

Tabla 2. Lista de especies de corales en la banda de monitoreo de la biodiversidad sobre el Arrecife de Isla Verde, Veracruz, México.

<p>Reino Animalia</p> <p>Phylum Cnidaria (Hatschek, 1888)</p> <p>Clase Anthozoa (Ehrenberg, 1834)</p> <p>Subclase Hexacorallia</p> <p>Orden Scleractinia (Bourne, 1900)</p> <p>Suborden Astrocoeniina (Vaughan y Wells, 1943)</p> <p>Familia Acroporidae (Verrill, 1902)</p> <p>Género <i>Acropora</i> (Oken, 1815)</p> <p>1. <i>Acropora palmata</i> (Lamarck, 1816)</p> <p>Suborden Faviina (Vaughan y Wells, 1943)</p> <p>Familia Faviidae (Gregory, 1900)</p> <p>Género <i>Colpophyllia</i> (Milne-Edwards y Haime, 1848)</p> <p>2. <i>Colpophyllia natans</i> (Houttuyn, 1772)</p> <p>Género <i>Diploria</i> (Milne-Edwards y Haime, 1848)</p> <p>3. <i>Diploria clivosa</i> (Ellis y Solander, 1786)</p> <p>4. <i>Diploria strigosa</i> (Dana, 1846)</p> <p>Género <i>Montastraea</i> (Blainville, 1830)</p> <p>5. <i>Montastraea annularis</i> (Ellis y Solander, 1786)</p> <p>Suborden Fungiina (Verrill, 1865)</p> <p>Familia Poritidae (Gray, 1842)</p> <p>Género <i>Porites</i> (Link, 1807)</p> <p>6. <i>Porites astreoides</i> (Lamarck, 1816)</p> <p>7. <i>Porites divaricata</i> (Lesueur, 1821)</p> <p>8. <i>Porites porites</i> (Pallas, 1766)</p> <p>Familia Siderastreidae (Vaughan y Wells, 1943)</p> <p>Género <i>Siderastrea</i> (Blainville, 1830)</p> <p>9. <i>Siderastrea radians</i> (Pallas, 1766)</p> <p>10. <i>Siderastrea siderea</i> (Ellis y Solander, 1786)</p> <p>Subclase Alcyonaria</p> <p>Orden Gorgonacea</p> <p>Suborden Scleraxonia (Studer, 1887)</p> <p>Familia Anthothelidae (Broch, 1916)</p> <p>Género <i>Erythropodium</i></p> <p>11. <i>Erythropodium caribaeorum</i> (Duchas y Michelotti, 1860)</p>

Especies de coral	C 1 0-1 m	C 2 1-2 M	C 3 2-3 m	C 4 3-4 m	C 5 4-5m	C 6 5-6 m	C 7 6-7 m	C 8 7-8 m	C 9 8-9 m	C 10 9-10 m	C 11 10-11 m	C 12 11-12 m	C 13 12-13 m	C 14 13-14 m	C 15 14-15 m	C 16 15-16 m	Total cm2	Total m2	N	C 17 CT	C 18 PE	
<i>Siderastrea radians</i>				2	56	63	60	42	36	12	12	21	210	48	63	32	2332	0.23	38			
					195	30		35	12	12	270		120	80	3							
					150	42			8	15			40		30							
					35				96	110			6		3							
					90					110			8									
										70			105									
<i>Diploria clivosa</i>	1200			1184	6072	2088	560	144	3240	2250	2912	150				400	41050	4.11	31	90	6000	
	1600			513	1368		2912	2280	1860			1200				112				120		
	195						2597	2520	42							598				2240		
							200		176							672				462		
							399									1470				315		
																76				80		
																60				72		
<i>Diploria strigosa</i>	180	800			1596			1809	4800				3150		12	102	15929	1.59	10	224		
								2280	1200													
<i>Colpophyllia natans</i>			300			3360		96				3920	1710				12926	1.29	6	36		
						3540														72		
																				55		
<i>Acropora palmata</i>		98															98	0.01	1			
<i>Montastrea annularis</i>		80															80	0.01	1			
																	Σ	72415	7.24	87	3766	6000

Tabla 3. Ubicación, número de colonias y área en cm^2 de cada colonia de coral. Las iniciales N= Número de colonias localizadas. C= Número de cuadro sobre la BMB, iniciando del 0-1m. CT significa Cuadrante Testigo se ubica lateralmente al inicio de la banda. PE significa punto emergido, que es una colonia de *Diploria clivosa* cuya porción de esqueleto sobresale claramente del agua y que representa un punto de referencia para ubicar la BMB. Las colonias marcadas en negrita son aquellas que presentan invasión de algas.

Un amplio porcentaje de las colonias coralinas presentó invasión de macro-algas sobre su superficie (Tabla 4), invasión que en ocasiones formaban tapetes, impidiendo la recolonización de pólipos en la superficie de esa zona. Las observaciones indican que las dos colonias de *Colpophyllia natans* ubicadas en el cuadrante seis (entre los 5 y 6 m) presentaron el 64.82% y el 33.89% de su superficie cubierta por algas, con un promedio del 48.96%, seguida por *Siderastrea radians* con cuatro colonias invadidas en un porcentaje floral del 39.49% de las superficies. *Diploria clivosa*, fue la especie que presentó la mayor cantidad de colonias invadidas (seis colonias), con un porcentaje global del 34.02%. De las cuatro especies que tuvieron invasión de algas, *Diploria strigosa* presentó en los 16 m², sólo tres colonias invadidas que cubren el 19.60% de su superficie.

En total las algas ganan a los corales 0.82 m² lo que representa el 12.84% de la superficie total coralina. *Colpophyllia natans* es la especie que mayor proporción de tejido muerto presenta y que ha sido invadido por el crecimiento de algas sobre su esqueleto, las algas cubren el 25.75% de su cobertura coralina total. Las colonias de *Acropora palmata* y *Montastrea annularis* no presentaron invasión por algas (Figura 7).

La especie más abundante con 38 colonias y un área cubierta de 0.21 m² de tejido vivo, fue *Siderastrea radians* seguida de *Diploria clivosa*, representada por 31 colonias, y un área total de tejido vivo de 3.74 m², posteriormente *Diploria strigosa* presentó diez colonias con una cobertura de 1.49 m², seguida de *Colpophyllia natans*, con seis colonias y una cobertura de 0.96 m². Una pequeña colonia de *Acropora palmata* que por lo general no se encuentra en la laguna arrecifal, fue ubicada en el cuadrante número 2 (localizado entre el metro 1 y 2) de la BMB, midió 98 cm² (0.01 m²). *Montastrea annularis* representada por tan solo una colonia ocupa un área total de 0.01 m² y se encontró también en el segundo cuadrante. (Figura 8 y Tabla 5).

El porcentaje de cobertura coralina fue del 40.12%. Considerando esta cobertura coralina como el cien por ciento del área ocupada por corales, la especie que más contribuye en la cobertura coralina es *Diploria clivosa* con el 58.35% de cobertura coralina y una cobertura promedio por cuadrante de 23.39 cm². *Diploria strigosa* ocupa el 23.24% del área y presenta un tamaño promedio por cuadrante de 9.45 cm². *Colpophyllia natans* ocupa el 14.82% del área muestreada y un promedio por cuadrante de 5.96 cm². Aunque *Siderastrea radians* fue la especie más abundante tan sólo ocupa el 3.33% de la superficie coralina total y presentó un tamaño promedio por cuadrante de 1.34 cm² (Tabla 6). En la Figura 9 se muestra el porcentaje de cobertura coralina viva por especie en los primeros 16 m² de la BMB y en la Figura 10 se muestra la relación entre el número de colonias de coral y el porcentaje de cobertura coralina viva por especie.

Especies	C7				C9				C10				C11				Superficie total cm ²	Superficie invadida por algas cm ²	Superficie total de coral vivo cm ²	% cobertura algal
	Superficie total cm ²	Superficie invadida por algas cm ²	Superficie total de coral vivo cm ²	% cobertura algal	Superficie total cm ²	Superficie invadida por algas cm ²	Superficie total de coral vivo cm ²	% cobertura algal	Superficie total cm ²	Superficie invadida por algas cm ²	Superficie total de coral vivo cm ²	% cobertura algal	Superficie total cm ²	Superficie invadida por algas cm ²	Superficie total de coral vivo cm ²	% cobertura algal				
<i>Diploria clivosa</i>	560	190	370	33.9286	3240	2880	360	88.89	2250	1025	1225	45.56	2912	72	2840	2.473	14471	4923	9748	34.02
	2912	166	2746	5.70055																
	2597	390	2207	15.0173																
<i>Diploria strigosa</i>	C5				C8				C10								8676	1701	6975	19.606
	1596	675	921	42.2932	2280	520	1760	22.81	4800	506	4294	10.54								
<i>Siderastrea radians</i>	C5								C10								471	186	285	39.49
	56	2	54	3.57143					110	24	86	21.82								
	195	90	105	46.1538					110	70	40	63.64								
<i>Colpophyllia natans</i>	C6																6900	3378	3522	48.957
	3360	2178	1182	64.8214																
	3540	1200	2340	33.8983																

Tabla 4. Colonias coralinas que presentan en su superficie invasión por algas. C= Cuadrante donde se ubican las colonias.

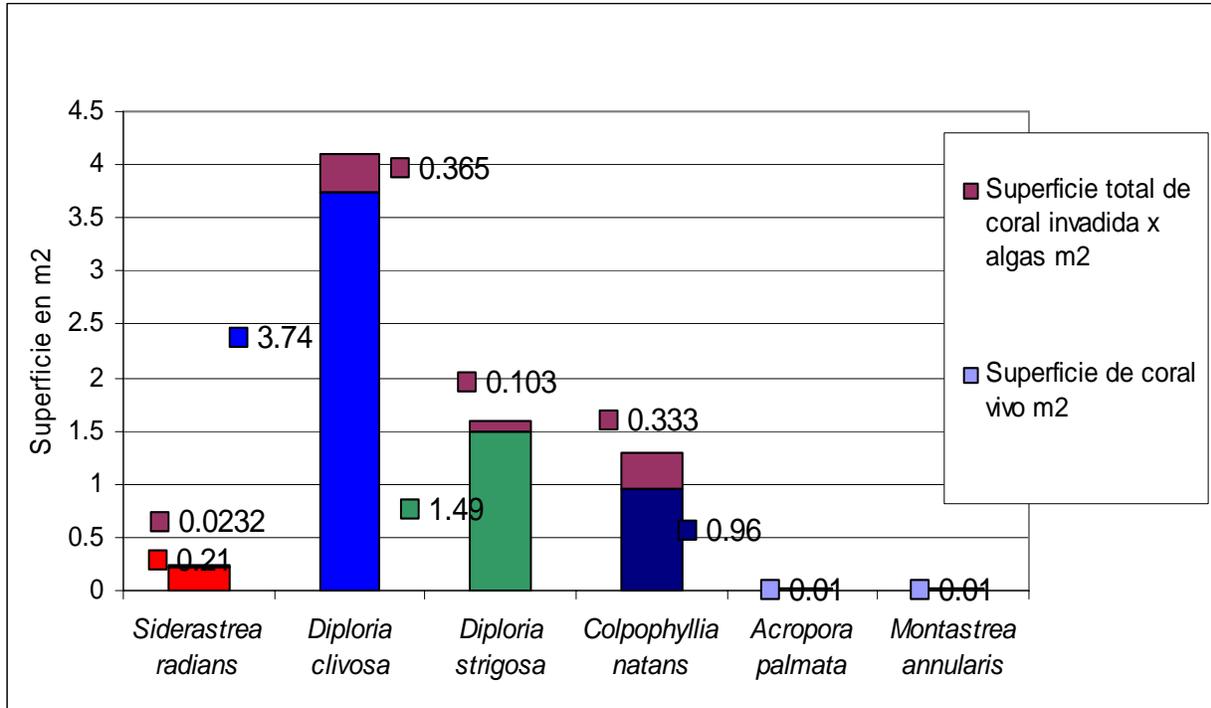


Figura 7. Relación entre la cobertura coralina y la superficie ocupada por algas calcáreas en cada especie de coral.

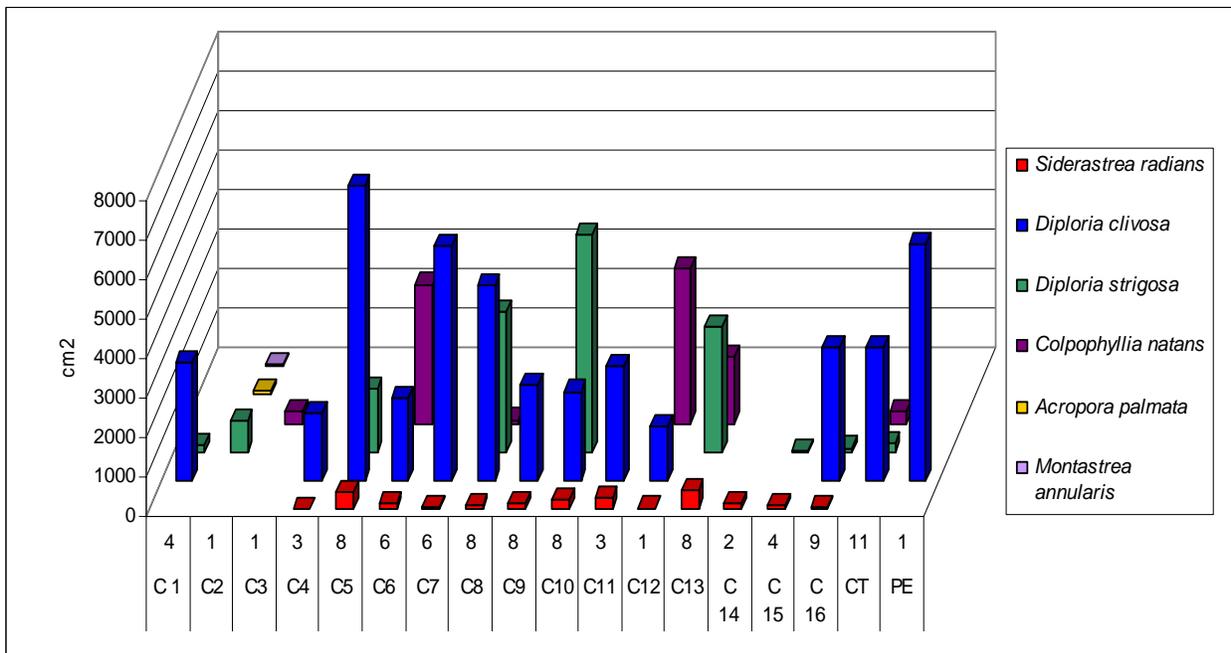


Figura 8. Superficie por especie de coral y número de colonias en cada cuadrante a lo largo de la BMB.

Cuadrantes	C 1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C 14	C 15	C 16	CT	PE	Total cm ²	Total m ²	% cobertura coralina	Tamaño promedio por cuadrante m ²	N
	0-1 m	1-2 m	2-3 m	3-4 m	4-5 m	5-6 m	6-7 m	7-8 m	8-9 m	9-10 m	10-11 m	11-12 m	12-13 m	13-14 m	14-15 m	15-16 m							
<i>Siderastrea radians</i>				2	434	135	60	77	152	235	282	21	489	128	99	32			2146	0.21	3.33111	1.34125	38
<i>Diploria clivosa</i>	2995			1697	7440	2088	5922	4944	2438	2250	2912	1350				3388	3379	6000	37424	3.74	58.0911	23.39	31
<i>Diploria strigosa</i>	180	800			1596			3569		5494			3150		12	102	224		15127	1.51	23.4807	9.454375	10
<i>Colpophyllia natans</i>			300			3622		96				3920	1710				290		9548	0.95	14.8208	5.9675	6
<i>Acropora palmata</i>		98																	98	0.01	0.15212	0.06125	1
<i>Montastrea annularis</i>		80																	80	0.01	0.12418	0.05	1
Sup.coralina x cuadrante cm2	3175	978	300	1699	9470	5745	5982	8686	2590	7979	3194	5291	5349	128	111	3522	3893	6000	64423	6.44	100	40.26438	87
% cobertura coralina x cuadrante	31.75	9.8	3	17	94.7	57.5	59.82	86.9	25.9	79.79	31.9	52.91	53.5	1.3	1.1	35.2	38.9	60	Total área muestreada		16		

Tabla 5. Superficie total de coral vivo por especie en cada cuadrante a lo largo de la BMB. Incluye: área en cm² y m², % de cobertura coralina, Promedio de área por cuadrante y N= número de colonias.

	Superficie total de la colonia m ²	Superficie de coral vivo m ²	Superficie total de coral invadida x algas m ²	% Cobertura algal	% Cobertura coralina viva por especie	Promedio por cuadrante	N
<i>Siderastrea radians</i>	0.2332	0.21	0.0232	9.948542024	3.27	1.34	38
<i>Diploria clivosa</i>	4.105	3.74	0.365	8.891595615	58.35	23.39	31
<i>Diploria strigosa</i>	1.593	1.49	0.103	6.465787822	23.24	9.45	10
<i>Colpophyllia natans</i>	1.293	0.96	0.333	25.75406032	14.82	5.96	6
<i>Acropora palmata</i>	0.01	0.01	No presentan invasión por algas		0.16	0.06	1
<i>Montastrea annularis</i>	0.01	0.01			0.16	0.05	1
Σ	7.2442	6.42	0.8242	12.83800623	100	40.25	87

Total de área muestreada 16 m²

40.125

Tabla 6. Relación entre las superficies de las seis especies de coral que presentan tejido vivo e invasión de algas en los primeros 16 m² de la Banda de Monitoreo de la Biodiversidad en la laguna del arrecife Isla Verde.

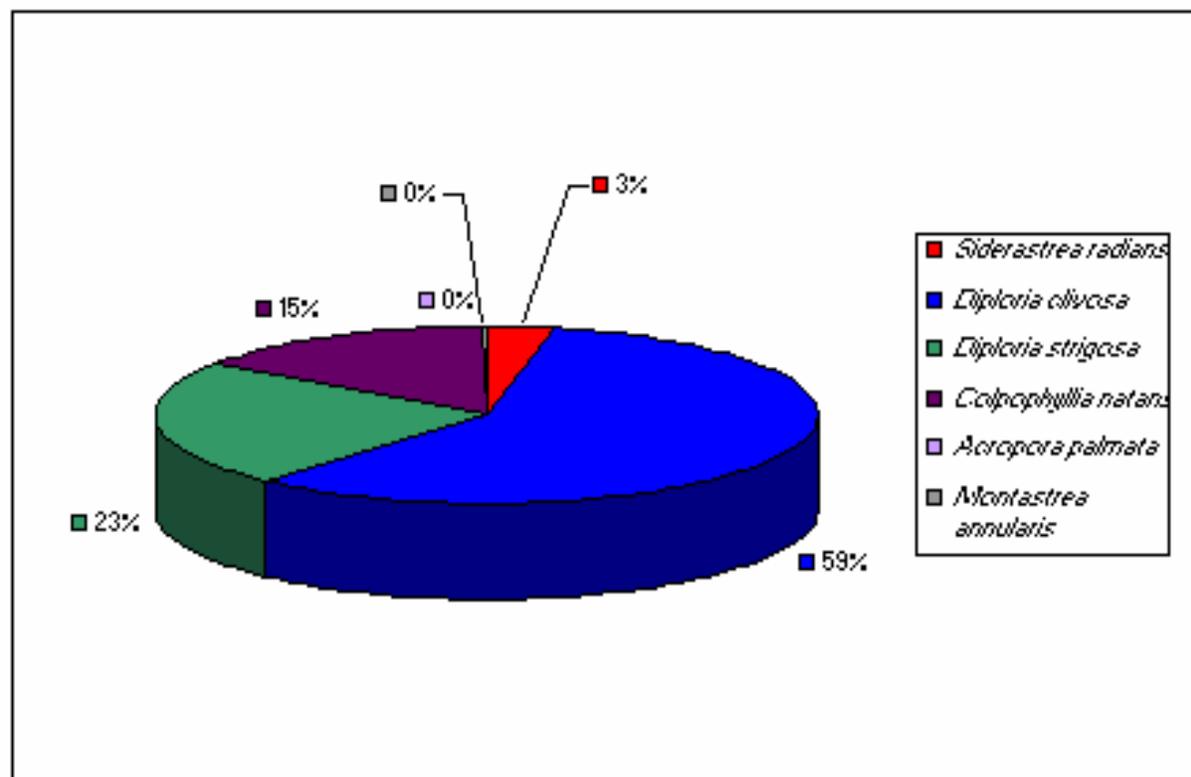


Figura 9. Porcentaje de cobertura coralina viva por especie de coral en los primeros 16 m² de la BMB.

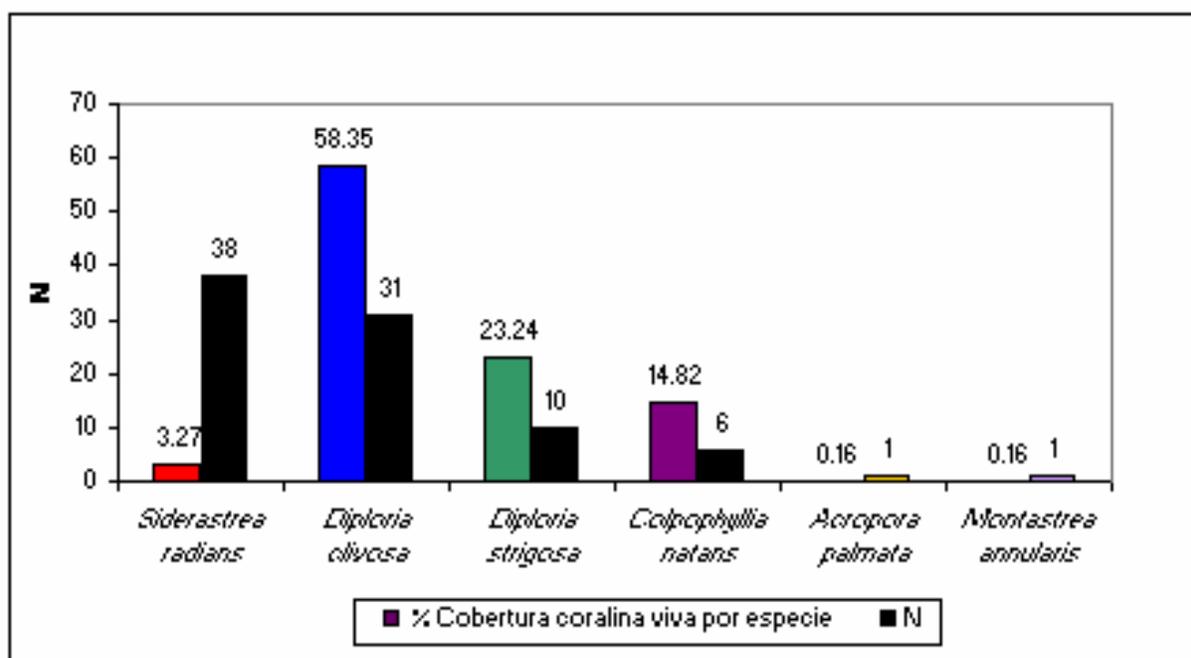


Figura 10. Relación entre el número de colonias de coral y el porcentaje de cobertura coralina viva por especie.

Discusión y conclusiones

Actualmente la comunidad de corales en la laguna arrecifal de Isla Verde esta dominada por dos especies de coral *Siderastrea radians* y *Diploria clivosa*, que concuerdan con un reporte de 1989 (Bravo- Ruíz y Camacho- Ruíz 1989).

El tipo de reproducción sexual en los corales indica en este caso una relación directa con su estrategia de vida y la existencia de las colonias observadas en la planicie del arrecife de Isla Verde.

Siderastrea radians es una especie oportunista con estrategia de vida tipo *r*, dioico, con los sexos separados, vivíparo (con fecundación interna) y no participan en los eventos masivos de liberación de gametos pero liberan sus larvas durante el ciclo lunar (Knowlton y Jackson 2004). Las crías de este tipo de corales son liberadas al medio con algas simbióticas provistas por la madre lo que le permite, por un lado, alimentarse, aún en vida libre, de los productos de desecho de la fotosíntesis y por otro lado le confiere la capacidad de establecerse lejos de la madre lo cual garantiza bajos niveles de autofecundación; además, está especie posee una gran resistencia a la sedimentación por lo que es capaz de colonizar sustrato arenoso, esto disminuye la competencia ínter específica con otros organismos sésiles por sustrato duro al cual fijarse. Estas características reproductivas además de su habilidad para propagarse vegetativamente proveen a los corales con estrategia de vida tipo *r* buenas posibilidades para sobrevivir en ambientes estresados en los cuales suelen dominar.

Colpophyllia natans, *Diploria strigosa*, *Diploria clivosa* y *Montastrea annularis* (familia *Faviidae*) por su ciclo de vida y estrategia reproductiva, canalizan su energía en el crecimiento masivo como se observa en el muestreo realizado.

En el cuadrante testigo (CT) que se encuentra colindante con el cuadrante 1 se encontraron siete colonias de *Diploria clivosa*, una colonia de *Diploria strigosa* y tres colonias de *Colpophylla Natans*. En este cuadrante se encontró la colonia más pequeña de *Colpophylla Natans*. Goreu y Hayes (1981) mencionan que las plánulas de algunas especies prefieren asentarse juntas en un punto, lo cual probablemente incrementa las oportunidades de sobrevivencia, algunas veces esta agregación de larvas reclutas se forma por plánulas de diferentes especies del mismo género como se encontró en esta zona.

Diploria clivosa es una especie resistente al embate de huracanes, soporta la exposición solar directa por periodos cortos, bajas salinidades, sobrecalentamiento, contaminantes, agua turbia y alcalina.

Algunas colonias de coral presentaron porciones de su tejido invadido por algas de crecimiento tipo tapete del género *Jania*, estas algas compiten por espacio con los corales y siendo estas de crecimiento más rápido pueden con el tiempo cubrir por completo las colonias de coral y matarlos, a menos que, estos posean mecanismos para defenderse contra estos competidores y un ambiente propicio para establecerse.

El porcentaje de cobertura coralina en esta área es de 40.26% superior a lo que reportan Horta-Puga *et al.* (2005) de 17%, lo cual refleja cambios drásticos en los patrones de zonación aún entre áreas muy cercanas, considerando lo que mencionan estos autores de que cada colonia afectada en promedio pierde un 21.1% de su tejido al año, en su competencia contra las algas, la comunidad de corales en verdad se encuentra en serios problemas y lentamente va cediendo paso a una mayor dominancia de algas calcáreas que al desarrollo de una comunidad coralina diversa.

Las especies de *Acropora palmata* y *Montastrea anularis* representadas por tan solo un individuo, no presentaron ninguna alga asociada, esto puede deberse en el primer caso al alto contenido de nematocistos de esta especie que le confiere un efectivo sistema de defensa ante otros competidores o depredadores y en ambos casos, al reducido número de estas especies no nos permite comprender mejor su relación con algas.

Acropora palmata es una especie capaz de explotar gran variedad de ambientes ya que puede maximizar su tasa de crecimiento, con lo cual aumenta su área de exposición solar y la habilidad para capturar plancton; al mismo tiempo es capaz de minimizar la cantidad de material necesario para su crecimiento (Veron 2000a).

La planicie arrecifal de Isla Verde es una zona de alta sedimentación con baja cobertura coralina y donde las algas aparentemente tienden a ser más abundantes que los corales.

El mayor problema que presenta la sedimentación es la reducción potencial de espacio disponible para el establecimiento de nuevos pólipos de coral. Los corales cubiertos por sedimentos que no logran liberarse de él, mueren a los 3- 4 días.

Conforme la superficie de coral muere, esta es cubierta por algas que atrapan sedimento formando un manto algal, sobre el cual los corales no pueden establecerse ya que el rápido crecimiento de estas algas puede cubrir rápidamente la superficie de los nuevos pólipos.

La superficie de área descubierta de organismos representada básicamente por roca y arena es un espacio que los organismos de coral pueden colonizar, sin embargo, el área disponible es un recurso valioso para todos los organismos sésiles y sólo podrán establecerse aquellos que consigan un sitio favorable y que posean mecanismos de defensa contra competidores, predadores y a los efectos de la sedimentación.

El patrón de dispersión de las especies responde aun patrón agregado, esto significa que es muy poco frecuente encontrar organismos de manera aislada colonizando áreas totalmente descubiertas de flora y o fauna. Esto responde a características muy peculiares que cada organismo tiene para competir por un sustrato duro al cual fijarse y formar una nueva colonia o para resistir los embates del ambiente físico.

Los corales precisan de condiciones ambientales muy específicas y el arrecife Isla Verde es un sistema en general poco propicio para el desarrollo arrecifal. Los ríos Antigua, Jamapa-Atoyac y Papaloapan desembocan cerca del Puerto de Veracruz lo cual disminuye la salinidad de agua y en época de lluvia aportan gran cantidad de sedimentos lo cual disminuye la

penetración de la luz solar. Los vientos provenientes del norte en la temporada de invierno pueden disminuir la temperatura del agua hasta los 18° C, muy por debajo de la temperatura óptima necesaria para su crecimiento.

También es una zona de intenso desarrollo urbano e industrial, tráfico marítimo, turismo y pesca que propician condiciones eutróficas con altos niveles de nutrientes lo cual favorecen la existencia de animales solitarios, como *Siderastrea*.

Dentro de los muchos factores que pueden dañar a los corales, puede mencionarse la acción de las olas, descenso en la salinidad del agua, sedimentación, exposición solar, sobrecalentamiento en marea baja. Algunas veces estos factores alcanzan niveles catastróficos, al causar mortalidades masivas entre corales. Muchas veces estos eventos están íntimamente relacionados al paso de huracanes, los cuales han sido un factor importante a lo largo de la evolución de los arrecifes. Las olas provocadas por huracanes, con vientos entre 100 y 250 Km/h, pueden alcanzar los 10 m de altura en mar abierto y de 3 m sobre la laguna, con fuerza tal que destroza todas las formas ramificadas, las formas masivas y foliosas son destruidas por el golpeteo de los fragmentos destrozados que se mueven a gran velocidad en el periodo de las olas. Por esto no es raro que las formas ramificadas no se encuentren sobre la zona de la laguna arrecifal en dónde dominan las formas masivas y redondeadas.

Algunos corales sobreviven en parches protegidos de la acción directa de la pedacería en movimiento, estos parches se convierten entonces en centros de rehabilitación de las comunidades coralinas dañadas (Graus *et. al.* 1984). Pero huracanes o ciclones fuertes con vientos de 300 Km/h, como regla, destruyen todos los corales sobre el arrecife, y mueven toneladas de arena, el paso de un huracán puede reconfigurar el aspecto del arrecife, afortunadamente eventos de esta magnitud sólo ocurren una o dos veces cada 100 años (Margos *et. al.* 1973).

El restablecimiento de la comunidad coralina después de eventos catastróficos depende del establecimiento y crecimiento de nuevas plánulas.

En los años de 1982 y 1983, se registró por primera vez en corales la enfermedad de blanqueamiento de coral y mortalidades masivas de scleractinios. La mayoría de los investigadores (Glynn 1982, Goreu 1990) atribuyen este evento al sobrecalentamiento general en los océanos del mundo, que coincidió con el fenómeno de El Niño, la temperatura del agua en la superficie en regiones tropicales aumento de 2 a 3 °C. Tal parece que la temperatura promedio en verano de 20 – 31 °C en los trópicos es la temperatura límite superior en la que los corales pueden crecer. Pueden soportar sólo por periodos cortos aumentos de hasta 34 °C en la temperatura del agua. Periodos prolongados a temperaturas entre los 32 y 33 °C causa tal estrés que los corales comienzan a expulsar las zooxantelas de sus pólipos y a excretar grandes cantidades de moco. El moco estimula el crecimiento microbiano en el agua y sobre la superficie de los corales debilitados, que gradualmente pierden su tejido, este es el fenómeno del blanqueamiento.

Actualmente los sistemas arrecifales sobreviven al límite de estrés físico, pero su calidad periódica les ha permitido no solo sobrevivir sino florecer. El estrés antropogénico es aún más

peligroso para los corales ya que en la mayoría de los casos es permanente y muestra tendencias a seguir aumentando. En condiciones de impacto acumulado físico y antropogénico la inhibición y destrucción de los sistemas arrecifales será irreversible; ya que en la práctica, poner fin al impacto del hombre sobre ellos parece imposible. El impacto por sobrepesca, actividades industriales y recreativas del hombre sobre los corales se ha convertido en el principal factor que amenaza su existencia.

Sin embargo, en el futuro, lo que amenaza los sistemas arrecifales de todo el mundo, es que se espera un aumento en el nivel del mar, debido al afecto invernadero, que está sobrecalentando todo el planeta y derritiendo los polos.

Todo lo anterior somete a los arrecifes de la zona del SAV a mucho estrés e impide se desarrolle un sistema arrecifal complejo.

Obtener datos de la riqueza y abundancia de especies en monitoreos temporales es una medida informativa que puede darnos perspectivas ecológicas interesantes; en algunos casos cambios en la diversidad, en la distribución de abundancias de especies o incremento de dominancia, pueden alertar sobre procesos perturbadores como la contaminación. Al final esta información debe servir para formular hipótesis que nos ayuden a comprender el sistema y nos permitan, con sensibilidad, hacer un manejo adecuado del mundo natural del cual dependemos tan estrechamente.

Las principales aplicaciones de las medidas de diversidad son la conservación y el monitoreo ambiental. En ambos casos la diversidad es sinónimo de calidad ecológica. Las medidas de diversidad se utilizan ampliamente para medir los efectos adversos de la contaminación y el disturbio ecológico. Aunque aún hay muchas disputas de cual es el modelo o índice más sensible como indicador de daño, la imagen general que ha resultado de estos estudios es que ambientes contaminados o muy estresados experimentan un cambio en los patrones de distribución de las especies reflejado en el incremento de dominancia de algunas especies y decremento en la riqueza de otras (Magurran 1998). Las estrategias de conservación mejoran muchísimo si se toma en cuenta información sobre los patrones de abundancia de las especies. Sin embargo, las políticas de uso deben basarse en dos puntos principales: La regulación de las actividades económicas en las áreas de arrecife y, muy especialmente, en explicar a la población local, pescadores y turistas, el estado de daño en que se encuentran estos ecosistemas arrecifales y las posibles causas de la degradación de sus recursos, para que sean ellos los que cuiden de los arrecifes y aprendan a apreciarlos como tesoros de las naciones y de la raza humana. Sin resolver este segundo punto todas las medidas forzadas para legislar, castigar y regular su uso son poco efectivas.

El SAV se decretó Parque Nacional con la intención de preservar su naturaleza y recurso, al proponer zonas para pesca, turismo, y zonas protegidas donde sólo está permitida la investigación. Otras normas que han arrojado resultados positivos en zonas de pesca intensiva es proponer temporadas de veda, tamaños mínimos de captura, prácticas tradicionales de pesca, límites de acceso con lanchas de motor a las zonas arrecifales y límites de captura.

Bythell (1993), Britton y Morton (1989), Capurro (1998) y Sorokin (1995), aseguran que incluir en las políticas de administración pública, de los países en desarrollo, el conocimiento acumulado, por siglos, de los nativos es importantísimo y junto con las estrategias de manejo de los recursos, basados en la teoría ecológica, deben reconocer al hombre, con sus tendencias de desarrollo social, como parte del ecosistema y como el predador dominante.

El propósito de esta tesis fue el contribuir al conocimiento de la composición y estado actual de una pequeña porción de este arrecife y que con el tiempo la información contenida aquí pueda servir para subsecuentes estudios sobre los cambios en los patrones de distribución y crecimiento del arrecife y profundizar en estos mecanismos que serán más claros con una perspectiva temporal más amplia.

Literatura consultada

Barba-Santos, G. 1998. Estructura poblacional de *Diploria* spp. (Cnidaria, Anthozoa, Scleractinia) en la planicie del arrecife Isla Verde, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, campus Iztacala. 88 pp.

Bastida-Zavala, J. R., A. U. Beltrán-Torres., M. A. Gutiérrez-Aguirre. y G. Fuente-Betancourt. 2000. Evaluación rápida de los arrecifes parche de Majagual, Quintana Roo, México. Revista Biología Tropical. 48(1):137-143.

Beltrán-Torres, A. U. y J. P. Carricart-Ganivet. 1999. Lista revisada y clave para los corales pétreos zooxantelados (*Hydrozoa: Milleporina; Anthozoa: Scleractinia*) del Atlántico mexicano. Revista Biología Tropical. 47:4.
<http://rbt.ots.ac.cr/revistas/47-4/beltran.htm#tipoArticulo>

Blanco, R. y A. Ramírez-Arroyo. 2005. Ficoflora arrecifal del golfo de México y caribe mexicano. En: III Congreso Mexicano de Arrecifes Coralinos, Cancún, Quintana Roo, México 29 de Noviembre a Diciembre 1, 2005. Resumen.

Bonilla-Cepeda, L. G., J. M. Vargas-Hernández. y M. Román-Vives. 2005. Escenarios bióticos del Arrecife Isla Verde, Veracruz, México: Modelo virtual 3D. En: III Congreso Mexicano de Arrecifes Coralinos. Cancún, Quintana Roo, México 29 de Noviembre a Diciembre 1, 2005. Resumen.

Bosence, D. W. J. 1991. Coralline Algae: Mineralization, Taxonomy and Paleoecology. Calcareous Algae and Stromatolites. 5:98-113. Springer- Verlag. Berlín.

Britton, C. J. y B. Morton. 1989. Coral Communities of the Western Gulf of Mexico. 11:74-315. En: Shore Ecology of the Gulf of Mexico, University of Texas Press, Austin.

Britton, C. J. y B. Morton. 1989. The western Gulf of Mexico: An Introduction to Shores and Life. 1:3-16. En: Shore Ecology of the Gulf of Mexico; University of Texas Press, Austin.

Brusca, C. R. y J. G. Brusca. 2003. Invertebrates, Sinauer Incorporated. Association, Masachuset. 8:223-225.

Bythell, J. C., E. H. Gladfelter. y M. Bythel. 1993. Chronic and catastrophic natural mortality of three common Caribbean reef corals. Coral Reefs. 12(3):143-152.

Capurro, L. 1998. Los arrecifes coralinos de México: consideraciones sobre su manejo. Revista Avance y Perspectiva. 17:15-22. México.

Carlson, B. C. 1999. The evolution of mating systems in tropical reef corals. Trends in Ecology & Evolution. 14(12):491-494.

Carricart-Ganivet, J. P., M. Horta-Puga., M. A. Ruiz-Zárate. y E. Ruiz-Zárate. 1994. Tasas retrospectivas de crecimiento del coral hermatípico *Montastrea annularis* (Scleractinia: Faviidae) en arrecifes al sur del Golfo de México. Revista de Biología Tropical. 42(3):515-521.

Cifuentes-Lemus, J. L., P. Torres-García, y M. Frías. 1992. El Océano y sus recursos. I. Panorama oceánico Fondo de Cultura Económica. Colección: La ciencia desde México. México. 2:13-171.

Cifuentes-Lemus, J. L., P. Torres-García, y M. Frías. 1986. El Océano y sus recursos. II Las Ciencias del Mar: Oceanografía Geológica y Oceanografía Química. Fondo de Cultura Económica. Colección: La ciencia desde México. México. 12:11-170.

Cifuentes-Lemus, J. L., P. Torres-García, y M. Frías. 1986. El Océano y sus recursos. X. Pesquerías. Fondo de Cultura Económica. Colección: La ciencia desde México. México. 87(9):198-210.

Connell, J. H. 1993. Population ecology of reef- building corals. En: Jones, O. A. y R. Endead (eds.) Biology and Geology of Coral Reefs. Academic Press, Nueva York. 2(1):205-245.

Domínguez-Magallón, M. 1976. Descripción de algunos hidroideos de Isla Verde e Isla Sacrificios en Veracruz, México. Tesis de Licenciatura en Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias. 108pp.

Espejel-Montes, J. J. 1991. Aspectos geológicos y ecológicos de la distribución de los arrecifes coralinos de Antón Lizardo y el Puerto de Veracruz. Golfo de México. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias. 100pp.

Feingold, S. y P. I. Joshua. 1999. Abaco Island, Bahamas. Nova Southeastern University. <http://www.agrra.org/reports/field-abaco.html>

Font, S. 2005 Noviembre. Calcificación de los corales duros. <http://www.bluepolyp.com/2005/noviembre/zoox3/index.html>

Glynn, P. W. 1982. Individual recognition and phenotypic variability in *Acanthaster planci* (Echinodermata: Asteroidea). Coral Reefs. 1:89-94.

González-Arteaga, X. 2000. Reclutamiento y mortalidad parcial de *Acropora palmata* (Cnidaria, Scleractinia) del arrecife Isla Verde, Veracruz, México. Tesis profesional, Universidad Nacional Autónoma de México Escuela Nacional de Estudios Profesionales, campus Iztacala. 1-61p.

Graham, E. L. y L. W. Wilcox. 2000. Red Algae. 16:343-396. Algae. Prentice Hall.

Graus, R. R., I. G. Macintyre. y B. E. Herchenroder. 1984. Computer simulation of the reef zonation at Discovery Bay, Jamaica: Hurricane disruption and long-term physical oceanographic controls. Coral Reefs. 3:59-68.

Guadarrama-Camacho, S., V. C. Engelking., C. García-Souza., A. G. González-Carrillo., L. Guerrero-Aguilera. y V. E. Hernández-Santos. 2005. Estimación del balance metabólico entre *Millepora alcicornis* y sus zooxantelas simbiotes en Isla Verde, Veracruz, México. En: III Congreso Mexicano de Arrecifes Coralinos. Cancún, Quintana Roo, México del 29 de Noviembre a Diciembre 1, 2005. Resumen.

Halffte, G. y C. Moreno. 2005. Significado biológico de las diversidades alfa, beta y gamma; Monografías Tercer Milenio. 4:5-18. Noviembre. España.

Hernández- Aguilera, J. L., R. E. Toral-Almazán, J. A. Ruíz-Nuño. y V. Arenas-Fuentes. 2005. Biodiversidad y estructura de la biota del arrecife Isla Verde, Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano; *En*: XVIII Congreso Nacional de Zoología, Universidad Nacional Autónoma de Nuevo León, 4-7 de octubre de 2005.

Horta-Puga, G., G. Barba-Santos., G. Acosta., X. González-Arteaga., E. Palacios. y E. Tovar. 2005. Evaluación del Sistema Arrecifal Veracruzano. *En*: III Congreso Mexicano de Arrecifes Coralinos. Cancún, Quintana Roo, México 29 de Noviembre a Diciembre 1, 2005. Resumen.

Hughes, R. N. 1983. Evolutionary ecology of colonial reef organisms, with particular reference to corals. *Biological Journal of Limnology Society*. 20:39-58.

Hughes, R. N. 1992. Atlas de los arrecifes coralinos del caribe mexicano. *Reefs*. 11:213-229.

Jackson, J. B. C. 1977. Competition on marine hard substrata: The adaptive significance of solitary and colonial strategies. *The American Naturalist*. 111(980):743-763.

James, N. P. 1984. Carbonate Depositional Environments. *In*: P. A Scholle (ed.). *American Association of Petroleum Geologists. Memor.* 33: 345-440.

Jordan, D. E. 1978. Estructura y composición de arrecifes coralinos en la región noreste de la península de Yucatán, México. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México*. 6(1):69-85.

Kain, M. J. y A. T. Norton. 1990. Biology of the Red Algae. *Marine Ecology*.15:347-422.

Knowlton, N. y J. B. C. Jackson. 1994. New taxonomy and niche partitioning on coral reefs: jack-of-all-trades or master of some? *Trends in Ecology & Evolution*. 9(1):7-159.

Knowlton, N. y J. B. C. Jackson. 2004. The ecology of coral reefs. *Marine Community Ecology*.15:395-422.

Kohn, A. J. 1997. Why are coral reef communities so diverse? *Marine Biodiversity Patterns and Processes*. 9:201-215. R. F. G., Ormond., J. D. Gage., y M. V. Angel (eds.) Cambridge University Press.

Koleff, P. 2005. Conceptos y Medidas de la Diversidad Beta. *Monografías Tercer Milenio*.4:19-40. Noviembre. España.

Littler, M. M., S. D. Littler. y P. R. Taylor. 1983. Evolutionary strategies in a tropical barrier reef system: Functional-form group of marine macroalgae. *Journal of Phycology*. 19:229-237.

Magurran, E. A. 1998. Ecological diversity and its measurement. Cambridge University Press. 6:101-114.

Margos, J. E., B. K. Graham-Baines. y P. J. Beveridge. 1973. Tropical Cyclone Bebe Creates a New Land Formation on Funafuti Atoll 1973. *Science*. 181:1161-1164.

Márquez, G. 1996. Biodiversidad marina: Aproximación con referencia al Caribe. Profesor Asociado Departamento de Biología Facultad de Ciencias e Instituto de Estudios Ambientales. IDEA.

<http://www.idea.unal.edu.co/public/docs/BiodMarina.pdf>

McCook, L. J., J. Jompa. y G. Díaz-Pulido. 2001. Competition between corals and algae in coral reefs: a review of evidence and mechanisms. Coral Reef. 19:400-417.

Morelock, J., K. Boulon. y G. Galler. 2002. Sediment Stress and Coral Reefs. <http://geology.uprm.edu/Morelock/pdfdoc/morlok1.pdf>

Padilla-C, L., M. R. Loreto. y D. Gutiérrez. 2005. Evaluación ecológica en arrecifes coralinos I. Análisis de propiedades comunitarias y poblacionales de scleractinios y macroalgas En: III Congreso Mexicano de Arrecifes Coralinos. Q. Roo, México del 29 de Noviembre a Diciembre 1, 2005. Resumen.

Parrado-García, P. 1997. Los Gorgonáceos. Cuba. 11-16p. http://www.branchingnature.org/octo/Octocorales_Pedro.pdf

Pentecost. A. 1991. Calcification processes in algae and cyanobacteria 1:20. En: Calcareous Algae and Stromatolites. Springer- Verlag .Berlín.

Reyes, A. M. 1975. El Sistema Circulatorio del Planeta Azul. Avance y Perspectiva. México.

<http://cinvestav.mx/publicaciones/avayper/julsep05/sistema.pdf>

Sorokin, I. Y. 1995. Coral Reef Ecology. En: Ecological Studies. Springer, Berlin. Vol. 102.

Spalding, M. D., C. Ravilious y E. P. Green. 2001. En: World Atlas of Coral Reefs. 5:113-116. UNEP-WCMC University of California Press.

Tello-Musi, J. L. 2000. Distribución de biotopos en la zona de la planicie arrecifal de Isla Verde, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México Escuela Nacional de Estudios Profesionales, campus Iztacala. 1-61p.

Tello-Musi, J. L., G. Horta-Puga., y A. Yedid-Hilu. 2005. Caracterización y distribución de los paisajes de la planicie arrecifal de Isla Verde, Veracruz. En: III Congreso Mexicano de Arrecifes Coralinos. Cancún, Quintana Roo, México 29 de Noviembre a Diciembre 1, 2005. Resumen.

The American Society of Limnology and Oceanography Incorporated. 1999. Algal bloom on coral reef: What are the causes? Limnology and Oceanographics. 44(6):1583-1586.

Torres-García., P. y M. Frías. 1987. El Océano y Sus Recursos VI. Bentos y necton. Omega, México. <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/24/htm/oceano4.htm>

Vargas-Hernández, J. M., V., Arenas-Fuentes. y L. J., Ortiz-Martínez. 2005. Bandas de referencia biótica en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. En. III Congreso Mexicano de Arrecifes Coralinos. Cancún, Quintana Roo, México 29 de Noviembre a Diciembre 1, 2005. Resumen.

Veron, J. 2000 a. Corals of the world.1:1-463. Mary Stafford-Smith Scientific Editor and Producer.

Veron, J. 2000 b. Corals of the world.2:1-429.Mary Stafford-Smith Scientific Editor and Producer.

Veron, J. 2000 c. Corals of the world.3:1-489. Mary Stafford-Smith Scientific Editor and Producer.

Woelkerling, W. M. J. 1990. An Introduction 1:1-6. Biology of the Red Algae. Cambridge University Press.

Wulff, J. L. 1984. Sponges mediate coral reef growth and rejuvenation. Coral Reefs. 3:157-163.

Zar, H. J. 1984. Biostatistical Analysis. Prentice Hall. New Jersey. 2:56-97.