

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE  
MEXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

“DISTRIBUCIÓN Y PREVALENCIA DE ENFERMEDADES  
EN CORALES ESCLERACTINIOS HERMATÍPICOS DEL  
SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO”

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
B I O L O G O  
P R E S E N T A:  
A B I G A I L M O R A L E S D I A Z.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

A mis padres

Laura Díaz y Felipe Morales

A mi hermano

Felipe Azael

A mi muño

“cannabis”

A mi presente y mi futuro

Ricardo Román

Porque son la razón de mi vida y lo que mas amo.

Gracias a mis padres y a Dios que sin ellos yo no estaría aquí...

Agradezco a todas las personas que intervinieron en la realización de este proyecto principalmente al Dr. Guillermo Horta Puga por dirigir este trabajo, por su apoyo en el campo, por sus consejos y aprendizaje transmitido. A quienes fungieron como sinodales de esta tesis: Biol. José Luis Tello Musi, Biol. Felipe de Jesús Cruz López, Biol. José Ángel Lara Vázquez y Dr. Ignacio Carlos Winfield Aguilar, por su amistad apoyo y consejos. A los buzos que apoyaron el trabajo de campo, que sin su ayuda no se habrían podido recabar todos los datos.

También quiero agradecer a todas las personas que han estado conmigo desde que inicie mi vida como universitaria. A mis amigas de practicas, fiestas y demás reuniones: Geles, Guada, Caro y Betsa las quiero mucho y gracias por compartir este maravilloso tiempo juntas.

A el maestro Carmelito y a Rosario porque a su lado pase una de las mejores etapas de mi carrera, aprendiendo muchísimo y divirtiéndome como nunca, gracias por toda su confianza y su amor es algo que me llevo como uno de los mejor recuerdos de la universidad.

A mi mamá especialmente que siempre ha estado conmigo y ha velado cada sueño que he tenido, se ha encargado de guiarme y apoyarme en todo momento y por lo tanto siempre ha sido y será la mejor mamá del mundo, gracias por encargarte de mi y de que sea una persona feliz y buena todos estos años.

A mi hermano que pese a las diferencias que tenemos, al final del día se que puedo contar con el, te quiero Wizz gracias por ser el mejor hermano.

A mi tía Lety y a mi prima Ednis que siempre me han seguido en todas mis locuras desde acompañarme a Quintana Roo a bucear hasta andar atrapando insectos y recolectando plantitas y algas en el lago, gracias por estar siempre al pendiente de mi y gracias por esas noches de café y charla que nunca se terminaban.

A Luis y Ana mis mejores amigos que siempre y pase lo que pase han estado conmigo apoyándome en los peores momentos de mi vida y celebrando en

grande los mejores, los quiero muchísimo gracias por ser parte de mi vida y nunca dejarme sola.

Y por último y más importante quiero agradecer al hombre que comparte su vida con la mía: Ricardo. Nunca pensé encontrar en mi camino alguien tan especial como tu. Gracias por escucharme cuando más lo necesito, cuidarme en todo momento, apoyarme en mis decisiones, aconsejarme cuando no se que hacer, secar mis lagrimas cuando no paran, ayudarme en mis tareas mas difíciles y sobre todo por acompañarme en este camino llamado vida que a veces es difícil pero a tu lado es más sencillo pues caminas a mi lado y sostienes mi mano cuando siento que voy a caer. Tu ayuda a sido vital estos últimos meses eres el motor que me impulsa a ser cada día mejor, de aquí en adelante con mucha inteligencia, paciencia, amor y la ayuda de Dios nuestras vidas se irán completando. Te amo corazón.

## Índice

	Pág.
1. Resumen.	1
2. Introducción.	3
2.1 Enfermedades Coralinas.	5
2.2 Problemática.	10
3. Antecedentes.	13
4. Hipótesis.	18
5. Objetivos.	18
6. Área de estudio.	19
7. Metodología.	22
7.1 Trabajo de Campo.	22
7.2 Trabajo de Laboratorio.	24
8. Resultados.	26
8.1 Individuos Enfermos.	26
8.2 Enfermedades y su Prevalencia.	30
8.3 Porcentaje de Tejido con Síntomas de Enfermedad.	34

9. Discusión.	37
9.1 Individuos Enfermos.	37
9.2 Enfermedades y su Prevalencia.	42
9.3 Porcentaje de Tejido con Síntomas de Enfermedad.	45
10. Conclusiones.	46
11. Apéndice fotográfica.	48
12. Bibliografía citada.	56

## 1. Resumen

Los arrecifes de coral son ecosistemas marinos que se desarrollan como estructuras rígidas en mares tropicales, están compuestos principalmente por el conglomerado de esqueletos de  $\text{CaCO}_3$  (Goreau, 1979), son importantes ya que albergar gran cantidad de especies y procesos, por lo que es importante protegerlos, la degradación de los arrecifes de coral por causas naturales y antropogénicas es reconocida como un problema a nivel mundial (Brown 1987). La muerte extensiva de los corales pétreos y otros organismos ha sido observada en muchos arrecifes, particularmente durante las dos últimas décadas (Wilkinson, 2000); existen varias causas por las que un arrecife se encuentre en peligro, una de ellas son las enfermedades coralinas, por lo cual son necesarios estudios que evalúen su estado de salud.

En el presente estudio fueron examinados un total de 10 arrecifes del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, 5 pertenecientes al grupo Norte y 5 al grupo Sur; mediante el protocolo de Evaluación Rápida de Arrecifes del Golfo y Atlántico, para determinar la distribución y prevalencia de enfermedades en los corales escleractinios hermatípicos. Como resultados se obtuvo que el arrecife Hornos presentó el mayor porcentaje de individuos enfermos; la estación que se encontró más afectada a causa de las enfermedades fue la Planicie Arrecifal después encontramos a el Talud de Sotavento y por último a el Talud de Barlovento; en 11 especies de las encontradas en el Sistema Arrecifal Veracruzano fueron detectadas al menos una enfermedad; en el Grupo Norte se registro el porcentaje más alto de individuos enfermos en comparación con el Grupo Sur. El porcentaje promedio de individuos enfermos en el Sistema Arrecifal Veracruzano fue de 4.4%, mientras que el de tejido con síntomas de enfermedad fue de 17.5%.

Con base en esto se concluye que el arrecife Hornos, las planicies arrecifales y la especie *Siderastrea radians* se encuentran mayormente afectadas por las enfermedades coralinas; el Grupo Norte se encuentra más afectado que el Grupo Sur y en general el Sistema Arrecifal Veracruzano presenta un porcentaje bajo de individuos enfermos en comparación con otros arrecifes del Caribe. Pero no debemos olvidar que la determinación de la presencia de

enfermedades en los corales por sí sola no es un buen indicador de la condición de los arrecifes; pues la presencia de enfermedades en los individuos de una población es algo natural y no siempre significa un declive en el estado de salud de la comunidad.

## 2. Introducción.

Los arrecifes de coral son ecosistemas marinos que se desarrollan como estructuras rígidas en mares tropicales, están compuestos principalmente por el conglomerado de esqueletos de  $\text{CaCO}_3$  secretados, en gran proporción, por corales escleractinios, algas calcáreas y por otros organismos (Goreau, 1979).

Los arrecifes de coral ofrecen uno de los escenarios más bellos y espectaculares que la naturaleza brinda a la contemplación del hombre y albergan una riqueza biológica impresionante.

Un arrecife de coral se forma cuando cada pólipo de coral pétreo secreta un esqueleto de carbonato de calcio. Aunque los pólipos de la mayoría de los corales pétreos son muy pequeños, una colonia entera puede llegar a ser muy grande y pesar varias toneladas (Barnes, 1987; Sumich, 1996). Las colonias en los arrecifes de coral exhiben formas diferentes, y el patrón de crecimiento de los corales escleractinios es específico de cada especie, mientras que la localización geográfica y otros factores ambientales que los rodean alteran su forma y crecimiento (Barnes y Hughes, 1999, Lalli y Parsons, 1995).

Los arrecifes de coral se restringen a una distribución geográfica específica ya que la simbiosis alga coral necesita condiciones ambientales limitadas y consistentes para producir el carbonato de calcio necesario para la formación del arrecife. La formación de grandes arrecifes, solo ocurre donde la temperatura se encuentra entre los 23 - 29 °C, la mayoría requieren de una salinidad en un intervalo de 32 a 42 ups y las aguas en las que se desarrollan deben permitir la penetración de la luz; por lo que los arrecifes de coral se encuentran ubicados en aguas tropicales y subtropicales (Lalli y Parsons, 1995). Otro factor que también afecta la diversidad de corales constructores de arrecifes es el océano en el que estén localizados. En la región del Indo-Pacífico se conocen al menos 500 especies de corales constructores de arrecifes en comparación con el Atlántico en el cual hay aproximadamente 62 especies (Veron, 2000).

Ya que los arrecifes de coral son ecosistemas importantes por albergar gran cantidad de especies y procesos, es importante protegerlos; la degradación de los arrecifes de coral por causas naturales y antropogénicas es reconocida

como un problema a nivel mundial (Brown, 1987). La muerte extensiva de los corales pétreos y otros organismos ha sido observada en muchos arrecifes, particularmente durante las dos últimas décadas, incluyendo áreas localizadas cerca del desarrollo humano, pero también en arrecifes remotos y aislados (Wilkinson, 2000).

Hay varios parámetros que determinan el estado de un arrecife de coral, como la mortalidad parcial o el promedio de corales vivos (Garzón-Ferreira y Pinzón, 1999), sin embargo, estudios recientes han demostrado que no solo estos parámetros son buenos en la determinación del estado de los arrecifes, sino que también hay que tomar en cuenta a las algas, la depredación, y por supuesto, las enfermedades (Green y Bruckner, 2000). Generalmente, la información acerca de la degradación de los arrecifes y de los agentes causales de ésta, no es muy completa ya que falta ampliarla con ayuda de otros parámetros que nos faciliten el conocimiento del estado de salud de los arrecifes. Actualmente existen estudios detallados acerca de la prevalencia de enfermedades coralinas en pocas regiones y para pocas enfermedades, por lo cual son necesarios más estudios que evalúen el estado de salud de los arrecifes y la incidencia de las enfermedades (Bruckner, 2002).

La enfermedad puede ser definida como cualquier deterioro en las funciones vitales del cuerpo, sistemas u órganos (Peters, 1997); las enfermedades en los corales ocurren por infección o por microorganismos como las bacterias los hongos y los virus. Factores como el incremento de temperatura en las aguas, sedimentación excesiva o contaminación pueden ocasionar respuestas ecofisiológicas en los corales una de ellas es el blanqueamiento, el cual no es considerado una enfermedad, sin embargo, algunos autores lo consideran como tal. Las investigaciones acerca de la naturaleza de las enfermedades coralinas son relativamente recientes, comenzaron con la aparición de los primeros reportes descriptivos de tejido coralino degradado en corales constructores de arrecifes (escleractinios) durante los años 70s. En estos estudios iniciales fueron reconocidos dos patrones particulares de enfermedad los cuales fueron identificados por la marcada diferencia entre el tejido sano y el tejido enfermo o por una banda distintiva, ambas se movían a través de

las colonias coralinas hasta destruir completamente el tejido (Richardson, 1998).

## 2.1 Enfermedades Coralinas

**Enfermedad de la Banda Negra.** A principios de los años 70's Arnfried Antonius reportó haber encontrado bandas discretas de color negro sobre la superficie de algunas especies de corales escleractinios en arrecifes del oeste del Mar Caribe. La banda aparentaba consumir el tejido vivo del coral y a su paso por la superficie de la colonia quedaba el esqueleto desnudo. La velocidad del movimiento de la banda era de unos cuantos milímetros por día. Por lo tanto un coral del tamaño de una pelota podía perder todo su tejido en unos cuantos meses. Entonces la enfermedad se conoció como enfermedad de la banda negra (Antonius, 1981), pues se caracteriza por una banda negra de algunos centímetros o milímetros de ancho. El resto del tejido coralino se encuentra normal en cuanto al color, morfología y conducta. Se identificó a los componente de la banda negra como *Phormidium corallyticum* incluyendo la cianobacteria *Spirulina* (Rützler y Santavy, 1983). Experimentos recientes indican que los compuestos orgánicos desprendidos por la muerte de las células del coral aparentemente proveen de comida a los microorganismos del consorcio (Carlton y Richardson, 1995). Los corales saludables pueden infectarse con la enfermedad de la banda negra cuando se les pone en contacto con una colonia infectada, pero las colonias lastimadas son más susceptibles. La incidencia y prevalencia de la enfermedad de la banda negra se incrementa cuando los corales se encuentran estresados por sedimentación, exceso de nutrientes, químicos tóxicos y por aguas con temperaturas mas altas de lo normal. Por ejemplo el avance de la enfermedad de la banda negra en los corales se hace más lento o desaparece la banda durante el invierno en los Cayos de Florida, mientras que en verano se incrementa su prevalencia y su velocidad de avance (Kuta y Richardson, 1996). La enfermedad de la banda negra ha sido reportada en arrecifes de todo el mundo, a través del Caribe, Indo-Pacífico y el Mar Rojo (Antonius 1985).

**Enfermedad de la Banda Blanca.** La enfermedad fue descubierta por Bill Gladfelter en colonias de coral cuerno de alce y cuerno de ciervo en las Islas Virgenes. En estos corales se distinguía una banda blanca con esqueleto desnudo, por lo que se le llamo a esta enfermedad, de la banda blanca (Antonius 1981). Los daños de esta enfermedad pueden verse a simple vista, tejido pelado con esqueleto desnudo y pequeños restos de tejido sobre el esqueleto expuesto. La velocidad de perdida de tejido es de varios milímetros por día. El esqueleto desnudo es eventualmente colonizado por algas filamentosas; la banda blanca de esqueleto desnudo puede ser de unos 5 a 10 centímetros de ancho (Aronson y Precht, 2001). Una variación de la enfermedad de la banda blanca, es determinada como enfermedad de la banda blanca tipo II la cual fue encontrada en colonias de corales cuerno de alce en las Bahamas. En esta enfermedad el margen del tejido blanqueado aparece después de la perdida del tejido (Ritchie y Smith, 1995). La enfermedad de la banda blanca al parecer es una infección bacteriana, especifica de *Acropora spp.* pero el patógeno es aun desconocido (Antonius, 1981).

**Enfermedad de la Plaga Blanca.** Esta enfermedad fue descubierta en los cayos de la Florida por Laurie Richardson y Steven Millar en 1995, afectando a 18 diferentes especies de corales y al coral de fuego *Millipora alcicornis*. Se caracteriza por la perdida de tejido; cuando esta es muy rápida es llamada plaga blanca Tipo II y se diferencia de la Tipo I por la velocidad de la perdida. La plaga blanca Tipo II es la más devastadora. Algunas colonias presentan perdida de tejido completamente y conforme pasa el tiempo la enfermedad se va moviendo a través de la colonia con una velocidad de más de 2 centímetros por día; por lo general esta comienza en la base de la colonia y se va moviendo hacia las partes altas (Cervino y Smith, 1997).

**Enfermedad de la Mancha Blanca.** Otra enfermedad encontrada en el coral cuerno de alce fue descubierta en 1996 por Craig Quirolo y Jim Porter en arrecifes del Cayo Oeste de la Florida, los corales se encontraron con indicios de perdida de tejido debido a la enfermedad que había comenzado años atrás. Aparecen parches que pueden estar en la superficie o a los lados de las ramas. El tejido parece estar pelado de forma irregular. La velocidad

con la que el tejido desaparece es desconocida, pero al parecer es rápida, ya que el esqueleto comienza a ser colonizado por algas filamentosas dentro de los primeros días; los parches más nuevos pueden ser de varias pulgadas y tener esqueleto desnudo. También pueden verse parches en los que la pérdida de tejido parece ser lenta; en estos; las algas filamentosas no colonizan todo el esqueleto desnudo solo forman bandas alrededor de los parches. En algunos parches ha sido observado el tejido y el esqueleto en regeneración. Las causas de esta enfermedad son desconocidas y esta siendo estudiada (Porter y Dustan, 2001).

**Hiperplasia.** Algunos corales, particularmente corales cerebro, pueden llegar a tener áreas circulares y rugosas en las cuales el patrón en las crestas de las coralitas es claramente distinto, usualmente agrandado y resaltado en la superficie de la colonia lo cual altera el patrón en la forma de las crestas y coralitas adyacentes de modo que el tejido en crecimiento parece comprimido. Al examinar al microscopio el tejido de estas áreas podemos ver un incremento en el número y tamaño de las células. Este tipo de crecimiento ha sido determinado como hiperplasia. Este crecimiento se origina de un pólipo que experimenta crecimiento rápido, mientras que hay fusión de los tejidos de los otros pólipos que cubren el esqueleto normal de la colonia (Loya et al. 1984). Esta condición solo se ha observado en los corales a finales de la primavera en los Cayos de la Florida. La causa de esa enfermedad en los corales es probablemente debido a mutaciones y cambios en la expresión de los genes de las células coralinas, las cuales pueden ser responsables de estas anomalías, pero aún no se ha determinado cual es el agente responsable (Gateño et al. 2003).

**Neoplasma.** En análisis histopatológicos de tejido afectado con esta enfermedad, encontramos que este no se encuentra diferenciado como en los corales sanos. Se observan protuberancias de forma irregular, masas calcificadas cubiertas por una delgada capa de tejido translucido en la superficie, esto se ha presentado en las ramas de *Acropora spp.* y otros miembros de las familias Acroporidae y Pocilloporidae (Peters et. al. 1986). El tejido en el margen del tumor puede tener apariencia burbujeante, lo cual indica una rápida multiplicación celular. En las células encontradas en el

tumor se refleja una actividad metabólica activa, rápida división celular y carencia de zooxantelas. La epidermis que cubre el tumor también pierde sus células secretoras de moco; y como resultado se acumula el sedimento, llevando el tejido a la muerte e invasión del esqueleto por algas y otros organismos (Loya et al. 1984).

Las causas del neoplasma en corales pétreos son desconocidas. Probablemente mutaciones y cambios en la expresión de los genes de las células coralinas que son responsables de anomalías en el esqueleto; pero aún se necesitan más estudios para descubrir el principal agente que causa la enfermedad (Gateño et al. 2003).

**Enfermedad de la Mancha Negra.** Esta enfermedad fue identificada a principios de los años noventa (Solano et al. 1993), y posteriormente fue descrita por Garzón-Ferreira y Gil-Agudelo en 1998. Se caracteriza por parches de tejido decolorado entre morado oscuro y café, a veces de forma circular, pero también aparecen con formas irregulares, están dispersos en la superficie de la colonia.

Los sedimentos pueden acumularse en medio de estos parches y ocasionalmente pueden notarse cuando el sedimento es removido (Gil-Agudelo y Garzón Ferreira, 2001). Se ha reportado que la decoloración del tejido se debe al incremento de pigmentos en las zooxantelas (Cervino et al. 2001). Se ha observado que la enfermedad de la mancha negra afecta principalmente a los corales *Siderastrea Sidera*, *Montastraea annularis* y *Stephanocoenia intercepta* (Solano et al. 1993). No siempre se ha asociado la mortalidad del tejido con este síndrome, pero cuando esto ocurre, el tejido muere a una velocidad aproximada de 4 cm por mes (Cervino et al. 2001).

**Enfermedad de la Banda Roja.** La enfermedad de la banda roja fue reportada por Laurie Richardson, afectando a corales pétreos y por Deborah Santavy, afectando a los abanicos de mar. Por otra parte Elizabeth Dinsdale reportó en 1994 una banda café perturbando algunos corales en la Gran Barrera, la cual era claramente diferente de la enfermedad de la banda negra. Como su nombre lo indica la banda es una estera microbiana de color rojo ladrillo o café oscuro y es fácil de distinguir en la superficie del coral. Esta enfermedad afecta a algunos corales como son *Diploria strigosa*,

*Montastraea annularis*, *Montastraea cavernosa*, *Porites astreoides*, *Siderastrea radians*, *Colpophyllia natans* y a los abanicos de mar en el Caribe (Richardson, 1992). El tipo de microbios presentes en esta banda pueden ser diferentes dependiendo del coral hospedero, pero tan solo un poco acerca de esto es conocido hasta ahora (Richardson, 1992; Santavy y Peters, 1997). Varios científicos están estudiando la composición de la estera microbiana para determinar las diferencias que existen con la enfermedad de la banda negra. La enfermedad de la banda roja se encuentra frecuentemente en el Caribe y la banda café ha sido encontrada en la Gran Barrera (Richardson, 1992; Santavy y Peters, 1997).

**Enfermedad de la Banda Amarilla o Mancha Amarilla.** En 1994, Craig Quirolo reportó una enfermedad que se caracterizaba por una banda de color amarillo claro alrededor de parches de sedimento en los Cayos bajos de la Florida; fue llamada enfermedad de la banda amarilla. El mayor brote de esta enfermedad fue descubierto en el Caribe en Panamá en el verano de 1996 y otro fue encontrado en las Antillas en el verano de 1997. En estos brotes los primeros cambios que aparecieron fue un color amarillo claro en forma de parches, al principio Jim Porter llamo a esta condición enfermedad de la mancha amarilla. En 1998 Jan Korrubel reportó cambios en la coloración del tejido y pérdida de este, afectando varias especies de corales en el Golfo de Arabia, con un patrón en banda el cual fue llamado enfermedad de la banda amarilla. Ahora la enfermedad se refiere en el Caribe como mancha amarilla y en el Golfo de Arabia como banda amarilla ya que el tejido es afectado en patrones diferentes y especies diferentes en cada localidad. La enfermedad de la mancha o banda amarilla comienza con parches de forma irregular color amarillo claro en la superficie del coral. Conforme la enfermedad va progresando, el tejido en el centro de los parches muere y estas áreas se llenan de sedimentos y algas dando como resultado bandas de tejido amarillento alrededor de los parches de sedimento. Ha sido encontrada muy comúnmente en *Montastraea faveolata* y con menos frecuencia en *Montastraea annularis* (Santavy y Peters, 1999). Las causas de esta enfermedad son aún desconocidas, pero exámenes histológicos de tejido afectado revelan cambios degenerativos e inclusiones cristalinas en la cavidad

gástrica (Santavy y Peters 1997). Cervino *et al.* (2001) sugieren que esta involucrado en la enfermedad de la banda amarilla un consorcio de la bacteria *Vibrio* spp.

**Necrosis rápida.** El fenómeno de necrosis rápida de tejido coralino y destrucción del esqueleto en varias especies de las Antillas, fue observado por primera vez por Rolf Bak en diciembre de 1983. Hasta febrero de 1998, las observaciones indicaron que esta condición estaba asociada con la predación por parte de los peces loro. Y en adición un hongo no identificado había sido encontrado en las cicatrices de los corales. Esta condición es ahora conocida como necrosis rápida. Se presenta como parches de forma irregular, a veces alargados con el esqueleto desnudo en la superficie de las colonias, es común en *Montastraea annularis* y en *Colpophyllia natans*. El esqueleto coralino expuesto se desmorona fácilmente, a veces los septos y los palis se encuentran erosionados, el tejido en el margen puede verse pelado. El límite entre el esqueleto y el tejido con apariencia normal puede ser ligeramente delgado. El análisis de muestras de tejido y esqueleto afectado, revela un hongo en la superficie adyacente del esqueleto desnudo y se extiende al tejido del coral. Estas observaciones inicialmente sugieren que el hongo fue el responsable por la pérdida de tejido. Recientemente Andy y Robin Bruckner (1997) documentaron que el factor definitivo en la fase terminal, es que los corales son atacados repetidamente por los peces loro *Sparisoma viride*.

## 2.2 Problemática.

México es un país que por su ubicación geográfica cuenta con arrecifes de coral. En las costas mexicanas, principalmente en la Plataforma Continental del Golfo de México y Mar Caribe se localizan sistemas arrecifales, denominados de esta forma porque están constituidos por varios arrecifes coralinos individuales, cuyo número es variable y presentan una serie de estrechas relaciones entre sí, además de tener una gran influencia e interacción con la dinámica ecológica de la zona costera en la que se encuentran localizados, ya que constituyen una barrera natural que recibe el embate de las olas (PEMEX, 1987).

La diversidad de escleractinios constructores de arrecifes en el Golfo de México es de 42 especies zooxanteladas en contraste con las 47 que encontramos en el Caribe mexicano al este de la Península de Yucatán (Ruiz-Zarate, 2003). Las principales especies que se encuentran son *Acropora cervicornis*, *A. palmata*, *Diploria clivosa*, *D. strigosa*, *Siderastrea radians*, *S. siderea*, *Montastraea annularis*, *M. cavernosa*, *M. faveolata* y *Colpophyllia natans* (Lara et al. 1992). Por su riqueza biológica e importancia comercial aunada al alto deterioro ambiental del sistema; el 24 de agosto de 1992 fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el Decreto Presidencial en el que se declara al Sistema Arrecifal Veracruzano como Parque Marino Nacional, sumándose a las áreas naturales protegidas de México, siendo el primer Parque Marino de nuestro país.

Desde el siglo XVI el Sistema Arrecifal Veracruzano se ha visto afectado de manera intensa por actividades antropogénicas, principalmente la extracción del coral para construcción, sobrepesca y más recientemente contaminación (INE, 1995). También su localización geográfica, frente al Puerto de Veracruz lo hace susceptible al impacto de las actividades humanas, por esto el grado de perturbación que presenta el área se considera alto, a tal punto que se encuentra entre los más amenazados del océano Atlántico. La población y la industria de Veracruz están en pleno crecimiento y ello ocasiona la emisión de gran variedad de contaminantes que van a dar al mar. Los ríos Jamapa, La Antigua y Papaloápan acarrean desechos de las industrias azucarera, papelera, textil, tabacalera, agropecuaria, química y metalúrgica que contaminan gravemente las aguas del puerto con metales pesados, aceites, detergentes y materia orgánica. Las corrientes marinas dispersan esos materiales frente al puerto y pueden quedar atrapados en el sedimento del fondo. Como la entrada al puerto se draga periódicamente para permitir el paso de los buques, los contaminantes son resuspendidos y nuevamente transportados por las corrientes (Horta- Puga y Vargas-Hernandez, 2000), esto ocasiona que un número muy grande de microorganismos causantes de enfermedades se desarrollen y ocasionen enfermedades en los habitantes de los arrecifes de coral, por lo tanto el SAV es un ambiente arrecifal en el que

debe ser evaluado su estado de salud en cuanto a la distribución y prevalencia de enfermedades en los corales formadores de arrecifes.

### 3. Antecedentes.

La enfermedad de la banda negra fue la primera en ser reportada por Antonius en 1973 afectando corales de los arrecifes de Belice, y posteriormente fue encontrada a través del Caribe y del Indo-Pacífico (Antonius, 1981; 1985). Dicha enfermedad fue encontrada en mileporinos, gorgonáceos (Feingold, 1988) y escleractinios; estos últimos siendo más susceptibles a gran variedad de enfermedades (Peters, 1984). La enfermedad de la banda negra es una de las más extensas y destructivas, y se ha extendido debido a que infecta preferentemente a corales masivos formadores de arrecifes los cuales son vitales para el ecosistema dentro del arrecife de coral (Frías-López *et. al.* 2003). Estudios cuantitativos de abundancia de la enfermedad de la banda negra muestran que menos del 2% de los corales en el Mar Caribe están infectados con esta enfermedad (Antonius, 1973); la velocidad de infección incrementa cuando la temperatura del agua es elevada, pero baja durante el invierno (Rützler y Santavy, 1983).

La segunda enfermedad en ser reportada fue la enfermedad de la banda blanca o enfermedad de las ramas de los acroporidos; se observó que limitaba el tejido vivo del esqueleto expuesto y aparentemente no había ningún agregado microbiano (Richardson, 1998). Esta enfermedad se encontró en las islas Vírgenes y en Florida en 1977 (Antonius, 1981). La enfermedad de la banda blanca en corales pétreos ha sido reportada a lo largo del Caribe (Sutherland y Richie, 2004) y a través de la región del Indo-Pacífico, los corales han sido observados con mortalidad y esqueleto expuesto a consecuencia de esta enfermedad (Antonius, 1985).

Estas primeras enfermedades coralinas fueron registradas en los años setenta; y desde entonces los reportes no han cesado (Antonius, 1985); en la última década, los avistamientos de enfermedades coralinas se han incrementado dramáticamente y enfermedades más virulentas y nuevas para la ciencia, se han comenzado a describir (Santavy y Peters, 1997; Richardson, 1998).

En 2003 Horta-Puga hizo la evaluación de la condición de los arrecifes en el Sistema Arrecifal Veracruzano en el Proyecto Internacional Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment (AGRRA) en el cual se realizó la caracterización de la comunidad coralina que incluyó la medición de las enfermedades encontrando como principales la enfermedad de la banda negra en *Siderastrea* y *Montastraea* spp, neoplasma en *Diploria* y la enfermedad de la mancha negra en *Siderastres* aun que la incidencia de éstas fue baja.

Garzón-Ferreira y Gil-Agudelo en 2001 publicaron un artículo llamado Enfermedades observadas en corales pétreos en arrecifes del suroeste del Mar Caribe en el cual reportan que las enfermedades de la banda negra, la mancha negra, banda blanca y plaga blanca fueron comúnmente encontradas, en contraste la enfermedad de la banda amarilla y la banda roja fueron raras. En general se encontró que las enfermedades se encuentran afectando a 24 especies de escleractinios en el suroeste del Mar Caribe. Los corales pétreos que fueron afectados con más de un tipo de las enfermedades encontradas fueron *C. natans*, *D. labyrinthiformis*, *M. annularis*, *M. faveolata* y *M. franksi* y durante un estudio previo entre 1994 y 1995 en esta misma área fue encontrado un alto nivel de mortalidad en estas mismas especies, lo cual sugiere que las enfermedades son una fuente importante en la mortalidad de los corales en estos tiempos.

Los arrecifes de los Cayos de Florida han experimentado un incremento dramático en el número de localidades y el número de especies con enfermedades coralinas. Entre 1996 y 1998 la incidencia de enfermedades en corales incrementó. En 1996 de 160 estaciones analizadas sólo 26 presentaron individuos enfermos, en 1997 el número se incrementó a 95 y para 1998 ya eran 131 estaciones. Las enfermedades de la banda blanca y la plaga blanca incrementaron bastante de 7 a 97 estaciones mientras que la enfermedad de la banda negra solo incremento de 7 a 28 estaciones y otras enfermedades incrementaron entre 16 y 92 estaciones. Por otro lado en 1996 de 41 especies encontradas durante el estudio solo 11 especies mostraron signos de enfermedad, para 1997 se encontraron 28 especies enfermas y para 1998 el

número creció hasta 36 especies más del triple que en 1996 (Porter y Dustan, 2001).

En un estudio realizado por Green y Bruckner en el 2000 con datos obtenidos a partir de diferentes fuentes de todo el mundo se señaló que: La enfermedad de la banda negra se ha observado en 42 especies de un total de 568 examinadas, esta enfermedad se ha observado en 26 lugares diferentes, 19 de los cuales pertenecen a regiones a lo largo del Mar Caribe y 16 especies corresponden a los escleractinios. La enfermedad de la banda blanca que en estos momentos se cree que solo afecta en gran cantidad al género *Acropora* en el Mar Caribe, también se ha registrado pero en menor número en Arabia Saudita y en Filipinas. La enfermedad de la plaga blanca de tipo I solo se reportó para las Bahamas, Puerto Rico y Florida y la de tipo II solo para Florida; la de tipo I se cree que solo infectó a 12 especies mientras que la tipo II infectó a 17.

Fue reportada una incidencia del 20% de la enfermedad de la banda amarilla en arrecifes del este de Curazao durante 1997; mientras que para 1998 ya había una incidencia del 22% por lo tanto la enfermedad de la banda amarilla había avanzado con un ritmo de 7 a 11 cm por año.

Se observaron tumores en 20 especies predominantes de I Pacífico y el Caribe, neoplasma en 9 e hiperplasia en 12.

Varias colonias de *Montastraea annularis* en el Mar Caribe al este de Yucatán en la Bahía de Akumal mostraron evidencia de enfermedad de la banda amarilla en distinto grado con muerte de tejido vivo y reemplazo por algas. Esta enfermedad en el Mar Caribe es potencialmente devastadora ya que todavía no se le asocia con un patógeno específico que cause la infección. La enfermedad de la banda amarilla en el Mar Caribe ha tenido gran auge en las últimas décadas. En la Bahía de Akumal se encontró aproximadamente un 30% de prevalencia siendo visible la mayoría en las colonias grandes. Hoy en día la gran prevalencia de esta enfermedad en Akumal fue contrastada con la pérdida del 50% aproximado de tejido vivo de la cobertura en *Montastraea* spp. (Foley y Sokolow, 2005).

Las observaciones en el laboratorio y en el campo nos muestran que colonias con daños desarrollados por la enfermedad de la banda negra se encuentran cuando se localizan alrededor de 15 mm. de corales infectados o cuando se localizan a menos de 1 metro por debajo de colonias infectadas. Estas observaciones sugieren que la enfermedad de la banda negra puede ser infecciosa y que la enfermedad es transmisible en la columna de agua. Pero el mecanismo de transmisión de la enfermedad aun permanece sin conocerse. Aun que la enfermedad de la banda negra afecte a menos del 1% de la población de especies susceptibles el impacto en los arrecifes de coral puede ser significativo. La enfermedad de la banda negra afecta principalmente a especies que forman estructuras arrecifales en el Caribe. Aun que esta enfermedad no mata colonias enteras, puede incrementar la velocidad de erosión física y biológica en la estructura del arrecife, además, la destrucción del tejido puede disminuir el potencial de reproducción en las colonias de coral (Kuta y Richardson, 1996).

Los efectos de la enfermedad de la banda negra son insignificantes en comparación con fenómenos naturales que causan más destrucción como los huracanes, por eso la enfermedad de la banda negra es importante en la estructura de la comunidad del arrecife por varias razones entre ellas destacan: la enfermedad de la banda negra es más frecuente entre especies con morfología masiva las cuales son importantes en la construcción de la estructura del arrecife como *Montastraea annularis* y *M. cavernosa*; de las especies con esta morfología incluidas en este estudio solo 24% de ellas viven en aguas someras en la región de las Islas Vírgenes; por lo tanto encontramos algunas otras especies más comunes en esta zona como *Porites* entre otras que no fueron afectadas por la enfermedad de la banda negra; la velocidad de la infección de esta enfermedad fue baja a lo largo de este estudio pero incrementó significativamente durante el último verano cuando la temperatura en el mar se elevó a esto se le suma que altas temperaturas son óptimas para el crecimiento del patógeno *P. Corallyticum*, por lo tanto, la mortalidad por la enfermedad de la banda negra probablemente es más

severa en arrecifes expuestos a altas temperaturas del agua marina y también algunos lugares son propensos por los disturbios antropogénicos. Las colonias saludables pueden infectarse con la enfermedad de la banda negra mediante el contacto con colonias enfermas ya que estas pueden desprender tricomas de *P. Corallyticum* en el agua (Edmundo, 1991).

En un estudio realizado por Kuta y Richardson en el 2002 se midieron ciertos factores ambientales para ver si favorecen la aparición de la enfermedad de la banda negra y encontraron que la temperatura del agua, la profundidad, la diversidad coralina y las concentraciones de orto-fosfatos y nitratos mostraron resultados estadísticamente significantes en relación con la enfermedad de la banda negra; la sola influencia del hombre en los factores ambientales podría ser considerada crítica en el desarrollo de la enfermedad ya que fueron elevadas la temperatura y la disponibilidad de luz. Las pruebas de laboratorio aplicadas a *P. corallyticum* revelaron que su nivel fotosintético alcanzó los 28° y que esta especie prefiere baja intensidad de luz, por lo tanto la relación entre la ecología fisiológica de los patógenos de los corales y el ambiente para la enfermedad de la banda negra y para otras enfermedades podría ser el factor definitivo en la presencia de enfermedades coralinas.

#### 4. Hipótesis

La hipótesis planteada fue que los arrecifes del Parque Sistema Arrecifal Veracruzano se encuentran bastante afectados a causa de las enfermedades coralinas debido a la problemática que este presenta.

Con base en lo anterior se plantearon los siguientes objetivos:

#### 5. Objetivos

General:

Determinar la distribución y prevalencia de enfermedades en corales escleractinios hermatípicos de los arrecifes del Sistema Arrecifal Veracruzano.

Particulares:

Obtener el porcentaje de individuos enfermos por arrecife y determinar si existen diferencias significativas entre los porcentajes.

Establecer el porcentaje de individuos por especie, por estación y por grupo que presentan alguna enfermedad.

Comparar el grado de afección que existe entre los arrecifes del grupo Norte y los del grupo Sur.

Determinar el porcentaje promedio de individuos enfermos y de tejido con síntomas de enfermedad.

#### 6. Área de Estudio

El Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV) es uno de los más importantes en México por su tamaño, número de especies y porque forma parte de un

corredor biológico o ruta de migración que corre desde el Banco de Campeche hacia Texas, pasando por los arrecifes veracruzanos. Se sitúa entre las coordenadas geográficas 19°00'00" y 19°16'00" de latitud N y 95°45'00" y 96°12'00" de longitud W en la porción central del Estado de Veracruz (Diario Oficial de la Federación, 1992). El Sistema se divide en dos grupos por la desembocadura del Río Jamapa, los arrecifes son en su mayoría de tipo plataforma, excepto algunos arrecifes costeros muy poco desarrollados (Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993).

EL Sistema Arrecifal Veracruzano (Figura 1) se localiza en la parte oeste del Golfo de México (Horta-Puga, 2003). Está formado por bajos, islas y arrecifes situados en la porción interna de la plataforma continental en el Golfo de México, los cuales se elevan desde profundidades cercanas a los 40 m. Está construido en un banco de restos bioclásticos calcáreos de materiales coralinos pertenecientes al Pleistoceno reciente, producto del descenso en el nivel del mar, asociado a la última glaciación (Emery, 1963).

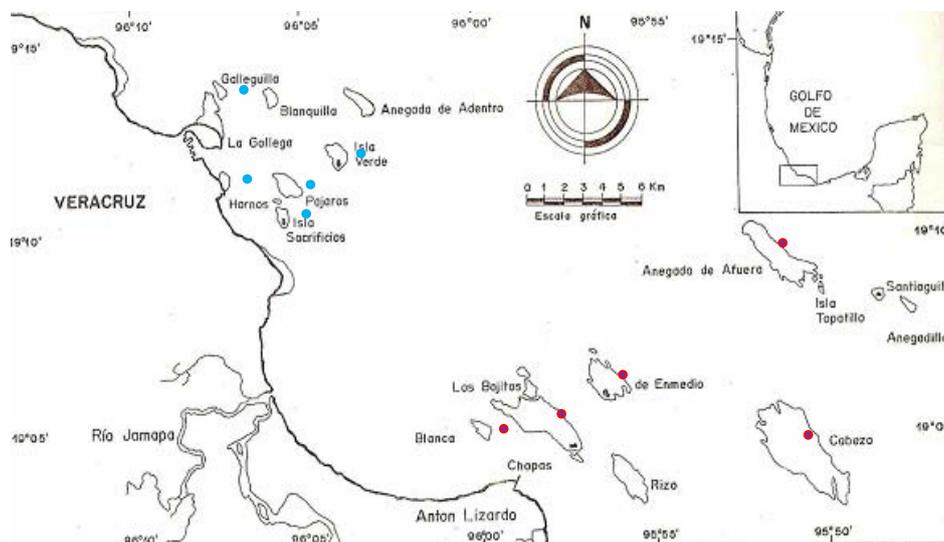


Figura 1. Ubicación del Sistema Arrecifal Veracruzano y Arrecifes Muestreados. Puntos azules, arrecifes pertenecientes al grupo Norte y puntos rojos, al grupo Sur.

La principal característica física común entre los arrecifes de Veracruz es su posición, forma y su alargamiento en el sentido noroeste a sureste debido a la dirección del oleaje. El sistema incluye dos áreas geográficamente separadas por la desembocadura del Río Jamapa, la primera se localiza enfrente del Puerto de Veracruz e incluye a los arrecifes Gallega, Galleguilla, Anegada de

Adentro, La Blanquilla, Isla Verde, Isla de Sacrificios, Pájaros, Hornos, Ingeniero y Punta Gorda, todos dentro de la isobata de los 37 m. La segunda área se ubica frente a Punta Antón Lizardo, a unos 20 km al suroeste del Puerto de Veracruz, e incluye los siguientes arrecifes: Gioté, Polo, Blanca, Punta Coyol, Chopas, Enmedio, Cabezo, el Rizo, Santiaguillo, Anegada de Afuera, Anegadilla y Topetillo.

Los arrecifes son de tipo plataforma y se caracterizan por elevarse del piso marino de profundidades máximas de 40m y muestran crecimiento coralino activo desde los 25 m hasta la superficie. Estos arrecifes presentan una zonación: Talud de Barlovento, situado hacia mar abierto caracterizado por tener el crecimiento más activo y la mayor cobertura coralina; Cresta arrecifal, se localiza hasta el margen este del arrecife, es una zona de máxima energía por el batir constante de las olas; Planicie Arrecifal, constituye la parte superior del arrecife, aquí encontramos comunidades someras y dispersas de corales, Talud de Sotavento, se localiza hacia el oeste y es una zona de crecimiento coralino activo.

El Golfo de México es un mar representativo de cuencas oceánicas semicerradas que se caracteriza por tener una circulación marina vigorosa sobre su plataforma continental, que aproximadamente se localiza de la costa hasta la isobata de los 200 metros de profundidad. Esos movimientos de masas de agua son inducidos por la fluctuación estacional de los vientos sobre la superficie del mar, que generan sobre la plataforma continental occidental una corriente de Norte a Sur en otoño e invierno, y en sentido opuesto en primavera y verano. Superpuesto a ese flujo, se observa un movimiento asociado a la presencia de giros los cuales se generan de la Corriente del Lazo cuando ésta penetra por el estrecho de Yucatán hasta la plataforma continental del Golfo norte. Esos giros generalmente rotan en el sentido de las manecillas del reloj, posteriormente se desplazan hacia el oeste del Golfo hasta chocar con la plataforma continental del estado de Tamaulipas, donde por conservación de masa y continuidad, se divide en dos giros: uno que se desplaza hacia el norte y otro hacia el sur, sobre la plataforma continental de Veracruz. A menor escala, ese sistema de circulación general puede interactuar con las características topográficas de la zona costera e inducir

una circulación local, abundante en giros de menor escala (Vargas y Salas, 2005).

En las aguas que rodean a los arrecifes podemos encontrar una flora constituida por *Thalassia testudinum*, *Halimeda opuntia*, *H. discoidea*, *Caulerpa sertuloioides*, *C. Cupressoides*, *Padina pavonea*, *Galaxaura* spp, *Rizocephalus phoenix*, *Enteromorpha lingulata*, *Cymopodia barbata* y *Dictyota* spp. (Zizumbo-Alamilla, 1995).

Dentro de la fauna algunas especies que podemos observar de equinodermos: *Equinometra lucunter*, *E. viridis*, *Diadema antillarum*, *Eucidaris tribuloides*, *Ophiocoma* spp. y *Ophioderma* spp; gasterópodos: *Cerithium* spp., *Astraea* spp, y *Aplysia* spp; poliquetos: *Hermodice* spp., *Eunice* spp, y *Nereis* spp. (Horta-Puga, 1982); crustáceos: *Carcinus tibicen*, *Mithrax fórceps*, *Portunus* spp. y *Dardanus venosus*; cnidarios: *Montastraea* spp, *Diploria* spp, *Siderastrea* spp, *Porites astreoides*, *P. branneri*, *P. porites*, *Colpophyllia natans*, *Agaricia agaricites*, *Leptoseris cucullata*, *Scolymia* sp, *Acropora palmata*, *A. cervicoirnis* y *Millepora alcicornis* (Horta-Puga, 2003).

Para el presente estudio se tomaron 5 arrecifes representativos del grupo Norte los cuales fueron: Isla Verde, Galleguilla, Isla de Sacrificios, Hornos y Pájaros y 5 del grupo Sur: Cabezo, Chopas, Anegada de Afuera, La Blanca e Isla de Enmedio, su localización se muestra en la figura 1.

## 7. Metodología

### 7.1 Trabajo de Campo

Para analizar los 10 arrecifes se utilizó la metodología de evaluación correspondiente al Protocolo de Evaluación Rápida (AGRRA).

En cada arrecife se ubicaron 3 estaciones de muestreo, Talud de Sotavento, Talud de Barlovento y Planicie Arrecifal, las cuales se consideraron representativas del espectro de variación en la estructura de la comunidad coralina en el SAV. Las estaciones de muestreo en ambos taludes se ubicaron entre los 9-12 metros de profundidad, que es la profundidad con mayor diversidad y cobertura coralina en el sistema (Horta-Puga, 2003).

Se empleó el método del transecto que es de utilización amplia para la determinación de parámetros comunitarios de corales hermatípicos. Los transectos tuvieron una longitud de 10 metros cada uno y se utilizaron tantos transectos por estación como fue necesario para muestrear al menos 100 individuos, número mínimo considerado representativo para estudios de comunidades coralinas (AGRRA), una colonia se tomó en cuenta como un individuo. Los transectos se ubicaron en posición paralela al contorno de la costa. El cuadro 1 muestra el número total de transectos realizados en cada arrecife y las estaciones que fueron muestreadas.

En cada transecto se tomaron los siguientes datos:

- ✓ Especie: se identificó el coral por medio de guías de campo y el estudio previo de las especies pertenecientes al SAV.
- ✓ Si el individuo está enfermo o no y la enfermedad que lo afecta: estos parámetros se recabaron con la ayuda de guías de campo.
- ✓ Porcentaje de afección: se calculó por estimación visual.

Los datos en los taludes se obtuvieron mediante la utilización de equipo SCUBA y en las planicies arrecifales se utilizó apnea. Para que los parámetros fueran confiables y uniformes entre todos los buzos se hicieron ejercicios previos para conocer las especies y las enfermedades así como para estandarizar las estimaciones visuales.

Cuadro 1. Total de transectos realizados por arrecife y estaciones muestreadas.

Arrecife	# de Transectos	Talud de Barlovento	Planicie Arrecifal	Talud de Sotavento
Anegada de	65	✓	✓	✓
Afuera				
Cabezo	92	✓	✓	✓
Chopas	20	✓	✓	
Galleguilla	62	✓	✓	✓
Hornos	36	✓	✓	
Isla de Enmedio	56	✓	✓	✓
Isla de Sacrificios	48	✓	✓	✓
Isla Verde	45	✓	✓	✓
La Blanca	24	✓	✓	
Pájaros	32	✓	✓	✓

✓ Estación muestreada.

## 7.2 Trabajo de Laboratorio

A partir de los datos tomados en el campo, se determinaron los parámetros que se muestran en el cuadro 2.

Cuadro 2. Parámetros determinados a partir de los datos recabados.

Parámetro	Definición
Enfermedad Total	Porcentaje de individuos de la comunidad que presentan alguna enfermedad.
Enfermedad por Arrecife	Porcentaje de individuos por arrecife que presentan alguna enfermedad.
Enfermedad por Especie	Porcentaje de individuos por especie que presentan alguna enfermedad.
Enfermedad por Estación	Porcentaje de individuos por estación que presentan alguna enfermedad.
Enfermedad por Grupo	Porcentaje de individuos por grupo que presentan alguna enfermedad.
Prevalencia de Enfermedades	Enfermedades que afectan, arrecife y zona donde se encuentran y en que porcentajes.
Tejido con Síntomas de Enfermedad por Arrecife	Porcentaje de tejido enfermo en cada arrecife.
Tejido con Síntomas de Enfermedad por especie	Porcentaje de tejido enfermo por cada especie.
Tejido con Síntomas de Enfermedad por Estación.	Porcentaje de tejido enfermo en cada estación.
Tejido con Síntomas de Enfermedad por Grupo.	Porcentaje de tejido enfermo en cada grupo.

Con esto se determinó la distribución y prevalencia de enfermedades en los arrecifes del Sistema Arrecifal Veracruzano y se comparó la problemática existente en el grupo Sur contra el grupo Norte.

Para determinar si existían diferencias significativas en los porcentajes de individuos enfermos entre arrecifes se aplicó la prueba de estadística no paramétrica de Kruskal-Wallis:

$$H^* = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{j=1}^k \frac{R_j^2}{n_j} - 3(N+1)$$

Donde:

N = número total de observaciones.

$R_j$  = suma de los rangos asignados a las observaciones de la j-ésima población o tratamiento experimental .

$n_j$  = número de observaciones por población o tratamiento experimental.

K = número de poblaciones.

## 8.1 Individuos Enfermos

De los 10 arrecifes que se examinaron, se encontró que el arrecife Hornos es el que se encuentra con el mayor porcentaje de individuos enfermos 7.3%, seguido por el arrecife Pájaros con 7.2%, Isla Verde 6.1%, Isla de Sacrificios 5.7%, Cabezo 5.2%, Chopas 5.2%, Galleguilla 2.3%, Isla de Enmedio 2%, Anegada de Afuera 1.7% y por último La Blanca 0.9% (Figura 2 y Cuadro 3). No se encontraron diferencias significativas entre los porcentajes de individuos enfermos (Kruskal-Wallis,  $H^*=3.7$ ,  $gl=9$ ,  $\alpha=0.05$ ,  $\chi^2=16.92$ ).

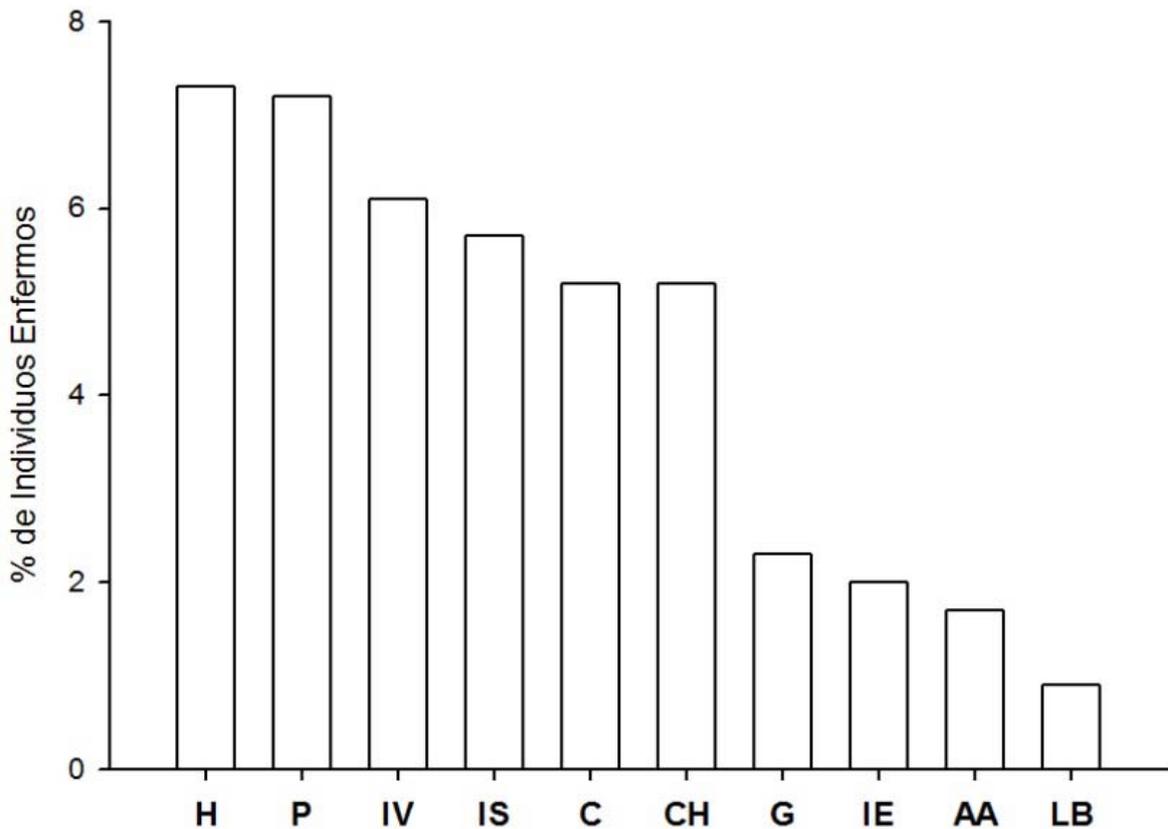


Figura 2. Porcentaje de individuos enfermos por arrecife.

Hornos (H), Pájaros (P), Isla Verde (IV), Isla de Sacrificios (IS), Cabezo (C), Chopas (CH), Galleguilla (G), Isla de Enmedio (IE), Anegada de Afuera (AA), La Blanca (LB).

En promedio la estación que presentó el mayor porcentaje de individuos enfermos fue la Planicie Arrecifal con un 7.1%, después el Talud de Sotavento con 2.6% y por último el Talud de Barlovento con 2.4%.

En Anegada de Afuera y en Chopas el Talud de Barlovento exhibió un porcentaje mayor de individuos enfermos comparado con las otras estaciones, sin embargo, en la mayoría de los arrecifes la Planicie Arrecifal fue la que presentó el mayor porcentaje de individuos enfermos (Figura 3).

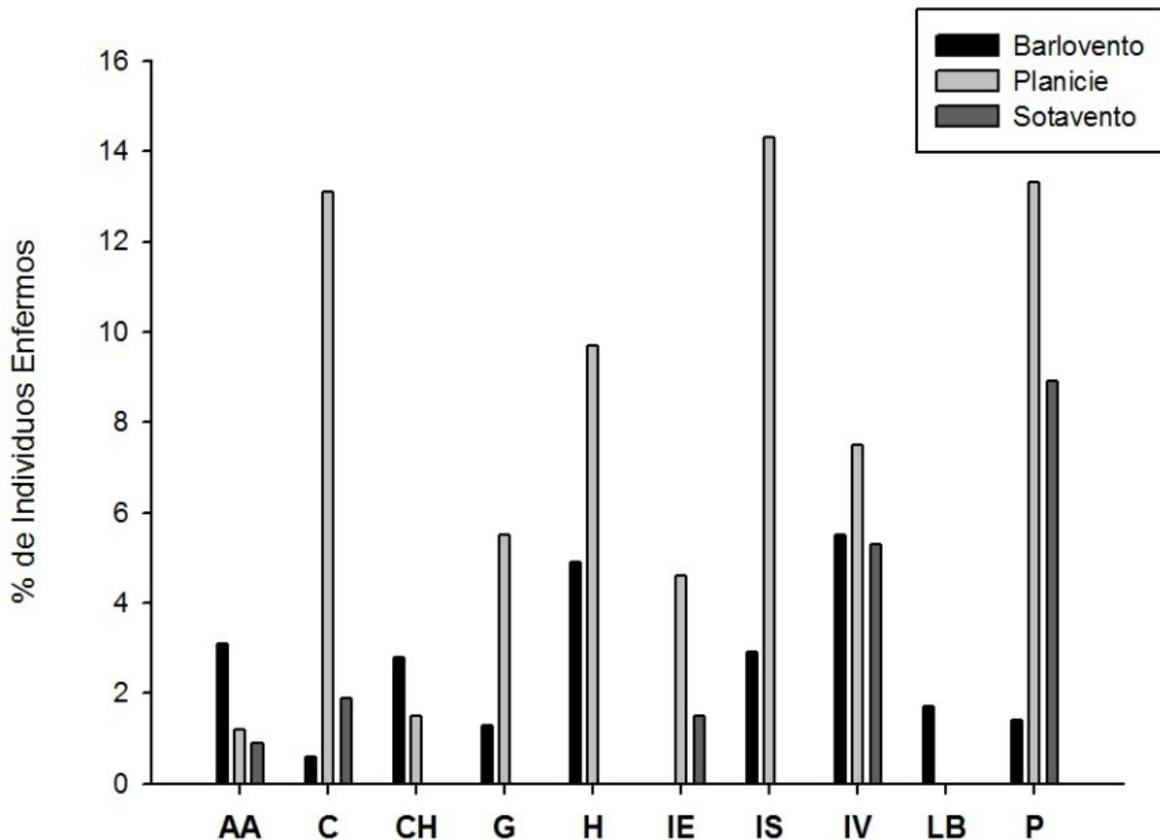


Figura 3. Porcentaje de individuos enfermos por estación y por arrecife. Hornos (H), Pájaros (P), Isla Verde (IV), Isla de Sacrificios (IS), Cabezo (C), Chopas (CH), Galleguilla (G), Isla de Enmedio (IE), Anegada de Afuera (AA), La Blanca (LB).

De las 27 especies identificadas en el presente estudio, en 11 fue detectada al menos una enfermedad; el porcentaje de individuos enfermos por especie en orden descendente es *Siderastrea radicans* 11.9%, *Porites branneri* 5%, *Stephanocoenia intercepta* 4.1%, *Siderastrea siderea* 3.3%, *Porites astreoides* 3.2%, *Colpophyllia natans* 1.9%, *Montastraea cavernosa* 1.7%, *Montastraea*

*faveolata* 1.5%, *Diploria* sp. 1.5%, *Montastraea annularis* 0.6% y *Porites porites* 0.1% (Figura 4).

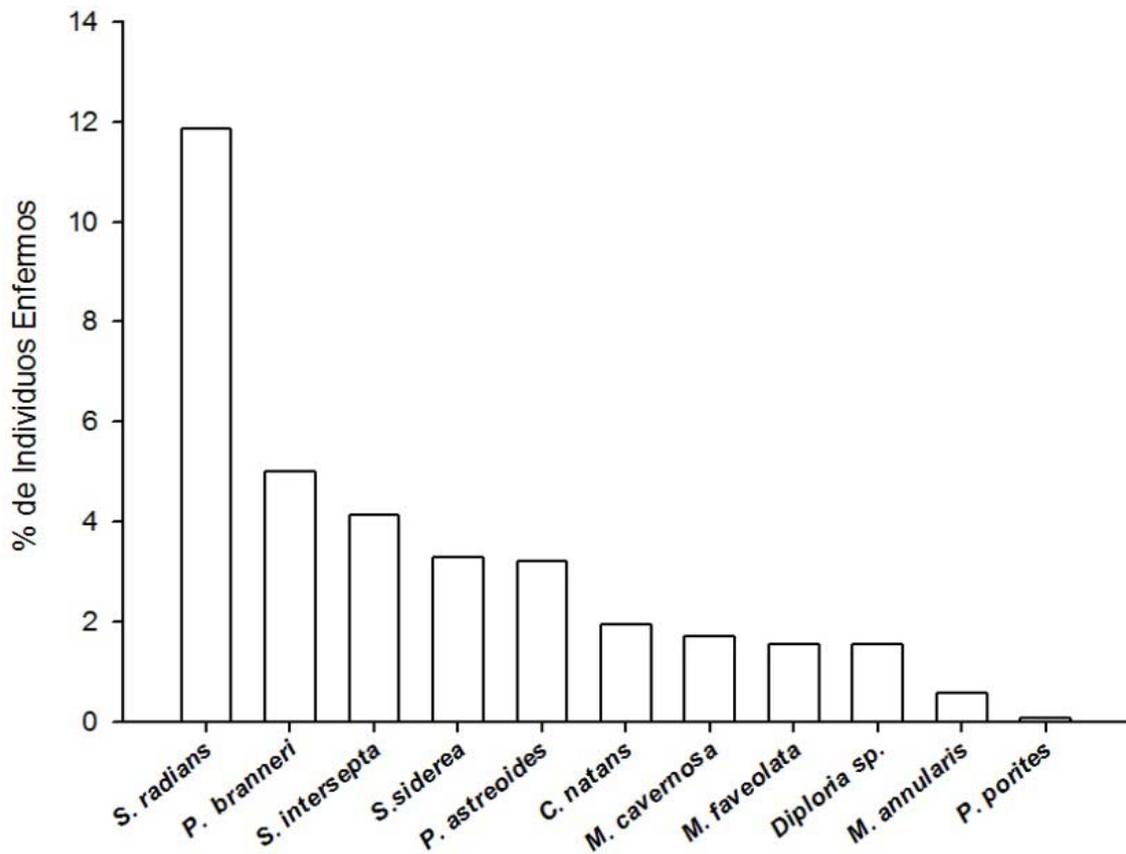


Figura 4. Porcentaje de individuos enfermos por especie.

En el grupo Norte se registró el porcentaje más alto de individuos enfermos 5.7% contra 3% en el grupo Sur (Figura 5).

En resultados por estación de los grupos Norte y Sur encontramos que en la Planicie Arrecifal fue donde se encontró el mayor porcentaje de individuos enfermos 10.06% en el Norte y 4.08% en el Sur, sin embargo en el grupo Norte se encontró un porcentaje más elevado en el Talud de Sotavento 3.5% que en

el Talud de Barlovento 3.2%; lo cual varió en grupo Sur ya que en éste, el Talud de Barlovento obtuvo un 1.6% mientras que el Talud de Sotavento 1.4% (Figura 5).

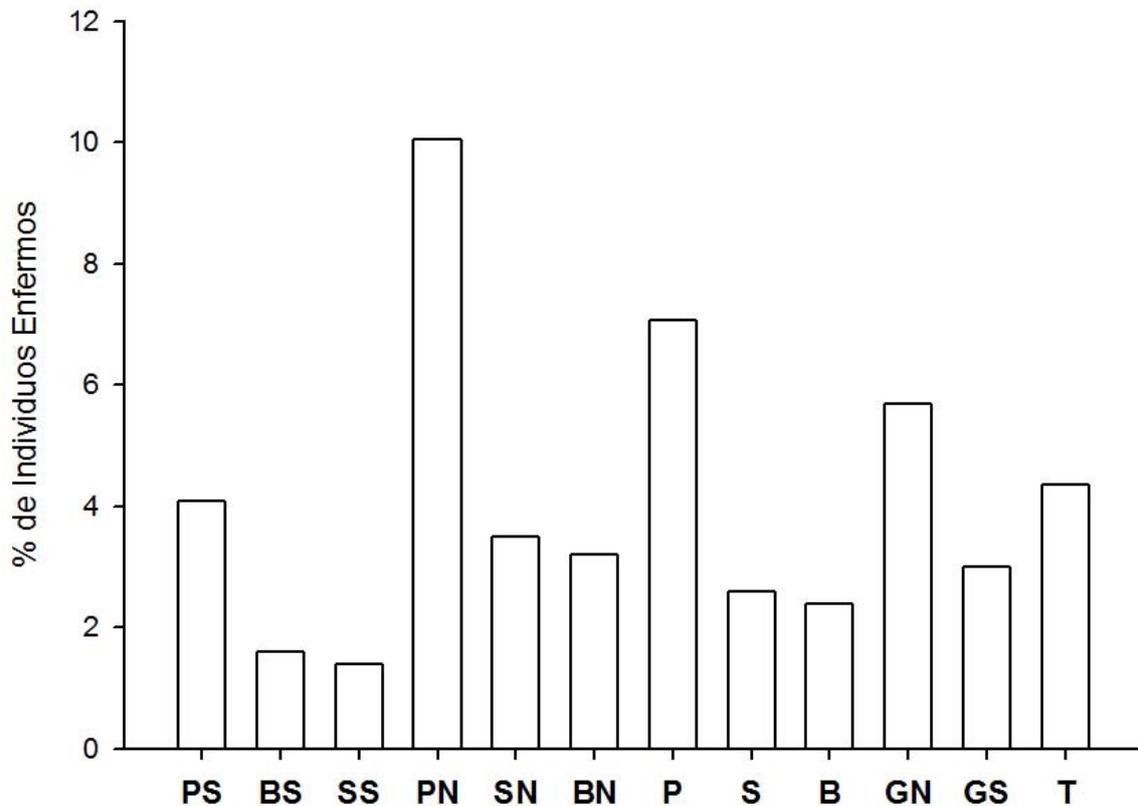


Figura 5. Comparación entre los porcentajes de individuos enfermos. Sotavento Sur (SS), Barlovento Sur (BS), Barlovento (B), Sotavento (S), Grupo Sur (GS), Barlovento Norte (BN), Sotavento Norte (SN), Planicie Sur (PS), Todos los arrecifes (T), Grupo Norte (GN), Planicie (P), Planicie Norte (PN).

## 8.2 Enfermedades y su Prevalencia

Se encontraron 7 enfermedades en el Sistema Arrecifal Veracruzano las cuales fueron: Mancha Amarilla, Banda Negra, Hiperplasia, Mancha Blanca, Mancha Negra, Necrosis Rápida y Plaga Blanca (Cuadro 3).

Cuadro 3.  
Enfermedades presentes en el Sistema Arrecifal Veracruzano.

Enfermedad	MA	BN	H	MB	MN	NR	PB
<b>Arrecife</b>							
Anegada de Afuera	+	+			+	+	+
Cabezo		+	+		+		+
Chopas					+		+
Galleguilla					+		+
Hornos				+	+		+
Isla de Enmedio					+		+
Isla de Sacrificios		+			+		+
Isla Verde	+	+		+	+		+
La Blanca	+						+
Pájaros		+			+		+

+ enfermedad presente.

Mancha Amarilla (MA), Banda Negra (BN), Hiperplasia (H), Mancha Blanca (MB), Mancha Negra (MN), Necrosis Rápida (NR), Plaga Blanca (PB).

La enfermedad de la Plaga Blanca fue encontrada en todos los arrecifes; sin embargo, la enfermedad de la Mancha Negra fue la que afectó el mayor porcentaje de individuos (2.7%), seguida por la enfermedad de la Plaga Blanca (1.1%), Banda Negra (0.5%), Mancha Blanca (0.1%), Mancha Amarilla (0.06%) y finalmente Hiperplasia y Necrosis Rápida (0.02%) como se muestra en la Figura 6.

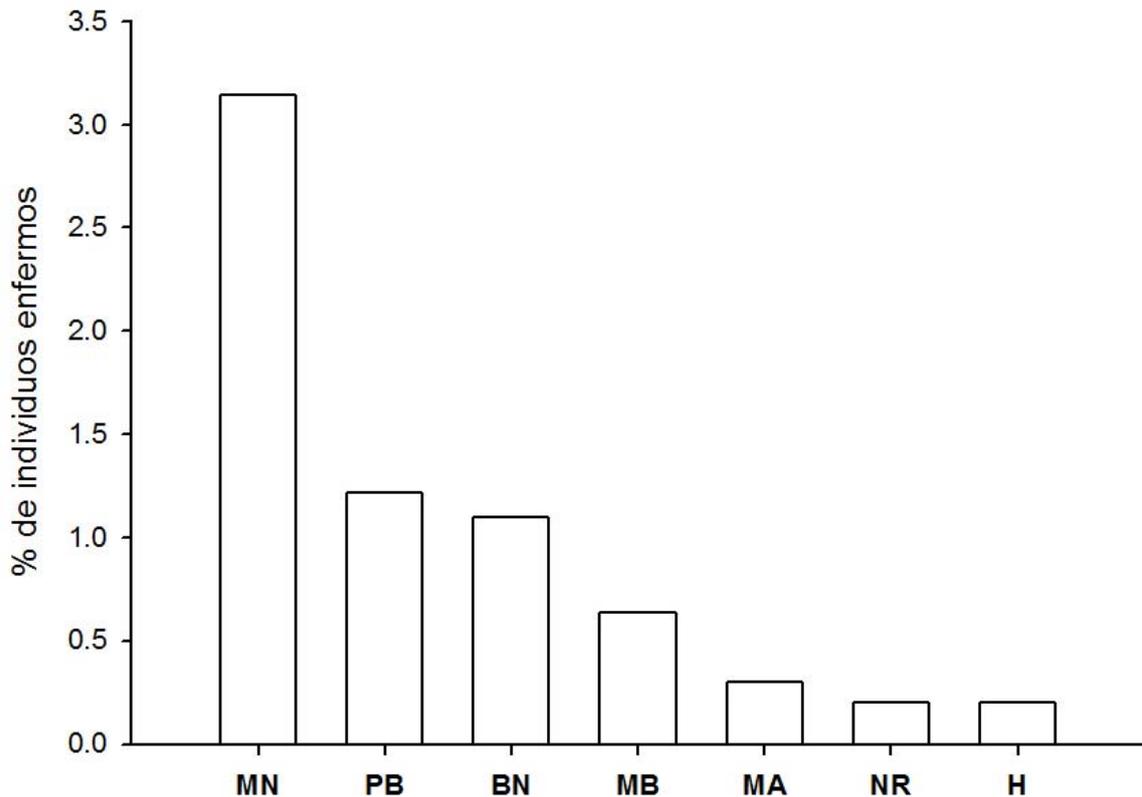


Figura 6. Porcentaje de individuos enfermos por enfermedad.  
 Mancha Amarilla (MA), Banda Negra (BN), Hiperplasma (H), Mancha Blanca (MB), Mancha Negra (MN),  
 Necrosis Rápida (NR), Plaga Blanca (PB).

De las 7 enfermedades encontradas en el Sistema Arrecifal Veracruzano, el Talud de Barlovento presentó las 7; la Planicie Arrecifal 4 y el Talud de Sotavento 3. Las enfermedades de la Mancha Negra y la Plaga Blanca se encontraron en las tres estaciones, la enfermedad de la Mancha Blanca tan solo en el Talud de Barlovento y en el Talud de Sotavento; Banda Negra y Banda Amarilla en el Talud de Barlovento y en la Planicie Arrecifal; mientras que Necrosis Rápida e Hiperplasma tan solo en el Talud de Barlovento (Cuadro 4).

Cuadro 4.  
 Enfermedades presentes por estación.

Enfermedad	MA	BN	H	MB	MN	NR	PB
Estación							

Talud de Barlovento	+	+	+	+	+	+	+
	+	+			+		+
Talud de Sotavento				+	+		+

+ Enfermedad presente.

Mancha Amarilla (MA), Banda Negra (BN), Hiperplasma (H), Mancha Blanca (MB), Mancha Negra (MN), Necrosis Rápida (NR), Plaga Blanca (PB).

En el Grupo Norte encontramos 5 enfermedades y en el Grupo Sur 6, coincidiendo en estos dos grupos Mancha y Banda Negra, Plaga Blanca y Banda Amarilla. Mancha Blanca solo se encontró en el Grupo Sur y Necrosis Rápida e Hiperplasma solo en el Grupo Sur (Cuadro 5).

Cuadro 5.  
Enfermedades presentes por Grupo.

Enfermedad	MA	BN	H	MB	MN	NR	PB
Grupo Norte	+	+		+	+		+
Grupo Sur	+	+	+		+	+	+

+ Enfermedad presente.

Mancha Amarilla (MA), Banda Negra (BN), Hiperplasma (H), Mancha Blanca (MB), Mancha Negra (MN), Necrosis Rápida (NR), Plaga Blanca (PB).

Las especies *Colpophyllia natans* y *Diploria* sp. presentaron 4 de las 7 enfermedades identificadas, *Siderastrea radians* presentó 3; mientras que las otras especies presentaron entre 1 y 2 enfermedades distintas (Cuadro 6).

Cuadro 6.  
Enfermedades presentes por especie.

Enfermedad	MA	BN	H	MB	MN	NR	PB
Especie <i>Colpophyllia natans</i>			+	+	+		+
<i>Diploria</i> sp.	+	+			+		+
<i>Siderastrea radians</i>		+			+		+

<i>Siderastrea siderea</i>		+		+
<i>Stephanocoenia intersepta</i>	+			+
<i>Montastraea cavernosa</i>			+	+
<i>Montastraea faveolata</i>	+			+
<i>Porites astreoides</i>			+	+
<i>Porites branneri</i>				+
<i>Porites porites</i>				+

---

+ Enfermedad presente.

Mancha Amarilla (MA), Banda Negra (BN), Hiperplasma (H), Mancha Blanca (MB), Mancha Negra (MN), Necrosis Rápida (NR), Plaga Blanca (PB).

### 8.3 Porcentaje de Tejido con Síntomas de Enfermedad

El arrecife que presenta el mayor porcentaje de tejido coralino afectado por alguna enfermedad es Isla Verde con un porcentaje de 25.4, seguido por Anegada de Afuera con 24%, Pájaros 20.3%, Isla de Enmedio 19.9%, Cabezo 18.4, Hornos 16.4%, Chopas 15%, Isla de Sacrificios 12.7%, La Blanca 12.5%, y finalmente con el porcentaje más bajo Galleguilla con 11.3% (Figura 7).

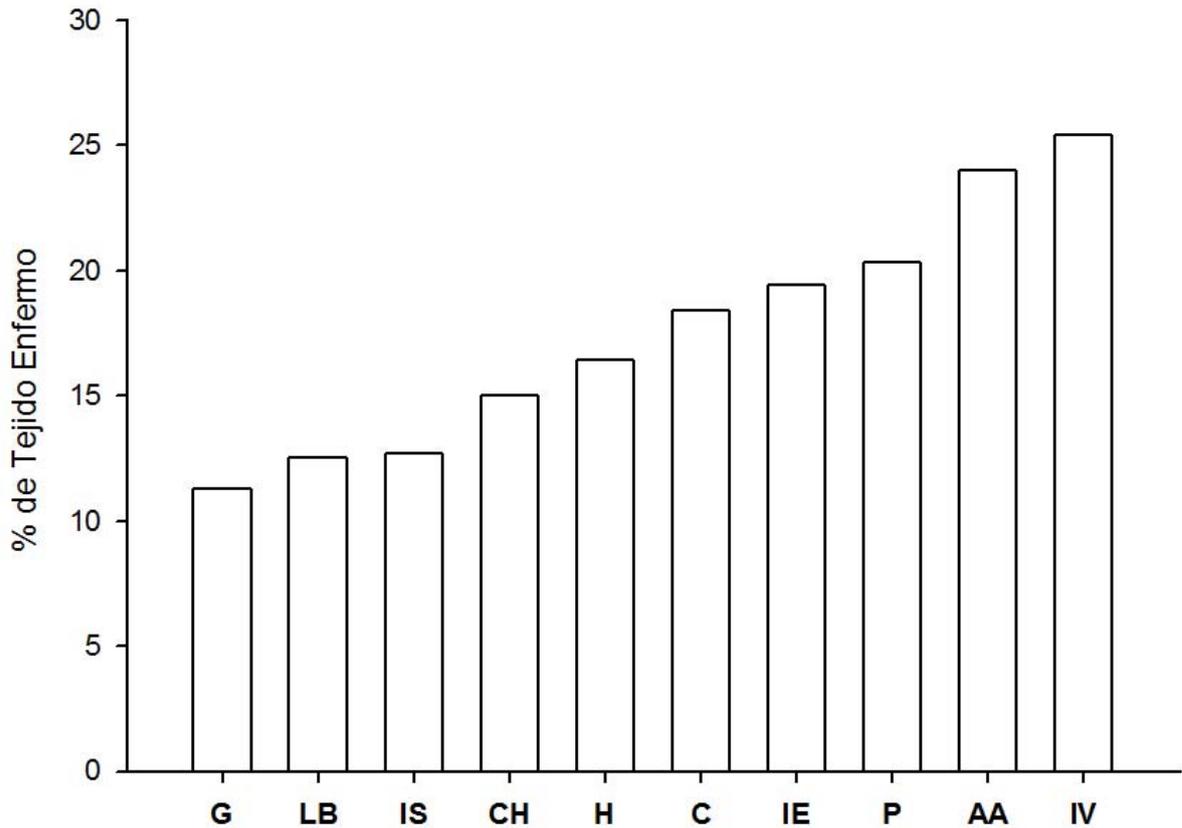


Figura 7. Porcentaje de tejido con síntomas de enfermedad por arrecife. Hornos (H), Pájaros (P), Isla Verde (IV), Isla de Sacrificios (IS), Cabezo (C), Chopas (CH), Galleguilla (G), Isla de Enmedio (IE), Anegada de Afuera (AA), La Blanca (LB).

La especie que presentó más tejido dañado o muerto a causa de enfermedades fue *Colpophyllia natans*, seguida por *Siderastrea radians* (Figura 8) esta última también se registró como la especie con más individuos enfermos del Sistema Arrecifal Veracruzano.

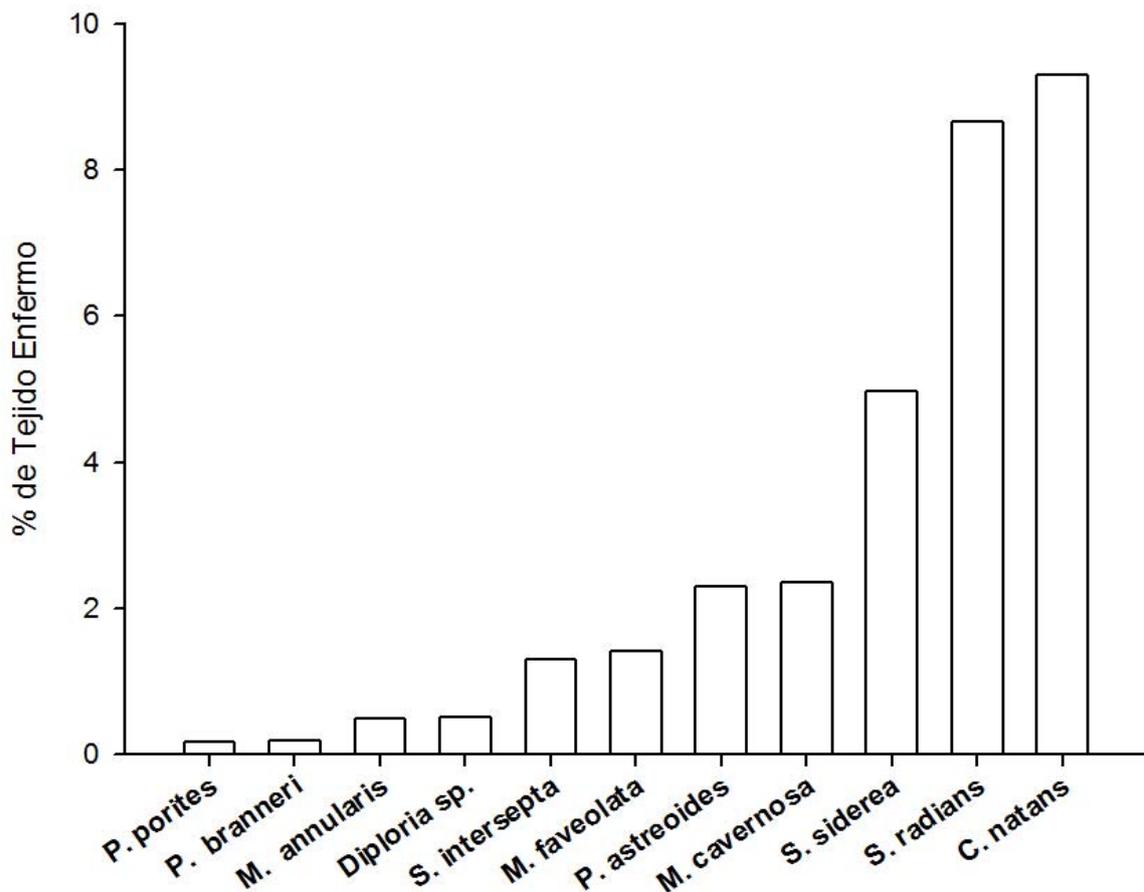


Figura 8. Porcentaje de tejido con síntomas de enfermedad por especie.

Los corales que habitan el Talud de Sotavento registraron el mayor porcentaje de tejido enfermo (30.4%), la Planicie Arrecifal (18.6%) y el Talud de Barlovento (14.7%). Aunque la Planicie Arrecifal presentó el mayor porcentaje de individuos enfermos no presentó el mayor porcentaje de tejido dañado; el Talud de Sotavento fue el que mayor porcentaje de tejido dañado presentó.

Por otro lado el Grupo Sur presentó el mayor porcentaje de tejido con síntomas de enfermedad 17.8%, mientras que en el Grupo Norte se registró un 17.2% (Figura 9).

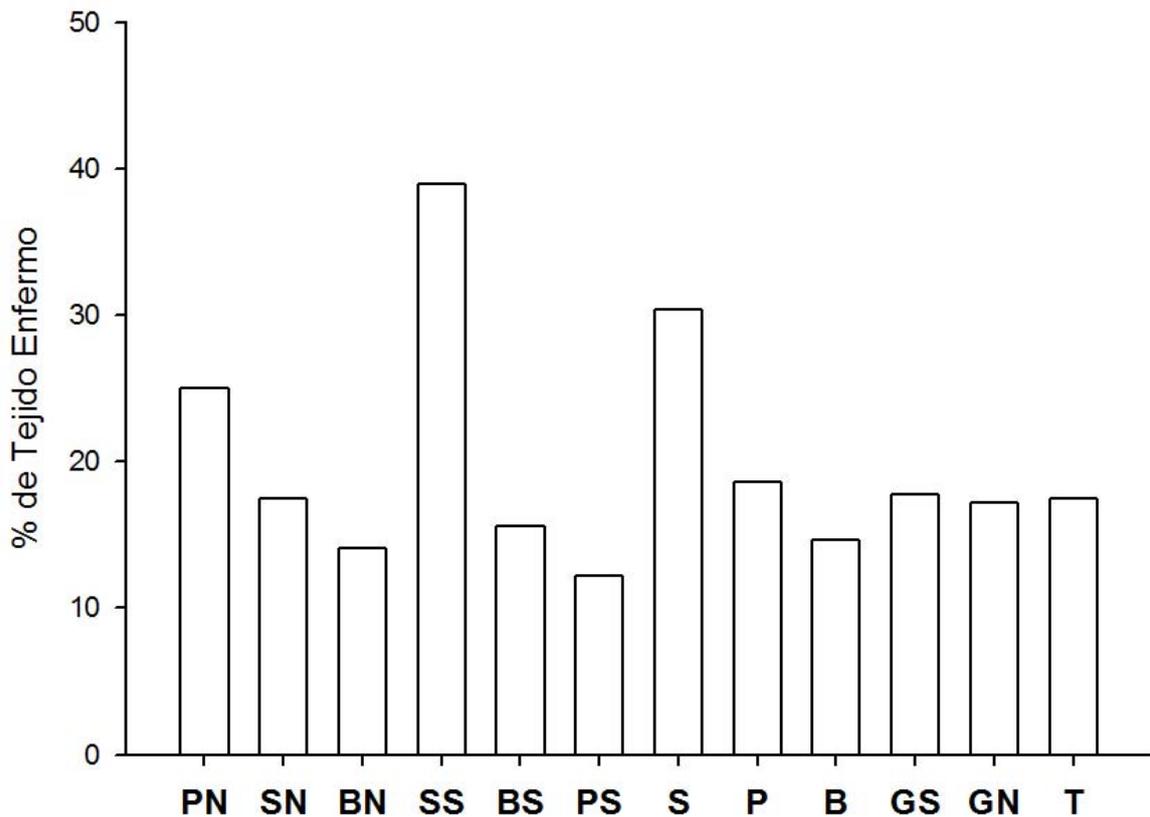


Figura 9. Comparación entre los porcentajes de tejido enfermo. Sotavento Sur (SS), Barlovento Sur (BS), Barlovento (B), Sotavento (S), Grupo Sur (GS), Barlovento Norte (BN), Sotavento Norte (SN), Planicie Sur (PS), Todos los arrecifes (T), Grupo Norte (GN), Planicie (P), Planicie Norte (PN).

En promedio el porcentaje total de tejido con síntomas de enfermedad en el Sistema Arrecifal Veracruzano fue de 17.5%, la estación que presentó mayor porcentaje de tejido con síntomas de enfermedad fue el Talud de Sotavento y el Grupo con el porcentaje más elevado fue el Sur (Figura 9).

## 9. Discusión

### 9.1 Individuos Enfermos

En el 2003 Steneck y Lang registraron el porcentaje de individuos afectados con la enfermedad de la Plaga Blanca en Akumal, Yucatán; en este estudio utilizaron también el Protocolo de Evaluación Rápida (AGRRRA); en la figura 10 se puede observar la comparación entre el promedio de individuos afectados con la plaga blanca en Akumal Yucatán y en el Sistema Arrecifal Veracruzano; podemos darnos cuenta que el SAV presenta un porcentaje bajo en comparación con Akumal, por lo que podemos aseverar que aunque la enfermedad de la Plaga Blanca se encuentra en todos los arrecifes del SAV el promedio total de individuos afectados no es alto en comparación con otros arrecifes.

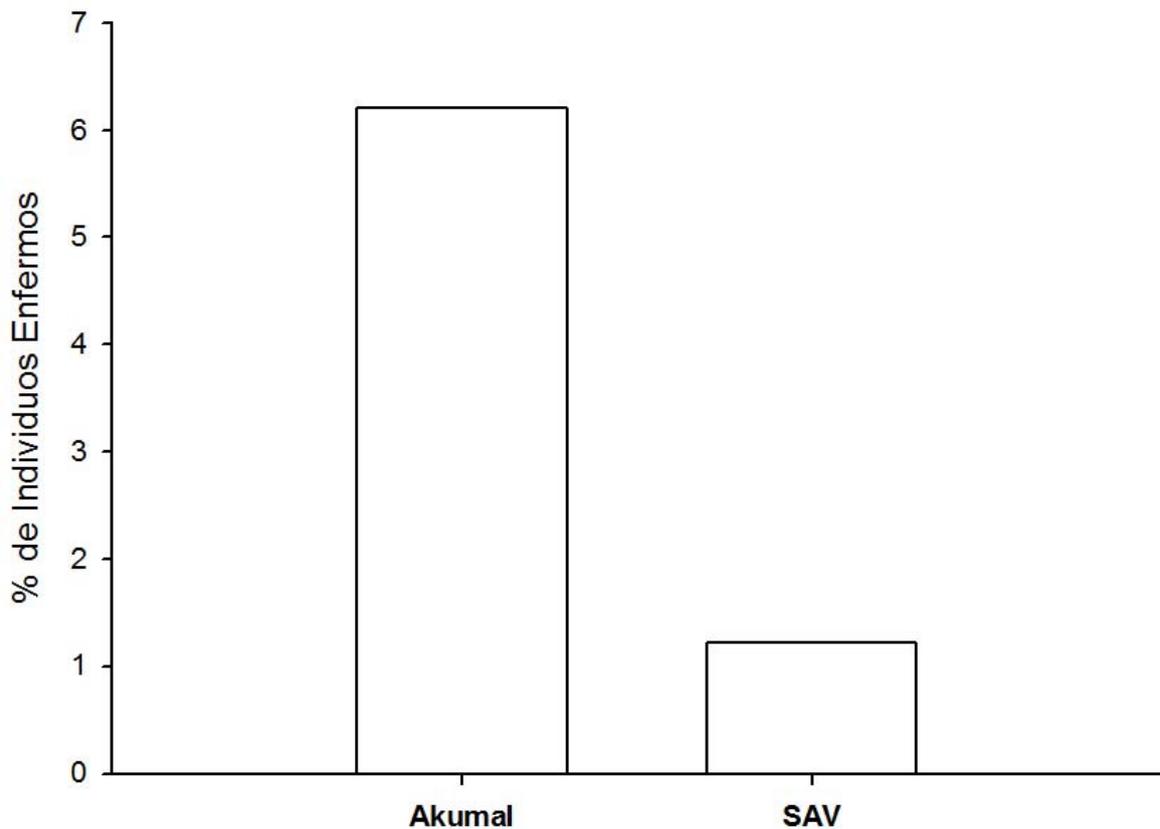


Figura 10. Comparación de porcentajes de individuos con la enfermedad de la Plaga Blanca en Akumal, Yucatán y el SAV.

Los porcentajes de individuos enfermos registrados para el Sistema Arrecifal Veracruzano son bajos en comparación con los arrecifes evaluados por Ruiz-Zarate en el 2003; en este trabajo evaluó el porcentaje de individuos enfermos en 8 arrecifes de Quintana Roo registrando un porcentaje promedio de 11.3%; esto comparado con el Sistema Arrecifal Veracruzano con un 4.4% de individuos enfermos; lo ubica más bajo de la mitad que lo registrado para Quintana Roo (Figura 11); esto quizá se pueda deber a que el turismo es la principal actividad económica en Quintana Roo; sin embargo el SAV también es objeto del turismo ya que cada año mas de 800,000 turistas lo visitan, en busca de hermosas playas y de actividades acuáticas (INEGI 1995).

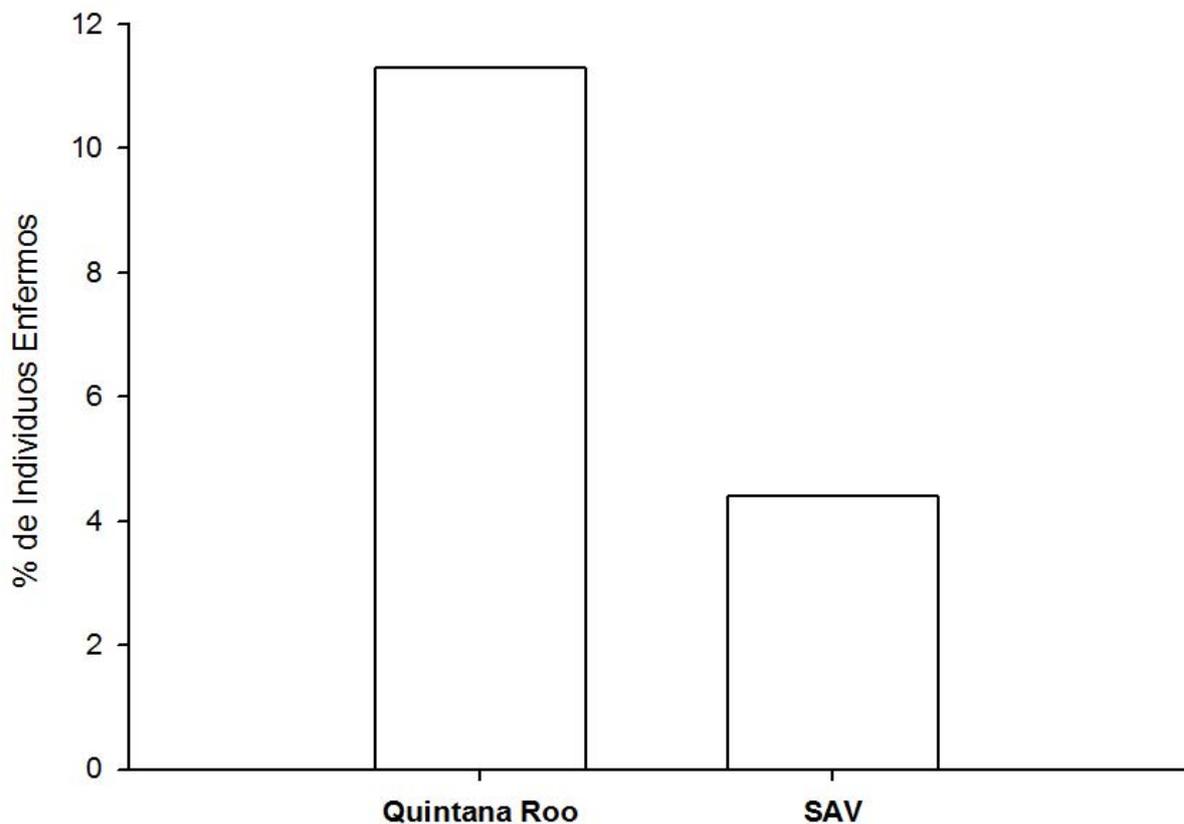


Figura 11. Comparación entre arrecifes de Quintana Roo y el SAV.

El porcentaje promedio de individuos enfermos para el Sistema Arrecifal Veracruzano fue de 4.4% esto comparado con 8 arrecifes a lo largo del Caribe lo sitúa en el sexto lugar en orden ascendente (Figura 12), por debajo de las Costas de Curaçao (Bruckner y Bruckner, 2003), El Parque Nacional Cahuita

en Costa Rica (Fonseca, 2003), Sistema Arrecifal Isla Andros en Bahamas (Kramer *et. al.* 2003), Islas Turks y Caicos (Riegl *et. al.* 2003) y María la Gorda en Cuba (Alcolado *et. al.*, 2003); esto ubica al Sistema Arrecifal Veracruzano, Las Islas Caimán (Manfrino *et. al.*, 2003), El Arrecife Horseshoe en el Parque Marino Cayos de Tobago en San Vicente (Deschamps *et. al.*, 2003), y Belice (Peckol *et. al.*, 2003) como Sistemas Arrecifales y/o arrecifes con bajo porcentaje de individuos enfermos.

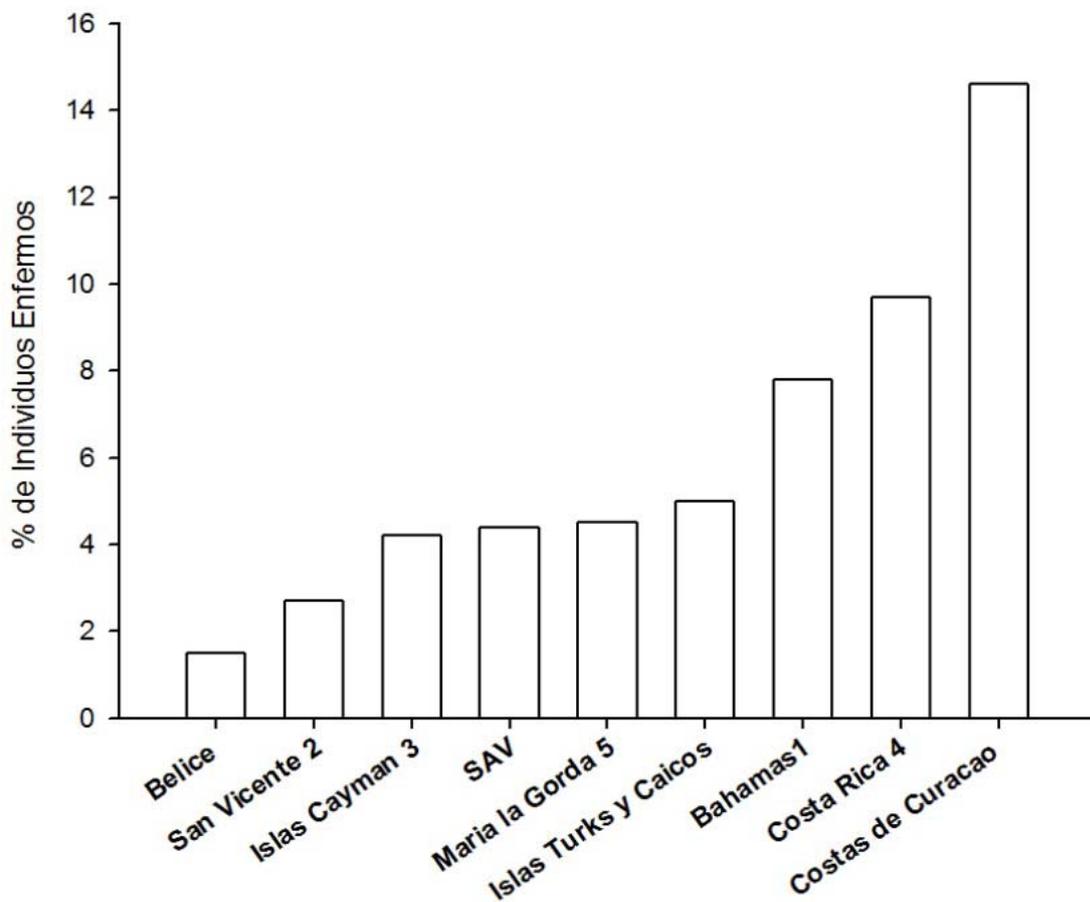


Figura 12. Comparación entre porcentajes de individuos enfermos. <sup>1</sup> Sistema Arrecifal Isla Andros, <sup>2</sup> Arrecife Horseshoe Parque Marino Cayos de Tobago San Vicente, <sup>3</sup> Little Cayman, Grand Cayman y Cayman Brac, British West Indies, <sup>4</sup> Parque Nacional Cahuita <sup>5</sup> Cuba.

La planicie Arrecifal presentó el mayor porcentaje de individuos enfermos esto quizá se deba a la incidencia de luz que existe en esta zona, por ejemplo la enfermedad de la Banda Negra por lo general está ligada a zonas someras pues está relacionada con la disponibilidad de luz ya que la banda negra se encuentra dominada por una cianobacteria fotosintética (Antonius, 1981),

pero como aun no se sabe con exactitud que microorganismos sean los causantes de las demás enfermedades no podemos saber si la luz sea uno de los factores que estén implicados en la recurrencia de las enfermedades en la zona de la Planicie Arrecifal.

El arrecife Hornos se encuentra a menos de 0.5 km del puerto de Veracruz, por su cercanía al puerto posee características únicas comparado con los otros; en este arrecife se descargan aguas residuales provenientes de la ciudad de Veracruz; su localización, tamaño, diversidad de escleractinios, cobertura y topografía compleja están probablemente controlados por la interacción que existe entre la turbidez del agua residual y las corrientes de agua marina (Tunnell, *et al.* 2007). Hornos presentó el mayor porcentaje de individuos enfermos (Figura 2), quizá por la relación que existe con las descargas residuales ya que su cercanía al puerto lo hace más susceptible a las actividades antropogénicas.

La enfermedad de la Mancha Negra fue la que se encontró con mayor frecuencia pues a parte de hallarse en 9 de los 10 arrecifes analizados, afectó en promedio a un 2.7% de los corales analizados. La enfermedad de la Mancha Negra aparece generalmente en *Siderastrea siderea* como respuesta al estrés y se enfatiza por incremento en la temperatura, esta enfermedad se considera como indicador de estrés biológico en los arrecifes del Caribe (Borger, 2005); esto nos podría estar indicando que han existido variaciones en la temperatura de las aguas del Golfo de México y quizá el encontrar tantos individuos afectados con esta enfermedad nos indica un grado de estrés en los organismos que habitan el SAV, como en los arrecifes del Caribe.

La tercera enfermedad más abundante en el SAV fue la Banda Negra; en la enfermedad de la Banda Negra es importante la estructura de la comunidad arrecifal pues crea parches de tejido muerto en los corales, los cuales pueden ser recolonizados. También, la aparición de estos parches incrementan el reclutamiento larval que sirve para reemplazar las colonias enfermas (Edmunds, 1991). La enfermedad de la Banda Negra es más frecuente en

especies cuya morfología es masiva, especies importantes para la construcción del arrecife como *M. annularis* y *M. cavernosa* (Loyola, 1976). En el Sistema Arrecifal Veracruzano *M. cavernosa* es uno de los corales más abundantes (Horta-Puga, 2003), sin embargo, la enfermedad de la Banda Negra no fue encontrada en esta especie lo cual nos indica que no está afectando uno de los corales más importantes para la construcción del arrecife de coral (Tabla 6).

## 9.2 Enfermedades y su Prevalencia.

En el 2003 Horta-Puga reportó para el Sistema Arrecifal Veracruzano la enfermedad de la Banda Negra en *Siderastrea* y *Montastraea* spp., Neoplasma en *Diploria* y Mancha Negra en *Siderastrea* spp., en el presente estudio también se encontró la enfermedad de la Banda Negra en *Siderastrea* spp. y en *Diploria* por lo que podemos deducir que estas especies siguen siendo afectadas por dicha enfermedad. Neoplasma no se encontró esta vez en ningún coral y Mancha Negra se encontró en 7 de las 11 especies afectadas

incluyendo *Siderastrea* spp. y *Diploria* (Tabla 6). Sin embargo en este estudio se encontraron 4 enfermedades más que en 1999 afectando a diversas especies, por lo cual podemos inferir que las enfermedades han ido avanzando con el paso de los años en el Sistema Arrecifal Veracruzano; pero también debemos aclarar que el muestreo para el presente estudio fue más intensivo por lo que quizá encontramos más enfermedades.

La tabla 7 presenta la comparación entre las enfermedades encontradas y las especies que afectan en el SAV contra otros sitios de México. Podemos observar que la enfermedad de la Mancha Negra, Plaga Blanca, Banda Negra y Banda y/o Mancha Amarilla son recurrentes en casi todos los sitios, por lo que podemos concluir que estas son las enfermedades que se han encontrado comúnmente afectando a los corales de los arrecifes mexicanos; por otro lado las especies coralinas afectadas principalmente son *Montastraea* spp., *Siderastrea* spp. y *Diploria* spp.

Cuadro 7.  
Comparación de especies enfermas en distintos sitios de México.

AUTORES Y AÑO	LUGAR	ENFERMEDAD REPORTADA	ESPECIES AFECTADAS
Steneck R. y Lang J. 2003	Bahía de Akumal Yucatán, México	Banda Amarilla	<i>Montastraea</i> spp.
Ruiz-Zárte M. 2003.	Arrecifes del Sur de Quintana Roo	Plaga Blanca	<i>Montastraea faveolata</i> , <i>M. annularis</i> , <i>Agaricia agaricites</i> , <i>Porites astreoides</i> , <i>Siderastrea siderea</i> , <i>Diploria strigosa</i> .
		Banda Negra	<i>Meandrina meandrites</i>
		Mancha Negra	<i>Siderastrea siderea</i>

Steneck R. y Lang J. 2003.	Costas de Yucatán, México.	Banda Blanca Mancha Amarilla Plaga Blanca	<i>Acropora plamata</i> <i>Montastraea faveolata</i> <i>M. annularis</i> , <i>M. franksi</i> y <i>M. faveolata</i> <i>Agaricia tenuifolia</i>
Horta-Puga G. 2003.	Sistema Arrecifal Veracruzano	Banda Negra Banda Negra	<i>Siderastrea</i> spp. y <i>Montastraea</i> spp.
		Neoplasma	<i>Diploria</i> spp.
Este estudio, 2007	Sistema Arrecifal Veracruzano	Mancha Negra Banda Amarilla	<i>Siderastrea</i> spp. <i>Diploria</i> sp., <i>M. faveolata</i> , <i>S. intersepta</i> .
		Banda Negra	<i>Diploria</i> sp., <i>S. radians</i> , <i>S. siderea</i> .
		Hiperplasma	<i>C. natans</i>
		Mancha Blanca	<i>C. natans</i> , <i>M. annularis</i> , <i>M. cavernosa</i> , <i>P. astreoides</i>
		Mancha Negra	<i>P. astreoides</i>
		Necrosis Rápida	<i>Siderastrea</i> sp., <i>C. natans</i> , <i>Diploria</i> sp.
		Plaga Blanca	<i>M. annularis</i> .
			<i>C. natans</i> , <i>Diploria</i> sp., <i>P. astreoides</i> , <i>S. radians</i> .

La enfermedad de la Plaga Blanca se encontró en todos los arrecifes pero no fue la que presentó mayor porcentaje de individuos afectados; se han reportado brotes de esta enfermedad a lo largo del Caribe y del Indo-Pacífico perturbando a varias especies de corales, pero como la causa de esta enfermedad aún no está definida es difícil saber el origen de estos brotes repentinos (Sutherland y Richie. 2004); para el Sistema Arrecifal Veracruzano ya se había reportado anteriormente en los arrecifes Isla de Sacrificios y Santiaguillo por Pérez y col. en el 2006; lo cual nos indica que para el 2006 ya había sido reportada en el SAV solo que en esa ocasión se trató de un muestreo pequeño y en el presente estudio el muestreo fue más intenso por lo que se halló en todos los arrecifes.

### 9.3 Porcentaje de Tejido con Síntomas de Enfermedad.

El arrecife Isla Verde fue el que presentó el mayor porcentaje de tejido enfermo (Figura 7), y fue el tercero con mayor porcentaje de individuos enfermos por lo cual se puede decir que el índice de individuos enfermos en este arrecife es alto, de esta forma el arrecife Isla Verde es el más afectado en el Sistema Arrecifal Veracruzano. Esto puede deberse a que Isla Verde, Isla de Enmedio, Punta Mocambo y un pequeño banco de arena llamado Cancuncito en el arrecife Pájaros son los principales destinos turísticos; pues estos arrecifes son visitados por miles de personas al año, por lo que el impacto es severo y hay una considerable destrucción del hábitat arrecifal (Horta-Puga, 2007).

La especie *Siderastrea radians* presentó un elevado porcentaje de tejido afectado y también se registro como la especie con más individuos enfermos del Sistema Arrecifal Veracruzano; esto nos puede indicar que la especie *S. radians* es la especie coralina que se encuentra más afectada en el Sistema.

El Grupo Sur es el que presenta el porcentaje más bajo de individuos enfermos en comparación con el Grupo Norte (Figura 5), por lo que se puede inferir que el Grupo Sur con un bajo porcentaje de individuos enfermos tiene altas tasas de pérdida de tejido.

En el Grupo Norte los corales de la Planicie Arrecifal mostraron el mayor porcentaje de tejido enfermo, al igual que el mayor porcentaje de individuos enfermos por lo que se puede suponer que los corales de la Planicie Arrecifal del Grupo Norte se enferman mayormente y pierden la mayor cantidad de tejido en comparación con las otras zonas.

En el Grupo Sur los corales de la zona del Talud de Sotavento presentaron el mayor porcentaje de tejido afectado, sin embargo, ésta estación presentó el porcentaje más bajo de individuos enfermos lo cual quizá nos podría indicar que las enfermedades que atacan a los corales del Grupo Sur en la zona del Talud de Sotavento son mas devastadoras.

## 10. Conclusiones

La hipótesis que se planteó para este trabajo fue rechazada ya que los arrecifes del Sistema Arrecifal Veracruzano no se encuentran muy afectados a causa de las enfermedades coralinas en comparación con otros arrecifes del Caribe.

El porcentaje promedio de individuos enfermos en el Sistema Arrecifal Veracruzano fue de 4.4%.

Se identificaron 7 enfermedades afectando a los corales hermatípicos del Sistema Arrecifal Veracruzano las cuales son Mancha Amarilla, Banda Negra, Hiperplasma, Mancha Blanca, Mancha Negra, Necrosis Rápida y Plaga Blanca.

La proporción total en la que se encontraron las enfermedades en orden descendente fue Mancha Negra Plaga Blanca, Banda Negra, Mancha Blanca, Mancha Amarilla, Hiperplasma y Necrosis Rápida.

La proporción de la comunidad con síntomas de enfermedades en orden descendente fue: Hornos, Pájaros, Isla Verde, Isla de Sacrificios, Cabezo, Chopas, Galleguilla, Isla de Enmedio, Anegada de Afuera y La Blanca.

Se encontraron 11 especies afectadas con al menos una enfermedad; éstas fueron: *Siderastrea radians*, *Porites branneri*, *Stephanocoenia intercepta*, *Siderastrea siderea*, *Porites astreoides*, *Colpophyllia natans*, *Montastraea cavernosa*, *Montastraea faveolata*, *Diploria* sp., *Montastraea annularis* y *Porites porites*.

En la zona de la Planicie Arrecifal se registró el mayor porcentaje de individuos enfermos, seguido por el Talud de Sotavento y finalmente el Talud de Barlovento con el porcentaje más bajo.

El Grupo Norte presentó el porcentaje más alto de individuos enfermos en comparación con el Grupo Sur.

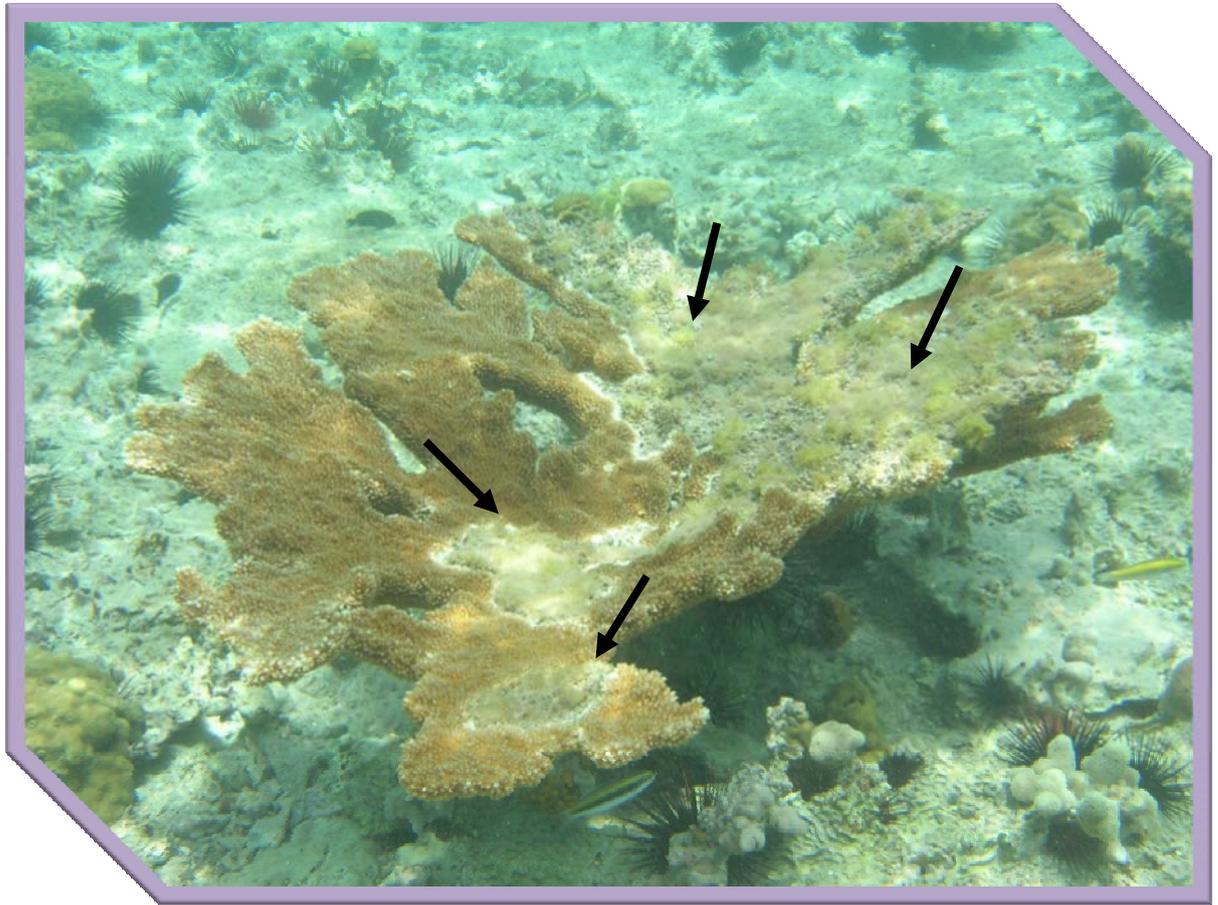
El porcentaje promedio de tejido afectado por alguna enfermedad en el Sistema Arrecifal Veracruzano fue de 17.5 %.

La determinación de la presencia de enfermedades en los corales por sí sola no es un buen indicador de la condición de los arrecifes; pues la presencia de

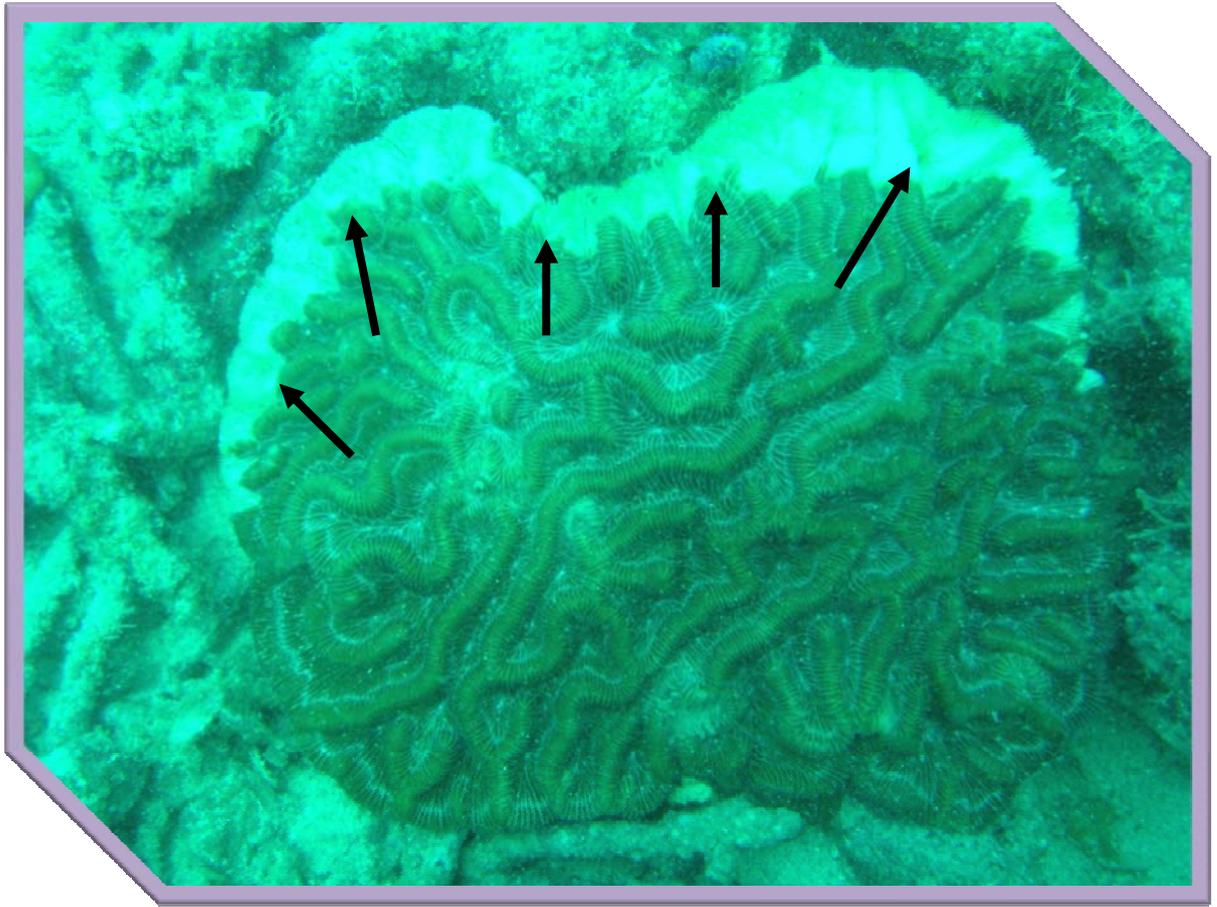
enfermedades en los individuos de una población es algo natural y no siempre significa una declive en el estado de salud de la comunidad (Sinderman, 1990).

La destrucción directa de los arrecifes por parte del humano, sin duda alguna pone en peligro estos ecosistemas y aunado a esto los factores antropogénicos que provocan estrés en los corales, los hace mas susceptibles a padecer enfermedades no solo causadas por procesos naturales.

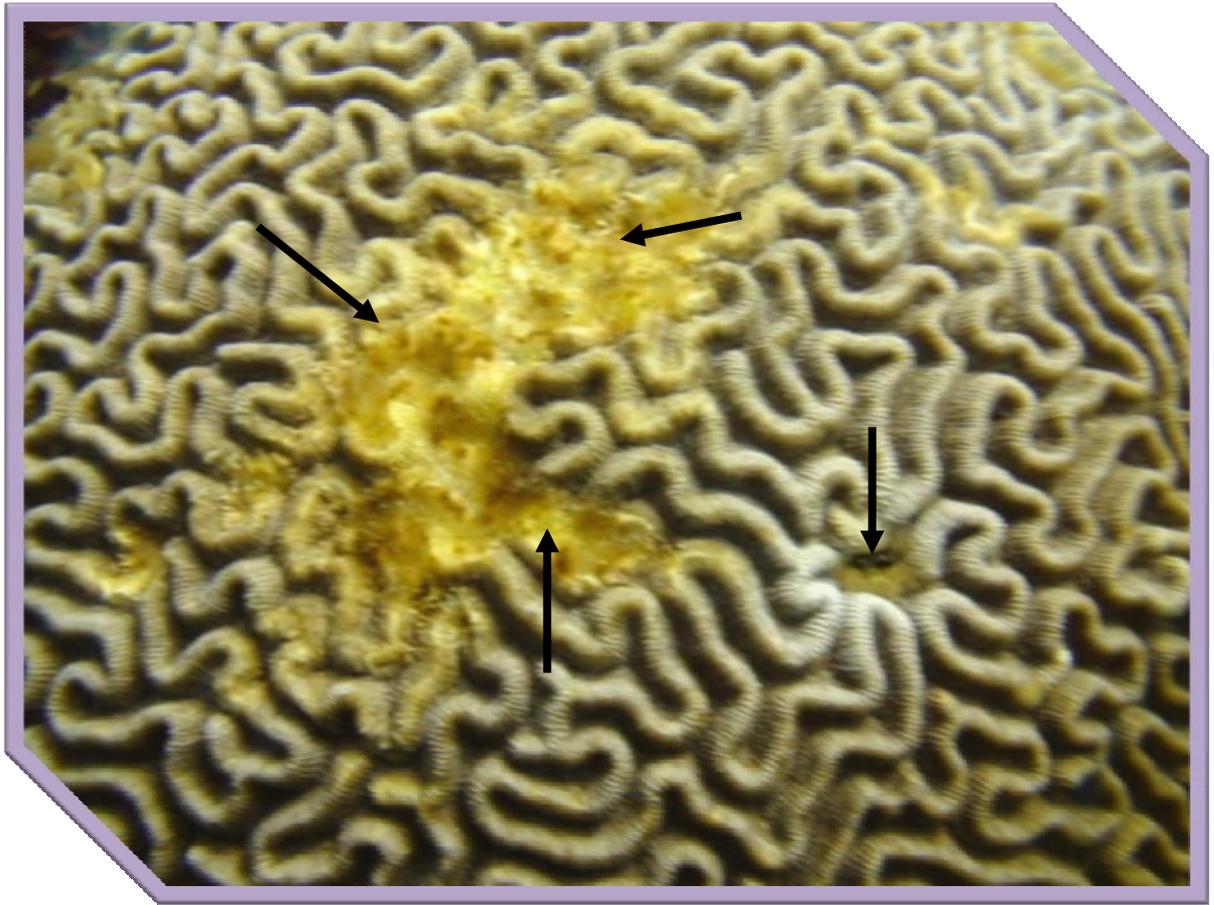
11. Apéndice Fotográfica



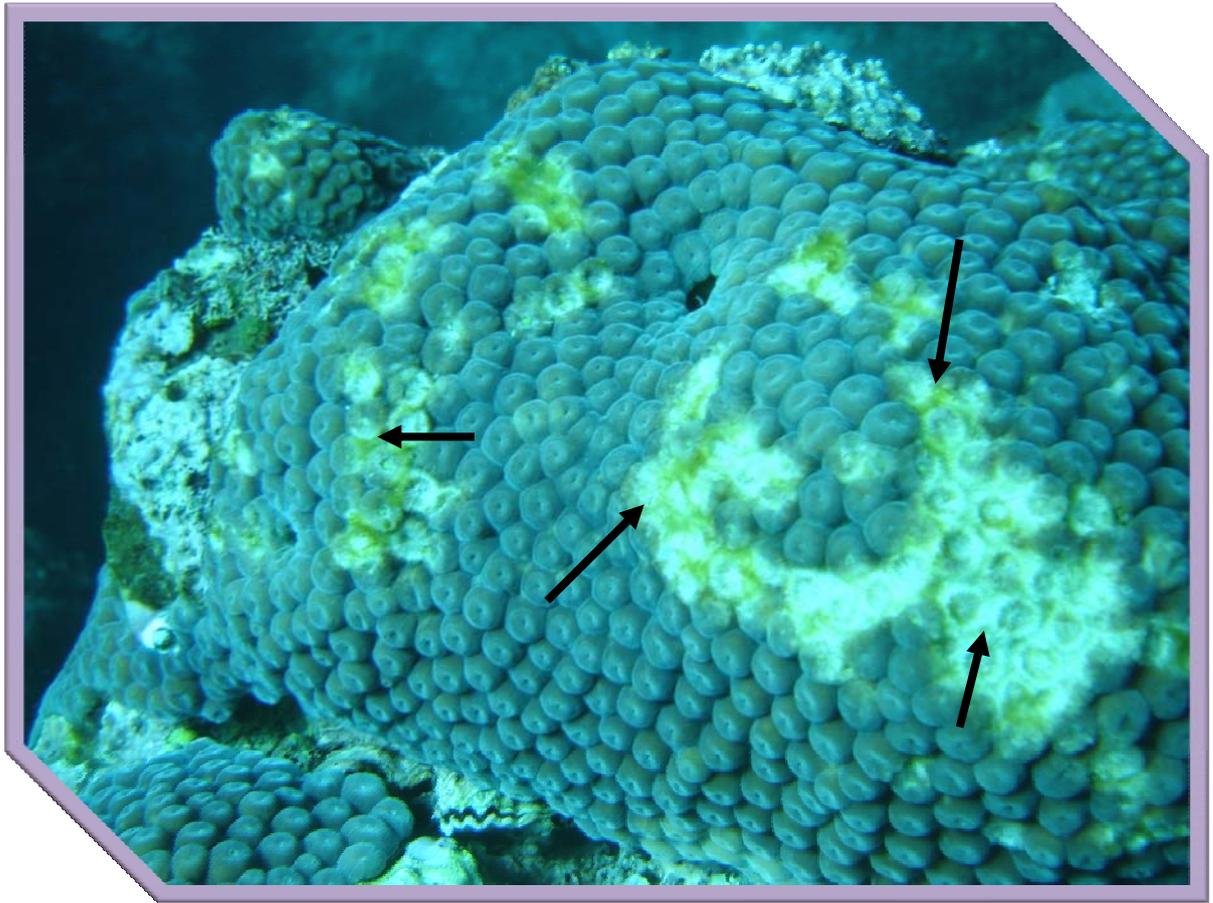
*Acropora palmata*, Mancha Blanca, Anegada de Afuera, Planicie Arrecifal.



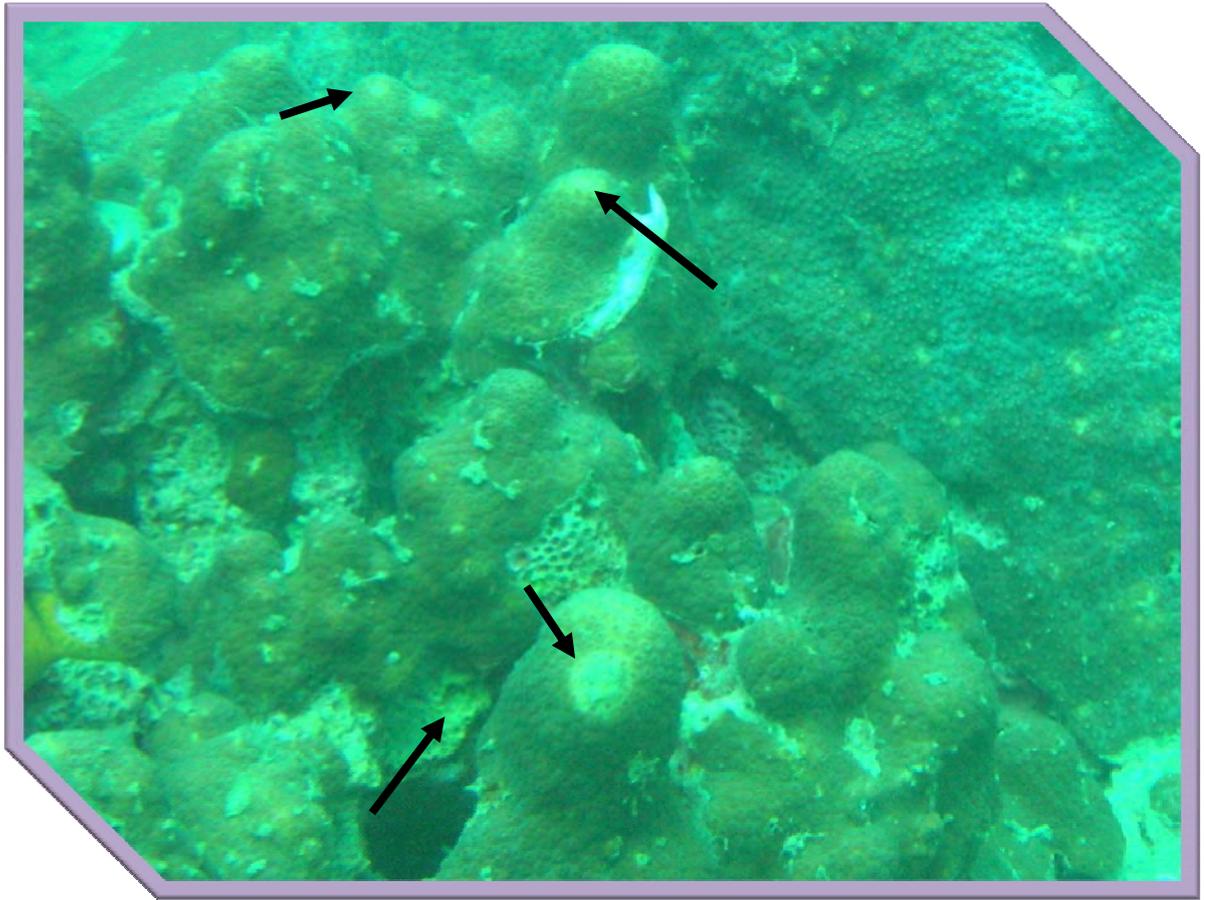
*Colpophyllia natans*, Plaga Blanca, Anegada de Afuera, Talud de Sotavento.



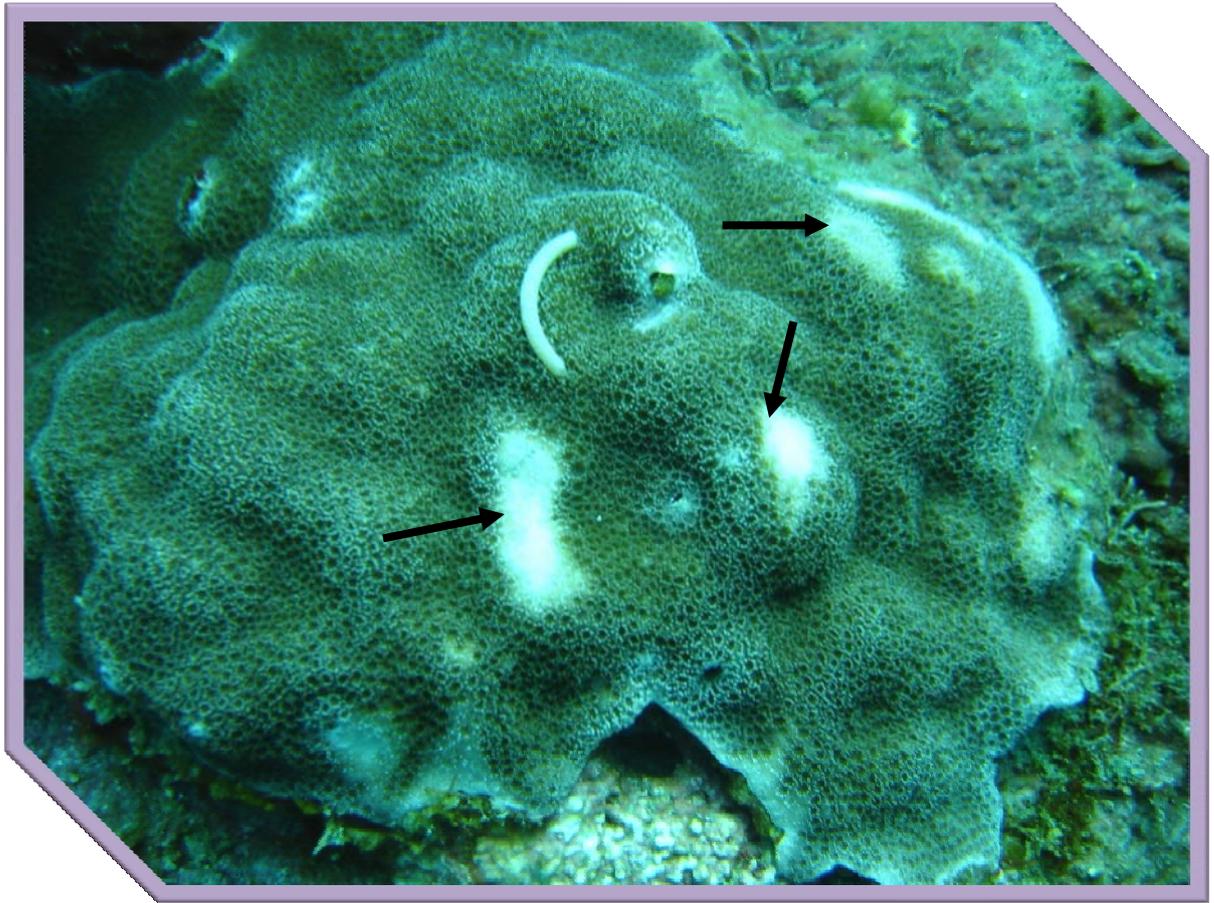
*Diploria* sp., Mancha Amarilla, Anegada de Afuera, Talud de Sotavento.



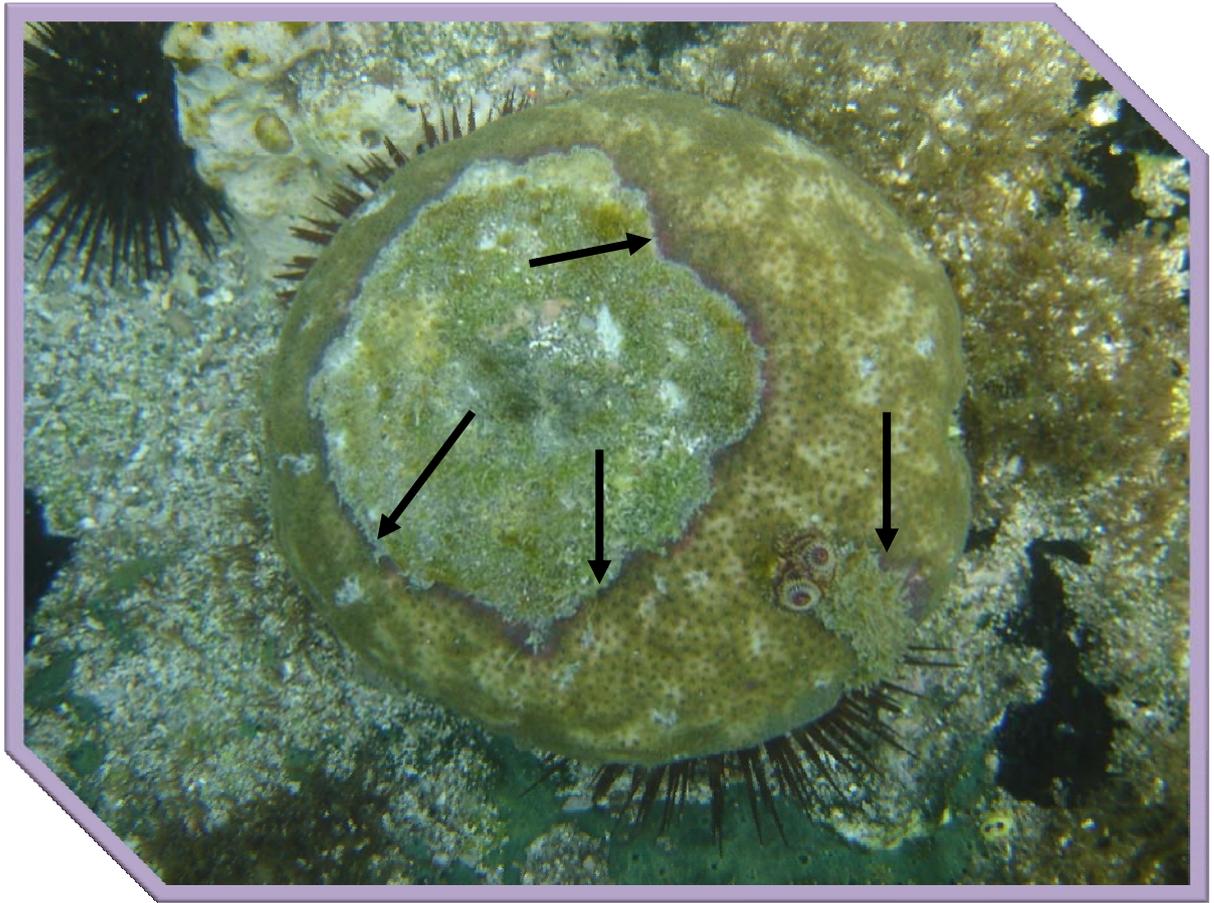
*Montastraea cavernosa*, Plaga Blanca, Anegada de Afuera, Talud de Sotavento.



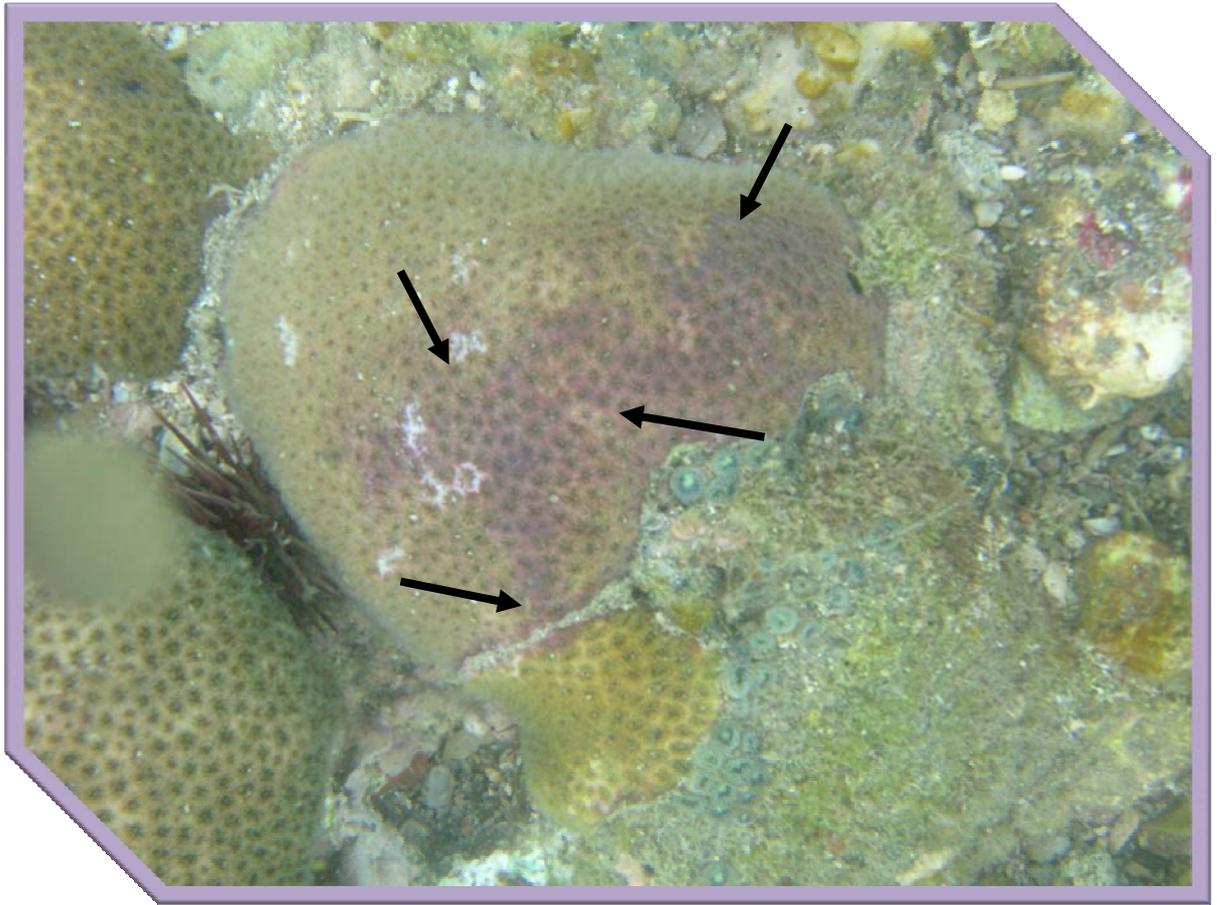
*Montastraea cavernosa*, Mancha Amarilla, Isla de Enmedio, Talud de Sotavento



*Porites astreoides*, Necrosis rápida, Isla de Enmedio, Talud de Barlovento.



*Siderastrea radians*, Banda Negra, Hornos, Planicie Arrecifal.



*Siderastrea radians*, Mancha Negra, Hornos, Planicie Arrecifal.

## 12. Bibliografía citada

- Alcolado, P. M., Martínez-Daranas, B., Menéndez-Macia, G., Del Valle, R., Hernández, M. y García, T. 2003. Rapid Assessment of Coral Communities of Maria La Gorda, Southeast Ensenada de Corrientes, Cuba. (Stony corals and Algae). AGRRA. Atoll Research Bulletin 496 268-277.
- Antonius, A. 1973. New observations on coral destruction in reef. Abs. A. Isl. Mar. Lab. Carib. 10:3.
- Antonius, A. 1981. The "Band" diseases in Coral Reefs. Proceedings of the Fourth International Coral Reef Symposium, Manila. Volumen 2.
- Antonius, A. 1985. Incidence and prevalence of coral disease on coral reefs what progress in research?. Coral Reefs.14:224.
- Antonius, A. 1988. Distribution and dynamics of coral diseases in the eastern Red Sea. Proc. 6° Int. Coral Reef Symp. 3: 145-150.
- Aronson, R. B. y Precht, W. F. 2001. White-band disease and the changing face of Caribbean coral reefs. Hydrobiologia 460: 25-38.
- Bak, R.P.M. 1983. Neoplasia, regeneration, and growth in the reef-building coral *Acropora palmata*. *Marine Biology*, 77:221-227.
- Barnes, R. 1987. Invertebrate Zoology. Quinta Edición Orlando, FL: Harcourt Brace Jovanovich, Inc. 149-163 pp.
- Barnes, R. y Hughes, R. 1999. *An Introduction to Marine Ecology*; Tercera Edición. Malden, MA: Blackwell Science, Inc. 117-141 pp.
- Borger, J.L. 2005. Dark spot síndrome: a scleractinian coral disease or general stress response? Coral Reef. 24: 139-144.
- Brown, B. E. 1987. Worldwide death of corals-Natural cyclical events or man-made pollution? Mar. Poll. Bull. 460: 1-14.
- Bruckner, A.W, y Bruckner, R.J. 2003. Conditions of Coral Reefs off Less Developed Coastlines of Curacao (Stony corals and Algae). AGRRA. Atoll Research Bulletin 496 370-392.
- Bruckner, A.W. 2002. Priorities for effective management of coral diseases. NOAA. Tech. Mem. NMFS-OPR-22, NOAA/NMFS, Silver Spring. 54p.

- Bruckner, A.W. y Bruckner, R.J. 1997. Outbreak of coral disease in Puerto Rico. *Coral Reefs* 16: 260.
- Carlton, R.G. y Richardson, L.L. 1995. Oxygen and sulfide dynamics in a horizontally migrating cyanobacterial mat: Black band disease of corals. *FEMS Microbiology Ecology* 18:155-162.
- Carricart-Ganivet, J. P. y Horta-Puga, G. J. 1993. Arrecifes de Coral en México. En: Biodiversidad Marina y Costera de México. Salazar-Vallejo S.I. y González N. E. Eds. Com. Nal. Biodiversidad. 865 pp.
- Cervino, J. M. y Smith, G. 1997. Corals in peril. *Ocean Realm*. 42: 33-35.
- Cervino, J., Goreau, T. J., Nagelkerken, I., Smith, G. W., Hayes, R. 2001. Yellow band and dark spot syndromes in Caribbean corals: distribution, rate of spread, cytology, and effects on abundance and division rate of zooxanthellae. *Hydrobiología*. 460: 53-63.
- Dalton, J. , Smith, D. A. 2006. Coral disease dynamics at a subtropical location, Solitary Islands Marine Park, eastern Australia. *Coral Reefs* 25: 37-45.
- Deschamps, A., Desrochers, A. y Klomp, K. D. 2003. A rapid assessment of the Horseshoe Reef, Tobago Cays Marine Park, St. Vincent, West Indies (stony corals, algae and fishes). *AGRRA. Atoll Research Bulletin* 496: 438-459.
- Diario Oficial de la Federación. 1992. Gob. Fed. 457 17: 4-3.
- Edmunds, P. J. 1991. Extent and effect of Black Band Disease on a Caribbean reef. *Coral Reefs* 10:161-165.
- Edmunds, P. J. y Bruckner, A. W. 2000. The significance of coral disease epizootiology for coral reef conservation. *Biological Conservation*. 96:347-361.
- Emery, K. O. 1963. Estudios Regionales. Arrecifes coralinos en Veracruz , México. *Geofis. Ins.* 3(1):11-17
- Feingold, J.S. 1988. Ecological studies of cyanobacteris infection on the Caribbean sea plume *Pseudopterogorgia acerosa*. *Proc. 6° Int. Coral Reef Symp.* 3: 157-162.

- Foley, J. E. y Sokolow, S. H. 2005. Spatial epidemiology of Caribbean yellow band syndrome in *Montastrea* spp. coral in the eastern Yucatan, Mexico. *Hydrobiologia* 548:33-40.3
- Fonseca, E. 2003. A rapid assessment at Cahuita National Park, Costa Rica, 1999 (Part 1: stony corals and algae) AGRRA. *Atoll Research Bulletin* 496: 248-257.
- Frias-Lopez, J.G. T., Bonheyo, Q. J. y Fouke, B. W. 2003. Cyanobacteria associated with coral black band disease in Caribbean and Indo-Pacific reefs. *Appl. Environ. Microbiol.* 69:2409-2413.
- Garzón-Ferreira, J. y Pinzón, J. H. 1999. Evaluación rápida de la estructura y salud de las formaciones coralinas de la Isla de Malpeo (Pacífico Colombiano) *Bol. Invest. Mar. Cost.* 28: 137-154.
- Garzón-Ferreira, J., Zea, S. y Díaz, J.M. 2005. Incidence of Partial Mortality and Other Health Indicators in Hard-Coral Communities of Four Southwestern Caribbean Atolls. *Bulletin of Marine Science.* 76(1):105-122.
- Gateño, A. L., Barki, J. C. y Rinkevich . 2003. Skeletal tumor formations in the massive coral *Pavona clavus*, *Mar. Ecol. Prog.* 258:97
- Gil-Agudelo, D. L. y Garzón-Ferreira. 2001. Spatial and Seasonal variation of Dark Spots Disease in Coral Communities of the Santa Marta area (Colombian Caribbean). *Bulletin of Marine Science.* 69(2) 619:629.
- Goreau, T. F. 1979. Corales y Arrecifes Coralinos . *Investigación y Ciencia* 37:48-60.
- Green, E. P. y Bruckner, A. W. 2000. The significance of coral disease epizootiology for coral reef conservation. *Biological Conservation* 96 47-361.
- Horta- Puga, G. J. 1982. Descripción de algunas especies de Poliquetos bentónicos de Isla Verde, Ver. Tesis Prof. UNAM-ENEP Iztacala. México. 142 pp.
- Horta- Puga, G. J. y Vargas-Hernández, J. M. 2000. El sistema arrecifal veracruzano. *La Jornada.* UNAM.

- Horta-Puga, G. J. 2003. Condition of Selected Reef Sites in Veracruz Reef System (Stony corals and Algae). AGRRA. Atoll Research Bulletin 496 360-369.
- Horta-Puga, G. J. 2007. Environmental Impacts. 2007. En Coral Reefs of the Southern Gulf of Mexico. Texas A&M University Press College Station. p. 126.
- INE. Instituto Nacional de Ecología. [www.ine.gob.mx](http://www.ine.gob.mx)
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 1995. Anuario Estadístico del Estado de Veracruz. Aguascalientes, México: INEGI.
- Korrubel, J. L. 1998. *A new coral disease from the southern Arabian Gulf*. Coral Reefs 17: 22.
- Kramer, P. A., Kramer, P. R. y Ginsburg, R. N. 2003. Assessment of the Andros Island Reef System, Bahamas. (Stony corals and Algae). AGRRA. Atoll Research Bulletin 496 76-99.
- Kuta, K. G. y Richardson, L. L. 1996. Abundance and distribution of black band disease on coral reefs in the northern Florida Keys. Coral Reefs 15: 219-223.
- Kuta, K. G. y Richardson, L. L. 2002. Ecological aspects of black band disease of corals: relationships between disease incidence and environmental factors. Coral Reefs (2002) 21: 393-398.
- Lalli, C. M., y Parsons, T. 1995. Biological Oceanography: An Introduction. Oxford: Butterworth-Heinemann Ltd. 220-233 pp.
- Lara, M., Padilla, C., Garcia, C. y Espajel, J. J. 1992. Coral Reef of Veracruz Mexico I. Zonation and Community. Proc. 7° Int. Coral Reef Symp. Guam. 1: 535-544.
- Loya, Y. G. 1976. Effects of water turbidity and sedimentation on the community structure of Puerto Rico corals. Bull. Mar. Sci. 26: 450-466.
- Loya, Y. G., Bull, G. y Pichon, M. 1984. Tumor formations in scleractinian corals. *Helgolander Meeresuntersuchungen*, 37: 138-151.
- Manfrino, C., Riegl, B., Hall, J. L. y Graifman, R. 2003. Status of Coral Reefs of Little Cayman, Grand Cayman and Cayman Brac, British West Indies in 1999 and 2000 (Stony corals and Algae). AGRRA. Atoll Research Bulletin 496 204-225.

- Peckol, P. M., Curran, H. A., Floyd, E. y Robbart, M. L., Greenstein, B. J. y Buckman, K. L. 2003. Assessment of Selected reef sites in Northern and South-central Belize, including recovery from Bleaching and Hurricane disturbances (Stony corals and Algae). AGRRA. Atoll Research Bulletin 496 146-171.
- PEMEX. 1987. Evaluación de los corales escleractinios del Sistema Arrecifal Veracruzano. PEMEX-Sria. Marina. 119 p.
- Pérez, P. L., Vives, M. Á. R., Aburto, M. Á. L. y España, H. P. 2006. Incidencia de enfermedades en corales pétreos (Anthozoa: Scleractinia) en los arrecifes Isla Sacrificios y Santiaguillo, Veracruz. Resumen. III. Cong. Nal. de Arrecifes de Coral.
- Peters, E. C. 1984. A survey of cellular reactions to environmental stress and disease in Caribbean scleractinian corals. *Helgolander Meeresuntersuchungen*. 37: 113-137.
- Peters, E. C. 1997. Diseases of coral-reef organisms. Capítulo 6 en C. Birkeland, ed. *Life and death of coral reefs*. Chapman y Hall, New York. 114-139 p.
- Peters, E.C., Halas, J. C., y McCarty, H.B. 1986. Calicoblastic neoplasms in *Acropora palmata*, with a review of reports on anomalies of growth and form in corals. *Journal of the National Cancer Institute*, 76(5):895-912.
- Porter, J. W. y Dustan, P. 2001. Patterns of spread of coral disease in the Florida Keys. *Hydrobiologia* 460: 1-24.
- Richardson, L. L. 1998. Coral diseases: what is really know? *TREE*. 13: 438-443.
- Richardson, L. L. y Kuta, K. G. 2003. Ecological physiology of the black band disease cyanobacterium *Phormidium corallyticum*. *FEMS Microbiology Ecology* 43 287-298.
- Richardson, L.L. 1992. Red band disease: A new cyanobacterial infestation of corals. *American Academy of Underwater Scientists Diving for Science* 10:153-160.
- Riegl, B., Manfrino, C., Hermoyian, C., Brandt, M. y Hoshino, K. 2003. Assessment of the Coral Reefs of the Turks and Caicos Islands (Stony corals and Algae). AGRRA. Atoll Research Bulletin 496 460-479.

- Ritchie, K.B. y Smith, G.B.. 1995. Preferential carbon utilization by surface bacterial communities from water mass, normal, and white-band diseased *Acropora cervicornis*. *J. Mar. Biotechnol.* 4:345-352.
- Ruiz-Zarate. 2003. Condition of Coral Reef Ecosystems in Central-Southern Quintana Roo, México (part 1: stony corals and algae). AGRRA. Atoll Research Bulletin 496 318-337.
- Rützler, K. y Santavy, D. 1983. The black band disease of Atlantic reef corals. I. Description of a cyanophyte pathogen. *P.S.Z.N.I.: Marine Ecology*, 4:301-319.
- Santavy, D. L. y Peters, E. C. 1999. *Yellow-blotch disease outbreak on reefs of the San Blas Islands, Panam.* Coral Reefs 18: 97.
- Santavy, D.L., y Peters, E.C. 1997. Microbial pests: Coral disease in the western Atlantic. *Proceedings, 8th International Coral Reef Symposium*, 1:607-612.
- Solano, O. D., Navas-Suarez, G. y Moreno-Forero, S. K. 1993. Blanqueamiento coralino de 1990 en el Parque Nacional Natural Corales del Rosario (Caribe colombiano). *An. Inst. Invest. Mar. Punta Betín.* 22: 97-111.
- Steneck, R. S. y Lang, J. C. 2003. Rapid Assessment of México's Yucatan Reef in 1997 and 1999: Pre-and Post-1998 Mass Bleaching and Hurricane Mitch (Stony corals and Algae). AGRRA. Atoll Research Bulletin. 496 295-317.
- Sumich, J. L. 1996. *An Introduction to the Biology of Marine Life; Sexta Edición.* Dubuque, IA: Wm. C. Brown. 255-269 pp.
- Sutherland, K. P. y Ritchie, K. B. 2004. White pox disease of the Caribbean Elkhorn Coral. *Acropora palmata*. En Rosenberg E. Loya Y (eds) Coral Health Dis. Springer. Berlin Heidelberg New York. 289-300 p.
- Tello, M. J. L. 2000. Distribución de Biotopos en la Zona de la Planicie Arrecifal de Isla Verde, Veracruz, México. Tesis Licenciatura Biología. UNAM FESI. 61 pp.
- Tunnell, J. W. Jr., Chávez, E. A. y Withers. 2007. Coral Reefs of the Southern Gulf of Mexico. Texas A&M University Press College Station. 194 pp.
- Vargas, H. J. M. y Salas, P. J. J. 2005. Las corrientes marinas y su efecto sobre los arrecifes coralinos del Golfo de México. La Jornada UNAM.

- Veron, J.E.N. 2000. *Corals of the World. Vol 3*. Australia: Australian Institute of Marine Sciences and CRR Qld Pty Ltd.
- Wilkinson, C. 2000. Status of the coral reef of the world: 2000. Aus. Inst. Mar. Sci. Townsville. 363 p.
- Zizumbo-Alamilla, L. 1995. Estudio ficoflorístico de las macroalgas bénticas de un arrecife coralino Isla Verde, Veracruz México. Tesis. Biología. UNAM. Campus Iztacala. 107 pp.