



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

EVALUACIÓN DE DAÑOS EN CORALES DEL ARRECIFE SANTIAGUILLO, VERACRUZ

ÁREA TERMINAL:

ECOLOGÍA MARINA

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE BIÓLOGO
PRESENTA:

ESPINOSA MENDOZA DAVID ARTURO

DIRECTOR DE TESIS:

DR. ANTONIO VALENCIA HERNÁNDEZ



México D. F. Septiembre 2015



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.



¿Qué es un científico, al fin y al cabo? Es un hombre curioso, mirando por una cerradura, la cerradura de la naturaleza, intentando descubrir lo que está pasando.

Jacques-Yves Cousteau

Dedicatoria

A mi familia padres

Maria Dolores Mendoza García, Arturo Espinosa Lopez y Eric Isay Espinosa Mendoza ya que sin su apoyo no se habria realizado este trabajo.

A Elizabeth

Por darme mas que tu amistad, gracias por soportarme en los días mas difíciles y por alentarme a seguir adelante.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México

A la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza

Al proyecto DGAPA IT226311 por el apoyo en la investigación.

A mi director de tesis el Dr. Antonio Valencia Hernández por su paciencia, apoyo y confianza en mi para realizar este trabajo.

A la profesora Angélica Elaine González Schaff por adoptarme en innumerables ocasiones en campo.

A mis instructores de buceo Sergio Alatríste, Raymundo Reveles, Francisco Rosales, Danilo Di Giovanni, David Rodríguez, Stein Kwadijk, Arturo Carballo y Uys Trapsuutjies por compartir sus conocimientos.

A Elizabeth, Zaira, Arantza, Cesar, Marino, Alberto, Fernando, Oscar, Shaid y Sebastian por brindarme su amistad y gratos momentos a lo largo de la carrera.

Al staff del laboratorio de Biología Acuática en especial a Rogelio y Balu.

Contenido

Introducción.....	1
Marco teórico	5
Estudio de comunidades bentónicas	5
Enfermedades coralinas	6
Otros tipos de daño.....	12
Antecedentes	16
Área de estudio	18
Justificación del trabajo.....	20
Objetivos	20
En general	20
Objetivos particulares	20
Materiales y método.....	21
Resultados	25
Abundancia coralina	25
Cobertura relativa	26
Individuos dañados.....	27
Tipos de daño	32
Cobertura de Tejido dañado	37
Análisis de resultados	41
Abundancia coralina	41
Cobertura Relativa.....	41
Individuos Dañados	42
Tipos de daño	43
Cobertura de Tejido dañado	47
Conclusiones.....	49

Recomendaciones	51
Anexo 1: Descripción de los sitios de muestreo.....	52
Anexo 2: Abreviatura de las especies coralinas.....	63
Anexo 3: Porcentajes de tejido dañado en las especies.....	64
Anexo 4: Porcentaje de tejido dañado en los sitios de muestreo.....	65
Anexo 5: Daños Encontrados en la comunidad coralina de Santiaguillo	66
Anexo 6: Ubicación de los tipos de daño	72
Referencias.....	78

Índice de Figuras

Figura 1. Localización del arrecife Santiaguillo dentro del PNSAV. En la parte derecha de la imagen se muestra la posición del arrecife Santiaguillo dentro del polígono del área natural protegida (línea blanca). También se muestran las zonas núcleo Blanca (polígono verde) y Santiaguillo (polígono blanco). Imagen tomada de Google Earth (2015).....	19
Figura 2. Ubicación de los sitios de muestreo dentro del arrecife Santiaguillo. Modificado de Ortiz 2014.....	21
Figura 3. Buzo realizando la toma de datos con el sistema de visión estereoscópica	23
Figura 4. Porcentaje de abundancia por especie coralina.....	26
Figura 5. Cobertura relativa por especie	27
Figura 6. Abundancia de organismos sanos y dañados en la comunidad coralina de Santiaguillo.....	27
Figura 7. Relación de individuos dañados según la especie.....	28
Figura 8. Relación de organismos dañados según el sitio de muestreo.	29
Figura 9. Porcentaje de tejido coralino sano y tejido dañado en el arrecife Santiaguillo.....	30
Figura 10. Cobertura de daños por especie	31
Figura 11. Relación de cobertura de los daños por sitio de muestreo.....	32
Figura 12. Porcentaje de organismos afectados por tipo de daño.	33
Figura 13. Relación de organismos afectados por tipo de daño según la especie....	35
Figura 14. Relación de tipos de daño encontrados según el sitio muestreado.....	37
Figura 15. Porcentaje de tejido coralino afectado por tipo de daño.....	38

Figura 16. Porcentaje de tejido dañado en las especies coralinas.....	39
Figura 17. Porcentaje de tejido dañado en los sitios de muestreo.	40

INTRODUCCIÓN

Los arrecifes de coral son ecosistemas marinos tropicales y subtropicales, formados por la acumulación de restos calcáreos de distintos organismos (Carricart-Ganivet, 2008). La formación de estas grandes estructuras se debe al crecimiento, muerte y remplazo de los corales, así como de otros organismos que secretan calcio; de esta manera, los minerales producidos se compactan y solidifican a través de los años (Buddemeier *et al.*, 2004).

Debido a que la simbiosis alga-coral requiere condiciones ambientales específicas, los sistemas coralinos se encuentran restringidos entre las latitudes 30° N y 30° S (Veron, 2000), donde generalmente la temperatura media es mayor a 20 °C, la transparencia del agua es alta debido a la baja carga de sedimentos y nutrientes en la columna de agua por lo que se presenta una buena iluminación, y hay una constante dinámica del oleaje para favorecer una alta concentración de oxígeno (Tunnell, 2007).

Los arrecifes de coral ocupan aproximadamente el 0.2% de los océanos del mundo, pero contienen el 34% de las especies marinas descritas (Reaka-Kudla, 2001) esto se debe a que “las estructuras arrecifales pueden adoptar formas geométricas tridimensionales, lo cual crea una gran diversidad de hábitats, lugares de crecimiento, protección y reproducción de especies” (Gil-Agudelo *et al.*, 2001).

Desde el punto de vista humano, la importancia de un arrecife de coral se define por los beneficios económicos, sociales y culturales para las comunidades, los sectores productivos y los gobiernos a nivel mundial (Moberg, 1999). Debido a la amplia gama de servicios ecológicos que proporcionan, se estima que el valor económico de estos

servicios exceden los 30 mil millones de dólares (Cesar, 2003). Entre los servicios que ofrecen se pueden mencionar los siguientes:

a) Son fuente de una gran variedad de recursos pesqueros tales como peces, moluscos, crustáceos, etc. (Craik *et al.*, 1990); se estima que estos ecosistemas aportan entre el 10 y 12% de la pesca total en los países tropicales (Birkeland, 1997).

A su vez se han extraído sustancias biológicamente activas de una gran variedad de especies coralinas que se emplean como fármacos: antibióticos, antivirales, inhibidores del VIH, anticancerígenos, antiinflamatorios y anticoagulantes (Birkeland, 1997).

b) Al actuar como rompe olas, los arrecifes brindan protección de las corrientes, tormentas y contra la erosión producida por el oleaje a la costa, puertos y muelles (NOAA, 2002).

c) El valor ecológico de los arrecifes es considerable por el carácter único de sus procesos, así como por su composición y diversidad, siendo uno de los hábitats más ricos en especies (Pauly, 2002). Funcionan como zona de desove y criadero, y a su vez muchas especies se refugian o se alimentan en estas áreas (Moberg, 1999). Además de proporcionar protección a un gran número de organismos, también es un soporte biológico para otros ecosistemas como pastos marinos y manglares (Ogden, 1983). Debido a que son sistemas muy sensibles pueden ser ampliamente utilizados como indicadores para dar un seguimiento a los cambios recientes en el medio marino (Eakin, 1997).

A pesar de los beneficios que presentan los sistemas arrecifales, actualmente el desarrollo costero se ha excedido constituyéndose en un factor de estrés comparable a los factores ambientales de gran magnitud. Wilkinson en el 2008 estimó que se ha

perdido el 19% de los arrecifes en el mundo, el 15% está amenazado con posibilidad de perderse en los próximos 10 a 20 años, y el 20% podría desaparecer en 20 ó 40 años.

Los arrecifes de coral pueden ser dañados por eventos de origen natural tales como huracanes, cambios en la temperatura del agua, sedimentación y cambios en otros factores biológicos. Los efectos de origen biológico se pueden presentar en la competencia por el espacio y la luz entre los corales y las macroalgas (Miller, 1998); otro ejemplo es la bioerosión, la cual consiste en la remoción y debilitamiento del esqueleto calcáreo del coral, causado por la acción de otros organismos como esponjas, bivalvos, erizos y peces. Otro tipo de daño de origen biológico es la incidencia de enfermedades coralinas, las cuales han ido aumentando en intensidad y frecuencia desde hace 30 años, ocasionando cambios significativos en la estructura de las comunidades, afectando la diversidad de especies y de los organismos asociados a estas (Beeden, 2008).

Los disturbios antropogénicos ocasionan altas tasas de sedimentación, contaminación y eutrofización de las aguas, afectando el funcionamiento natural de las comunidades arrecifales (Rogers, 1990). Además, la industria pesquera ha sobrepasado los límites sustentables de captura en muchos arrecifes del mundo (Pauly, 2002), truncando la estructura trófica y desencadenando desequilibrios ecológicos devastadores (Jackson, 2001). Por otra parte el desarrollo turístico que incluye desde la construcción de hoteles hasta plataformas y zonas marinas que son destinadas para el uso de los turistas, causan daños físicos sobre el arrecife. Las actividades navieras también afectan a los arrecifes con derrames de aceites, descarga de lastre y encallamientos accidentales; aunque las consecuencias son

menos conocidas, estas pueden ser significativas a nivel local (Westmacott, 2000). Indirectamente estos impactos vuelven a las especies arrecifales más vulnerables ante eventos catastróficos como huracanes, tormentas, aumentos en la temperatura del mar, o brotes de depredadores de coral (Lirman, 2011).

En este estudio se efectuó la identificación de los daños que presenta la comunidad coralina de Santiaguillo, con el fin de conocer el estado del sistema, así como la relación que tienen los daños con algunas variables tanto ambientales como antropogénicas.

MARCO TEÓRICO

ESTUDIO DE COMUNIDADES BENTÓNICAS

Desde la década de 1980, científicos de diferentes áreas y en particular biólogos marinos comenzaron a experimentar con fotografías e imágenes de vídeo como herramientas no destructivas para el estudio de hábitats y organismos. Un ejemplo de ello es la fotografía estéreoscópica, la cual ha sido utilizada para medir el crecimiento de los corales (Done, 1981). Determinar el estado de un arrecife de coral ha sido objeto de varios estudios debido al deterioro que han presentando las comunidades arrecifales, el deterioro es atribuido principalmente a las presiones que se derivan directa o indirectamente de las actividades humanas (Alcolado, 2010). Debido a esto, actualmente se cuenta con diferentes programas y protocolos para el estudio y monitoreo de los arrecifes de coral, como la “*International Coral Reef Initiative*” (ICRI) que se inició en 1994 y formó la “*Global Coral Reef Monitoring Network*” (GCRMN) en 1995 para mejorar e implementar el monitoreo de arrecifes de coral en todo el mundo. Una de las tareas de la GCRMN es ayudar a los países en desarrollo en la aplicación de monitoreo de los arrecifes, especialmente en las zonas marinas protegidas.

Otra de estas iniciativas es el Programa de Evaluación Rápida de Arrecifes del Atlántico y del Golfo (AGRRA por sus siglas en inglés), cuya estrategia de muestreo está diseñada para recoger información descriptiva y cuantitativa de un gran número de indicadores en los arrecifes. Su objetivo es obtener información resumida sobre el estado de los arrecifes de forma rápida y cubrir un gran número de ellos. En este protocolo se consideran múltiples indicadores como el tamaño y mortalidad parcial

de los corales formadores de arrecifes, la abundancia relativa de los principales tipos de algas y la abundancia y el tamaño de las principales especies de peces. Otro ejemplo es CARICOMP (Caribbean Coastal Marine Productivity Programme, 1997) que tiene como objetivo integrar las mediciones en los manglares, pastos marinos y arrecifes de coral en una red de 29 sitios en 22 países y territorios del Caribe, con el fin de centrarse en las interacciones de la productividad tierra-océano (Downs, 2005). Es un programa que proporciona una base para los datos locales y regionales lo suficientemente robusta para documentar a largo plazo respuestas de estos ecosistemas al cambio climático global y los impactos humanos.

ENFERMEDADES CORALINAS

Los corales presentan una serie de enfermedades que son fáciles de reconocer por síntomas como: manchas, bandas con coloración distintiva o regiones que muestran un crecimiento diferente al normal. El tejido afectado se puede perder, decolorar, e incluso la enfermedad puede causar la muerte de toda la colonia (Horta-Puga y Tello Musi 2009).

Enfermedad de la banda negra. A principios de los años 70 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 enfermedad se conoció como la enfermedad de la banda negra (Antonius, 1981). Esta enfermedad se caracteriza por una banda negra de algunos centímetros o milímetros de ancho, consume el tejido vivo del coral dejando a su paso esqueleto desnudo por la superficie de la colonia. El resto del tejido coralino se encuentra

normal en cuanto al color y morfología. Se identifico a los componentes biológicos de la Banda Negra como a la cianobacteria *Phormidium corallycticum* y *spirulina* (Rützler, 1983). Los corales saludables pueden infectarse con la enfermedad de la banda negra cuando se les pone en contacto con una colonia afectada, pero las colonias más susceptibles son las lastimadas. La incidencia y prevalencia de la enfermedad de la Banda Negra se incrementa cuando los corales se encuentran estresados por factores como sedimentación, exceso de nutrientes, químicos tóxicos o por aguas con temperaturas más altas de lo normal.

Enfermedad de la Banda Amarilla. Es una enfermedad que comienza como una pequeña lesión o mancha de aproximadamente 1 a 2 cm de diámetro. Los pólipos lesionados presentan una reducción en el número de las zooxantelas, dando a la zona afectada un color más claro que el tejido sano circundante. La enfermedad se propaga a una velocidad de aproximadamente 0.5 cm a 1 cm por mes. En el centro de la lesión a menudo se presenta un exceso de algas y se expande como un anillo amarillo o banda en el tejido sano que lo rodea. El daño de la banda amarilla es mucho mayor cuando el agua del mar es más cálida (Cervino, *et al.*, 2004).

En el tejido afectado por la banda amarilla se encontró una reducción en el número de zooxantelas de entre 41 y 97 %, debido a esto, actualmente se cree que la banda amarilla podría ser una enfermedad de las zooxantelas y no del coral (Cervino, *et al.*, 2001).

La banda amarilla generalmente afecta a colonias de *Orbicella annularis* aunque también se han reportado casos en *Montastraea cavernosa*, *Agaricia agaricites*, *Pseudodiploria spp*, *Porites porites* y *Colpophyllia natans*.

Hiperplasia. Algunos corales, particularmente los corales cerebro pueden llegar a tener áreas de crecimiento acelerado de los pólipos de coral, los pólipos se agrandan y sobresalen por encima de la superficie de la colonia.

Algunos de estos crecimientos tumorales son probablemente causados por algas y hongos, por estrés debido a la radiación ultravioleta, y por alguna mutación genética, sin embargo, aún no se ha determinado con seguridad cual es el agente responsable (Gateño, 2003; Sutherland, 2004).

Neoplasma. Son protuberancias de forma irregular cubiertas por una delgada capa de tejido traslucido en la superficie, éstas se han presentado en las familias *Acroporide* y *Pocilloporide* (Peters, et al, 1986). El tejido en el margen del tumor puede tener apariencia burbujeante, lo cual indica una rápida multiplicación celular. La epidermis que cubre el tumor pierde sus células secretoras de mucus y como resultado se acumula el sedimento, llevando el tejido a la muerte e invasión del esqueleto por algas y otros organismos (Loya, 1984).

Las causas de esta enfermedad son desconocidas, aunque se cree que probablemente es causada por mutaciones y cambios en el esqueleto, pero aún se necesitan más estudios para descubrir el principal agente que causa la enfermedad (Gateño, 2003).

Enfermedad de la Banda Blanca. Es una enfermedad que afecta exclusivamente a corales acropóridos (*Acropora palmata*, *A. cervicornis* y *A. prolifera*), comienza en la base de la colonia y progresa hacia las puntas de las ramas, pero ocasionalmente puede llegar a comenzar en la parte media de la colonia, especialmente en los puntos donde comienzan las ramas. La enfermedad hace que el tejido se desprenda

del esqueleto a un ritmo bastante uniforme, aproximadamente de 5 mm por día (Paul y Ned, 2011).

Existen dos tipos de banda blanca; la banda blanca tipo I y la banda blanca tipo II. La primera fue estudiada por Peters, 1983, quien encontró bacterias Gram negativas en el tejido de corales afectados por la enfermedad que no fueron encontrados en tejidos sanos, sin embargo, estas agregaciones bacterianas no se han encontrado siempre asociadas con la enfermedad, hasta la fecha la causa de esta enfermedad no ha sido identificada, sin embargo se ha encontrado una gran cantidad de bacterias, hongos y protozoarios en el tejido infectado.

Por otra parte Ritchie y Smith (1995) encontraron colonias de *A. cervicornis* con una afectación similar a la banda blanca pero con diferencias en el modo de crecimiento (2 a 20 cm de tejido afectado), a la cual llamaron banda blanca tipo II. Estos autores estudiaron la composición bacteriana de corales con signos de la enfermedad y encontraron que la bacteria *Vibrio carchariae* se encontraba presente en colonias enfermas pero no en las sanas, asignándola como posible causante de la enfermedad. No obstante, los postulados de Koch no fueron satisfechos durante este estudio, sin lo cual no se acepta su identificación como agente causal. Posteriormente, Gil-Agudelo *et al.* (2006) identificaron a *Vibrio harveyi* (sinonimia de *V. carchariae*) como el agente causal de la enfermedad, reproduciendo por primera vez sus signos de desarrollo.

La incidencia de esta enfermedad en los arrecifes coralinos del mar Caribe ha sido muy amplia, Gladfelter (1982) la halló asociada con la muerte de cerca del 99 % de las poblaciones de corales del género *Acropora* en algunos arrecifes de la región. A

pesar de los numerosos estudios realizados, no se ha podido establecer una relación entre su incidencia y factores de tipo antropogénico o natural.

Enfermedad de la Plaga Blanca. Es una enfermedad que se caracteriza por el desprendimiento del tejido coralino y por una marcada línea entre el tejido sano y el esqueleto desnudo, este desprendimiento generalmente comienza en la base de la colonia (Dustan, 1977).

Existen dos formas de plaga blanca descritas: la plaga blanca tipo I que fue documentada por Dustan, y la plaga tipo II que fue reportada a mediados de los 90s por Richardson. La diferencia entre los dos tipos de plaga son las tasas de pérdida de tejido, en la plaga tipo I la tasa de pérdida de tejido no superó los 3.1 mm por día mientras que en la plaga tipo II la tasa de pérdida de tejido fue de 2 cm por día.

Esta enfermedad afecta principalmente a corales como *Siderastrea spp*, *Mycetophyllia spp*, *Colpophyllia spp*; no afecta a corales acropóridos (Paul y Ned, 2011).

De los dos tipos de plaga blanca solo se ha podido identificar el agente que causa la plaga blanca tipo II. Richardson *et al.*, en 1998 identificó una bacteria posiblemente del género *Sphingomonas*, sin embargo estudios posteriores mostraron que esta bacteria pertenecía a un nuevo género y fue nombrada *Aurantimonas coralicida* (Denner, 2003).

Enfermedad de la Viruela Blanca. Se caracteriza por presentar parches blancos irregulares de esqueleto expuesto, rodeados por tejido normal (Sutherland, 2004). Las lesiones pueden ser pequeñas de algunos pocos centímetros y pueden encontrarse varias lesiones en la misma colonia (Patterson, 2002).

Observada por primera vez en los cayos de Florida por (Holden, 1996), esta enfermedad se ha encontrado afectando únicamente corales de la especie *Acropora palmata*. Se ha encontrado que esta enfermedad es más prevalente y se desarrolla con mayor rapidez en épocas con aguas cálidas y lluvias abundantes (Patterson, 2002; Sutherland, 2004).

La bacteria *Serratia marcescens* fue determinada como el agente causal de esta enfermedad; *S. marcescens* es una enterobacteria común en excrementos humanos y animales, en suelos y agua. Su prevalencia en el ambiente marino es desconocida, pero ha sido hallada en aguas marinas contaminadas con aguas residuales (Patterson, 2002). De igual forma, *S. marcescens* ha sido determinada como agente patógeno en otros animales y plantas, y es un patógeno oportunista en humanos (Sutherland, *et al.*, 2004). En la actualidad se realizan estudios para conocer la fuente y los vectores de la enfermedad. Inicialmente, *S. marcescens* ha sido encontrada en las heces del pez *Sparisoma viride*, el cual podría ser un vector de la enfermedad al defecar sobre las colonias de *A. palmata* (Bruckner, 2002).

Enfermedad de la Mancha Negra. Esta enfermedad fue identificada a principios de los años noventa por (Solano, 1993), posteriormente fue descrita por (Garzón-Ferreira, 1998). Se caracteriza por presentar parches de tejido decolorado entre morado oscuro y café, de forma circular, pero también pueden aparecer con forma irregular, los parches 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, 2001). Se ha reportado que esta coloración del tejido se debe al incremento de pigmentos de dichos colores en las zooxantelas (Cervino, *et al.*, 2001). Se ha observado que la enfermedad de la

mancha negra afecta principalmente a corales como *Siderastrea siderea*, *Orbicella annularis* y *Stephanocoenia intercepta* (Solano, 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. Esta enfermedad fue reportada por (Richardson, 1998), afectando a corales pétreos. Como su nombre lo indica la banda es una banda 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 *Pseudodiploria strigosa*, *Orbicella annularis*, *Montastrea cavernosa*, *Porites astreoides*, *Siderastrea radians*, *Colpophyllia natans* y abanicos de mar (Paul y Ned, 2011).

OTROS TIPOS DE DAÑO

Blanqueamiento. El blanqueamiento es la pérdida de las zooxantelas contenidas en el tejido del coral, o también puede ser la reducción de los pigmentos fotosintéticos de las zooxantelas. En cualquier caso la colonia coralina presenta color blanco.

El blanqueamiento puede ser causado por una amplia gama de tensiones ambientales, pero comúnmente es causada por elevadas temperaturas en el agua y el aumento de la radiación ultravioleta. Los corales también se pueden blanquear cuando se exponen a condiciones extremas de contaminación, alta sedimentación, o bajas temperaturas. En algunos casos, el blanqueamiento puede ser causado por bacterias y protozoos. Aparentemente todas las especies coralinas son susceptibles.

El blanqueo de los corales se ha observado en los arrecifes coralinos por más de 100 años, sin embargo recientemente han sido registrados eventos de

blanqueamiento en masa. La mayoría de los eventos de blanqueamiento de coral son extremadamente localizados, con sólo ciertas colonias afectadas en un arrecife en particular. La intensidad del blanqueo, número de especies afectadas, la distribución de los corales blanqueados y la cantidad de la mortalidad causada por el blanqueo han variado considerablemente entre los arrecifes y años. Sin embargo, los eventos de blanqueamiento parecen haber aumentado en intensidad, distribución geográfica y frecuencia en las últimas dos décadas. Se han presentado seis grandes episodios de blanqueamiento desde 1979, siendo la más severa en 1998 (Paul y Ned, 2011).

Palidez. Se caracteriza por presentar una coloración pálida en algunas partes de la colonia coralina, sin mostrar bandas en los alrededores del tejido afectado. Las causas de esta afectación siguen siendo desconocidas, sin embargo se cree que podría ser una etapa previa al blanqueamiento (Gutiérrez, 2011).

Competencia con Algas. Las algas son los principales competidores por el espacio, luz y nutrientes de los corales; debido a esto, se cree que afectan a la salud de muchos arrecifes de coral en el mundo, ya que a veces son capaces de invadir completamente el tejido de coral y del encuentro entre estos dos grupos, generalmente ganan las algas (Hughes, 1994). Las macroalgas pueden afectar adversamente la sobrevivencia y distribución de los corales, mediante mecanismos de abrasión y apropiación del espacio (Tanner, 1995). Smith *et al.*, 2006 llevaron a cabo un estudio en el que se demostró que las algas pueden provocar indirectamente la mortalidad de los corales debido una mejor actividad microbiana, llevada a cabo por la liberación de compuestos disueltos. Los mismos autores sugieren que con el aumento de los impactos humanos y el aumento de los

compuestos liberados, aumenta la actividad microbiana de las algas en la superficie de los corales, causando mortalidad de los mismos. En un estudio efectuado por Haas (2010) se encontró que tanto las concentraciones de amonio, así como la de los nutrientes orgánicos, estimulan el crecimiento de las algas, mientras que en los corales se redujo la pigmentación de su tejido y su contenido de clorofila disminuyó significativamente.

Competencia con Esponjas. Las esponjas se caracterizan por excavar galerías y túneles en sustratos de carbonato de calcio, extrayendo pequeños gránulos de carbonatos por medio de extensiones celulares que secretan enzimas que disuelven el carbonato y digieren la materia orgánica presente; estos gránulos son luego transportados al exterior a través de los canales exhalantes (Pomponi, 1976). Las esponjas tienen la capacidad de crecer sobre fondo calcáreo y coral muerto, sin embargo también han sido observadas avanzando contra el tejido vivo de los corales constructores de arrecifes (Chaves-Fonnegra, 2003). Cuando se encuentran con tejido coralino, envían por debajo filamentos excavadores que minan el esqueleto de sostén de los pólipos, haciendo que éstos se retraigan o se desprendan (Lopez-Victoria, 2003).

Depredación por Peces. La mayoría de los peces que se alimentan de tejido coralino son los peces mariposa, peces globo, peces loro y peces ballesta; los peces mariposa sólo eliminan el tejido vivo de los corales y causan poco o ningún daño a las estructuras esqueléticas (Cole, 2008). Sin embargo, los peces globo, peces loro y peces ballesta causan raspaduras o rompen los corales eliminando partes del esqueleto calcáreo subyacente. Estos peces pueden tener un impacto significativo en los corales debido a que afectan la capacidad de los corales lesionados en la

reasignación de los recursos energéticos para el crecimiento, para la regeneración de los tejidos y para la regeneración del esqueleto de carbonato de calcio (Henry, 2005).

Daños Antrópicos. Hay una larga lista de impactos humanos directos sobre los arrecifes de coral que causan grandes desequilibrios y tienen consecuencias globales tales como la contaminación del agua, la deforestación, la erosión del suelo, la sedimentación, la actividad turística pobremente implementada y la sobreexplotación de los recursos. Debido a esto, las colonias de coral pueden sufrir fracturas, lesiones y asfixia, que en forma combinada degradan al arrecife y minan su resiliencia.

ANTECEDENTES

Entre los principales trabajos en esta zona se encuentra el de Emery, (1963) que se centra en la geología regional de Sistema Arrecifal Veracruzano, incluyendo las características estructurales y morfológicas de estos arrecifes en comparación con los del Pacífico, los cuales difieren en forma y posición de la dirección de llegada de las olas.

Petroleos Mexicanos (PEMEX) junto con la Secretaria de Marina (SEMAR) en 1987, realizaron una evaluación de los corales escleractinios de arrecifes representativos del Sistema Arrecifal Veracruzano, reportando 29 especies de corales y una cobertura coralina muy baja debido a las condiciones ambientales severas, producto del efecto combinado de los vientos de huracanes, fuertes corrientes, escorrentía de los ríos y los vertidos urbanos e industriales. En 1993 Vargas-Hernandez *et al.* describieron las principales características bióticas y abióticas de los principales arrecifes del Sistema Arrecifal Veracruzano, así como el impacto antrópico, y sugirieron un plan de manejo adecuado para este sistema.

En 2004, Jordán-Dahlgren hizo una caracterización y diagnóstico de los arrecifes de coral en el Golfo de México, donde se llegó a la conclusión de que existe una gran presión sobre estos ecosistemas por efectos locales, regionales y globales, especialmente sobre los que están en la plataforma continental de Veracruz. Horta-Puga (2003), estudió la condición de tres arrecifes utilizando el método de AGRRA y determinó una buena salud arrecifal con pocos signos de enfermedades y poco blanqueamiento. En 2007 Tunnell *et al.*, llevaron a cabo un análisis exhaustivo de la geografía, oceanografía, ecología y biodiversidad de arrecifes de plataforma en el sur

del Golfo de México, también incluyeron los impactos ambientales y antropogénicos, así como un debate sobre cuestiones de conservación, gestión y protección de estos ecosistemas. Ortiz-Lozano en el 2012, identificó 17 tipos de impactos ambientales asociados con 50 diferentes causas, tanto de origen humano y natural. En 2013 Ortiz-Lozano *et al.*, llegaron a la conclusión de que no existe una evaluación precisa de los impactos en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, y que el desarrollo urbano de la zona metropolitana aunado a la presencia del puerto de Veracruz han sido los factores responsables por el deterioro de las condiciones de los arrecifes.

ÁREA DE ESTUDIO

El Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV) se localiza en la parte oeste del Golfo de México, está constituido por un conjunto de 23 arrecifes, distribuidos frente a las costas de los municipios de Veracruz, Boca del Río y Alvarado (Horta-Puga *et al.*, 2007).

El sistema incluye dos áreas separadas geográficamente por el río Jamapa, la primera se localiza frente al Puerto de Veracruz e incluye a los arrecifes Galleguilla, La Gallega, La Blanquilla, Anegada de Adentro, Isla Verde, Isla Sacrificios y Pájaros. La segunda área se ubica frente a Punta Antón Lizardo, a unos 20 km al suroeste del Puerto de Veracruz e incluye los arrecifes Polo, Blanca, Gioté, Chopas, De En medio, Rizo, Anegada de Afuera, Cabezo, Santiaguillo, Anegadilla y Topatillo (INE, 2007).

El 24 de agosto de 1992 fue publicado en el Diario Oficial de la Federación (1992) el decreto que establece al PNSAV con una superficie de “52, 238 ha”. En la Figura 1 se puede observar que actualmente el parque cuenta con un polígono general de “65, 516 ha”, dentro del cual se ubican dos zonas núcleo denominadas Blanca con una superficie de “401 ha” y Santiaguillo con una superficie de “712 ha”, por lo que la superficie total de la zona núcleo es de “1, 114 ha” (DOF, 2012).

El arrecife Santiaguillo se localiza a 19.75 km de la costa de Antón Lizardo al cruce de las coordenadas 19°08.5'34.51" latitud Norte y 95°48.5'29.23" longitud Oeste, el arrecife es de tipo plataforma, presenta una cobertura coralina elevada, se caracteriza por presentar colonias de *Acropora cervicornis* en el noreste y en la

región del suroeste se encuentran esqueletos de *Acropora palmata* (Pérez-España y Vargas-Hernández, 2008).



Figura 1. Localización del arrecife Santiaguillo dentro del PNSAV. En la parte derecha de la imagen se muestra la posición del arrecife Santiaguillo dentro del polígono del área natural protegida (línea blanca). También se muestran las zonas núcleo Blanca (polígono verde) y Santiaguillo (polígono blanco). Imagen tomada de Google Earth (2015).

JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

Los arrecifes de coral de todo el mundo se enfrentan a un estrés constante por factores locales como la sobrepesca, la contaminación y las prácticas no sustentables. Durante los últimos 50 años, estas actividades han disminuido las áreas donde se establecen los arrecifes de coral. Aunado a esto el cambio climático ha comenzado a poner en peligro a los arrecifes, por efectos como el calentamiento del océano y su acidificación.

Debido a lo anterior, la evaluación y monitoreo de la salud de los arrecifes coralinos es de particular interés, dado que estos ecosistemas marinos se encuentran entre los más diversos e importantes, y representan una valiosa fuente de recursos, bienes y servicios ambientales.

OBJETIVOS

EN GENERAL

Evaluar el grado de daño de la comunidad coralina en el arrecife Santiaguillo.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Identificar los tipos de daño presentes en los corales en el arrecife de Santiaguillo.
- Evaluar el grado de afectación que presenta el sistema debido a enfermedades y daños.

MATERIALES Y MÉTODO

Se utilizó un modelo batimétrico con el cual se planearon las inmersiones de acuerdo a las profundidades de los diferentes sitios como indicadores de los posibles hábitats en el arrecife, en el Anexo 1: Descripción de los sitios de muestreo se presenta la descripción de los sitios de muestreo. En la Figura 2 se observa la ubicación específica para los sitios de muestreo 1, 3, 4, 7, 10, 13, 16, 18, 20 y 21; la ubicación de los otros sitios es aproximada ya que no se pudo obtener las coordenadas precisas debido a que la señal GPS no se transmite bajo el agua, sin embargo, se conoce la profundidad y orientación hacia donde se realizaron los fototransectos (Ortiz., 2014).

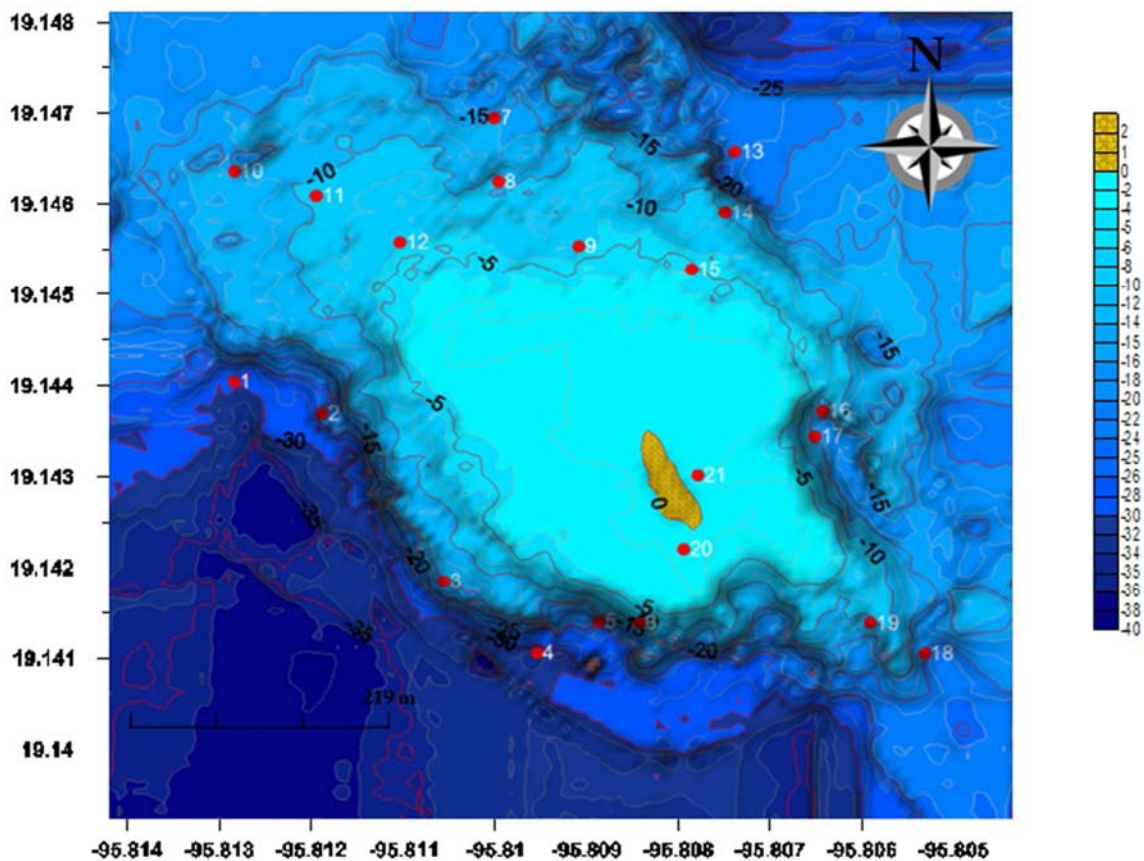


Figura 2. Ubicación de los sitios de muestreo dentro del arrecife Santiaguillo. Modificado de Ortiz 2014.

Se utilizó la técnica implementada recientemente en el proyecto DGAPA IT226311, la cual consiste en realizar bandas a dos metros por encima del fondo con una longitud de 20 m de largo y 2 m de ancho, dejando un espacio de 20 m sin muestrear entre cada banda, durante el recorrido se tomaron fotografías en ráfaga del bentos (García, 2013).

Para el muestreo se requirió de equipo de buceo autónomo SCUBA (Self-Contained Underwater Breathing Apparatus), brújula, cinta métrica para medir la longitud de las bandas, sistema de visión estereoscópica de disparo simultáneo (Figura 3) para la toma de fotografías, el cual consiste en dos cámaras CANON PowerShot G12 montadas sobre una barra de aluminio que posiciona a las dos cámaras en un ángulo de visión particular según la distancia a la que se encuentre el objeto; se tomó como referencia un punto de inicio y con la cinta métrica se trazó el recorrido para el foto-transecto, el cual se realizó nadando en el caso de las zonas someras y buceando en las zonas más profundas.



Figura 3. Buzo realizando la toma de datos con el sistema de visión estereoscópica.

Una vez obtenidos los datos, éstos se transfirieron a una computadora preservando la información original como la fecha y hora de las imágenes. Posteriormente se seleccionaron las imágenes con el mínimo traslape para su posterior procesamiento, el cual consistió en:

- Corregir el color de las imágenes con ayuda del programa de uso libre *Irfan View* mediante la rutina “ajuste automático de colores”, esto con el fin de facilitar la identificación de las especies y los daños presentes en la imagen.
- Antes de la caracterización de los tipos de daño, fue necesario hacer un análisis general de las variables abundancia y cobertura relativa de la comunidad coralina, ya que dichos parámetros son indicadores de la frecuencia de los distintos tipos de daño, y de su grado de impacto. La

caracterización general es seguida por un recuento por especie de la abundancia y cobertura dañadas.

- Se identificaron los corales por medio del estudio previo de las especies pertenecientes al PNSAV y utilizando las guías para la identificación de corales: Reef Coral identification de Paul y Ned (2011), y la ID de corales en la página de la AGRRA (<http://www.agrra.org/index.html>).
- La estimación de la cobertura relativa coralina se realizó por medio del conteo de pixeles de cada organismo, para esto se utilizó el programa *Adobe Photoshop CS5*. Los datos obtenidos se incluyeron en una hoja de cálculo.
- Por medio de la guía Coral diseases handbook de Laurie (2008), se identificó si el individuo presentaba algún daño o no, y el tipo de daño que lo afectaba. El porcentaje de tejido coralino afectado se calculó mediante el conteo de pixeles de la zona dañada de la colonia.

RESULTADOS

Con la finalidad de evitar al máximo la redundancia, se aplican en el texto abreviaturas de las distintas especies coralinas (Anexo 2: abreviatura de las especies coralinas)

ABUNDANCIA CORALINA

Se identificaron 20 especies coralinas en 21 sitios de estudio: *Porites astreoides* (PAST) fue la especie más abundante de la zona muestreada con 33.8% de cobertura (Figura 4), seguida por *Orbicella faveolata* (OFAV) con 22.3%, *Montastraea cavernosa* (MCAV) con 12.8%, *Colpophyllia natans* (CNAT) con 7.8%, *Pseudodiploria strigosa* (PSTR) con 6.05%, *Erythropodium caribaeorum* (ECAR) con 3.9%, *Orbicella annularis* (OANN) con 3.4%, *Siderastrea siderea* (SSID) con 2.5%, *Millepora alcicornis* (MALC) con 1.9%, *Pseudodiploria clivosa* (PCLI) con 1.05%, *Acropora palmata* (APAL) con 0.9%, *Mycetophyllia lamarckiana* (MLAM) con 0.5%, *Undaria agaricites* (UAGA) con 0.5%, *Acropora cervicornis* (ACER) con 0.3%, *Orbicella franksi* (OFRA) con 0.3%, *Scolymia cubensis* (SCUB) con 0.3%, *Agaricia lamarki* (ALAM) con 0.2%, *Madracis decatis* (MDEC) con 0.2%, *Acropora prolifera* (APRO) con 0.2% y *Helioseris cucullata* (HCUC) con 0.1%.

La especie que se distribuyó más ampliamente en el arrecife fue PAST, presentándose en todos los sitios de muestreo, mientras que CNAT y OFAV se encontraron en 15 sitios. Algunas especies se encontraron en sitios específicos como APAL, APRO y PCLI, las cuales sólo se encuentran en la zona somera (sitios 19, 20 y 21).

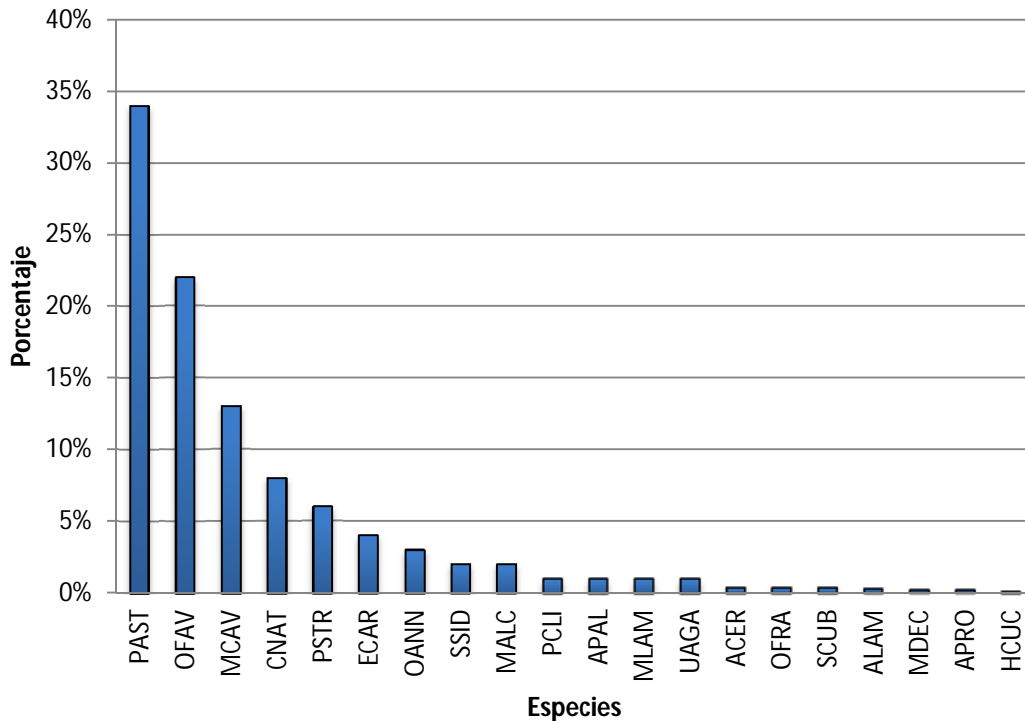


Figura 4. Porcentaje de abundancia por especie coralina.

COBERTURA RELATIVA

La especie con mayor cobertura relativa fue OFAV con 35.8%, seguida por CNAT con 14.8%, PSTR con 12.5%, PAST con 8.04%, OANN con 6.7%, ECAR con 6.33%, APAL con 5.1%, MCAV con 3.6%, PCLI con 3.2%, SSID con 1.2%, OFRA con 0.74%, MALC con 0.64%, ACER con 0.57%, ALAM con 0.37%, MLAM con 0.3%, APRO con 0.34%, MDEC con 0.12%, UAGA con 0.04%, HCUC con 0.002% y SCUB con 0.001% (Figura 5).

La abundancia de OFAV, CNAT y PSTR fue 22.3%, 7.8% y 6.05% respectivamente, pero su cobertura relativa fue de 35.8%, 14.8% y 12.5%, esto debido a la dimensión que presentan estos organismos, mientras que la abundancia de MCAV fue de 12.8% y su cobertura relativa de 3.6% debido a su pequeño tamaño.

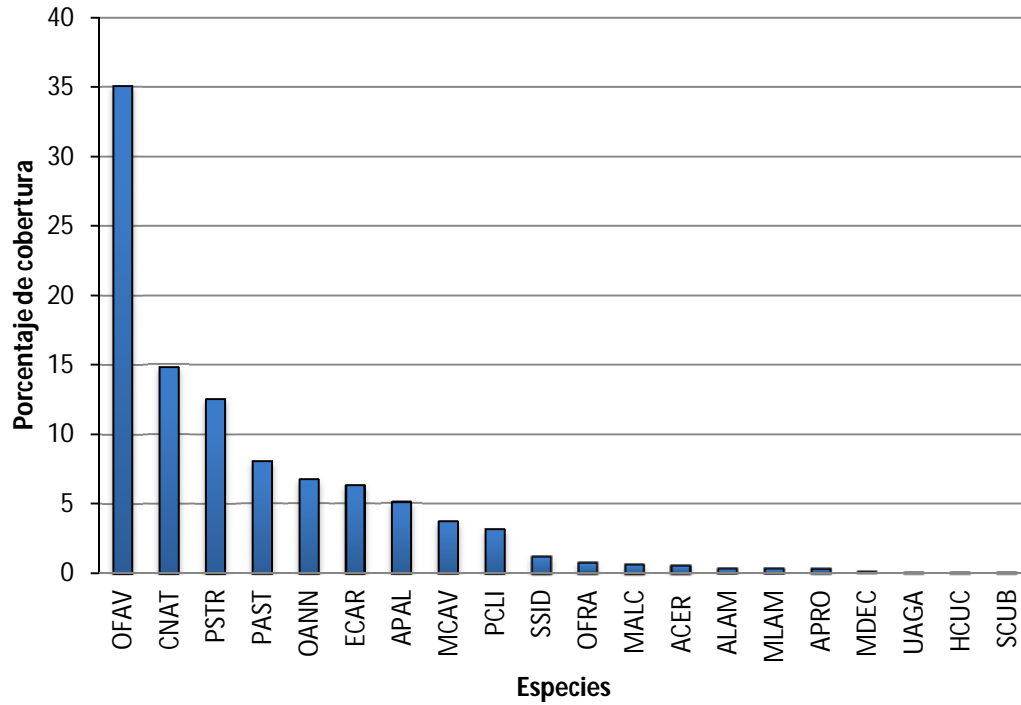


Figura 5. Cobertura relativa por especie

INDIVIDUOS DAÑADOS

En cuanto a abundancia, el porcentaje de organismos dañados dentro del arrecife fue de 10% (Figura 6).

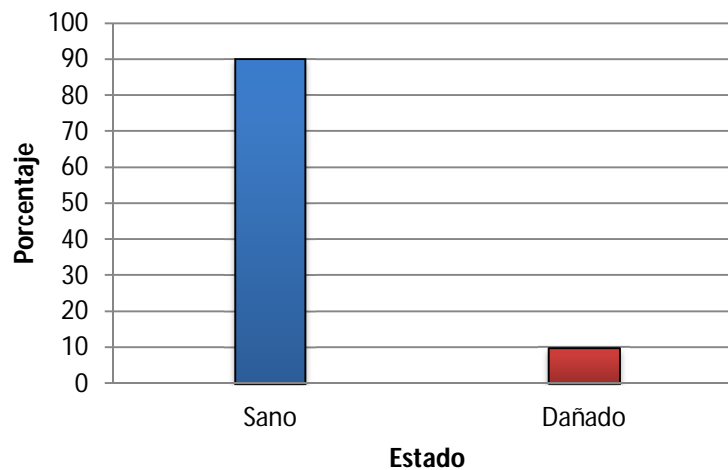


Figura 6. Abundancia de organismos sanos y dañados en la comunidad coralina de Santiaguillo.

De las 20 especies encontradas en el estudio, en 12 se encontró al menos un tipo de daño; el porcentaje de colonias coralinas afectadas por especie en orden descendente fue: ALAM 100%, ACER 67%, APAL 42.8%, OFRA 33.3%, CNAT 21.6%, SSID 15.7%, OFAV 12.4%, OANN 12%, PSTR 8.6%, PAST 7.7%, MALC 6.6% y MCAV 4.08% (Figura 7). Las especies en las que no se encontró algún tipo de daño fueron APRO, ECAR, HCUC, MDEC, MLAM, PCLI, SCUB y UAGA.

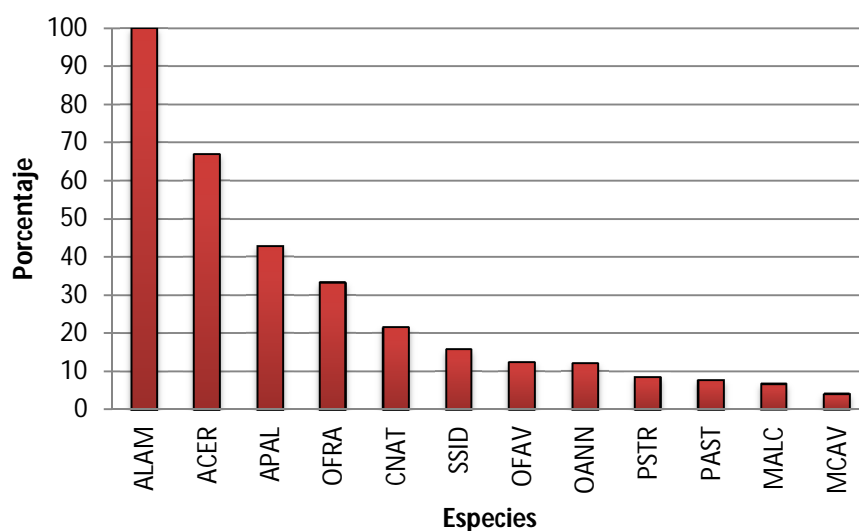


Figura 7. Relación de individuos dañados según la especie

El porcentaje de corales que presentó algún tipo de daño por zonas muestreadas fue el siguiente: sitio 1 con 40% de organismos dañados, sitio 3 con 26.08%, sitio 4 con 3.7%, sitio 5 con 14.81%, sitio 6 con 3.87%, sitio 7 con 15.38%, sitio 8 con 31.25%, sitio 9 con 44.82%, sitio 10 con 14.81% sitio 11 con 4.17%, sitio 12 con 8.33%, sitio 13 con 9.10%, sitio 16 con 12.5%, sitio 17 con 6.92%, sitio 18 con 8.95%, sitio 19 con 6.52% y el sitio 21 con 22.2%; los sitios que no presentaron algún tipo de daño fueron los sitios 2, 14, 15 y 20 (Figura 8).

Los sitios 1, 3, 8, 9 y 21 fueron los que presentaron un mayor número de colonias coralinas afectadas, los primeros tres sitios se encuentran a una profundidad de

entre 10 y 20 m, mientras que los sitios 9 y 21 presentan una profundidad de entre 1 y 5 metros.

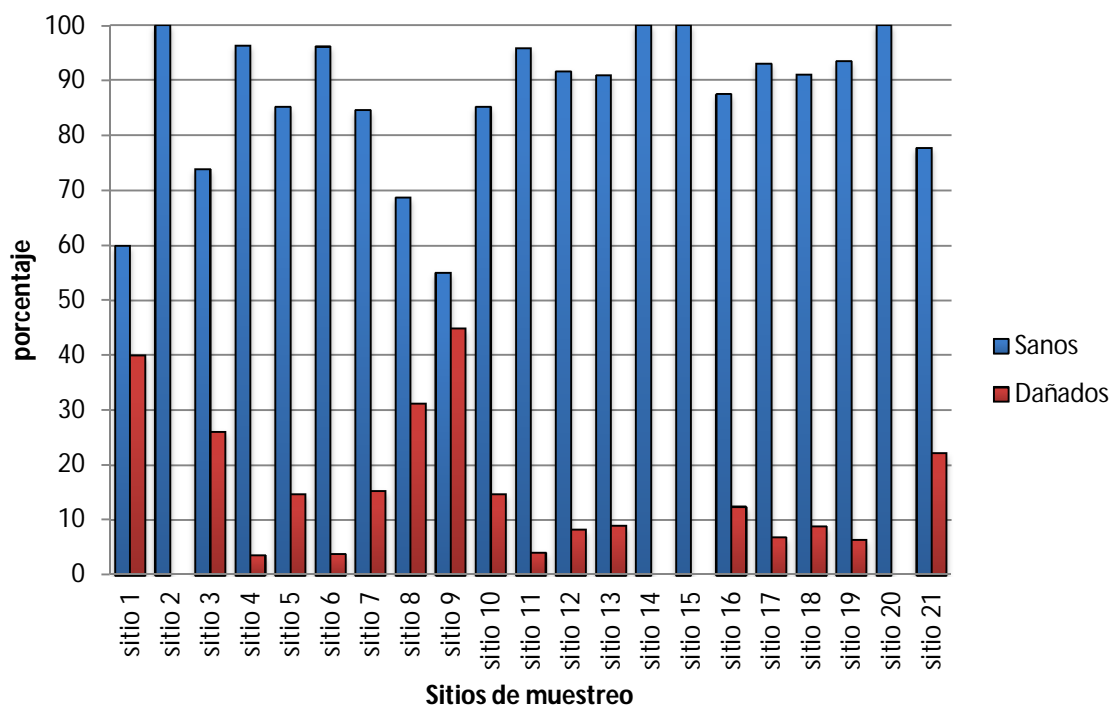


Figura 8. Relación de organismos dañados según el sitio de muestreo.

Dentro de la zona muestreada, la cobertura coralina fue de 10%; correspondiendo un 9% a tejido sano, 1% a tejido dañado y se encontró 34% de cobertura de escombros de coral (Figura 9).

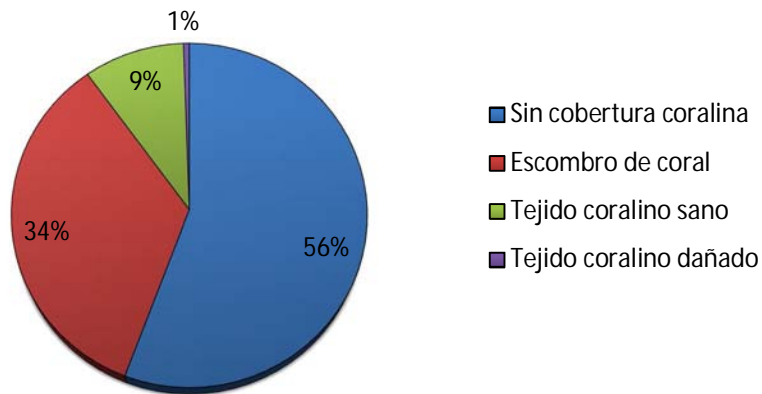


Figura 9. Porcentaje de tejido coralino sano y tejido dañado en el arrecife Santiaguillo.

El porcentaje de tejido coralino afectado por especie en orden descendente fue OFRA con 12.5%, ALAM con 5.9%, ACER con 5.6%, CNAT con 5.5%, MALC con 4.3%, PSTR con 2.6%, SSID con 2.2%, OFAV con 1.2%, PAST con 1.1%, APAL con 0.59%, OANN con 0.39% y MCAV con 0.33% (Figura 10).

La abundancia de colonias afectadas por algún tipo de daño en ALAM, ACER y OFRA fue de 100%, 67% y 33.3% respectivamente, sin embargo la cobertura del tejido dañado fue de 5.9%, 5.6% y 12.56%, esto debido a la extensión de los daños sobre las colonias. El porcentaje de colonias afectadas de APAL fue de 42.8% y la cobertura de tejido dañado de 0.59%, debido a que los daños observados en las colonias fue mínimo.

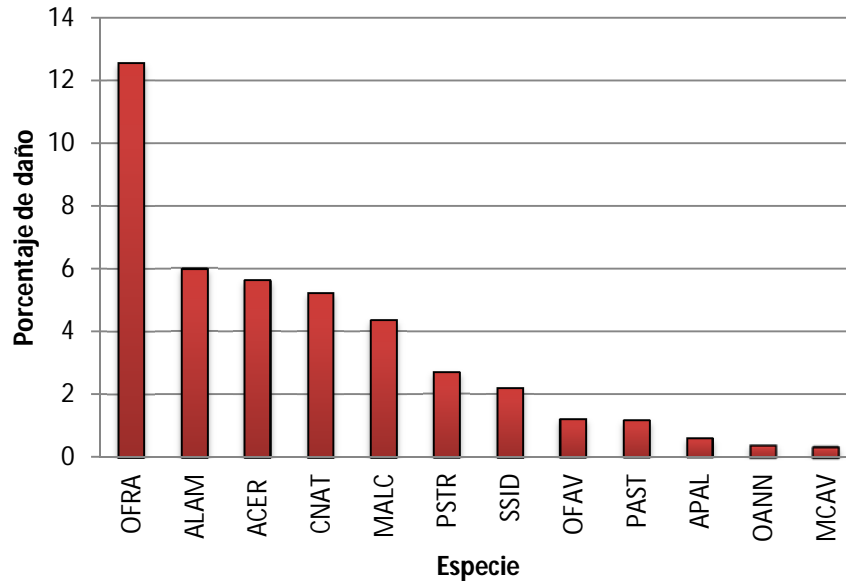


Figura 10. Cobertura de daños por especie

La cobertura de tejido coralino afectado por algún tipo de daño por zona muestreada fue el siguiente: sitio 1 con 3.61%, sitio 3 con 8.06%, sitio 4 con 0.14%, sitio 5 con 0.63%, sitio 6 con 8.93%, sitio 7 con 2.5%, sitio 8 con 5.66%, sitio 9 con 4%, sitio 10 con 0.99%, sitio 11 con 4.17%, sitio 12 con 0.30%, sitio 13 con 0.99%, sitio 16 con 3.73%, sitio 17 con 1.39%, sitio 18 con 3.10%, sitio 19 con 7.82% y sitio 21 con 16.37% (Figura 11).

Los sitios que presentaron más tejido dañado fueron son los sitios 3, 6, 19 y 21, los primeros dos sitios se encontraron a una profundidad de entre 7 y 10 metros, mientras que los sitios 19 y 21 en la zona somera.

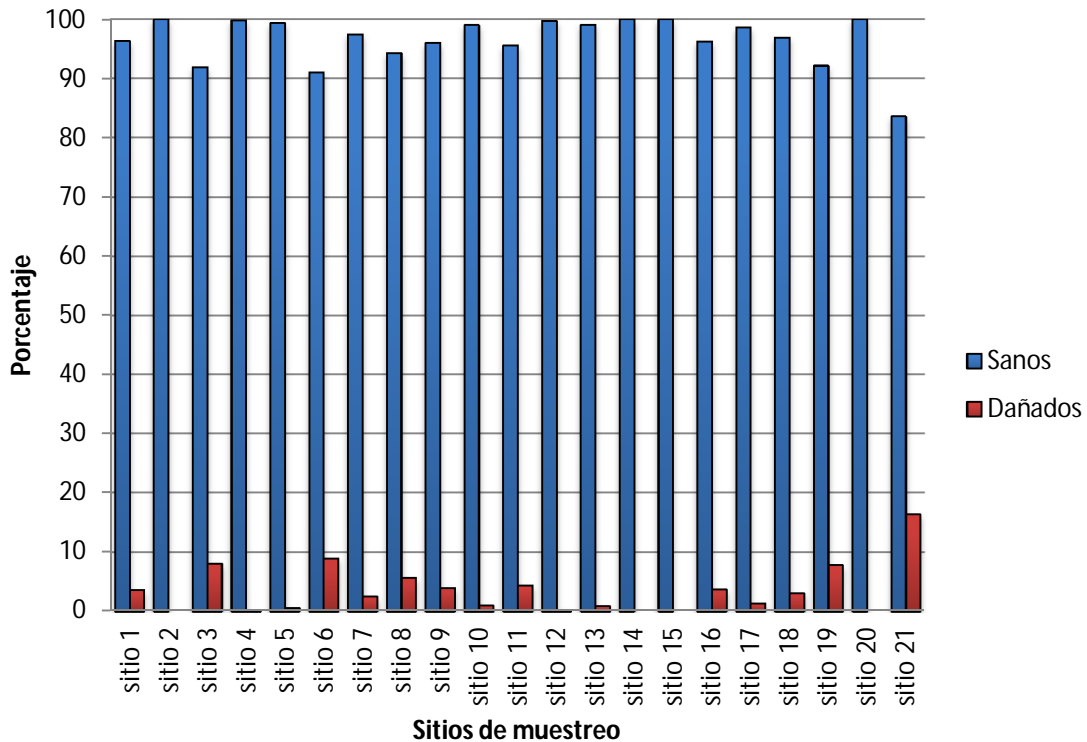


Figura 11. Relación de cobertura de los daños por sitio de muestreo.

TIPOS DE DAÑO

Se encontraron 11 tipos de daño en el arrecife Santiaguillo, los cuales fueron los siguientes: Banda Amarilla (BA), Banda Blanca (BB), Blanqueamiento (B), competencia por espacio con Algas (A) y Esponjas (E), Hiperplasia (H), Depredación por Peces (DP), Daños Antrópicos (DA), Palidez (P), Plaga Blanca (PB) y Viruela Blanca (VB); aunque no aparece en los transectos realizados, se encontró la enfermedad de la Banda Negra en una colonia de SSID. En la Figura 12 se puede observar que la Palidez fue el tipo de daño que se presentó con mayor incidencia (22%), seguida por Daño antropogénico (18%), Depredación por peces (14%), Plaga Blanca (9%), Banda Amarilla (8%), Blanqueamiento con (8%), competencia por

espacio con Algas (7%), Hiperplasia (7%), Viruela Blanca (4%), Banda Blanca (2%) y competencia por espacio con Esponjas (1%).

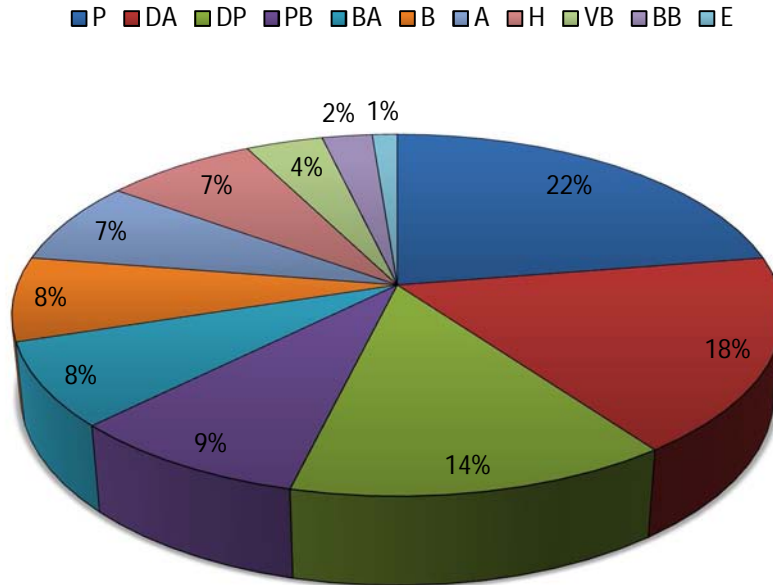


Figura 12. Porcentaje de organismos afectados por tipo de daño.

La abundancia de los tipos de daños encontrados en el arrecife Santiaguillo por especie fue la siguiente: en *A. cervicornis* se encontró un 100% de Banda Blanca; en *A. lamarki* se encontró un 50% de Daños Antrópicos y 50% de Plaga Blanca; *A. palmata* presentó un 100% de Viruela Blanca; *C. natans* presentó un 7.4% de Banda Amarilla, 11.1% de Blanqueamiento, 14.8% de Palidez, 3.7% de competencia con Esponjas 11.1% de Daños Antrópicos, 22.2% de Depredación por Peces, 25.9% de Plaga Blanca y 3.7% de Hiperplasia; en *M. alcicornis* se encontró un 100% de Plaga Blanca; *M. cavernosa* presentó un 25% de Palidez, 25% de Daños Antrópicos, 25% de Plaga Blanca y 25% de Hiperplasia; en *O. annularis* se encontró un 66.7% de Banda Amarilla y 33.3% de Depredación por Peces; *O. faveolata* presentó un 13.6%

Banda Amarilla, 4.5% de Blanqueamiento, 27.2% de Palidez, 18.1% de Daños Antrópicos, 18.1% de Depredación por Peces, 9.09% de Plaga Blanca, y 9.09% de Hiperplasia; en *O. franksi* se encontró 33.3% de Blanqueamiento y 66.7% Depredación por Peces; *P. astreoides* presentó un 5% de Blanqueamiento, 30% de Palidez, 25% de Daños Antrópicos, 5% de Depredación por Peces, 10% de Plaga Blanca, 15% de Banda Blanca y 10% de Hiperplasia; en *P. strigosa* se encontró un 25% de Blanqueamiento y 75% de Hiperplasia; y *S. siderea* presentó un 33.3% de Blanqueamiento, 33.3% de Banda Blanca y 33.3% Plaga Blanca (Figura 13).

La especie CNAT presentó 8 de los 11 tipos de daño identificados en el estudio, PAST y OFAV presentaron 7 tipos de daños. Las especies que presentaron solo un tipo de daño fueron ACER, APAL y MALC.

Los tipos de daño que afectaron a más especies fueron: la Plaga Blanca, Depredación por Peces y el Blanqueamiento encontrándose en 6 especies, mientras que los Daños Antrópicos, la Hiperplasia y la Palidez se encontraron en 5 especies. Por otra parte la Banda Blanca solo fue encontrada en la especie ACER, la Viruela Blanca se presentó en colonias de APAL y la Plaga Blanca se encontró MALC.

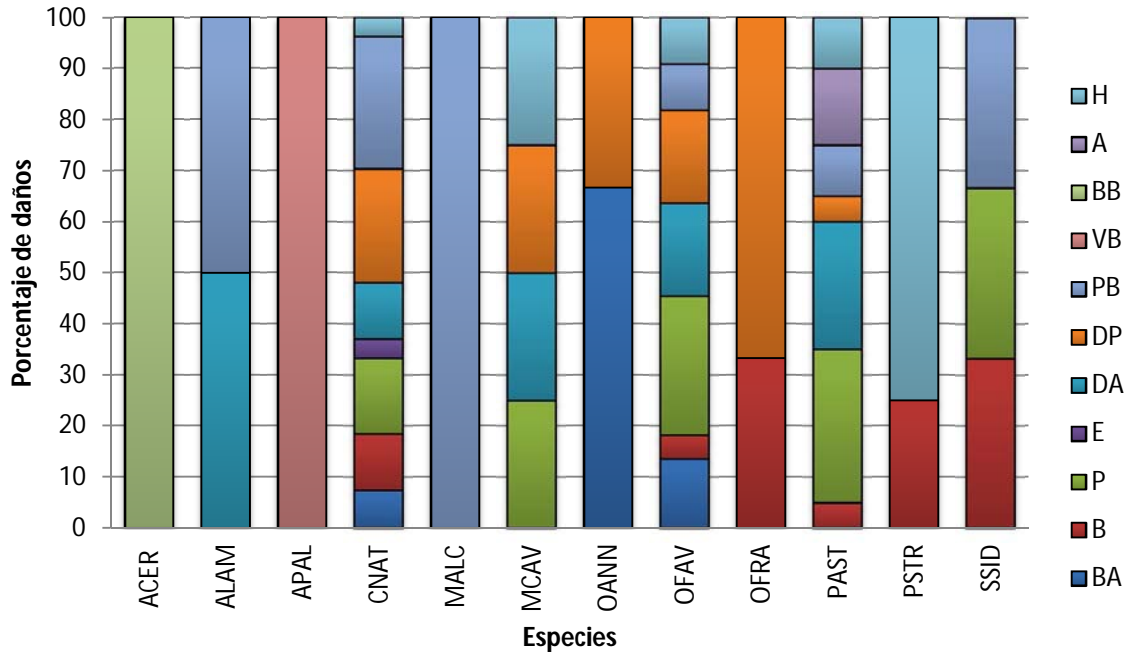


Figura 13. Relación de organismos afectados por tipo de daño según la especie.

El porcentaje de los tipos de daño en las zonas muestreadas fue el siguiente: en el sitio 1 se encontró un 16.6% de Blanqueamiento, 33.3% de Palidez, 16.6% de Daños Antrópicos y 33.3% de Depredación por peces; el sitio 3 presentó un 16.6% de Banda Amarilla, 16.6% de Palidez, 33.3% Daños Antrópicos y 33.3% de Hiperplasia; el sitio 4 presentó un 100% de Plaga Blanca; en el sitio 5 se encontró 50% de Banda Amarilla, 25% de Palidez y 25% de Plaga Blanca; el sitio 6 presentó 40% de Banda Amarilla, 40% de Palidez y 20% de Plaga Blanca; en el sitio 7 se encontró 50% de Blanqueamiento y 50% de Daños Antrópicos; en el sitio 8 se encontró 20% de Blanqueamiento, 40% de Palidez y 40% de Daños Antrópicos; el sitio 9 presentó 38.46% de Palidez, 30.76 de Daños Antrópicos, 15.38% de Depredación por peces, 7.69% de Plaga Blanca y 7.68% de Hiperplasia; en el sitio 10 se encontró 50% de Blanqueamiento, 25% de Depredación por Peces y 25% de Plaga Blanca; el sitio 11 presentó 50% de Daños Antrópicos y 50% de Plaga Blanca; el sitio 12 presentó

100% de Palidez; en el sitio 13 se encontró 100% de Palidez; el sitio 16 presentó 12.5% de Banda Amarilla, 37.5% de Daños Antrópicos, 25% de Viruela Blanca y 25% de Banda Blanca; en el sitio 17 se encontró 11.11% de Blanqueamiento, 22.22% de Palidez, 11.11% de competencia con Esponjas, 22.22% de Depredación por Peces, 11.11% de Plaga Blanca y 22.22% de Hiperplasia; el sitio 18 presentó 16.66% de Palidez, 66.66% de Depredación por Peces y 16.66% de Hiperplasia; el sitio 19 presentó 33.33% de Viruela Blanca y 66.67% de competencia con Algas; y en el sitio 21 se encontró un 100% de competencias con Algas (Figura 14).

Los sitios que presentaron más tipos de daño fueron los sitios 9 con 5 tipos de daño, el sitio 16 con 4 tipos de daño y el sitio 17 con 6 tipos de daño.

Los daños que se encontraron con más frecuencia en los sitios de estudio fueron la Palidez (10 sitios) y la Plaga Blanca (7 sitios), mientras que los daños que se encontraron en menos sitios fueron la competencia con algas (2 sitios), Viruela Blanca (2 sitios), la Banda Blanca y la competencia con esponjas se presentaron en un solo sitio.

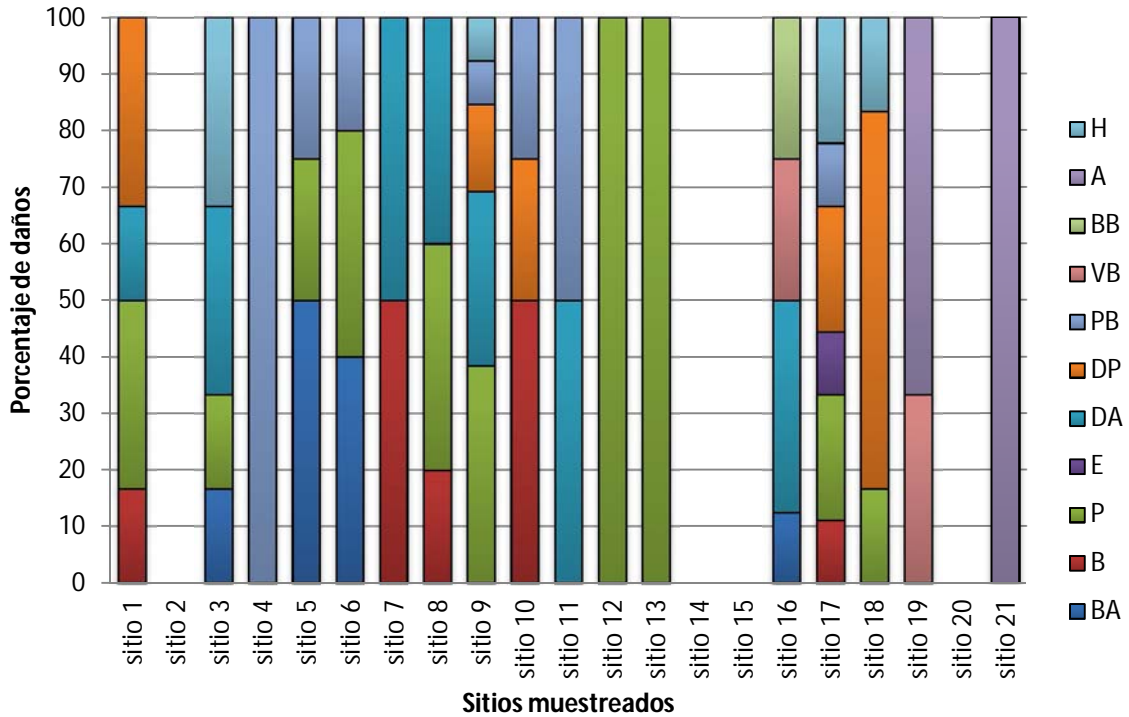


Figura 14. Relación de tipos de daño encontrados según el sitio muestreado.

COBERTURA DE TEJIDO DAÑADO

El tipo de daño que más cobertura relativa presentó fue la Palidez, encontrándose un 2.05% de tejido coralino afectado, seguido por los Daños Antrópicos con 1.5%, competencia con Algas 1.08%, Banda Amarilla con 0.06%, Depredación por Peces con 0.06%, Viruela Blanca con 0.05%, Plaga Blanca con 0.04%, Blanqueamiento con 0.04%, Esponja con 0.03%, Hiperplasia con 0.03% y Banda Blanca 0.02% (Figura 15).

La incidencia de la competencia por algas fue de 7% sin embargo la cobertura relativa de tejido dañado fue de 1.08% lo que indica que la extensión de los daños sobre las colonias es grande.

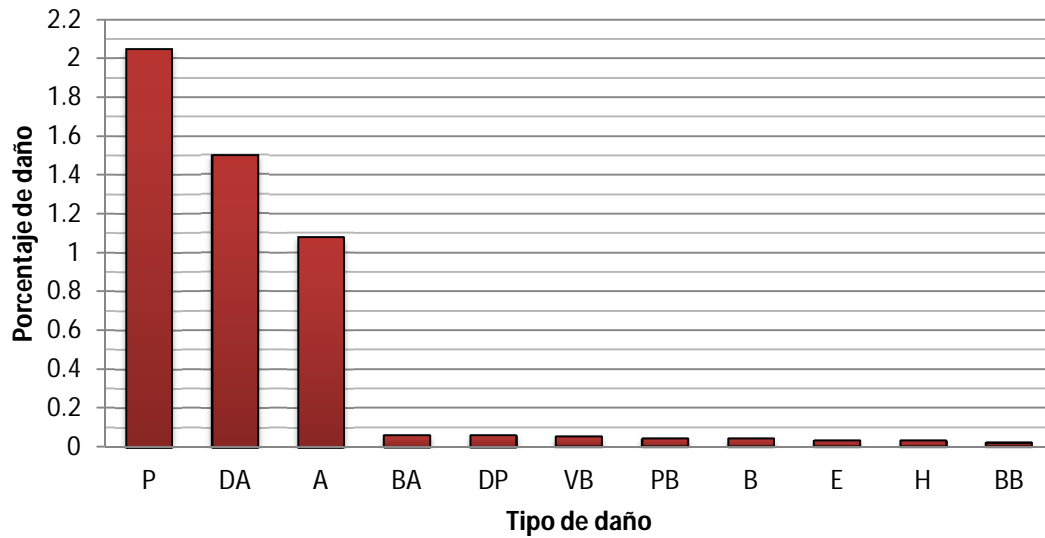


Figura 15. Porcentaje de tejido coralino afectado por tipo de daño.

La especie que presentó más tejido dañado fue OFRA a pesar de que en esta especie se identificaron 2 tipos de daño (Blanqueamiento y Depredación por Peces). La especie CNAT fue la que presentó más tipos de daño sin embargo los daños que más tejido afectó a estos organismos fueron la Palidez y los Daños Antrópicos. La Plaga Blanca, la Depredación por Peces y el Blanqueamiento fueron los tipos de daño que se encontraron en más especies, sin embargo la Plaga Blanca afectó significativamente a las especies ALAM y MALC; las Depredación por peces dañó más tejido en OFRA y el Blanqueamiento afectó más tejido en OFRA y SSID (Figura 16. Porcentaje de tejido dañado en las especies coralinas.). En el Anexo 3: Porcentajes de tejido dañado en las especies se presenta la tabla de la cobertura de los tipos de daños por especie

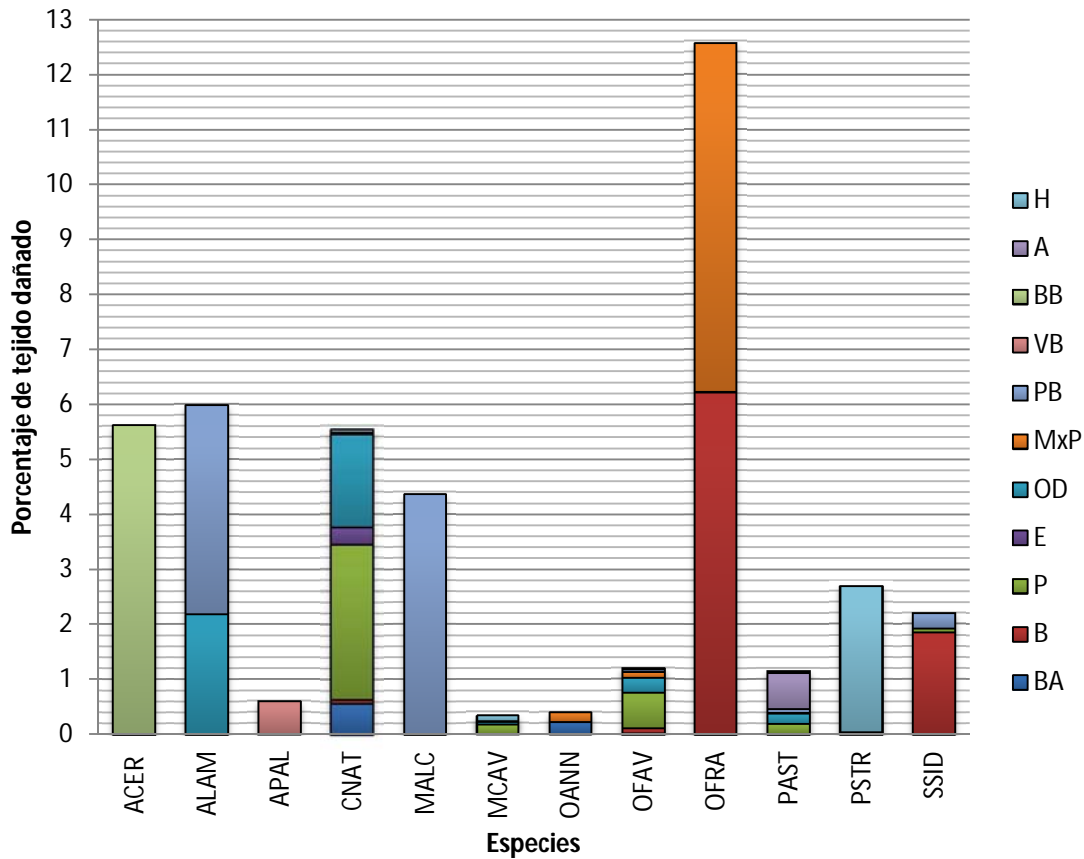


Figura 16. Porcentaje de tejido dañado en las especies coralinas.

En la Figura 17. Porcentaje de tejido dañado en los sitios de muestreo. se observa que la Palidez fue el daño que se encontró con mayor frecuencia en el arrecife y también fue el que afectó una mayor cantidad de tejido coralino, sin embargo el sitio 6 es el que presentó una mayor afectación por este tipo de daño, a pesar de que la Plaga Blanca también se encontró en varios sitios no afecto a una gran cantidad de tejido lo que indica que posiblemente el daño es mínimo en los organismos. A pesar de que la Competencia con Algas se encontró en dos sitios (19 y 21) afectó una gran cantidad de tejido coralino. En el Anexo 4: Porcentaje de tejido dañado en los sitios de muestreo se muestra la tabla de cobertura de los tipos de daño por zona muestreada.

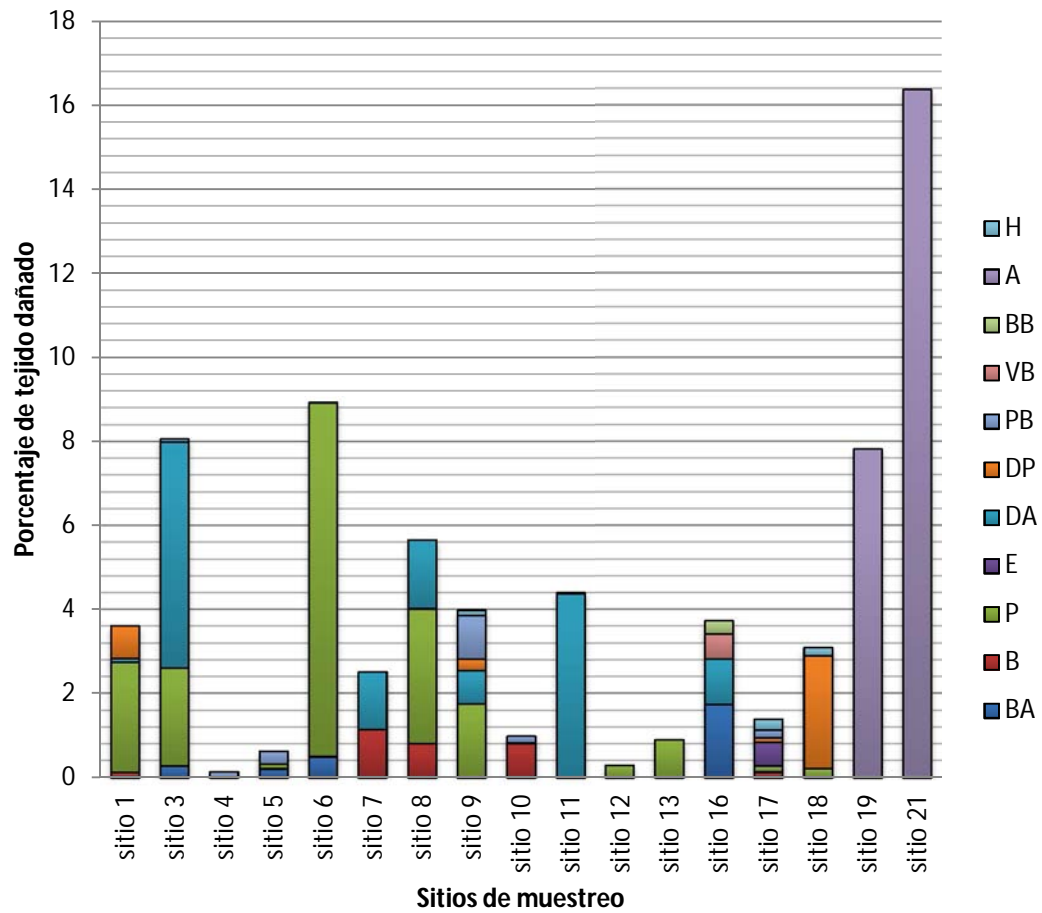


Figura 17. Porcentaje de tejido dañado en los sitios de muestreo.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

ABUNDANCIA CORALINA

En cuanto a abundancia, hay una discrepancia notable en lo reportado por Gutiérrez *et al.* (2011) para el caso de PAST. Mientras que PAST fue la especie más abundante con 33.8%, Gutiérrez la ubicó en un cuarto lugar con 7%. La especie más abundante para Gutiérrez fue *Undaria agaricites* (UAGA) con 37%; dicha especie habita las zonas más profundas del arrecife, mientras que PAST se encuentra primordialmente en zonas someras. Para el resto de las especies más abundantes (OFAV 11% y MCAV 8%), se mantiene el orden de abundancia, lo que implica que aunque los valores de abundancia puedan ser diferentes, la secuencia en importancia es similar en ambos estudios. Así mismo, Gutiérrez no detectó a PCLI, APRO ni ACER, las cuales aunque con poca abundancia sí se encontraron en la zona. Ya que estas especies son propias de las regiones someras (profundidades menores a 5m); su ausencia sugiere que Gutiérrez no incluyó zonas consideradas en este estudio.

COBERTURA RELATIVA

El hecho de que OFAV, constituya la mayoría de la cobertura viva (35%) representa una ventaja ecológica para el arrecife, ya que forman estructuras grandes y fuertes, localizándose en zonas más profundas, cercanas a la caída del arrecife (sitios 1, 3 y 4 de muestreo). Las estructuras grandes y fuertes impiden que la fuerza de las corrientes y oleaje propiciados por los Nortes azote con mayor intensidad el interior

del arrecife, ya que gran parte de la energía se disipa al impactar con estas estructuras calcáreas (Castro y Hubber, 2003). Además de ayudar a la protección del arrecife, la presencia de OFAV contribuye a la creación de refugios para diferentes especies, favoreciendo el mantenimiento de la diversidad de hábitats y específica, facilitando la supervivencia de especies coralinas más frágiles y pequeñas en zonas someras como PCLI, ACER y APRO.

INDIVIDUOS DAÑADOS

En este estudio, la incidencia de colonias coralinas afectadas fue de 10%, lo cual es muy superior a lo reportado por Horta-Puga y Tello Musi (2009) donde el 4.2% de los corales del PNSAV en general se encuentran enfermos. Para ellos, la incidencia fue mayor en los corales del Grupo Norte (5.8%) con respecto a los corales del Grupo Sur (2.5%);. Una posible causa de la discrepancia es el hecho de que estos autores no incluyeron en su estudio daños causados por variables como la depredación, la competencia inter específica ni los daños antrópicos.

La cobertura de coral vivo es considerada como uno de los indicadores más confiables para determinar el estado de salud de un arrecife, Alcolado y Durán (2011) consideran que una cobertura por encima del 20% es típica de arrecifes saludables, mientras que una cobertura de coral vivo entre 10 y 20% refleja un regular estado de salud, y una cobertura de coral vivo entre 5 y 10% se considera que el arrecife tiene un pobre estado de salud. Ya que se obtuvo únicamente 9% de cobertura por coral vivo, se puede aseverar que en cuanto a cobertura viva, el arrecife se encuentra en un pobre estado de salud. Respecto a la proporción de

tejido coralino dañado, Alcolado y Durán consideran que para una cobertura de tejido dañado entre 5 y 10% el estado del arrecife puede considerarse como bueno, mientras que una cobertura de tejido dañado menor a 2% refleja un óptimo estado de salud. En este estudio, se obtuvo 1% de tejido coralino dañado, por lo que se desprende que en cuanto a extensión de daños, el estado de salud de las colonias coralinas es óptimo.

El arrecife Santiaguillo es pobre en cuanto a cobertura coralina pero óptimo respecto a la incidencia de daños. Sin embargo, al parecer este arrecife fue un arrecife saludable en un pasado no lejano, pues un 34% de la cobertura no viva estaba constituida por escombros de coral; este 34% aunado al 9% de cobertura viva superan el límite inferior considerado por Alcolado y Durán, como referencia para ubicarlo como arrecife saludable en cuanto a cobertura coralina. Según Carricart-Ganivet, (1993) y Goreau (1994), en 1991 hubo un evento de blanqueamiento masivo en el Golfo de México y el Caribe que alcanzó Florida, causado por el fenómeno del niño. La cobertura coralina viva en ese entonces, seguramente fue afectada por dicho evento, traduciéndose en cobertura coralina no viva actual. Por su magnitud y la naturaleza del fenómeno de blanqueamiento, y por el bajo porcentaje de daños de origen antrópico, se hace evidente que el factor natural fue el principal causante del pobre estado de salud actual en Santiaguillo.

TIPOS DE DAÑO

En la Tabla 1. Comparación de daños en distintos sitios del PNSAV. se muestra la comparación de distintos estudios realizados dentro del PNSAV, mostrando los

daños encontrados y las especies afectadas. Se puede observar que daños como la enfermedad de la Plaga Blanca y la Hiperplasia son recurrentes dentro del polígono del parque. En este estudio, las enfermedades Banda Negra, Mancha Negra, Mancha Blanca y Necrosis Rápida, no se detectaron en ninguna colonia coralina. También se encontraron 6 tipos de daño no reportados anteriormente: Daños Antrópicos, Depredación por Peces, Viruela Blanca, Banda Blanca, Competencia con Esponjas y Algas; por lo que se puede inferir que hay nuevas variables que están ocasionando la aparición de fenómenos nuevos.

Tabla 1. Comparación de daños en distintos sitios del PNSAV.

Autor y año	Zona de estudio	Tipo de daño
Horta-Puga y Tello Musi (2009)	Galleguilla, Hornos, Sacrificios, Verde y Pájaros	Banda Amarilla, Banda Negra, Hiperplasia, Mancha Blanca, Mancha Negra, Necrosis Rápida y Plaga Blanca
Gutiérrez et al. (2011)	Santiaguillo y Sacrificios	Plaga Blanca, Blanqueamiento, Mancha Negra, Palidez y Tumores (Hiperplasia)
Este estudio	Santiaguillo	Banda Amarilla, Viruela Blanca, Banda Blanca, Plaga Blanca, Hiperplasia, Blanqueamiento, Palidez, Competencia con Algas, Competencia con Esponjas, Depredación por peces y Daños Antrópicos

La Palidez resultó ser el tipo de daño más frecuente en el arrecife. Se cree que este daño es un predecesor del blanqueamiento coralino (Gutiérrez, 2011). Esta afectación se observó principalmente en las especies más abundantes del arrecife,

por lo que el estudio de este daño es de suma importancia como indicador de un fenómeno de blanqueamiento próximo.

El segundo tipo de afectación dentro del arrecife fue el daño antrópico, el cual afectó principalmente a las especies más abundantes del sistema. Esto se debe a que la probabilidad de dañar a las especies más abundantes es mayor; ya que los sitios de muestreo concuerdan con los sitios que regularmente se utilizan para buceo recreativo, se puede inferir que los daños antrópicos son causados por actividades turísticas. Los sitios que presentan este tipo de daños son: Duendes (sitio 3) Puerta de Duendes (sitio 6) y Poza Azul (sitios 16 y 17). Los corales afectados presentan fragmentación de estructuras y lesiones como resultado de la acción directa de los buzos como choques y contactos que, deliberada o incidentalmente, tienen los buceadores, ya sea con sus aletas, manos, brazos, tanque de aire u otros componentes como las consolas de instrumentos no colocados adecuadamente en el chaleco. Otros daños directos ocasionados por las actividades de buceo, son la destrucción causada por las anclas, derrames de combustible y aditivos de motor.

El blanqueamiento, al igual que las enfermedades es un factor que incide en la salud de los corales, Horta-Puga y Tello Musi (2009) reportaron que en el PNSAV se presenta un promedio general del 4.4% de colonias afectadas por blanqueamiento, esto es mucho menor que la incidencia encontrada en este estudio (8%); la causa de esta diferencia se debe a que de 2009 a la fecha, se han presentado condiciones ambientales incidentes sobre este fenómeno.

La enfermedad de la Viruela Blanca afecta sólo a la especie *A. palmata*. Este tipo de daño es causado por una enterobacteria proveniente de las heces humanas (Patterson, 2002). Esta enfermedad se encuentra presente en los sitios 16 y 19, los

cuales son cercanos al faro de la isla, dicho faro, cuenta con un sanitario que desagua a pocos metros de los sitios mencionados, por lo que esta enfermedad pudo haber sido causada por visitantes de la isla.

La enfermedad de la Banda Blanca afectó solamente a *Acropora cervicornis*. El agente causal de esta enfermedad es desconocido, pero se sabe que esta enfermedad es altamente contagiosa (Paul y Ned, 2011); la mayoría de las colonias de *A. cervicornis* encontradas en este estudio presentaron dicha enfermedad.

La proporción de colonias afectadas por depredación por peces incidió en un número considerable de especies, y de manera primordial sobre el género *Orbicella*; Los daños detectados se asemejan en forma a las mordidas de peces loro y peces damisela, los cuales son reconocidos como componentes importantes en los sistemas coralinos debido a su capacidad de remover grandes cantidades de carbonato en períodos de tiempo relativamente cortos (Bellwood, 1995).

Bruckner (2000) señala que en particular *Sparisoma viride* puede dañar notablemente a las colonias de *M. annularis* y *O faveolata*, ocasionando grandes áreas de mortalidad en la mayoría de los arrecifes del Caribe. Los peces damisela son capaces de generar daños considerables sobre colonias coralinas cuando establecen sus territorios, incluso pueden llegar a provocar áreas de necrosis de tejido y erosión, las cuales posteriormente son invadidas por las algas.

La Palidez y la Plaga Blanca, fueron los tipos de daño con la distribución más amplia, encontrándose la Palidez en 10 sitios y la Plaga Blanca en 7 sitios. Otros tipos de daño como la Viruela Blanca, la Banda Blanca y la Competencia con Algas, se mostraron en zonas más restringidas hacia aguas someras.

Según Ortiz (2014) en el arrecife Santiaguillo, las especies *O. faveolata*, *M. cavernosa* y *P. astreoides* contribuyen de forma importante a la estructura del sistema. Los resultados obtenidos muestran que en el arrecife, dichas especies son las que presentan mayor incidencia de daños. Por ejemplo, *O. faveolata* y *P. astreoides* se mostraron susceptibles a 7 de los 11 tipos de daño observados en el estudio, por lo que la cantidad de daños encontrada está incidiendo primordialmente en la capacidad estructural del sistema.

COBERTURA DE TEJIDO DAÑADO

El daño que afectó más tejido coralino fue la Palidez, además de que se encontró en más sitios dentro del arrecife (en 10 sitios). Este tipo de daño se encontró afectando mayormente a los sitios 1, 3, 6 y 8. Los primeros tres sitios se encuentran en la zona de pendiente del arrecife y el último en una región donde el cambio de profundidad es muy suave. Las causas de esta afectación son aún desconocidas, sin embargo, como se mencionó en la sección Tipos de daño algunos autores consideran que es un signo predecesor al Blanqueamiento coralino.

La especie *O. franksi* fue la que presentó un elevado porcentaje de tejido afectado a pesar de que sólo fue afectada por dos tipos de daño (Depredación por peces y Blanqueamiento), esta especie es muy susceptible al blanqueamiento, enfermedades y otras amenazas como la depredación. Otras especies que también fueron afectadas por depredación por peces fueron *O. annularis* y *O. faveolata*; Glyn (1988) encontró que los peces que se alimentan de corales discriminan entre especies, seleccionando corales dominantes, por lo que sería razonable suponer que la mayor

incidencia de depredación sobre *O. faveolata* en el arrecife sea en buena parte una consecuencia de su gran abundancia.

La zona de la planicie arrecifal fue donde se encontró la mayor cantidad de tejido coralino afectado, el tipo de daño predominante en estas zonas fue la competencia con algas, lo que indica que posiblemente los peces que se alimentan de algas se encuentran en densidades bajas o bien, ausentes en esta zona del arrecife. En la zona de planicie hay signos de actividades de pesca con redes de cerco. A lo largo del estudio, se tiene el antecedente que al menos en una ocasión se practicó dicha actividad en la zona.

CONCLUSIONES

La comunidad coralina de Santiaguillo está dominada en abundancia por *Porites astreoides*, *Orbicella faveolata*, *Montastrea cavernosa* y *Colpophyllia natans*.

La comunidad coralina de Santiaguillo está dominada en cobertura por *Orbicella faveolata*, *Colpophyllia natans*, *Pseudodiploria strigosa* y *Porites astreoides*.

Ya que *Orbicella faveolata* forma grandes estructuras protectoras de arrecifes, el hecho de que ésta especie sea la segunda en abundancia y primera en cobertura, implica que el arrecife Santiaguillo se encuentra protegido de estrés mecánico (por oleaje, corrientes y fenómenos meteorológicos).

El número de colonias coralinas afectadas por algún tipo de daño fue alta (10%).

En función de la cobertura coralina (9%) el estado de salud del arrecife es pobre.

Dado que el 1% de cobertura fue caracterizado como dañado, el remanente coralino sobreviviente se encuentra poco afectado.

Los tipos de daño detectados en el Arrecife Santiaguillo son: Banda Amarilla, Banda Blanca, Blanqueamiento, Hiperplasia, Mordidas por Peces, Daños Antrópicos, Palidez, Plaga Blanca, Viruela Blanca y Competencia con Algas y Esponjas.

Las especies afectadas con al menos una enfermedad fueron *Agaricia lamarki*, *Acropora cervicornis*, *Acropora palmata*, *Orbicella franksi*, *Colpophyllia natans*, *Siderastrea siderea*, *Orbicella faveolata*, *Orbicella annularis*, *Pseudodiploria strigosa*, *Porites astreoides*, *Millepora alcicornis* y *Montastrea cavernosa*.

La Palidez fue el tipo de daño que afectó a más colonias coralinas y el que incidió sobre una mayor área de afectación de tejido coralino.

Ya que la mayor parte de los daños antrópicos detectados correspondieron a actividades relacionadas con el buceo recreativo, es necesario implementar medidas para evitar o al menos atenuar su impacto en el arrecife, particularmente por tratarse de una zona núcleo.

La enfermedad de la Viruela Blanca estuvo asociada al desagüe local de las instalaciones sanitarias en la isla de Santiaguillo.

La enfermedad de la Banda Blanca fue el único tipo de daño que incidió en todos los individuos de la única colonia detectada de *A. cervicornis*.

El género *Orbicella* es el más abundante y se encuentra afectado fundamentalmente por depredación de origen íctico.

La competencia con algas tiene mayor incidencia en las zonas someras del arrecife, esta proliferación de macro algas en la zona somera posiblemente ha sido causada por la sobrepesca.

Las especies más abundantes del arrecife fueron las que presentaron mayor incidencia de daños.

En la actualidad la proporción de colonias sanas en el arrecife es mayor que el de colonias enfermas y dañadas. El efecto sinérgico de todos los factores de deterioro, tanto naturales como antropogénicos, posiblemente es el factor determinante del estado de salud de las comunidades coralinas en el área del PNSAV.

RECOMENDACIONES

Debido a que aún se desconocen las causas de varias enfermedades coralinas, es necesario implementar el monitoreo continuo de parámetros físicos y químicos en tiempo real en zonas de dominancia de dichas enfermedades.

Es necesario realizar un esfuerzo para documentar el impacto de eventos impredecibles como huracanes y nortes, así como también los valores extremos de las variables causales de daños y enfermedades coralinas.

Es recomendable implementar y mantener programas de monitoreo continuo a mediano y largo plazo con la finalidad de caracterizar los procesos de cambio e identificar los procesos de deterioro.

Nuevos estudios deben enfocarse en la posibilidad de recuperación de este ecosistema de forma natural a través de reclutamiento coralino aunado a otras medidas de manejo con el fin de mitigar los factores de perturbación ya conocidos. Lo anterior debido a que el deterioro de las comunidades coralinas en estructura y posiblemente en función implica pérdida de bienes y servicios para las comunidades costeras.

Fomentar la experimentación en campo con el fin de determinar hasta qué grado el acervo fotográfico puede proporcionar información para conocer la velocidad en la que son afectadas las colonias coralinas y la resiliencia alcanzable.

ANEXO 1: DESCRIPCIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO

Sitio 1

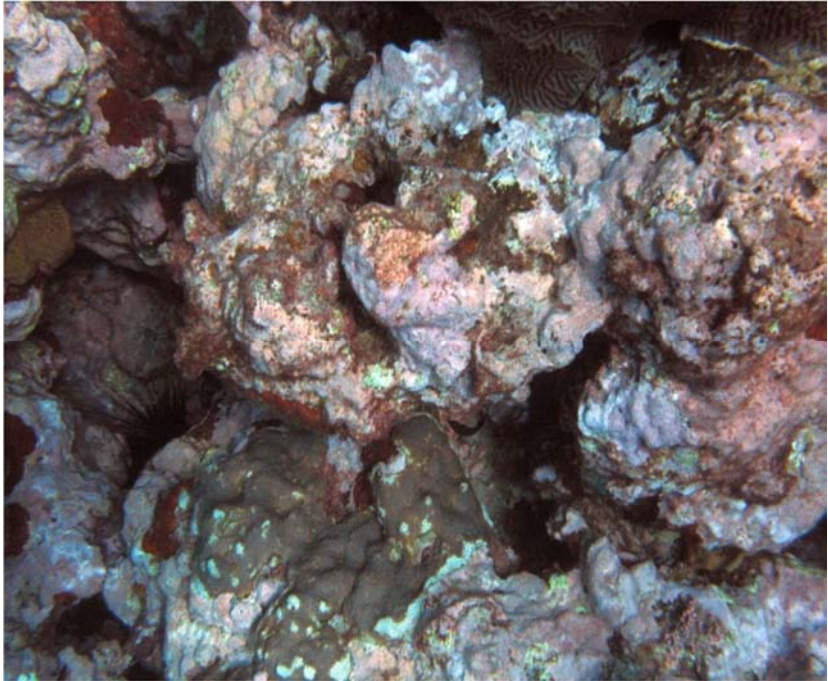
Fecha de muestreo:
27/06/12

Coordenadas: 19° 8'38.57"
latitud Norte 95°48'46.22"
longitud Oeste

Profundidad: 26 - 30 m

Tipo de fondo: Escombros
de coral

Especies: *Colpophyllia
natans*, *Madracis decatis*,
Orbicella faveolata,
Orbicella franksi, *Porites
astreoides*, *Pseudodiploria
strigosa* y *Undaria agaricia*



Sitio 2

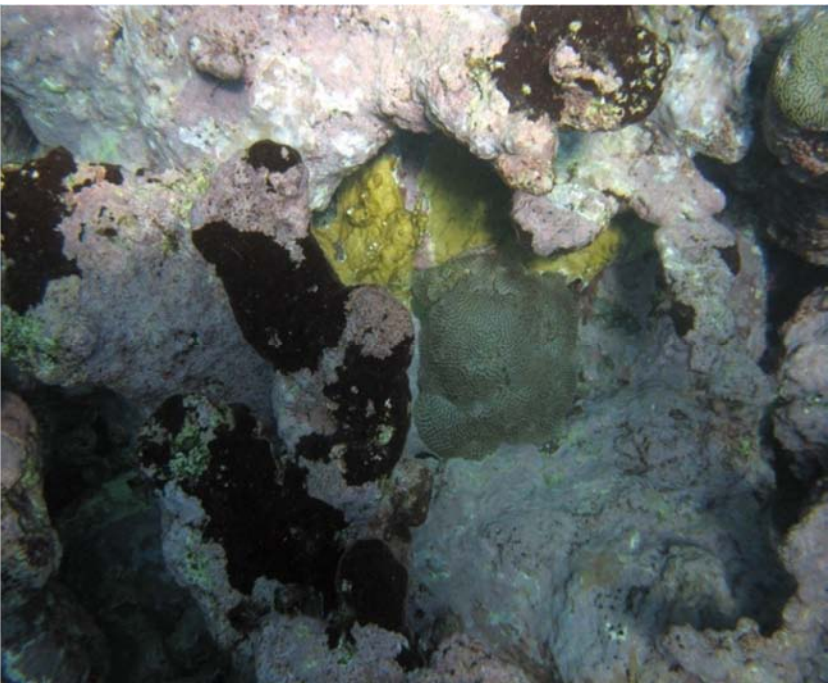
Fecha de muestreo:
27/06/12

Coordenadas: 19° 8'37.30"
latitud Norte 95°48'42.78"
longitud Oeste

Profundidad: 25 - 22 m

Tipo de fondo: Escombros
de coral

Especies: *Millepora
alcicornis* y *Porites
astreoides*



Sitio 3

Fecha de muestreo:
08/09/12

Coordenadas: 19° 8'30.73"
latitud Norte 95°48'38.02"
longitud Oeste

Profundidad: 23 - 19 m

Tipo de fondo: Escombros
de coral

Especies: *Colpophyllia
natans*, *Orbicella
annularis*, *Orbicella
faveolata*, *Porites
astreoides* y
Pseudodiploria strigosa



Sitio 4

Fecha de muestreo:
08/09/12

Coordenadas: 19° 8'27.86"
latitud Norte 95°48'34.37"
longitud Oeste

Profundidad: 33 - 30 m

Tipo de fondo: Escombros
de coral

Especies: *Agaricia lamarki*,
Montastrea cavernosa,
Orbicella faveolata,
Pseudodiploria strigosa y
Siderastrea siderea



Sitio 5

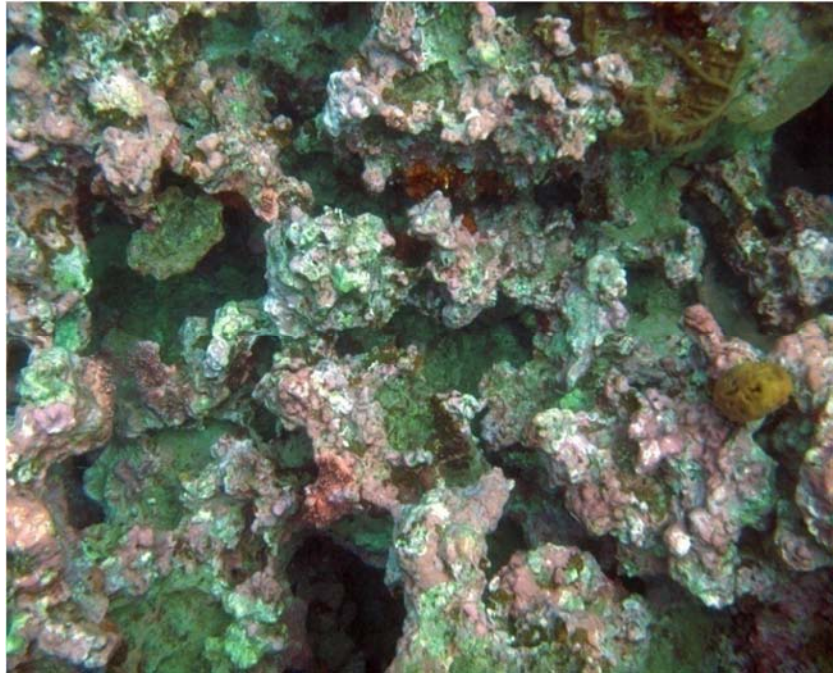
Fecha de muestreo:
08/09/2012

Coordenadas: 19° 8'29.08"
latitud Norte 95°48'31.94"
longitud Oeste

Profundidad: 24 - 20 m

Tipo de fondo: Escombros
de coral

Especies: *Colpophyllia
natans*, *Millepora
alcicornis*, *Mycetophyllia
lamarkiana*, *Orbicella
annularis*, *Orbicella
faveolata*, *Porites
astreoides*, *Pseudodiploria
strigosa* y *Siderastrea
siderea*



Sitio 6

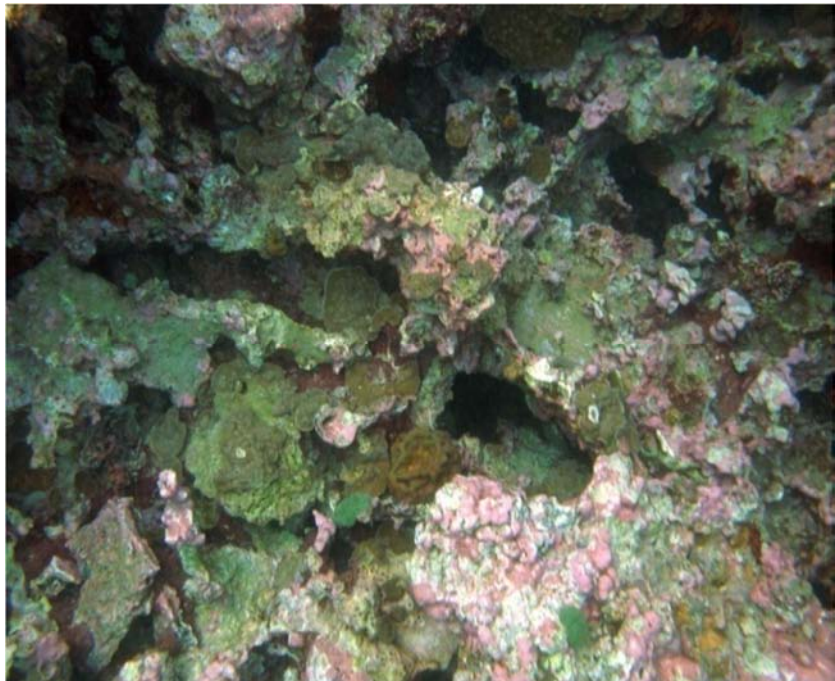
Fecha de muestreo:
08/09/2012

Coordenadas: 19° 8'29.03"
latitud Norte 95°48'30.35"
longitud Oeste

Profundidad: 17 - 13 m

Tipo de fondo: Escombros
de coral

Especies: *Colpophyllia
natans*, *Millepora
alcicornis*, *Madracis
decatris*, *Orbicella
annularis*, *Orbicella
faveolata*, *Porites
astreoides*, *Scolymia
cubensis*, *Siderastrea
siderea* y *Undaria
agaricites*



Sitio 7

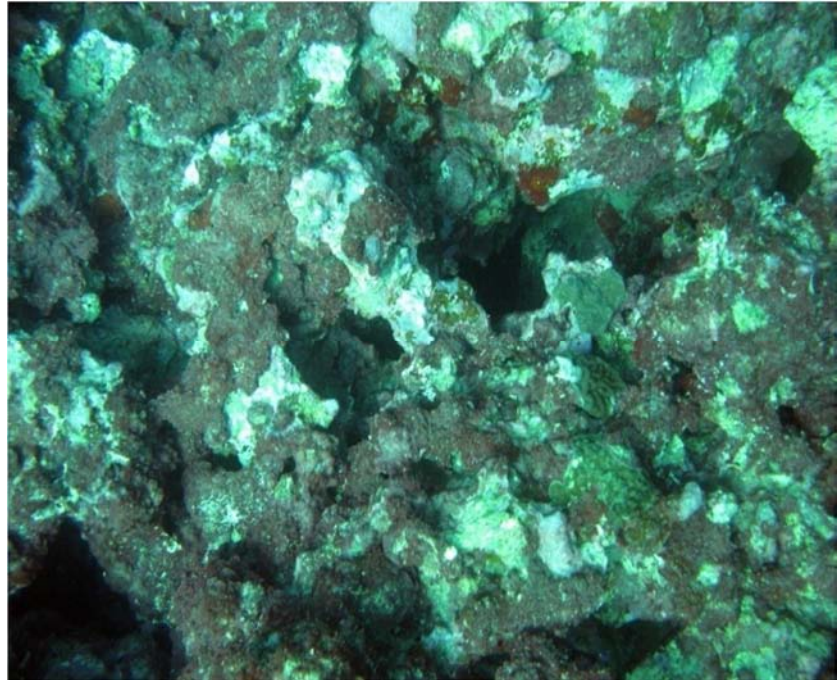
Fecha de muestreo:
9/11/12

Coordenadas: 19° 8'49.02"
latitud Norte 95°48'36.04"
longitud Oeste

Profundidad: 12 - 15 m

Tipo de fondo: Escombros
de coral

Especies: *Agaricia lamarki*,
Colpophyllia natans,
Orbicella annularis,
Orbicella faveolata,
Orbicella franki y
Pseudodiploria strigosa



Sitio 8

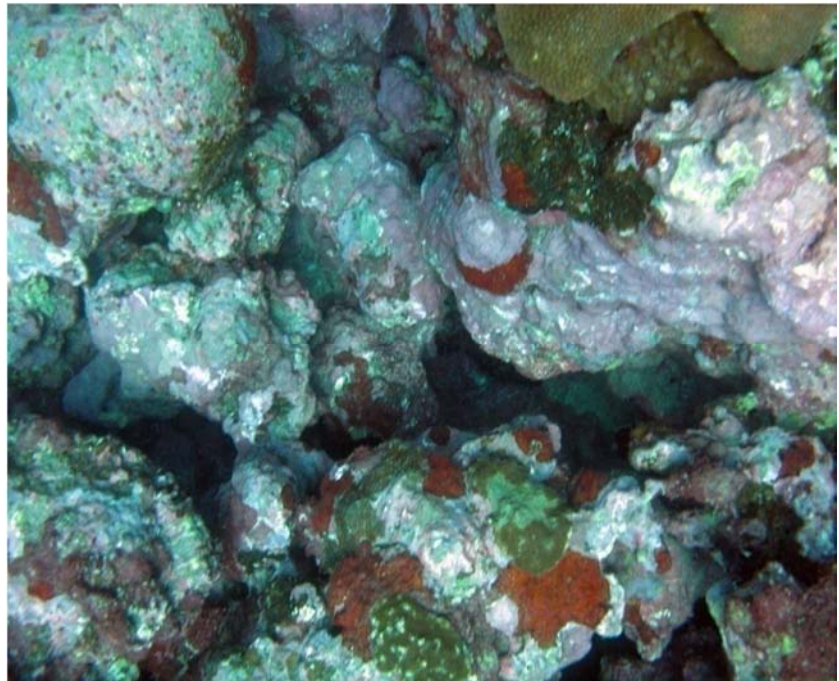
Fecha de muestreo:
09/11/2012

Coordenadas: 19°
8'46.52"latitud Norte
95°48'35.87" longitud
Oeste

Profundidad: 10 - 6 m

Tipo de fondo: Escombros
de coral

Especies: *Colpophyllia
natans*, *Millepora
alcicornis*, *Montastrea
cavernosa*, *Orbicella
faveolata*, *Orbicella franki*
y *Porites astreoides*



Sitio 9

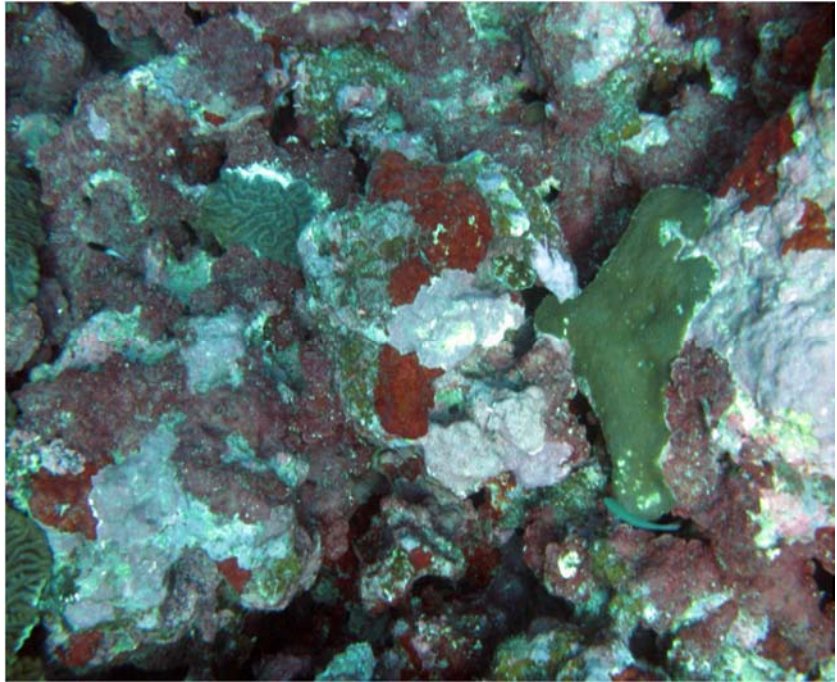
Fecha de muestreo:
09/11/2012

Coordenadas: 19° 8'43.97"
latitud Norte 95°48'32.72"
longitud Oeste

Profundidad: 7 - 4 m

Tipo de fondo: Escombros
de coral

Especies: *Colpophyllia
natans*, *Helioseris
cucullata*, *Montastrea
cavernosa*, *Orbicella
annularis*, *Orbicella
faveolata* y *Porites
astreoides*



Sitio 10

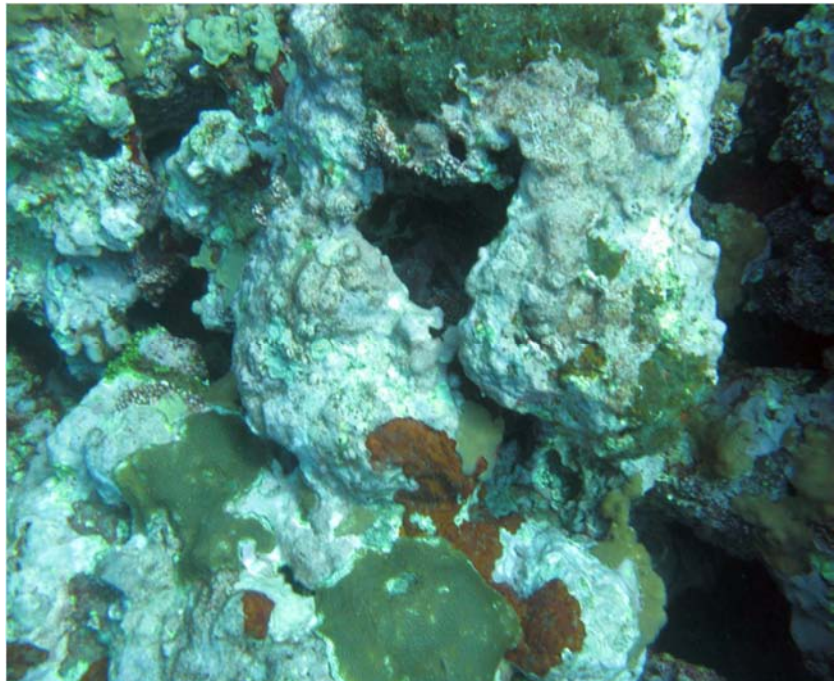
Fecha de muestreo:
16/03/2013

Coordenadas: 19° 8'46.93"
latitud Norte 95°48'46.22"
longitud Oeste

Profundidad: 14 - 11 m

Tipo de fondo: Escombros
de coral

Especies: *Colpophyllia
natans*, *Erythropodium
caribaeorum*,
Mycetophyllia lamarkiana,
Orbicella annularis, *Porites
astreoides* y *Siderastrea
siderea*



Sitio 11

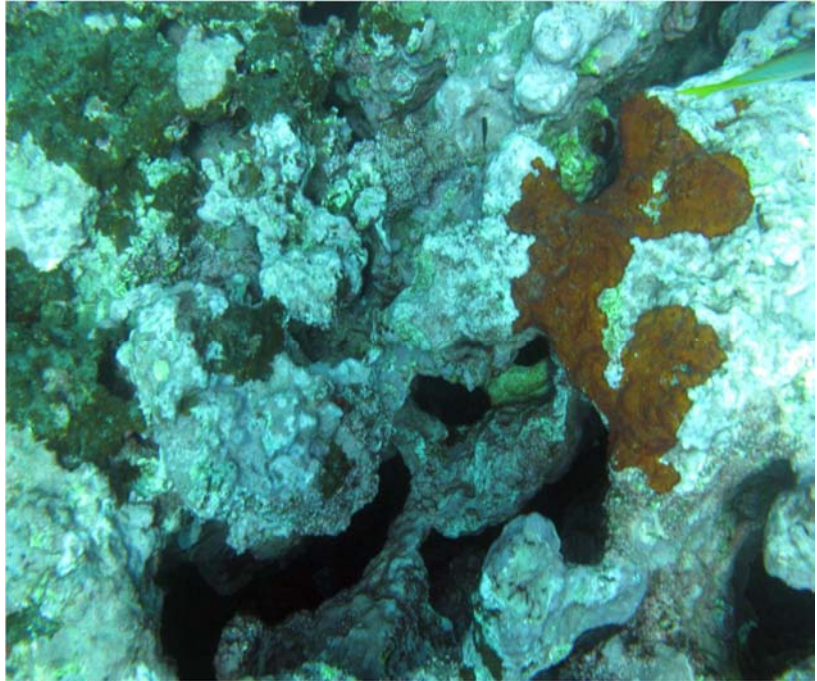
Fecha de muestreo:
16/03/2013

Coordenadas: 19°
8'45.97" latitud Norte
95°48'43.02" longitud
Oeste

Profundidad: 9 - 7 m

Tipo de fondo: Escombros
de coral

Especies: *Colpophyllia
natans*, *Erythropodium
caribaeorum*,
Mycetophyllia lamarkiana,
Orbicella faveolata,
Porites astreoides,
Pseudodiploria strigoda y
Siderastrea siderea



Sitio 12

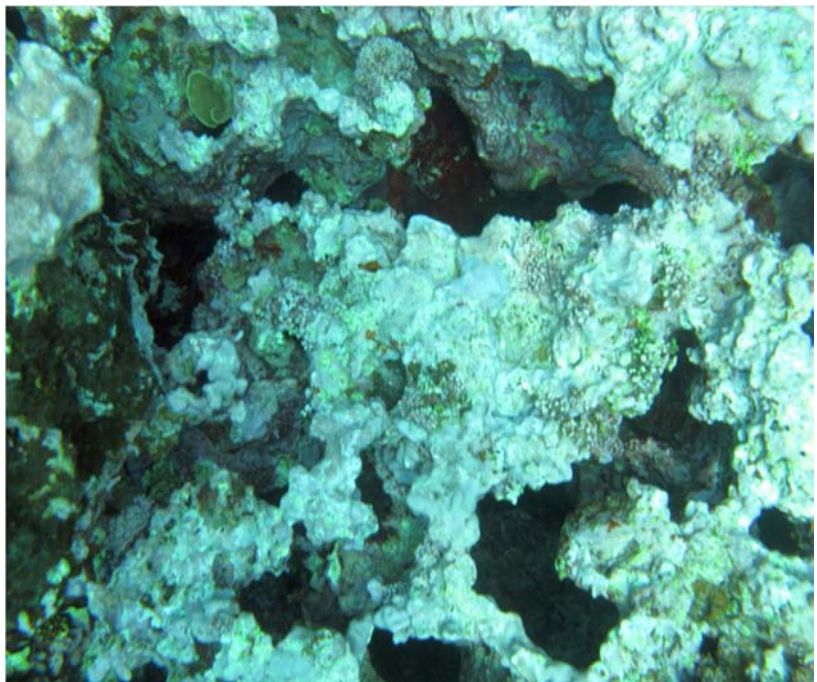
Fecha de muestreo:
16/03/2013

Coordenadas: 19°
8'44.11" latitud Norte
95°48'39.73" longitud
Oeste

Profundidad: 9 - 6 m

Tipo de fondo: Escombros
de coral

Especies: *Colpophyllia
natans*, *Erythropodium
caribaeorum*, *Orbicella
faveolata*, *Porites
astreoides* y
Pseudodiploria strigosa



Sitio 13

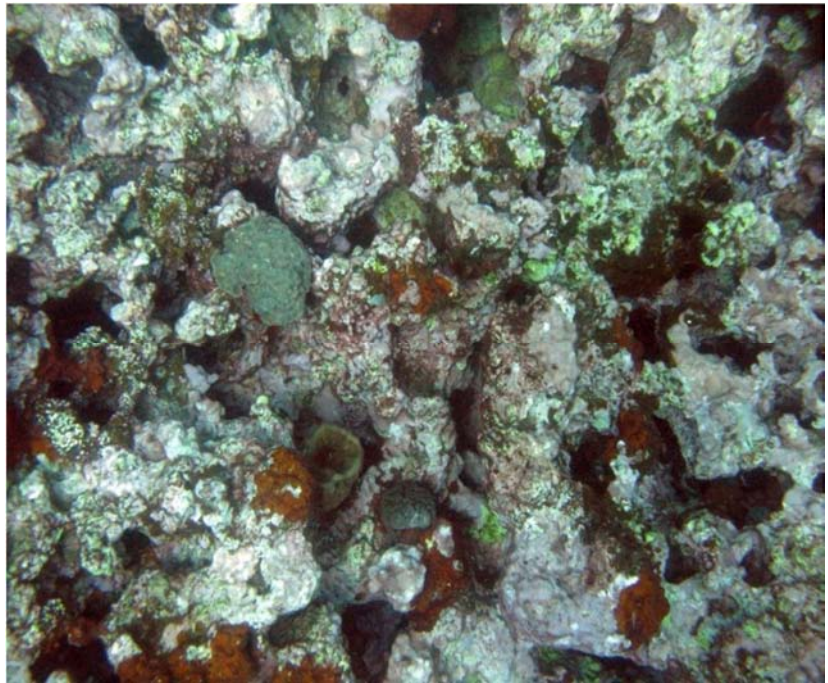
Fecha de muestreo:
27/07/2013

Coordenadas: 19°
8'47.72" latitud Norte
95°48'26.60" longitud
Oeste

Profundidad: 24 - 20 m

Tipo de fondo: Escombros
de coral

Especies: *Colpophyllia
natans*, *Erythropodium
caribaeorum* y *Porites
astreoides*



Sitio 14

Fecha de muestreo:
27/07/2013

Coordenadas: 19°
8'45.30" latitud Norte
95°48'27.00" longitud
Oeste

Profundidad: 13 - 9 m

Tipo de fondo: Escombros
de coral

Especies: *Helioseris
cucullata*, *Porites
astreoides* y
Pseudodiploria strigosa



Sitio 15

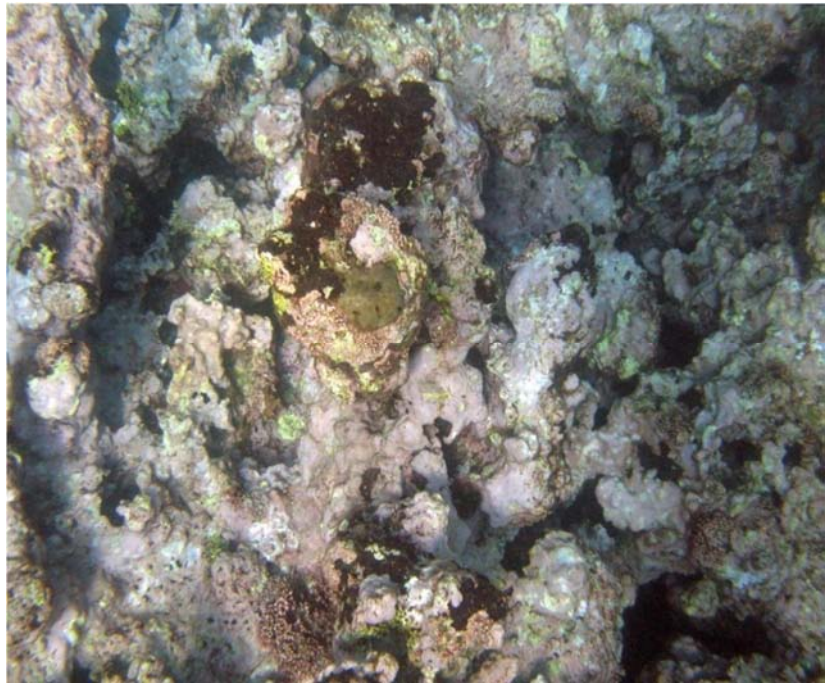
Fecha de muestreo:
27/07/2013

Coordenadas: 19°
8'43.02" latitud Norte
95°48'28.29" longitud
Oeste

Profundidad: 7 - 4 m

Tipo de fondo: Escombros
de coral

Especies: *Erythropodium
caribaeorum* y *Orbicella
faveolata*



Sitio 16

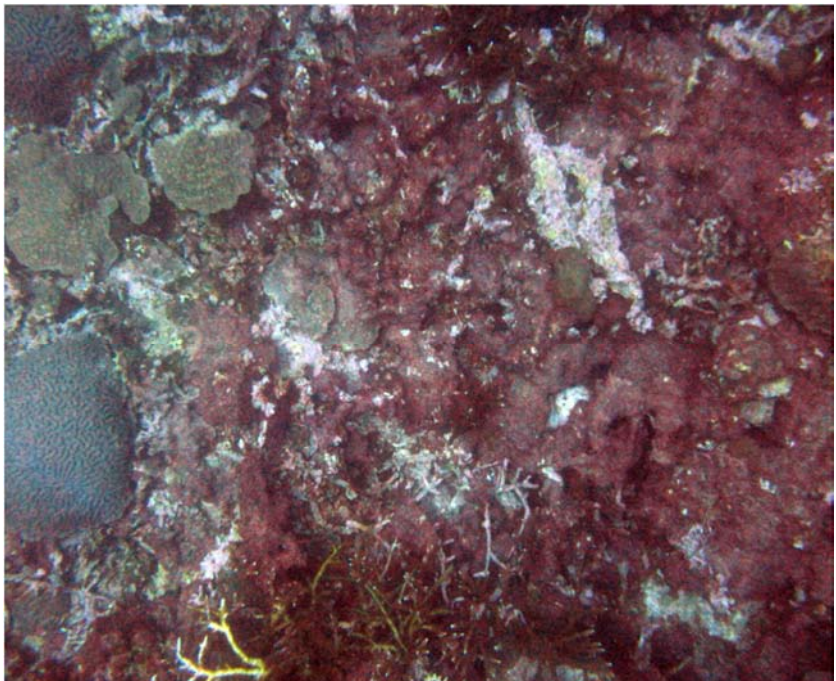
Fecha de muestreo:
27/07/2013

Coordenadas: 19° 8'37.40"
latitud Norte 95°48'23.20"
longitud Oeste

Profundidad: 12 - 7 m

Tipo de fondo: Arenoso y
escombro de coral

Especies: *Acropora
cervicornis*, *Acropora
palmata*, *Colpophyllia
natans*, *Millepora
alcicornis*, *Orbicella
annularis*, *Orbicella
faveolata*, *Porites
astreoides* y *Undaria
agaricites*



Sitio 17

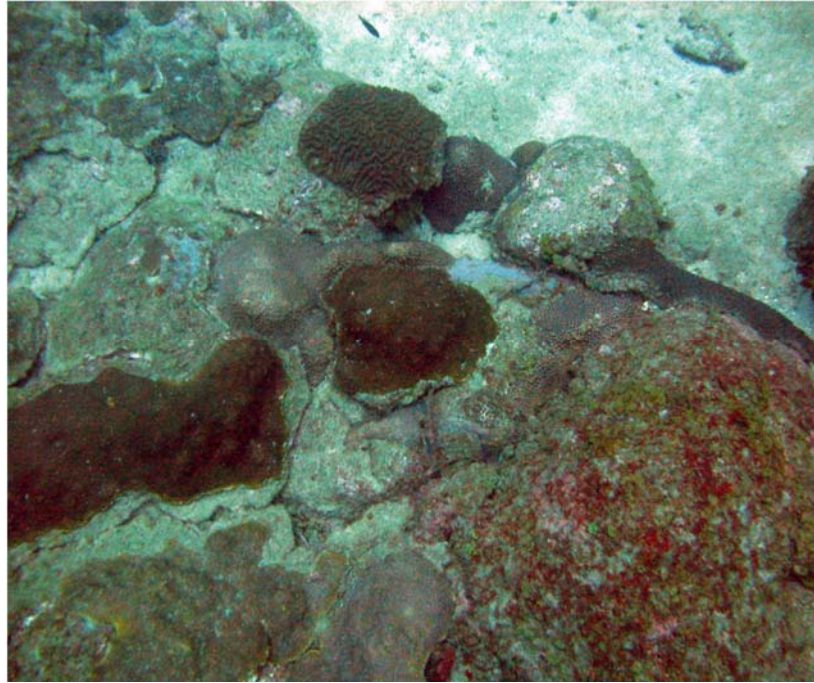
Fecha de muestreo:
26/07/13

Coordenadas: 19°
8'36.41" latitud Norte
95°48'23.50" longitud
Oeste

Profundidad: 17 - 14 m

Tipo de fondo: Arenoso

Especies: *Colpophyllia
natans*, *Montastrea
cavernosa*, *Orbicella
faveolata* y *Siderastrea
siderea*



Sitio 18

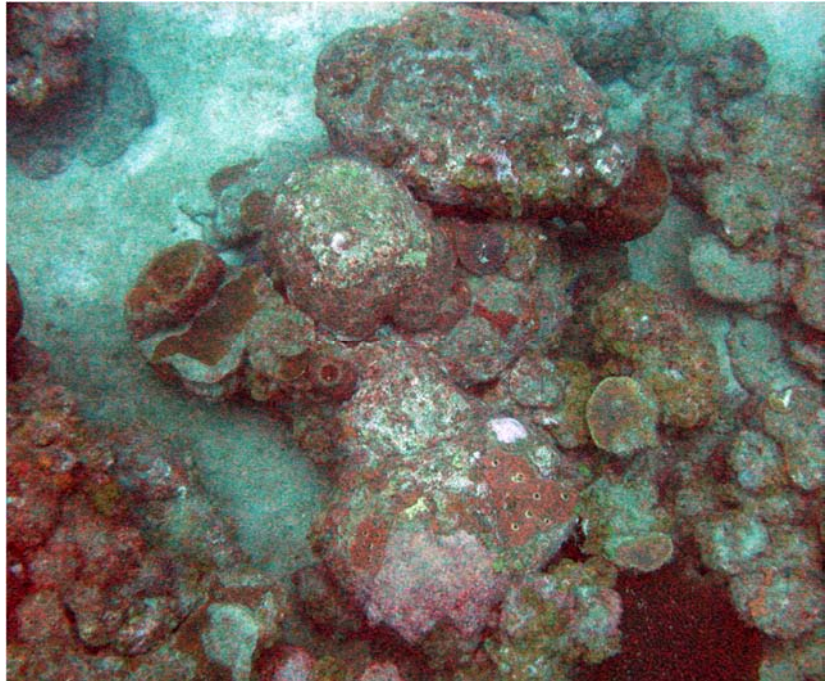
Fecha de muestreo:
26/07/13

Coordenadas: 19°
8'27.82" latitud Norte
95°48'19.19" longitud
Oeste

Profundidad: 23 - 19 m

Tipo de fondo: Arenoso

Especies: *Colpophyllia
natans*, *Montastrea
cavernosa*, *Orbicella
faveolata* y *Siderastrea
siderea*



Sitio 19

Fecha de muestreo:
12/06/14

Coordenadas: 19° 8'29.03"
latitud Norte 95°48'21.33"
longitud Oeste

Profundidad: 16 - 14 m

Tipo de fondo: Escombros
de coral

Especies: *Acropora
prolifera*, *Acropora palmata*,
Colpophyllia natans,
Millepora alcicornis, *Porites
astreoides*, *Pseudodiploria
strigosa*, *Acropora prolifera*
y *Pseudodiploria clivosa*



Sitio 20

Fecha de muestreo:
12/06/14

Coordenadas: 19° 8'32.00"
latitud Norte 95°48'28.61"
longitud Oeste

Profundidad: 2 m

Tipo de fondo: Arenoso y
escombros de coral

Especies: *Porites
astreoides*, *Acropora
prolifera*



Sitio 21

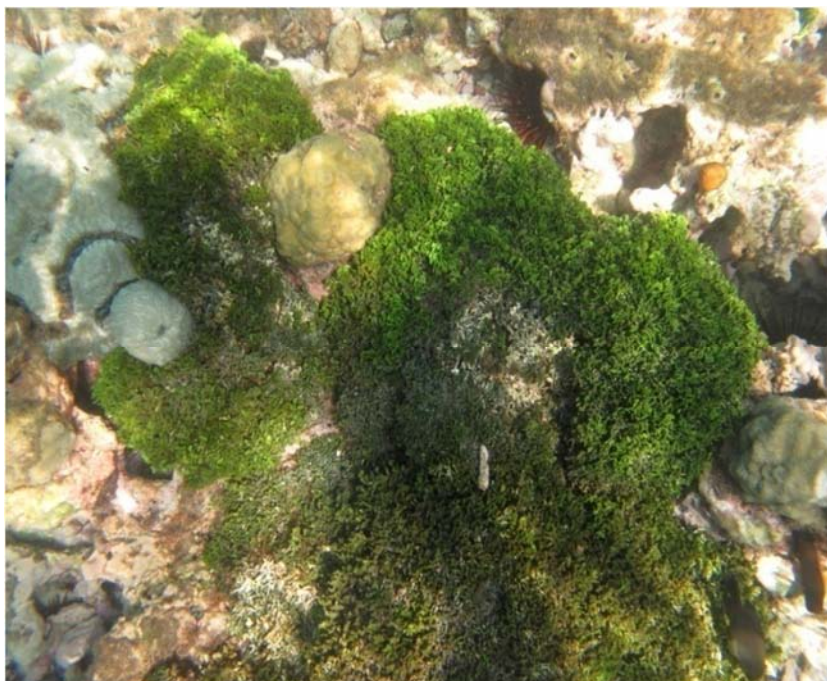
Fecha de muestreo:
12/06/14

Coordenadas: 19° 8'34.92"
latitud Norte 95°48'28.06"
longitud Oeste

Profundidad: 2 m

Tipo de fondo: Arenoso y
escombros de coral

Especies: *Porites*
astreoides, *Pseudodiploria*
strigosa y *Acropora*
prolifera



ANEXO 2: ABREVIATURA DE LAS ESPECIES CORALINAS

Abreviación	Especie coralina
ACER	<i>Acropora cervicornis</i>
ALAM	<i>Agaricia lamarki</i>
APAL	<i>Acropora palmata</i>
APRO	<i>Acropora prolifera</i>
CNAT	<i>Colpophyllia natans</i>
ECAR	<i>Erythropodium caribaeorum</i>
HCUC	<i>Helioseris cucullata</i>
MALC	<i>Millepora alcicornis</i>
MCAV	<i>Montastrea cavernosa</i>
MDEC	<i>Madracis decatis</i>
MLAM	<i>Mycetophyllia lamarckiana</i>
OANN	<i>Orbicella annularis</i>
OFAV	<i>Orbicella faveolata</i>
OFRA	<i>Orbicella franksi</i>
PAST	<i>Porites astreoides</i>
PCLI	<i>Pseudodiploria clivosa</i>
PSTR	<i>Pseudodiploria strigosa</i>
SCUB	<i>Scolymia cubensis</i>
SSID	<i>Siderastrea siderea</i>
UAGA	<i>Undaria agaricites</i>

ANEXO 3: PORCENTAJES DE TEJIDO DAÑADO EN LAS ESPECIES

	BA	B	P	E	DA	DP	PB	VB	BB	A	H
ACER	-	-	-	-	-	-	-	-	5.61	-	-
ALAM	-	-	-	-	2.19	-	3.79	-	-	-	-
APAL	-	-	-	-	-	-	-	0.59	-	-	-
APRO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CNAT	0.57	0.07	2.8	0.32	1.68	0.03	0.01	-	-	-	0.06
ECAR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HCUC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MALC	-	-	-	-	-	-	4.36	-	-	-	-
MCAV	-	-	0.17	-	0.05	0.01	-	-	-	-	0.1
MDEC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MLAM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OANN	0.22	-	-	-	-	0.17	-	-	-	-	-
OFAV	0.02	0.09	0.64	-	0.27	0.11	0.04	-	-	-	0.03
OFRA	-	6.22	-	-	-	6.34	-	-	-	-	-
PAST	-	0.01	0.18	-	0.19	0.01	0.07	-	-	0.66	0.03
PCLI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PSTR	-	0.04	-	-	-	-	-	-	-	-	2.65
SCUB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SSID	-	1.85	0.07	-	-	-	0.28	-	-	-	-
UAGA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 2. (BA) banda amarilla, (B) blanqueamiento, (P) palidez, (E) competencia con esponjas, (DA) daño antropico, (DP) depredación por peces, (PB) plaga blanca, (VB) viruela blanca, (BB) banda blanca, (A) competencia con algas y (H) hiperplasia

ANEXO 4: PORCENTAJE DE TEJIDO DAÑADO EN LOS SITIOS DE MUESTREO

	BA	B	P	E	DA	DP	PB	VB	BB	A	H
Sitio 1	-	0.125	2.633	-	0.086	0.772	-	-	-	-	-
Sitio 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sitio 3	0.287	-	2.330	-	5.372	-	-	-	-	-	0.076
Sitio 4	-	-	-	-	-	-	0.142	-	-	-	-
Sitio 5	0.213	-	0.107	-	-	-	0.316	-	-	-	-
Sitio 6	0.503	-	8.417	-	-	-	0.009	-	-	-	-
Sitio 7	-	1.150	-	-	1.377	-	-	-	-	-	-
Sitio 8	-	0.811	3.213	-	1.642	-	-	-	-	-	-
Sitio 9	-	-	1.756	-	0.803	0.270	1.037	-	-	-	0.124
Sitio 10	-	0.824	-	-	-	0.012	0.155	-	-	-	-
Sitio 11	-	-	-	-	4.380	-	0.026	-	-	-	-
Sitio 12	-	-	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-
Sitio 13	-	-	0.904	-	-	-	-	-	-	-	-
Sitio 14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sitio 15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sitio 16	1.747	-	-	-	1.074	-	-	0.594	0.321	-	-
Sitio 17	-	0.137	0.147	0.565	-	0.101	0.188	-	-	-	0.251
Sitio 18	-	-	0.217	-	-	2.683	-	-	-	-	0.199
Sitio 19	-	-	-	-	-	-	-	0.011	-	7.811	-
Sitio 20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sitio 21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16.374	-

Tabla 3. (BA) banda amarilla, (B) blanqueamiento, (P) palidez, (E) competencia con esponjas, (DA) daño antropico, (DP) depredación por peces, (PB) plaga blanca, (VB) viruela blanca, (BB) banda blanca, (A) competencia con algas y (H) hiperplasia.

ANEXO 5: DAÑOS ENCONTRADOS EN LA COMUNIDAD CORALINA DE SANTIAGUILLO

Competencia con Algas (A)

Abundancia:

7%

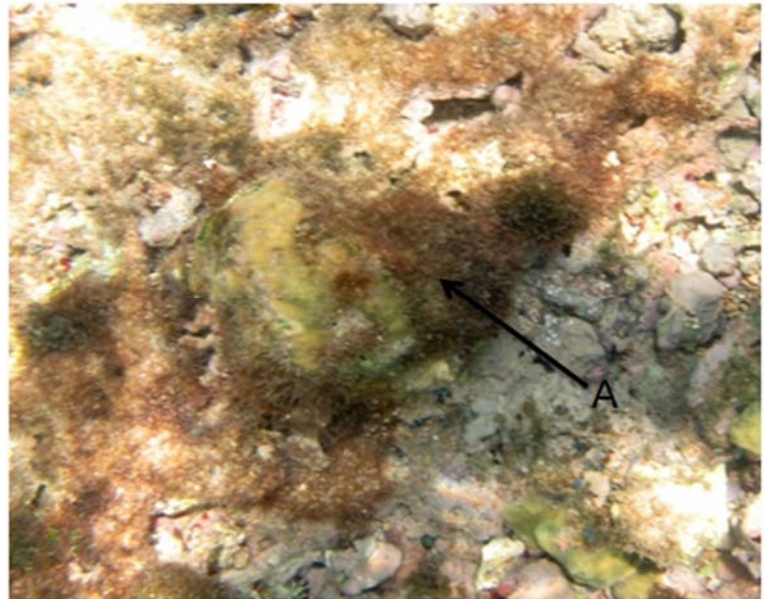
Cobertura:

1.08%

Especies Afectadas:

Porites astreoides

Pseudodiploria strigosa



Enfermedad de la Banda Amarilla (BA)

Abundancia:

8%

Cobertura:

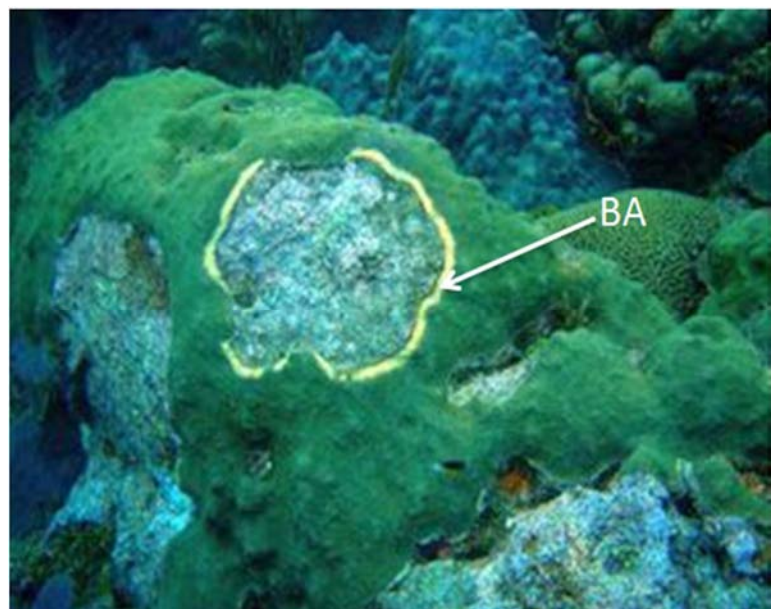
0.06%

Especies Afectadas:

Colpophyllia natans

Orbicella annularis

Pseudodiploria strigosa



Enfermedad de la Banda Blanca (BB)

Abundancia:

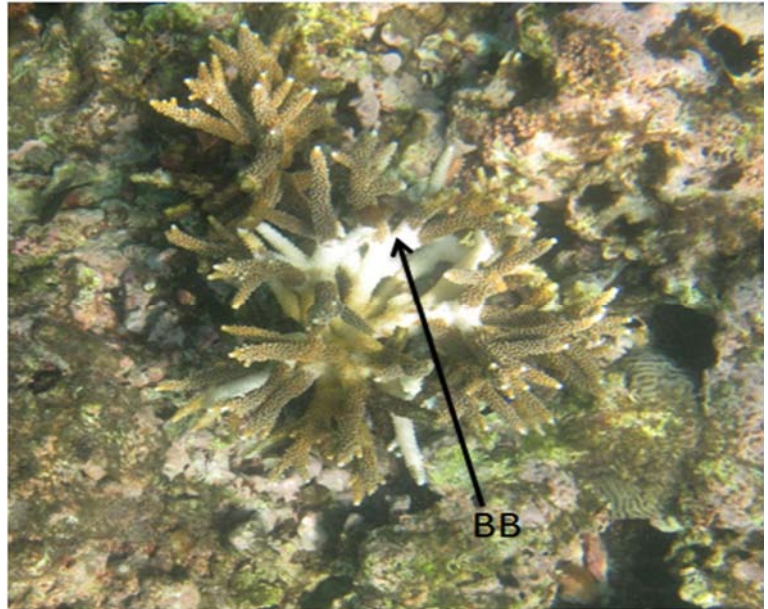
2%

Cobertura:

0.02%

Especies Afectadas:

Acropora cervicornis



Blanqueamiento (B)

Abundancia:

8%

Cobertura:

0.04%

Especies Afectadas:

Siderastrea siderea

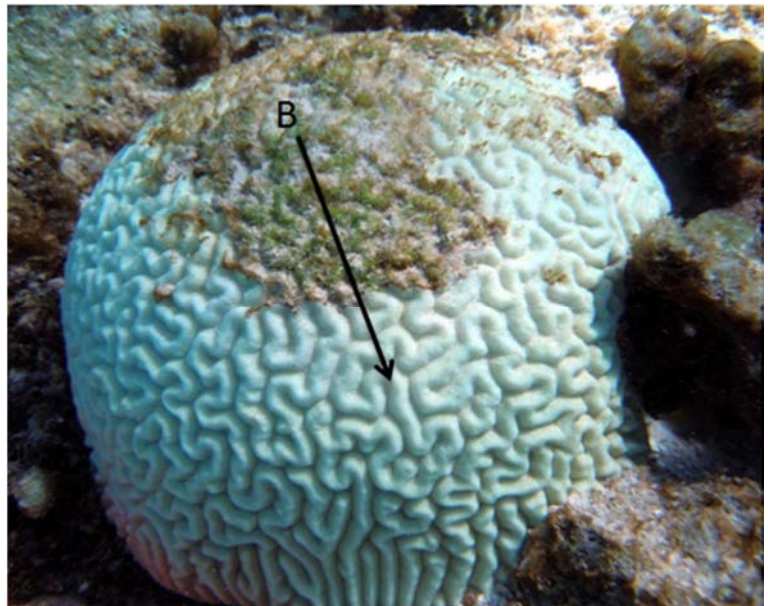
Pseudodiploria strigosa

Porites astreoides

Orbicella faveolata

Orbicella franksi

Colpophyllia natans



Competencia con Esponja (E)

Abundancia:

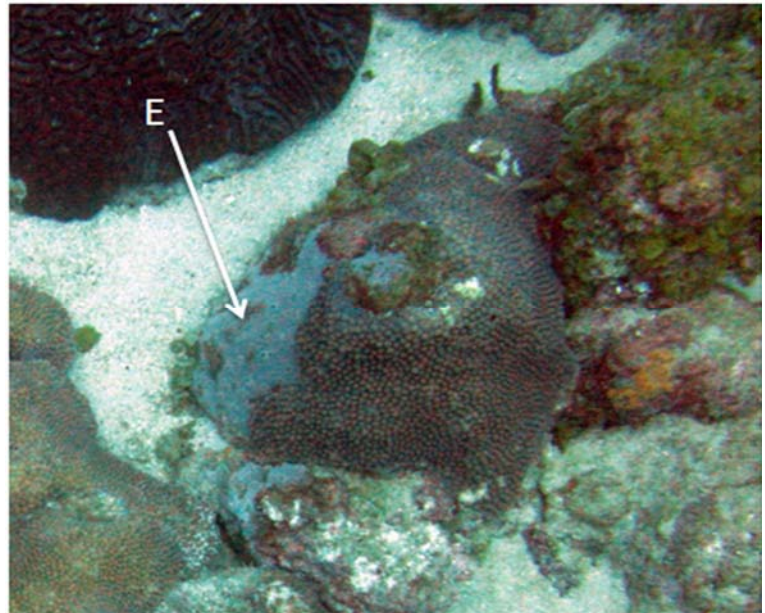
1%

Cobertura:

0.03%

Especies Afectadas:

Colpophyllia natans



Hiperplasia (H)

Abundancia:

7%

Cobertura:

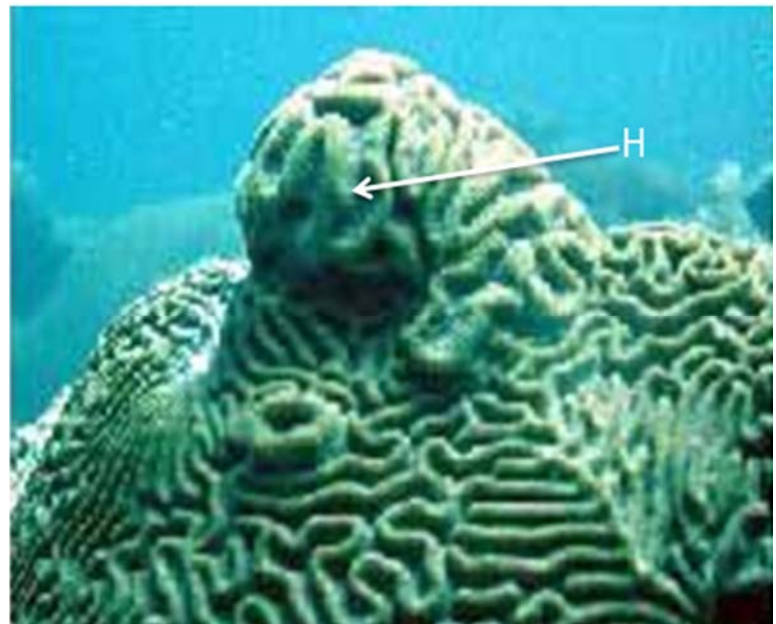
0.03%

Especies Afectadas:

Colpophyllia natans

Montastrea cavernosa

Orbicella faveolata



Depredación por Peces (DP)

Abundancia:

14%

Cobertura:

0.06%

Especies Afectadas:

Colpophyllia natans

Montastrea cavernosa

Orbicella annularis

Orbicella faveolata

Orbicella franksi

Porites astreoides



Daño Antrópico (DA)

Abundancia:

18%

Cobertura:

1.5%

Especies Afectadas:

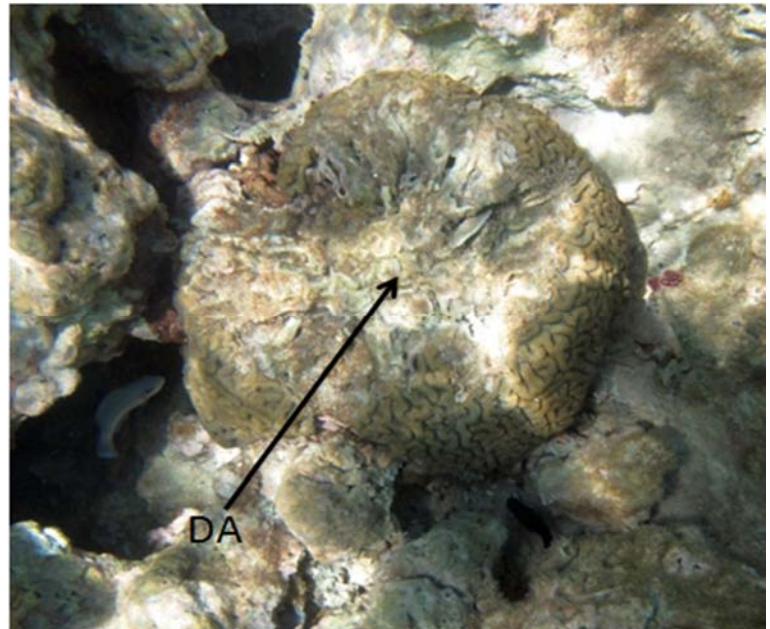
Agaricia lamarki

Colpophyllia natans

Montastrea cavernosa

Orbicella faveolata

Porites astreoides



Palidez (P)

Abundancia:

22%

Cobertura:

2.05%

Especies Afectadas:

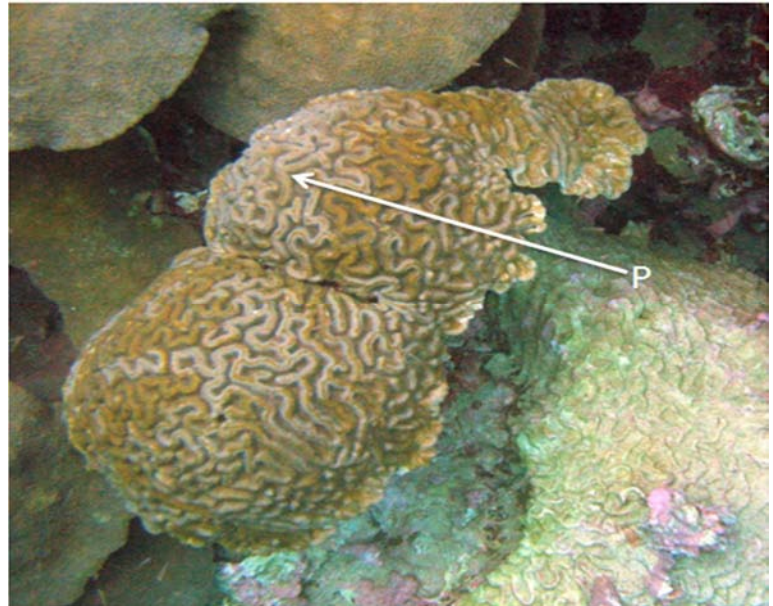
Colpophyllia natans

Montastrea cavernosa

Orbicella faveolata

Porites astreoides

Siderastrea siderea



Plaga Blanca (PB)

Abundancia:

9%

Cobertura:

0.04%

Especies Afectadas:

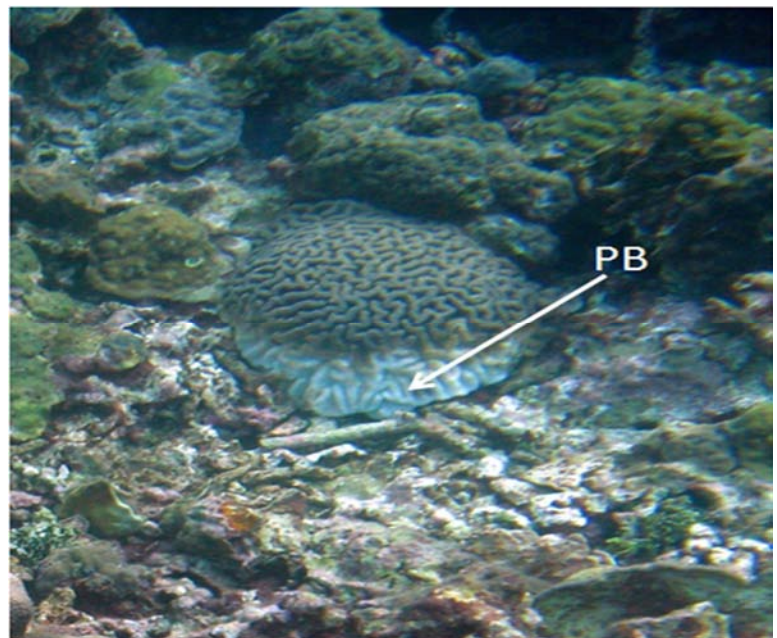
Agaricia lamarki

Colpophyllia natans

Millepora alcicornis

Orbicella faveolata

Porites astreoides



Enfermedad de la Viruela Blanca (VB)

Abundancia:

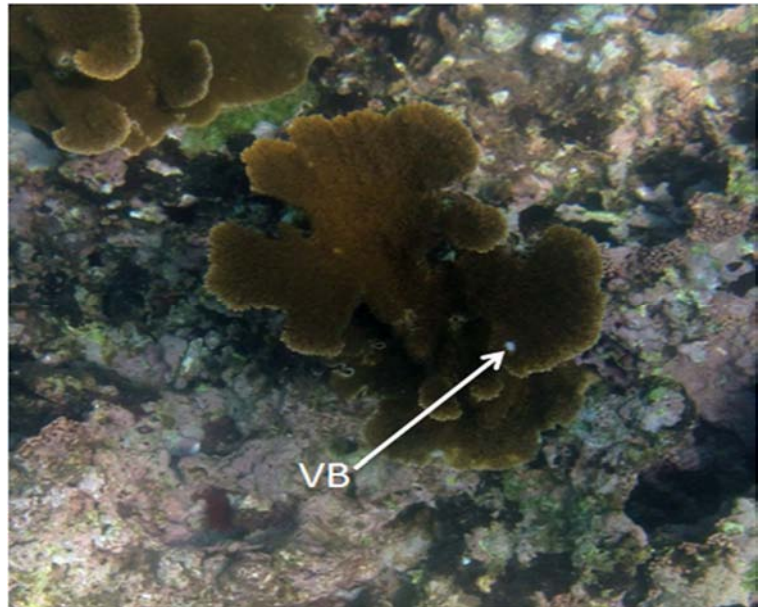
4%

Cobertura:

0.05%

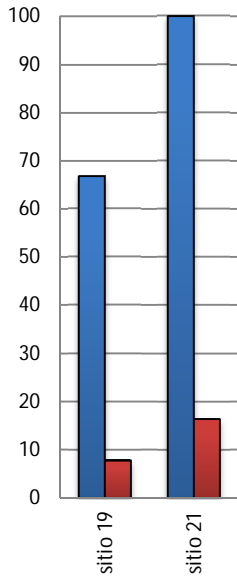
Especies Afectadas:

Acropora palmata

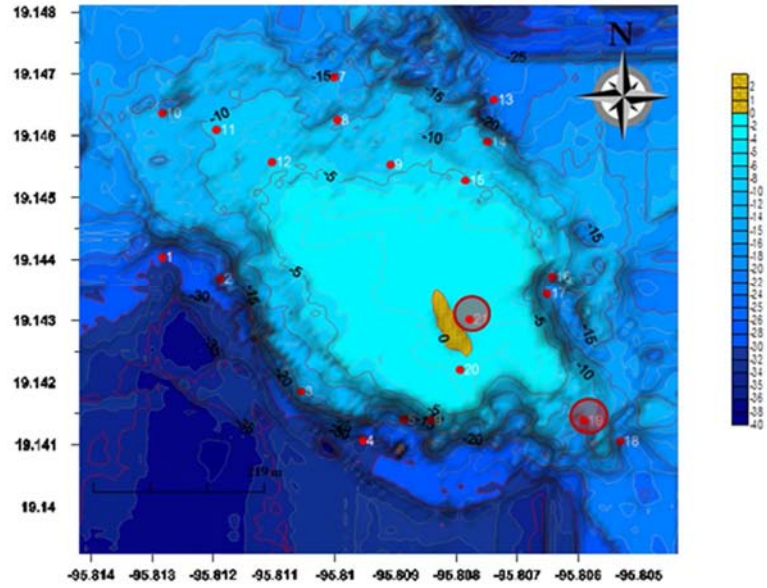


ANEXO 6: UBICACIÓN DE LOS TIPOS DE DAÑO

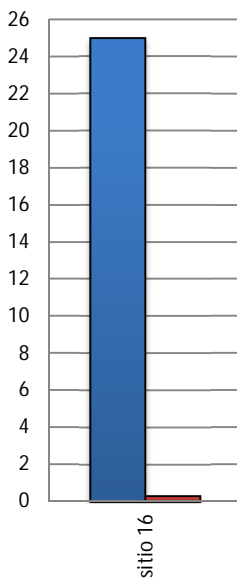
Competencia con Algas



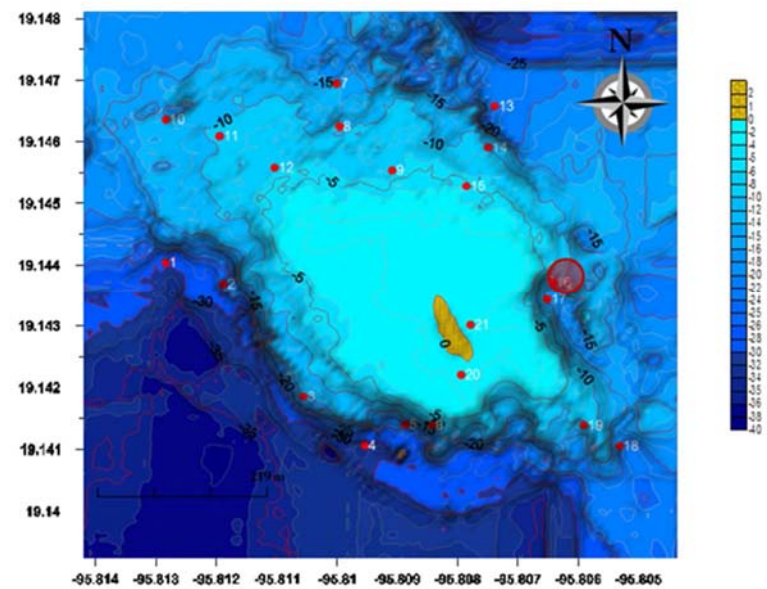
■ Colonias afectadas
■ Tejido dañado



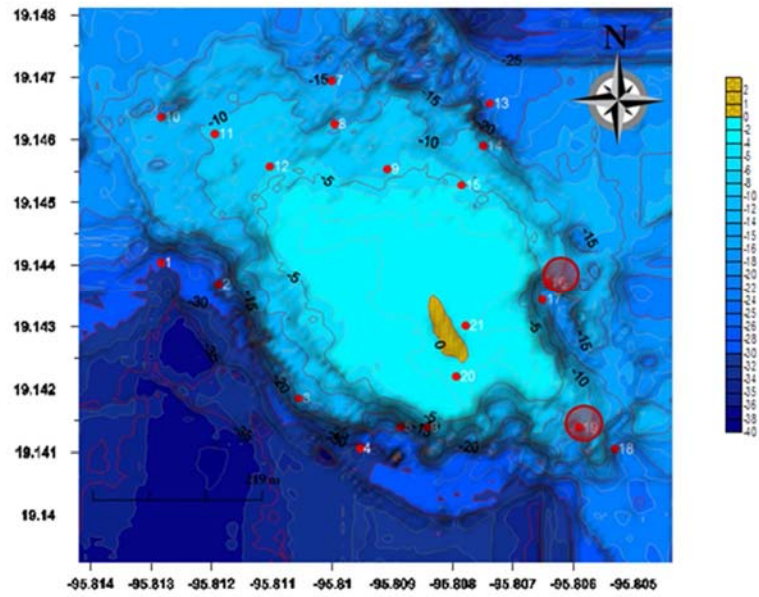
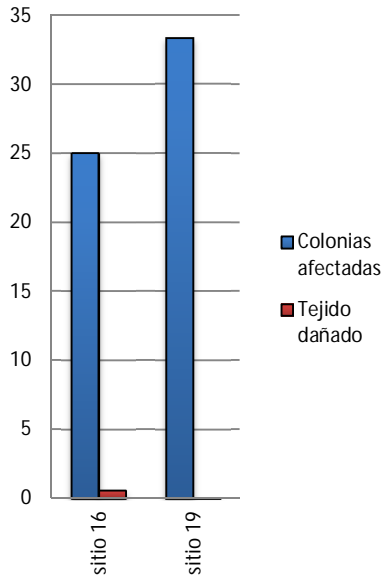
Banda Blanca



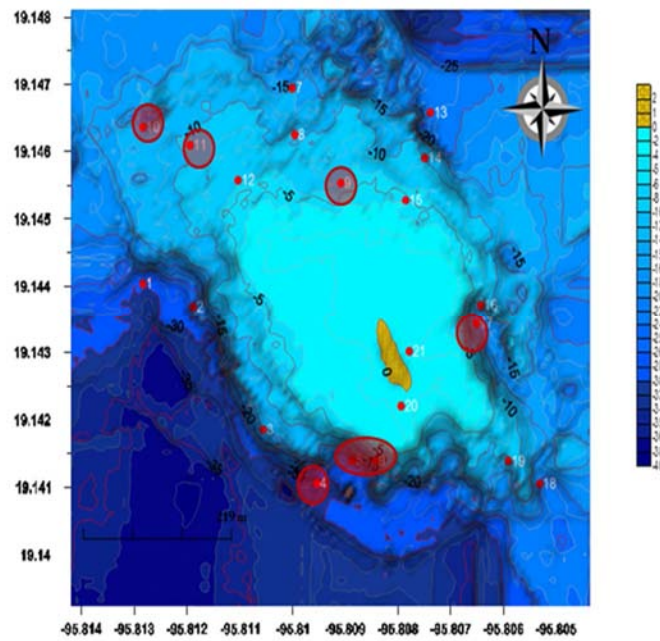
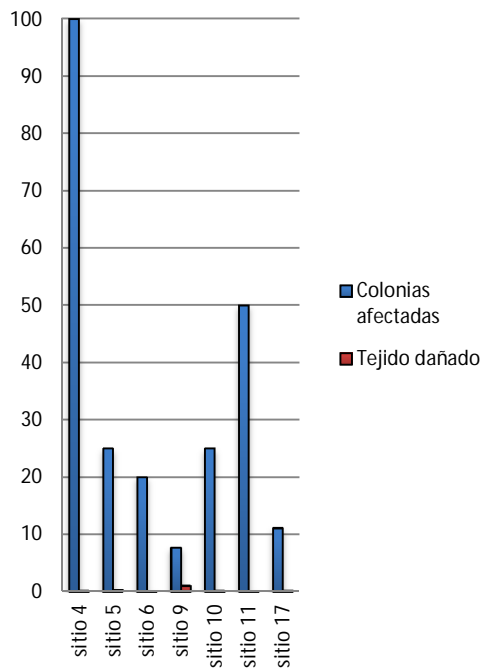
■ Colonias afectadas
■ Tejido dañado



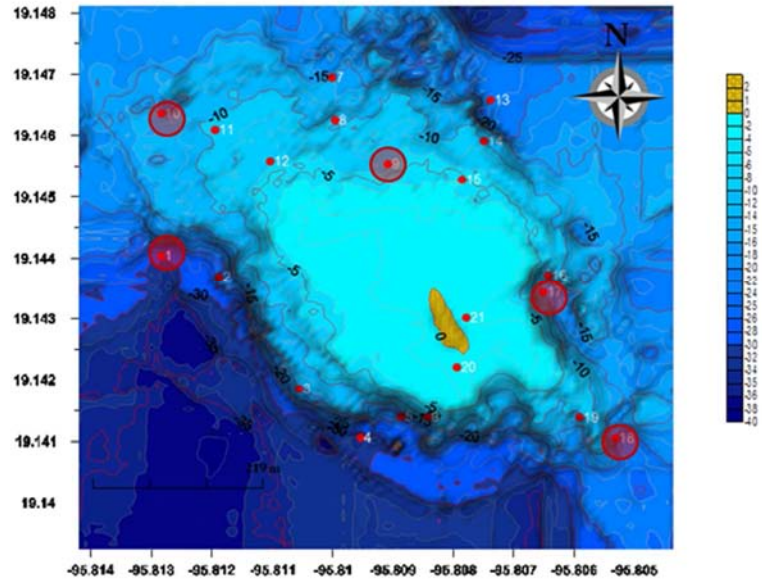
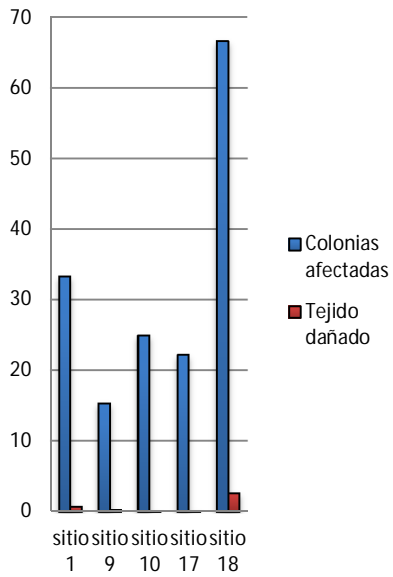
Viruela Blanca



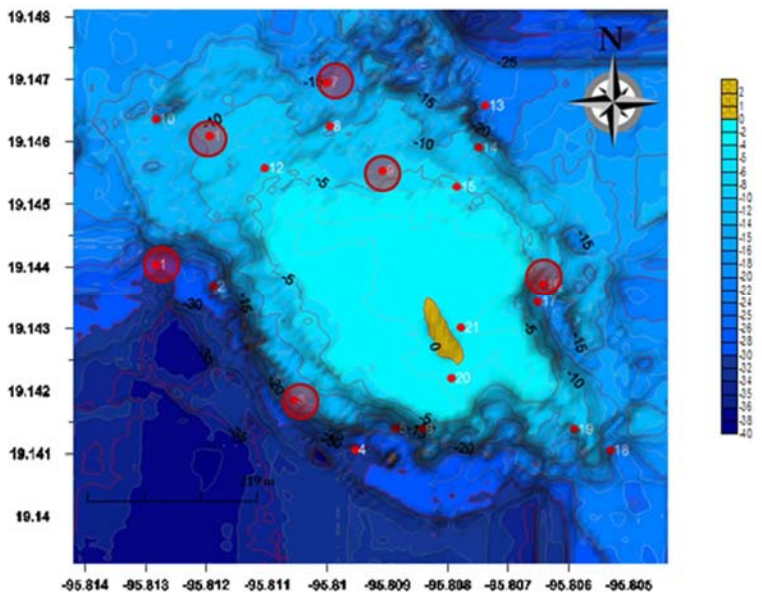
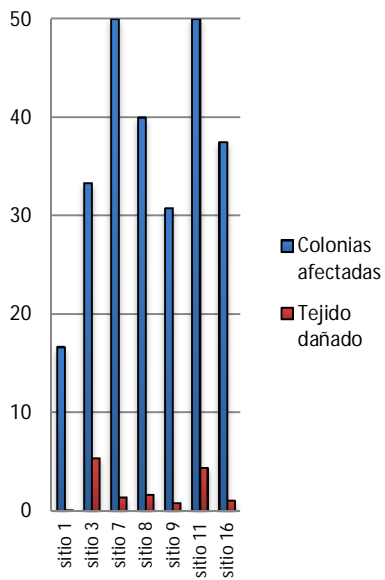
Plaga Blanca



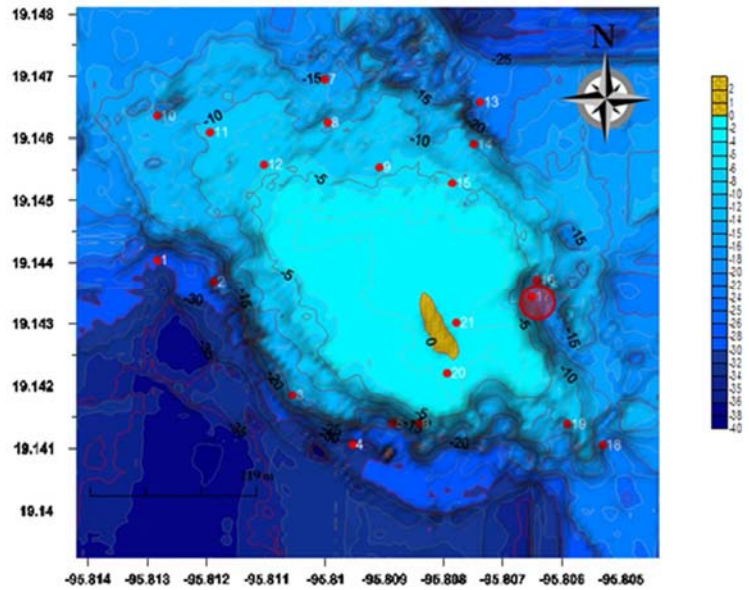
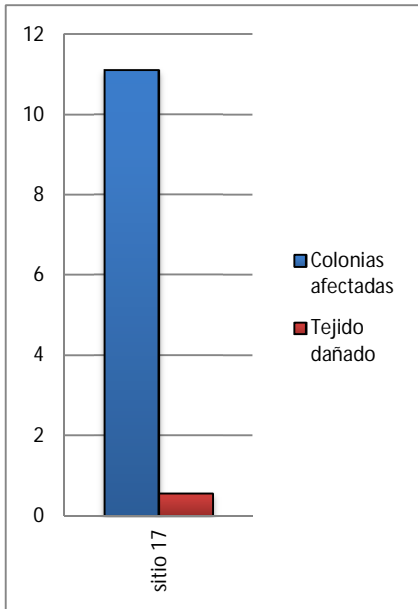
Depredación por Peces



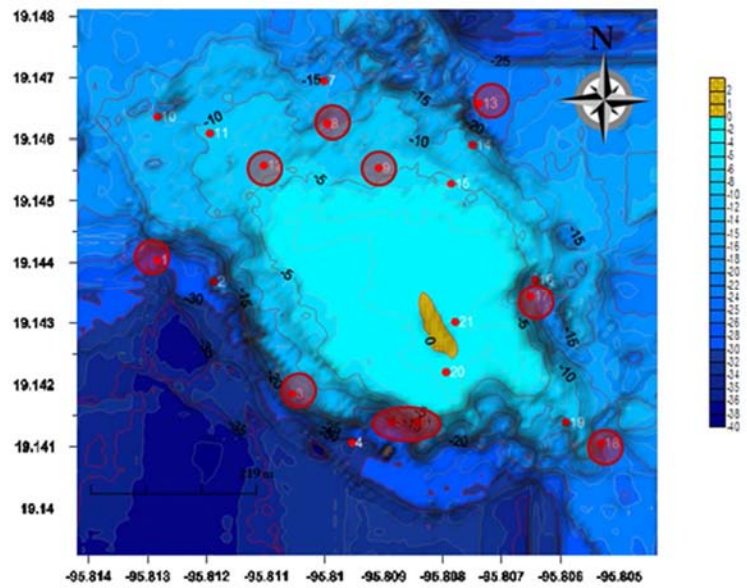
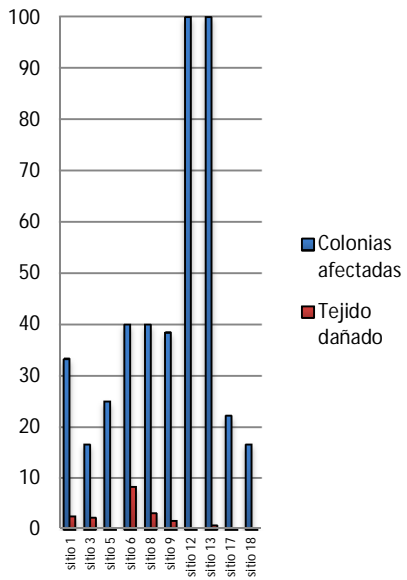
Daño Antrópico



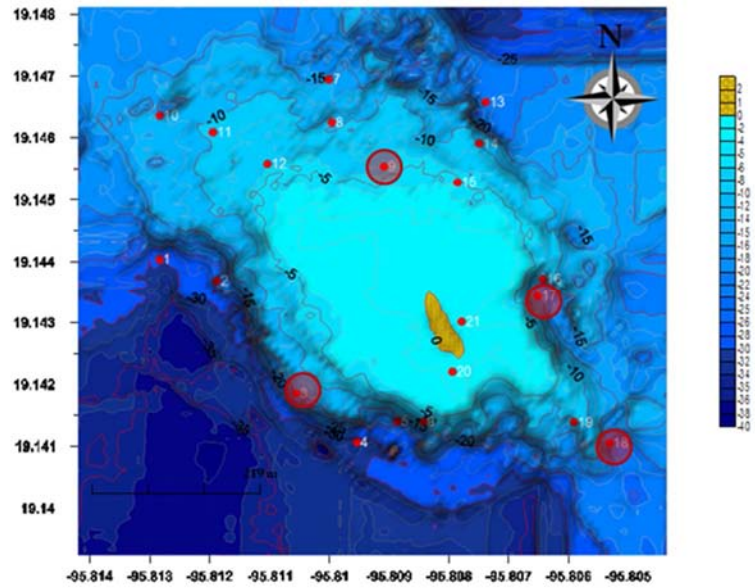
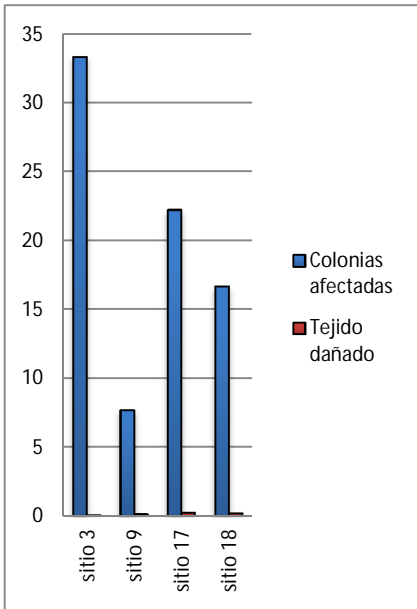
Competencia con Esponjas



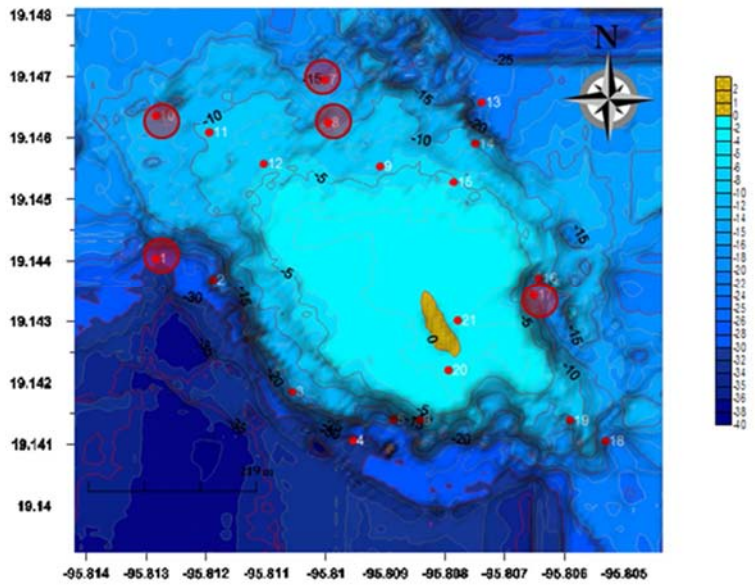
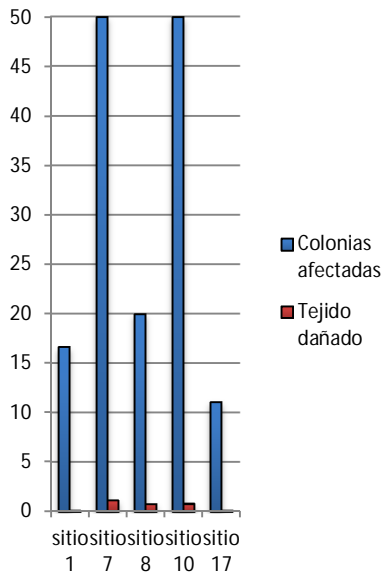
Palidez



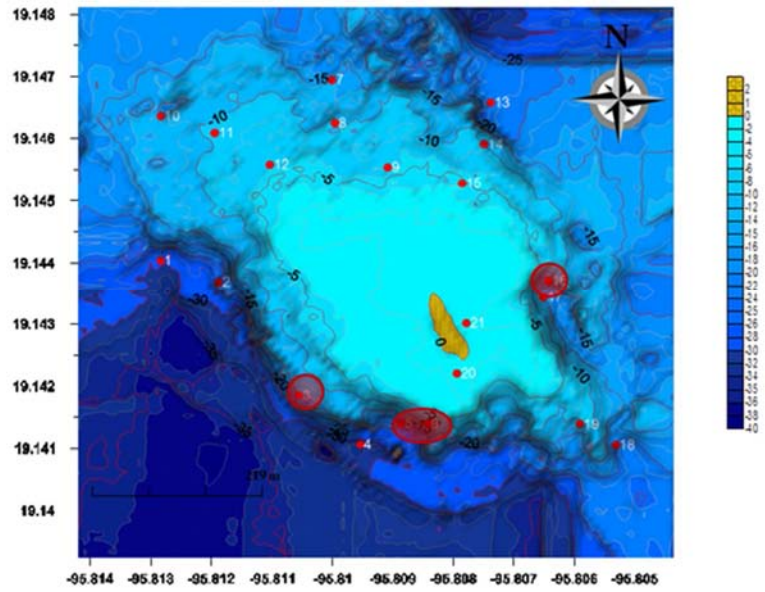
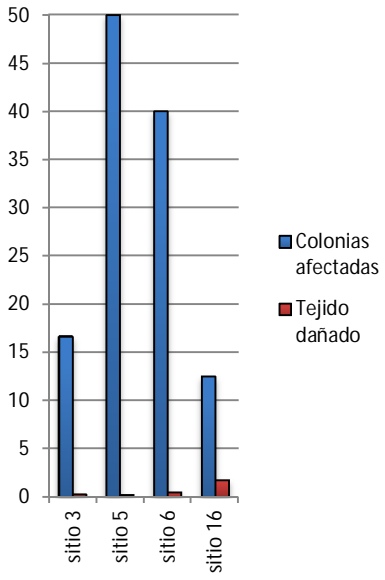
Hiperplasia



Blanqueamiento



Banda Amarilla



REFERENCIAS

- Alcolado P. M., M., I.E., Kramer, P. A., Ginsburg, R. N., P. Blanchon, E. de la Guardia, V. Kosminin, González-Ferrer, S. y Hernández, M. (2010). Condición de arrecifes remotos en el suroeste de Cuba. *Cienc.mar*, 36, 179-197.
- Alcolado, P. D., A. (2011). Sistema de escalas para la clasificación y puntaje de condición del bentos e ictiofauna de arrecifes coralinos de Cuba y del Gran Caribe. *Serie Oceanológica*, 8, 25-29.
- Antonius, A. (1981). The "Band" diseases in Coral Reefs. *Proceedings of the Fourth International Coral Reef Symposium, Manila*, 2.
- Beeden R., W., B.L., Raymundo, L.J., Page C.A., y Weil, E. (2008). *Underwater cards for assessing coral health on Indo-pacific reefs*. University of Queensland.
- Bellwood, D. R. (1995). Direct estimate of bioerosion by two parrotfish species, *Chlorurus gibbus* and *C. sordidus*, on the Great Barrier Reef, Australia. *Mar. Biol* (121), 419-429.
- Birkeland, C. (1997). *Life and Death of coral Reefs*.
- Bruckner, A. W. (2002). *Priorities for effective management of coral diseases. Technical Memorandum*.
- Bruckner, A. W., Bruckner R.J., Sollins P. (2000). Parrotfish predation on live coral: "spot biting" and "focused biting". *Coral Reef*, 19.
- Buddemeier, R., Kleypas, J., y Aronson., R. (2004). *Coral reefs & Global climate change. Potential contributions of climate change to stresses on coral reef ecosystems*.

- Carricart-Ganivet, J. (1993). Blanqueamiento parcial en *Porites por/tes* (Cnidaria: Scleractinia) en el Arrecife de Isla Verde, Veracruz, México. *Biol. Trop.*, 3, 495-498.
- Carricart-Ganivet, J. (2008). La importancia de los arrecifes de coral en México. *Ecofronteras*.
- Castro, P. y H., E. M. (2003). *Marine Biology*.
- Cervino, J., R. L. Hayes, S. W. Polson, S. C. Polson, T. J. Goreau, R. J. Martínez y G. W. Smith. (2004). Relationship of *Vibrio* species infection and elevated temperatures to yellow blotch/band disease in Caribbean corals. *Appl. Environ. Microbiol.*, 70, 6855-6864.
- Cervino, (2001). Yellow band and dark spot syndromes in Caribbean corals: distribution, rate of spread, cytology, and effects on abundance and division rate of zooxanthellae. *Hydrobiologia*, 460, 53-63.
- Cesar, H., Burke, L. and Pet-Soede L. (2003). The economics of worldwide coral reef degradation. In C. E. E. C. (CEEC) (Ed.).
- Cole, A. J., Pratchett, M. S. and Jones, G. P. (2008). Diversity and functional importance of coral-feeding fishes on tropical coral reefs. *Fish Fish*, 9, 286-307.
- Craik, W., Kenchington, R., y Keller, G. (1990). Perspectives on coral Reefs. In D.J. (Ed.), *Coral Reef Management In: Barner* (pp. 69-95). Australia: Brian Clouston A.C.T.
- Chaves-Fonnegra, A. (2003). *Evaluacion del posible papel ecologico de los extractos organicos crudos de las esponjas excavadoras Cliona aprica Pang, 1973, C.*

- caribbaea* Carter, 1882, *C. delitrix* Pang, 1973 y *C. tenuis*, Zea y Weil, *sp.nov.*, Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta.
- Denner, E. B. M., Smith, G. W., Busse, H. J., Schumann, P., Narzt, T., Polson, S. W., Lubitz, W. and Richardson, L. L. (2003). *Aurantimonas coralicida* gen. nov. sp. nov., the causative agent of white plague type II on Caribbean scleractinian corals. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol*, 53 (4), 1115-1122.
- Diario Oficial de la Federación (1992).
- Diario Oficial de la Federación (2012).
- Done, T. J. (1981). Photogrammetry in coral reef ecology: A technique for the study of change in coral reef communities. *Fourth International Coral Reef Symposium*, pp 315-320.
- Downs C., W., C. M., Richmond, R. H., Lanning, L. L. y Owen, R. (2005). Shifting the paradigm of coral reef health assessment. *Marine Pollution Bulletin*, 51, 486-494.
- Dustan, P. (1977). Vitality of reef coral population off Key Largo, Florida: recruitment and mortality. *Environ. Geol.*, 2, 51-58.
- Eakin, C. M., McManus, J.W., Spalding, M.D., Jameson, S.C. (1997). Coral reef status around the world: where are we and where do we go from here? *Proc. 8th Int. Coral Reef Symp*, 1, 227–282.
- Emery, K. O. (1963). Arrecifes coralinos en Veracruz, México. *Geofis. Inter*, 3, 11-17.
- García, A. (2013). *Desarrollo de la metodología para la aplicación de visión estereoscópica en la estimación de parámetros ecológicos de corales*. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, FES, Zaragoza.

- Garzón-Ferreira, J. y. G., D. L. (1998). Another unknown Caribbean coral phenomenon? *Reef Encounter*, 24, 10.
- Gateño, A. L., Barki, J. C. y Rinkevich. (2003). Skeletal tumor formations in the massive coral *Paconia clavus*. *Mar. Ecol.*, 258, 97-108.
- Gil-Agudelo, D., Navas-Camacho, R., Rodríguez-Ramírez, A., Reyes-Nivia, M., Bejarano, S., Garzón-Ferreira, J., y Smith, G. (2009). Enfermedades coralinas y su investigación en los arrecifes colombianos.
- Gil-Agudelo, D. L., G. W. Smith y E. Weil. (2006). Filling Koch's postulates for white band disease type II. *Rev. Biol. Trop.*, 54 (Suppl. 3), 59-67.
- Gil-Agudelo, D. L. y G.-F., J. (2001). Bull. Mar. Sci. *Spatial and seasonal variation of the dark spots disease in coral communities of the Santa Marta area (Colombian Caribbean)*, 69 (2) 619-629.
- Gladfelter, W. B. (1982). White-band disease in *Acropora palmata*: implications for the structure and growth of shallow reefs. *Bull. Mar. Sci.*, 32 (2), 639-643.
- Glynn, P. W. (1988). Predation on coral reefs: some key process, concepts and research directions. *Proc. 6th Internat. Coral reef Symp Townsville*, 1, 51-62.
- Goreau, T. a. H., R. (1994). Coral Bleaching and Ocean "Hot Spots". *Ambio*, 23, 176-180.
- Gutiérrez-Ruiz, C. V., M., Román-Vives, A. M., Vergara, C. H. and Badano, E. I. (2011). Impact of anthropogenic disturbances on the diversity of shallow stony corals in the Veracruz Reef System National Park. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82, 249-260.
- Haas, A. F. a. W., C. (2010). Composition analysis of organic matter released by coral reef-associated green algae. *Aquatic Biology*, 10, 131-138.

- Henry L. A., M. H. (2005). Regeneration from injury and resource allocation in sponges and corals: a review. *Hydrobiologia*, 90, 125-158.
- Holden, C. (1996). Coral disease hot spot in the Florida Keys. *Science*, 274, 2017.
- Horta-Puga, G., Vargas-Hernández, M. and Carricart-Ganivet, J. P. (2007). Coral reefs. In E. A. C. a. K. W. J. W. Tunnel (Ed.), *Coral Reefs of the Southern Gulf of Mexico*. Huston: Texas University Press.
- Horta-Puga, G. J. (2003). Condition of selected reefs sites in the Veracruz reef system (stony corals and algae). *Atoll Research Bulletin*, 496, 360-369.
- Horta-Puga, G. y. T. M., J. L. (2009). *Sistema Arrecifal Veracruzano: condición actual y programa permanente de monitoreo: Primera Etapa*. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. DM005. México D. F.
- Hubbard, D. K. (1997). Reef biology and geology: A matter of scale. In *Charles Birkeland*. New York.
- Hughes, T. P. (1994). Catastrophes, phase shifts, and largescale degradation of a Caribbean coral reef. *Science*, 265, 547-1551.
- INE. (2007). Instituto Nacional de Ecología, México Retrieved 13 mayo de 2012, from <http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/2/sav.html>
- Jackson, B. C. J., Kirby, M. X., Berger, W. H., Bjorndal, K. A., Botsford, L. W., Bourque, B. J., Bradbury, R. H., Cooke, R., Erlandson, J., Estes, J. A., Hughes, T. P., Kidwell, S., Lange, C.B., Lenihan, H. S., Pandolfi, J. M., Peterson, C. H., Steneck, R. S., Tegner, M. J. y Warner, R.R. (2001). Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. *Science*, 293, 629-638.

- Jordán-Dahlgren, E. a. R.-M., R. E. (2004). Coral Diseases in Gulf of México Reefs. In S. Germany (Ed.), *Coral Health and Disease* (pp. 488).
- Laurie J. (2008). *Coral diseases handbook guidelines for assessment, monitoring & managment*. The university of queensland.
- Lirman, D., Schopmeyer, S., Manzello, D., Gramer, L. J., Precht, W. F., Muller-Karger, F., Banks, K., Barnes, B., Bartels, E., Bourque, A., Byrne, J., Donahue, S., Duquesnel, J., Fisher, L., Gilliam, D., Hendee, J., Johnson, M., Maxwell, K., McDevitt, E., Monty, J., Rueda D., Ruzicka R. y Thanner, S. (2011). Severe 2010 Cold-Water Event Caused Unprecedented Mortality to Corals of the Florida Reef Tract and Reversed Previous Survivorship Patterns. *Plos one*, 6(8), 10.
- Lopez-Victoria, M. (2003). *Interacciones entre esponjas excavadoras del complejo Cliona aprica C. langae - C. caribbaea y corales petreos en el Caribe colombiano*. INVEMAR, Santa Marta.
- Loya, Y. G., Bull, G. and Pichon, M. (1984). Tumor formations in scleractinian corals. *Helgolander Meeresuntersuchungen*, 37, 99-112.
- Miller, M. W. (1998). Coral/seaweed competition and the control of reef community structure withing and between latitudes. *Oceanography and Marine Biology* 36, 65-96.
- Moberg, F. F., C. (1999). Ecological goods and services of coral reef ecosystems. *Ecological Economics*, 29, 215-233.
- NOAA. (2002). A National Coral Reef Action Strategy. Report to Congress on Implementation of the Coral Reef Conservation Act of 2000 and the National

- Action Plan to Conserve Coral Reefs in 2002-2003. *National Oceanic and Atmospheric Administration. Silver Spring, Maryland.*
- Ogden, J. C., Gladfelter, E.H. (1983). Coral reefs, seagrass beds and mangroves: their interactions in the coastal zones of the Caribbean. In UNESCO (Ed.).
- Ortiz-Cano, M. (2014). *Zonación ecológica del arrecife Santiaguillo, Veracruz.* Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza.
- Ortiz-Lozano, L. (2012). Identification of priority conservation actions in marine protected areas: Using a causal networks approach. *Ocean & Coastal Management, 55*, 74 - 83.
- Ortiz-Lozano, L., Pérez-España, H., Granados-Barba, A., González-Gándara, C., Gutiérrez-Velázquez, A., y Martos, J. (2013). The Reef Corridor of the Southwest Gulf of Mexico: Challenges for its management and conservation. *Ocean & Coastal Management, 86*, 22-32.
- Patterson, K. L., Porter, J. W., Ritchie, K. B., Polson, S. W., Mueller, E., Peters, E. C., Santavy, D. L. and Smith, G. W. (2002). The etiology of white pox, a lethal disease of the Caribbean elkhorn coral *Acropora palmata*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 99*, 8725-8730.
- Paul, H., y Ned, D. (2011). *Reef Coral identification: Florida, Caribbean, Bahamas: including marine plants* (2nd edition ed.). Jacksonville, Florida USA.
- Pauly, D., Christensen, V., Guénette, S., Pitcher, T. J., Sumaila, U. R. y Walters, C. J. (2002). Towards sustainability in world fisheries. *nature, 418*, 689-695.
- PEMEX. (1987). *Evaluación de los corales escleractinios del Sistema Arrecifal del puerto de Veracruz.* Petroleos Mexicanos y Secretaria de Marina.

- Pérez-España, H., y Vargas-Hernández, J. M. (2008). Caracterización ecológica y monitoreo del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano: Primera Etapa. México D. F.: Veracruz México, Universidad Veracruzana Centro de Ecología y Pesquerías
- Pérez-España, H. V.-H., J. M. (2008). Caracterización ecológica y monitoreo del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano: Primera Etapa *México D. F.: Veracruz México, Universidad Veracruzana Centro de Ecología y Pesquerías.*
- Peters, E. C., Hlas, J. C. and McCarty, H. B. (1986). Calicoblastic neoplasms in *Acropora Palmata*, with a review of reports on anomalies of growth and form in corals. *Cancer Inst.*, 76 (5), 895-912.
- Peters, E. C., Yevich, P. and Oprandy, J. (1983). Possible causal agent of 'white band disease' in Caribbean acroporid corals. *J. Invertebr. Pathol*, 41, 394-396.
- Pomponi, S. A. (1976). An ultrastructural study of boring sponges cells and excavated substrata. *Scanning Electron Microscopy*, 8, 569-576.
- Reaka-Kudla, M. (2001). Known and unknown biodiversity, risk of extinction and conservation strategy in the sea. In P. G. Leah Bendell-Young (Ed.), *Waters in Peril*: Springer US.
- Richardson, L. L. (1998). Coral diseases: what is really know? *Tree*, 13, 438-443.
- Ritchie, K. B. y. S., G. W. (1995). Preferential carbon utilization by surface bacterial communities from water mass, normal, and white-band diseased *Acropora cervicornis*. *Mol. Mar. Biol. Biotechnol*, 4, 345-352.
- Rogers, C. S. (1990). Responses of coral reefs and reefs organisms to sedimentation. *Marine Ecology Progress Series*, 62, 185-202.

- Rützler, K. a. S., D. (1983). The black band disease of atlantic reef corals. Description of a cyanophyte pathogen. P.S.Z.N.I. *Marine Ecology*, 4, 301-319.
- Smith, J. E., Shaw, M., Edwards, R.A., Obura, D., Pantos, D.O., Sala, E., Sandin, S. A., Smriga, S., Hatay, M., and Rohwer, F. L. (2006). Indirect effects of algae on coral: algae-mediated, microbe-induced coral mortality. *Ecology Letters*, 9, 835-845.
- Solano, O. D., Navas-Suárez, 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.
- Sutherland, K. P., J. W. Porter y C. Torres. (2004). Disease and Immunity in Caribbean and Indo-Pacific zooxanthellate corals. *Mar. Ecol*, 266, 273-302.
- Sutherland, K. P. y K. B. R. (2004). White pox disease of the Caribbean elkhorn coral *Acropora palmata*. *Coral health and disease*, Springer-Verlag, Berlín.
- Tanner, J. E. (1995). Competition between scleractinian corals and macroalgae: An experimental investigation of coral growth, survival and reproduction. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 190, 151-168.
- Tunnell Jr., J. W., Chávez, E. A. y K. Withers. (2007). *Coral Reefs of the Southern Gulf of the México*. Texas A&M University Press.
- Vargas-Hernandez, J. M., Hernandez-Gutierrez, A. y L. f: Carrera-Parra. (1993). Sistema Arrecifal Veracruzano. In S. I. y. N. E. G. Salazar-Valleko (Ed.), *Biodiversidad marina y Costera de México*. (pp. 856): CONABIO/CIQRO, México.
- Veron, J. (2000). *Corals of the World* (Vol. I). Townsville MC, Qld 4810: Australian Institute of Marine Science.

Westmacott, S., Teleki, K., Wells, S. and West, J. M. (2000). *Manejo de arrecifes de coral blanqueados o severamente dañados*. UICN, Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido.

Wilkinson, C. (2008). *Status of Coral Reefs of the World*. Townsville, Australia: Global Coral Reef Monitoring Network and Reef and Rainforest Research Centre.