

BLUEFIELDS INDIAN & CARIBBEAN UNIVERSITY

BICU



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE

FARENA

ESCUELA DE BIOLOGÍA MARINA

Monografía

Para optar al título de Lic. En Biología Marina

**Caracterización del blanqueamiento de corales en los arrecifes coralinos
en Black Mangrove Cay, Cayos Perlas, en el año 2019**

Autor: Br. Dwight Devon Bartice Hodgson

Tutor: Msc. Enoc Rivas Suazo

Bluefields, R.A.C.C.S, Nicaragua

Enero, 2020

“La educación es la mejor opción para el desarrollo de los pueblos”

INDICE

DEDICATORIA.....	viii
AGRADECIMIENTOS	ix
RESUMEN	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES	3
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	5
1.3. PLANTIAMIENTO DEL PROBLEMA	7
II. OBJETIVOS	8
2.1. Objetivo general.....	8
2.2. Objetivo específico.....	9
III. MARCO TEÓRICO.....	9
3.1. Biología de los arrecifes coralinos.....	9
3.2. Anatomía de los corales	10
3.4. Simbiosis alga coral	10
3.5. Reproducción de los corales	10
3.6. Crecimiento de los arrecifes coralinos	11
3.7. Alimentación de los corales	11
3.8. Taxonomía de los corales formadores de arrecifes.	11
3.9. Tipos de arrecifes coralinos	12
3.9.1. Arrecifes costeros	12
3.9.2. Arrecifes de barrera	12
3.9.3. Arrecife plataforma.....	12
3.9.4. Atolones	12
3.10. Formación de zonas	13
3.10.1 Cresta del arrecife.....	13
3.10.2 Zona de embate o de <i>Acropora palmata</i>	13
3.10.3 Meseta	13

3.10.4 Zona trasera o tras-arrecife	13
3.10.5 Laguna del arrecife.....	14
3.11. Distribución de los arrecifes coralinos	14
3.12. Condiciones para el crecimiento de los corales.....	14
3.12.1. Intensidad luminosa.....	14
3.12.2. Temperatura	14
3.12.3. Salinidad.....	15
3.12.4. Transparencia.....	15
3.12.5. Movimiento del agua	15
3.13. Importancia de los arrecifes coralinos.....	16
3.14. Blanqueamiento de los arrecifes de coral	16
3.14.1. Mecanismo celular del blanqueo.....	17
3.15. Causas ecológicas del blanqueamiento de corales.....	17
3.15.1 Temperatura	18
3.15.2 Radiación Solar.....	18
3.15.3 Exposición Subterránea	18
3.15.4 Sedimentación	18
3.15.5 Dilución de agua dulce	19
3.15.6 Nutrientes inorgánicos.....	19
3.15.7 Xenobióticos.....	19
3.15.8 Epizootias	19
3.16 Rango espacial y temporal de la decoloración de los arrecifes de coral.	19
3.17 Cambio global y blanqueo de arrecifes.....	20
3.18 Especies más afectadas por el blanqueamiento de coral del caribe.	21
3.19 Amenaza actual de los corales	21
3.19.1 Naturales.....	21
3.19.2 Antrópicas	22
3.20 Encuesta sobre los impactos del cambio climático en los arrecifes de coral de América Central.....	23
3.21 Infografía de blanqueamiento de coral	24

3.22 Arrecifes Coralinos en América Central del Caribe	25
3.23 Trastornos naturales a los arrecifes de coral del caribe.	25
IV. DISEÑO METODOLÓGICO	27
4.1. Área de estudio	27
4.2. Periodo de estudio	27
4.3. Tipo de estudio.....	27
4.4. Enfoque	27
4.6. Fuentes de información	28
4.7. Tipo de muestreo.	28
4.8. Técnicas e instrumento de la investigación.	28
4.9. Técnicas de recolección de datos.	29
4.10. Procesamiento de la información.	33
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	55
5.1. Indicadores que expresan las diferencias de un Arrecife de coral sano y un Arrecife de coral enfermo.	55
5.2. Correlación de variables ambientales (temperatura, PH, turbidez y salinidad con la presencia de mancha blanca).	60
VI. CONCLUSIONES.....	70
VII. RECOMENDACIONES	71
VIII. REFERENCIAS	73
IX. ANEXOS.....	77

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Micro ubicación de las zonas de muestreo (Black Mangrove Cay)	27
Ilustración 2. Método de transecto utilizado.....	29
Ilustración 3 (Mycetophyllia ferox).....	81
Ilustración 4 (Acropora palmata).....	81
Ilustración 5. (Millepora complanata).	82
Ilustración 6 (Siderastrea siderea).....	83
Ilustración 7 (Gorgonia ventalina).....	83
Ilustración 8 (Millepora alcicornis).	84
Ilustración 9 (Acropora cervicornis).....	84
Ilustración 10 (Porites sp).....	85
Ilustración 11 (Pseudodiploria strigosa).	85
Ilustración 12 (Solenastrea bournoni).....	86
Ilustración 13 (Agaricia sp).	86
Ilustración 14 (Diploria labyrinthiformis).	87
Ilustración 15 (Medición vertical).	87
Ilustración 16 (Medición Horizontal).	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de correlación	31
Tabla 2. Porcentaje de especies de coral afectados por Mancha Blanca.....	61
Tabla 3. Especies indicadoras de estado de sanidad en corales.....	77
Tabla 4. Presencia de especies por zonas y estado de salud (sanos o libres de mancha) 79	

ÍNDICE DE GRAFICA

Gráfica 1.Cobertura de algas filamentosas en las especies de corales	58
Gráfica 2.Correlación entre mancha blanca y parámetros fisicoquímicos	60
Gráfica 3.Mortaliadad antigua.....	65
Gráfica 4.Mortalidad recientes.....	66

GLOSARIO

- 1. Cresta de arrecife:** La porción poco profunda que separa las áreas de barlovento y sotavento.
- 2. Zona de rompimiento:** El área más expuesta al rompimiento de las olas a menudo dominada por el coral de fuego (*Millepora complanata*) o cuerno de alce (*Acropora palmata*)
- 3. Arrecife de atolón:** Arrecife localizado en mar abierto que forma un tornillo completo o parcial alrededor de una laguna con un frontón arrecifal que cae en aguas profundas.
- 4. Arrecife de banco:** Gran complejo lineal de arrecifes localizados mar afuera que no forman una barrera somera.
- 5. Arrecife de barrera:** Arrecife separado de la costa por una laguna profunda o un canal.
- 6. Arrecife de franja:** Arrecife que bordea la línea de la costa.
- 7. Arrecife de parcho:** Complejo aislado de corales que provoca un cambio en la topografía.
- 8. Mortalidad reciente:** Cualquier parte no viviente del coral en el cual las estructuras de coraalitos están blancas, ya sea un intactos, o cubierto por una delgada capa de algas filamentosas o fango.
- 9. Mortalidad antigua:** Cualquier parte no viviente del coral en la que los coraalitos han desaparecidos o están cubierto por organismos que no se eliminan fácilmente como las algas o invertebrados.
- 10. Mancha blanca de corales:** Enfermedad que afecta a los corales y se distingue por la formación de una banda blanca en el tejido del coral muerto.
- 11. Parámetros físicos químicos:** Es una medida del grado de calor del cuerpo del agua, el análisis de las comunidades biológicas, por lo tanto, nos puede servir como indicador de la variación local de la temperatura.
- 12. Omnívoros:** Especies que se alimentan de algas y animales bentónicas.

- 13. Zooplancton:** Plancton marino o de aguas dulces, caracterizado por el predominio de organismos animales, como los copépodos.
- 14. Carnívoros:** Se alimentan de invertebrados bénticos y peces.
- 15. Herbívoros y Detrivoros:** Peces que se alimentan de algas y las especies que explotan la capa superficial del fondo seleccionando partículas finas, incluyendo diatomeas bentónicas, algas filamentosas, detritus vegetal y sedimentos inorgánicos.
- 16. Eutrofización:** Incremento de sustancias nutritivas en aguas dulces de lagos y embalses que provoca un exceso de fitoplancton.

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerzas para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados y en ella la capacidad por superarme y desear lo mejor en cada paso por este camino difícil y arduo de la vida. Gracias por ser como son, porque su presencia y persona han ayudado a construir y forjar la persona que ahora soy.

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Ha sido un orgullo y privilegio de ser su hijo, son los mejores padres.

A mis maestros y amigos que en el andar por la vida nos hemos ido encontrando; porque cada uno de ustedes, han motivado mis sueños y esperanzas en consolidar un mundo más humano y con justicia. Gracias a todos los que han recorrido conmigo este camino, porque me han enseñado a ser más humano.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito, en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a todos mis maestros, ya que ellos me enseñaron el valor de mis estudios y a superarme cada día. También agradezco a mis padres porque ellos estuvieron en los días más difíciles de mi vida, como estudiante.

Y agradezco a Dios por darme la salud que tengo, por tener una cabeza con la que puedo pensar muy bien y además un cuerpo sano y una mente de buena.

Estoy seguro de que mis metas planteadas, darán fruto en el futuro y por ende, me debo esforzar cada día para ser mejor en la universidad y en todo lugar, sin olvidar el respeto que es el que engrandece a una persona.

Agradezco a nuestros docentes de la Facultad de Recursos Naturales y Medio Ambiente (FARENA) de la Bluefields Indian and Caribbean University (BICU) y al Proyecto Ecosistemas Marinos y Costeros de IBEA-BICU por haber compartido sus conocimientos a lo largo de mi preparación como profesional, de manera especial, al máster Enoc Geremias Rivas Suazo, tutor de esta investigación, quien me ha guiado con su paciencia, y su rectitud como docente, y a los habitantes y pescadores de la comunidad de Laguna de Perlas y Set Net, Murrays Hodgson y Ted Downs por su valioso aporte para esta investigación. De igual manera al profesor Lindolfo Hodgson, en aportar sus equipos útiles y personales en la fase de campo para la investigación.

Agradezco a Dany Siu, coordinador del proyecto de ecosistemas costeros, por sus consejos, paciencia y útil aporte con sus conocimientos a esta investigación.

Al profesor René Romero, por sus consejos de nunca rendirme y seguir adelante en mis estudios, sin importar los obstáculos que se presenten en la vida, de siempre estar un pie adelante de las situaciones, que se pueden presentar.

Agradezco al profesor Pedro Solís por el préstamo y permiso de realizar el estudio en el cayo Black Mangrove, porque sin él, este estudio no hubiera sido posible.

Al departamento de investigaciones y post grado de la BICU, por su confianza y apoyo en brindarme los recursos para realizar el estudio. La ayuda que me han brindado ha sido sumamente importante, estuvieron siempre a mi lado ayudándome en los momentos y situaciones tormentosas. No fue sencillo culminar con éxito esta investigación, sin embargo, siempre fueron muy motivadores y esperanzadores. De igual manera, agradezco infinitamente al departamento de CIAB-BICU de la Facultad de Recursos Marinos y Medio Ambiente (FARRENA), por la ayuda que me han brindado siempre ha sido sumamente importante.

RESUMEN

La presente investigación se realizó en la zona litoral de Black Mangrove Cay, Cayos Perlas, ubicado a 15 millas náuticas de la comunidad de Laguna de Perlas, durante el periodo comprendido entre el año 2018 -2019. La cual caracteriza el blanqueamiento de corales, sirviendo para fortalecer el plan de manejo del refugio de vida silvestre en Cayos Perlas. Se utilizó el protocolo de Evaluaciones Ecológicas Rápidas de los Arrecifes del Golfo y Atlántico (AGGRA). Se realizaron inmersiones a diferentes profundidades, donde se instalaron transectos de 100 metros de largo, muestreándose las especies de corales en 6 zonas diferentes, se tomaron fotografías para identificar las especies de corales observadas, al igual que la biodiversidad de su al redor. Se identificaron un total de 25 especies de corales, se describieron especies indicadoras del estado de salud de corales, como peces y animales invertebrados. Las especies más afectadas con mancha blanca fueron, Coral de abanico (*Gorgonia ventalina*), Mustard Hill Coral (*Porites astreoides*) y Coral Cuerno de alce (*Acropora palmata*). Al correlacionar los parámetros fisicoquímicos, el parámetro que presentó correlación lineal sin mucha variación fue la turbidez y es el que más puede incidir en la enfermedad. La densidad de arrecifes es de 3 a 4 individuos por metro cuadrado, presentando una afectación por Mancha Blanca el 22% del ecosistema evaluado. Existe afectación por Mancha Blanca en todas las especies registradas en el área de estudio, lo cual indica que se deberían de hacer estudios más minuciosos en los arrecifes de todos los Cayos Perlas.

Palabras claves: Corales, Densidad, Mancha Blanca, Parámetros fisicoquímico.

ABSTRAC

This research was conducted in the coastal area of Black Mangrove Cay, Pearl Cays, located 15 miles from the community of Pear Lagoon, during the period between 2018-2019. The coral bleaching qualification, serving to strengthen the wildlife refuge management plan in Pearl Cays. it just the protocol for Rapid Ecological Assessments of the Gulf and Atlantic Reefs (AGGRA). I make different Dives at different depths were I analyzed, 100-meter-long transects were I installed, coral species were sampled in 6 different areas, photographs were taken to identify the coral species observed, as well as the biodiversity of their surroundings. A total of 25 species of corals were identified, species indicating the health status of corals, such as fish and invertebrate animals, were described. The most affected species with white spots is the Sea Fan Coral (*Gorgonia Ventanila*), Mustard Coral (*Porites astreoides*) and Elk Horn Coral (*Acropora palmata*). When correlating the physicochemical parameters, the parameter that presented linear correlation without much variation was turbidity and is the one that can most have affect to the disease. The density of reefs is 3 to 4 individuals per square meter, with 22% of the ecosystem evaluated presenting a White Spot. There is involvement by White Spot in all the species registered in the study area, which indicates what is recorded from doing more thorough studies on the reefs of all Pearl Cays.

Keywords: Corals, Density, White Spot, Physicochemical parameters.

I. INTRODUCCIÓN

Los Cayos Perlas se encuentra localizado a 15 millas de donde se realizó la investigación, es un grupo de 18 cayos dispersos en una superficie de aproximadamente 280 kilómetros cuadrados, situados a unos 35 kilómetros de la costa de Laguna de Perlas, en la Costa este o Caribe de Nicaragua, sus coordenadas geográficas se ubican 12°28'00"N 83°23'00"O, comprenden una variedad de ecosistemas acuáticos y terrestres, incluyendo arrecifes coralinos, macroalgas, pastos marinos, manglares entre otros. Este es fundamental para la cría, reproducción y alimentación de una gran variedad de especies humanas, algunas de ellas son de suma importancia económica y cultural para las comunidades costeras. De igual manera los dos ríos grandes cerca de los cayos perlas, son al norte río grande de Matagalpa y al sur el río escondido, lo cual es muy importante para los ecosistemas en sus alrededores.

Los arrecifes de coral cubren una superficie de aproximadamente 284.300 km², es decir, un poco menos del 0,1 % de la superficie de los océanos. La región del Indo-Pacífico (incluyendo el mar Rojo, el océano Índico, el Sudeste Asiático y el Pacífico), representa el 91,9 % de este total. Los arrecifes de coral de la región del Atlántico y del Caribe, representan el 7,6 % del total.

El blanqueamiento del coral es el resultado de la expulsión de las algas simbiotas, que viven en los tejidos del coral (zooxanthelas), produciendo que sea completamente blanco. La presencia de zooxanthelas es frecuente en los cnidarios marinos, especialmente en las especies que viven en aguas poco profundas, las cuales son las responsables del color verdoso, azulado, amarillento o amarronado de muchas especies de coral (Lohr, J. Munn, C. Colin, B. & Wilson Wh. , 2007).

Los Cayos Perlas, figuran entre los sitios más bellos de Nicaragua, con potencial para el desarrollo de actividades turísticas, también es, hábitats de especies insignes de las comunidades costeras, como las tortugas verdes (*Chelonia mydas*) y carey (*Eretmochelys imbricata*). Son pocos los estudios realizados en el área, para determinar el estado actual de los arrecifes coralinos (Mariska W. & Armando U., 1999).

El propósito de este estudio consistió en evaluar la afectación de mancha blanca en colonias de arrecifes coralinos en las zonas muestreadas de Black Mangrove Cay, utilizando la evaluación de indicadores de salud (peces e invertebrados) de reconocido valor en monitoreo ambiental de ecosistemas marinos, para contribuir de esta forma a la restauración y prevención de toda el área.

El presente trabajo de investigación es de mucha importancia, ya que muestra la afectación por mancha blanca del arrecife de coral en el Cayo de Black Mangrove, el cual puede ser una causa de diversas fuerzas como el calentamiento de los océanos, dióxido de carbono, enfermedades, pesca, y contaminación. Para la realización de esta investigación se efectuaron monitoreos durante cinco días en el mes de enero del año 2019, utilizando la metodología propuesta por el Programa de Evaluaciones Ecológicas Rápidas de los Arrecifes del Golfo y Atlántico (AGGRA), la cual permite determinar la condición del ecosistema coralino, incluyendo la densidad y afectación. Lo cual sirve como información importante a tomar en cuenta para el plan de manejo del refugio de vida silvestre y procesos de monitoreo.

1.1. ANTECEDENTES

El estudio publicado en la revista “Proceedings of the Royal Society B” reúne datos de 35 variables biofísicas, ecológicas, socioeconómicas y de gestión de 30 islas y obtiene avances importantes en la comprensión de la vulnerabilidad al cambio climático en el Caribe”, señala Siegel. El equipo interdisciplinar, con coautores de la Universidad Estatal de Florida, la de California-Santa Barbara (ambas en Estados Unidos) y la Universidad de Vigo (España), se centró en la cadena de islas del Caribe que se extiende desde las Bahamas, en el norte, hasta Trinidad y Tobago, en el sur, una región con una alta diversidad socioeconómica (; Bood N., 2007).

Siguiendo el marco desarrollado por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático, el equipo dividió la vulnerabilidad en tres componentes separados: exposición (la probabilidad de episodios de blanqueamiento), sensibilidad (el efecto que probablemente tendrá el blanqueamiento en el ecosistema y las personas) y la capacidad del ecosistema y las personas para adaptarse o recuperarse tras un episodio (Katherine S., 2019).

Para Barbados esto no es un tema menor. Aproximadamente el 40% de su producto interno bruto proviene del turismo costero, y el 95% de la industria está localizada en o cerca de la costa. De una manera u otra, su economía depende de la salud de los corales, ya sea como una barrera ante las tormentas, como un atractivo turístico o para preservar la biodiversidad marina (Kenrick L., 2019).

Sin embargo, el cambio climático y la actividad humana han contribuido a la degradación del coral a través de un fenómeno llamado blanqueamiento. Cuando se contamina o cambia la temperatura del agua, el coral—un organismo vivo—expulsa las algas que viven en él. Si el blanqueamiento es prolongado, el coral se muere de hambre, ya que las algas son su alimento principal. Algunos corales se pueden recuperar después de uno de esos eventos; sin embargo, no siempre lo logran hacer (Kenrick L., 2019).

En 1998, Barbados enfrentó uno de estos eventos que blanqueó el 65% del coral. Un análisis posterior encontró que el 20% del coral no sobrevivió en la costa occidental de la isla. Pero esto no fue un caso aislado. En 2005, un blanqueamiento muchísimo más fuerte que el anterior afectó al 70,6% de todo el coral en la isla. A día de hoy, todavía se están recuperando de ese evento. De no atenuarse los efectos del cambio climático y la actividad humana, se espera que estos eventos sean más frecuentes y más severos (Kenrick L., 2019).

Existen intervenciones que se pueden llevar a cabo para proteger la salud de los arrecifes, principalmente a través del trasplante de nuevos corales jóvenes. El trabajo es lento, laborioso y demandante, ya que requiere de un constante mantenimiento y monitoreo. Es una tarea enorme que no puede realizar únicamente el gobierno: requiere la colaboración de todos los sectores de la sociedad, sobre todo de aquellos que se benefician directa e indirectamente de la salud del ecosistema marítimo (Kenrick L., 2019).

Por ello, BID Lab — el laboratorio de innovación del Grupo BID— está apoyando al gobierno de Barbados para crear una alianza entre el sector público y privado para proteger y restaurar los arrecifes. Bajo esta colaboración, se diseñó un modelo de negocios que permite a pequeñas y medianas empresas beneficiarse económicamente del trasplante de nuevos corales y proteger a los existentes de posibles contaminantes (Kenrick L., 2019).

En la ciudad de Panamá. El aumento de la temperatura entre 30 y 32 grados provocó el blanqueamiento y mortandad de corales en el Caribe, reveló este viernes en Panamá el Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales. La situación de interés ambiental fue confirmada este viernes por el biólogo Héctor Guzmán, del Smithsonian, tras varias mediciones en áreas de la costa marítima. La red de monitoreo del Instituto abarca unos 33 sitios a lo largo del territorio panameño (Héctor G., 2018).

Sin embargo, en Panamá no había indicativos de temperaturas de hasta hace 10 días, y se presume que el inicio de la temporada de huracanes creó una baja circulación en el Caribe suroccidental, lo que propició que el agua quedase "estancada" en Panamá y Costa Rica, en la esquina occidental del Caribe (Héctor G., 2018).

El investigador advirtió que el calentamiento afecta a la costa Caribe de Panamá, desde la comarca indígena de Kuna-Yala, limítrofe con Colombia, Isla Grande, Portobelo y Galeta, en

la provincia de Colón, hasta Bocas del Toro, en la frontera con Costa Rica. Guzmán recordó que en 2005 hubo un evento de blanqueamiento en todo el Caribe, que incluyó el blanqueamiento intenso en Panamá. Pese a ello, la mortandad de corales fue menor del 12 por ciento en la zona (Héctor G., 2018).

Un estudio divulgado por el STRI en noviembre de 2009 reveló que en la vertiente del Caribe panameño hay unas 130 especies de corales, pero las del Pacífico están en mejores condiciones (Héctor G., 2018).

1.2. JUSTIFICACIÓN

Este trabajo de investigación se realizó con el propósito de contribuir al proceso de conservación de arrecifes coralinos, mediante una descripción de la afectación de manchas blancas en los mismos. Donde se está sospechando sobre la afectación del coral en el Black Mangrove Cay, este fenómeno puede ser causado por las actividades antropogénico y de diferentes factores ambientales y enfermedades infecciosas que atacan a las zooxanthelas y que posiblemente ocurren solo durante periodos cálido.

Los corrales constituyen el corazón del universo marino, es decir el 25% de la vida marina, la importancia de los arrecifes de coral es que protegen la costa de marejadas y oleajes fuertes durante tiempo de tormentas y huracanes, modifican la velocidad y dirección de las corrientes marinas, exportan nutrientes a los sistemas terrestres y reciben nutrientes de estos sistemas terrestres, sirven de hábitad para muchas especies marinas de consumo humano y como fuente de pesca comercial y deportiva, gran valor escénico, por su variedad y diversidad de colores y formas, en ellos se encuentran muchos animales acuáticos que son fuente de alimento de organismos marinos.

Este trabajo de investigación es de mucha importancia ya que los arrecifes son unos recursos valiosos con beneficios inestimables, muchos países dependen de ellos para sostener su industria pesquera y su alimentación. En mi país de Nicaragua son importantes porque parte de nuestra economía dependen de los corales, ya que sirven de hábitat para muchas especies marinas de consumo humano con gran importancia económica. Proveen protección a las costas de la erosión y son fuentes de recreación y estimulan el turismo, atrayendo millones de buceadores y visitantes por su diversidad, belleza y lo colorido. Por lo que he visto la necesidad de realizar este estudio de investigación científica, que beneficia de manera directa los recursos hidrobiológicos de mi país y que este documento sirva de información a nivel internacional.

Hasta la fecha de estudios anteriores, no ha habido un estudio sobre la caracterización del blanqueamiento de corales en los arrecifes coralinos de Black Mangrove Cay, que indique la presencia o ausencia del blanqueamiento en los corales para la salud de los arrecifes de coral. Es de gran importancia, ya que son un recurso valioso con beneficios inestables y es necesario de urgencia hacer investigaciones que permiten tener información a base científica.

Es necesario y pertinente tener estudios a fondo para conocer la afectación de la mancha blanca en los arrecifes coralinos de Black Mangrove Cay y cuáles son las condiciones de salud de los arrecifes de coral.

Con dicho estudio se benefician las instituciones como Bluefields Indian and Caribbean University (BICU), Universidad de las Regiones Autónoma de la Costa Caribe (URRACAN), Wild Conservación Society (WCS) y todas las comunidades de la cuenca de Laguna de Perlas, ya que servirá como información para el plan de manejo del refugio de vida silvestre en los cayos perlas y programas de monitoreos permitiendo así establecer estrategias para disminuir los efectos sobre los arrecifes y por ende evitar propagación de enfermedades.

1.3. PLANTIAMIENTO DEL PROBLEMA

Con el tiempo se ha visto más corales muertos, diferentes especies de corales con parches blanco que antes no se encontraban con mucha frecuencia, además había más especies de organismos como estrellas, erizos, cangrejos, pez lora y especies de valor comercial como Doncella de pluma (*Lachnolaimus maximus*), Great Barracuda (*Sphyraen barracuda*), Mero rojo (*Epinephelus morio*) entre otros.

Con el paso de los años se han estado viendo la disminución de los recursos hidrobiológicos como peces demersales de importancias económicas y la presencia del blanqueamiento en los arrecifes coralinos en el Black Mangrove Cay, dado que los años sesenta y setentas los corales de los cayos perlas (Black Mangrove) estaban sanos y por una causa indeterminada los corales se han estado venido decayendo y teniendo la enfermedad de mancha blanca o banda blanca, este fenómeno pudo ser causado por distintos huracanes que han azotado a los corales en el Black Mangrove Cay como el Joan y el Mitch y sin mencionar los distintos tormentas que azontan diariamente en estas zonas. Este fenómeno de la mancha blanca también puede ser provocado de maneras diferentes como actividades antropogénico, diferentes factores ambientales, enfermedades infecciosas que atacan a las zooxanthelas entre otros.

¿Cuál es el nivel de afectación de la enfermedad de mancha blanca en los Arrecifes coralinos de Black Mangrove Cay?

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

1. Caracterizar la afectación biológica causado por Mancha Blanca en los arrecifes de corales del Cayo Black Mangrove, en el año 2019.

2.2. Objetivo específico

1. Determinar los indicadores presentes en el área que expresan las diferencias de un Arrecife de coral sano y un Arrecife de coral enfermo.
2. Correlacionar variables ambientales, temperatura, pH, turbidez y salinidad con la presencia de Mancha Blanca.
3. Determinar el porcentaje de afectación de mancha blanca por especie de coral.

III. MARCO TEÓRICO

3.1. Biología de los arrecifes coralinos

Un arrecife de coral es un tipo de arrecife biótico que se desarrolla en aguas tropicales. Formados por la asociación de un alga y un pólipo de coral son estructuras solidas del relieve

del fondo marino formadas predominantemente por el desarrollo acumulado de corales pétreos (Precht W., 2000).

3.2. Anatomía de los corales

El pólipo de un coral está constituido por un cilindro sujeto a su base por un extremo y tienen una corona de tentáculos en el otro, su tamaño y forma depende de la especie, el pólipo es un individuo de forma tubular y con una corona de tentáculos que rodea su boca que se comunica con la cavidad gástrica (Taylor P. R., 1989).

Los tentáculos poseen células especiales llamadas nematocistos, que llevan pequeñas dosis de toxinas para capturar presas. Los tentáculos se extienden desde la copa del esqueleto cuando el pólipo se alimenta y se retracta cuando hay presencia de peligro.

Algunos pólipos de coral viven solitarios y pueden alcanzar hasta 25 cm de tamaño. La mayoría de ellos, sin embargo, viven en colonias y alcanzan de unos cuantos milímetros a pocos centímetros de diámetro (Óp. Cit. Pág. 23 Párr. 2).

3.4. Simbiosis alga coral

Westmacott, Teleki & Wells W. (2000) señalan que los “arrecifes de corales son ecosistemas con estructuras bien definidas que agrupan tanto plantas fotosintéticas como a organismos consumidores” (Westmacott T. & Wells , 2000).

Viviendo en el interior de los pólipos, existen pequeñas algas llamadas zooxanthelas, que ayudan a los pólipos, para la reproducción de su esqueleto, además de proveer de algunos nutrientes. Sin las zooxanthelas, los corales no serían capaces de producir las grandes cantidades del carbonato de calcio que forman los arrecifes (Óp. Cit. pág. 23, Párr. 2).

3.5. Reproducción de los corales

Los corales se reproducen de dos maneras sexual y asexual. La primera se lleva a cabo mediante un proceso de liberación de gametos (óvulos y espermatozoides) llamado desove. La mayoría de los corales desovan exactamente al mismo tiempo. Durante un desove en masa

el agua se llena de agridos de huevos y espermatozoides, el espermatozoides y los huevos se unen para formar larvas llamadas planudas, que flotan en el océano como plancton hasta por 30 días (Littler M. M. Littler D. S. & Taylor P. R. , 1989).

Cuando una plántula finalmente se asienta, en sustrato duro y limpio, se convierte en un pólipo de coral sencillo. En ese momento se realiza la reproducción asexual, en la cual el pólipo se divide y forma dos pólipos, cada nuevo pólipo continúa dividiéndose hasta formar una colonia coralina. (Óp. Cit. pág. 24, Parr.2).

3.6. Crecimiento de los arrecifes coralinos

La simbiosis entre los corales y las algas que se encuentran en su interior permite que estos organismos secretan una cantidad mayor de carbonato de calcio (dragonta), por lo que crecen con mayor rapidez, sin embargo, el crecimiento varía entre los géneros y especies dependiendo de su forma. Es necesario que pase un año para que un coral cerebro crezca 2 o 3 centímetros, mientras que las formas ramificadas alcanzan 6 o 7 centímetros en el mismo periodo (Littler M. M. Littler D. S. & Taylor P. R. , 1989).

3.7. Alimentación de los corales

Las zooxantelas fotosintéticas transfieren parte de su energía alimentaria directamente a los pólipos coralinos. Los animales pólipos también se alimentan durante la noche de zooplancton, que capturan con sus tentáculos (Littler M. M. Littler D. S. & Taylor P. R. , 1989).

Los pólipos cazan el zooplancton no tanto por sus calorías como por sus escasos nutrientes, especialmente el fósforo. Mediante la digestión liberan estos nutrientes de los que se benefician las algas. De este modo, el coral y las algas intercambian nutrientes, reduciendo su pérdida en el agua (Littler M. M. Littler D. S. & Taylor P. R. , 1989).

3.8. Taxonomía de los corales formadores de arrecifes.

Existen diferentes tipos de corales: los corales blandos o hermatípicos y los corales duros, mejor conocidos como pétreos o hermatípicos. En los arrecifes del Indo-Pacífico se han

identificado hasta 700 especies, mientras que en el atlántico hay alrededor de 145 especies y en el caribe se han descrito 60 especies de corales pétreos (Taylor P. R., 1989).

Los corales hermatípicos formadores de arrecifes pertenecen al orden Scleractinia de la subclase Zoantharia (Hexacoralina). Asociados a estos se encuentran corales blandos o corneos (subclase Alcyonaria) y el coral de fuego, Millepora, de la clase Hydrozoa (Taylor P. R., 1989).

3.9. Tipos de arrecifes coralinos

Acolado realizo una clasificación de los arrecifes coralinos según su origen y configuración con respecto a la tierra firme, diferenciando en arrecifes costeros, de barrera, de plataforma y atolones: (Alcolado P. M., 2004).

3.9.1. Arrecifes costeros

Consiste en una franja coralina o adherida directamente a la línea de costa, con una laguna generalmente de fondos arenosos. Algunas veces con fanerógamas marinas y corales dispersos. Su expansión hacia el mar depende de la pendiente más o menos abrupta del fondo marino y de la intensidad de crecimiento coralino (Alcolado P. M., 2004).

3.9.2. Arrecifes de barrera

Se encuentran separados de la costa por un amplio canal o laguna de anchura y profundidad variable, que tiene comunicación con el mar a través de pasos o canales en el arrecife. La altura de la barrera arrecifal puede atribuirse a la elevación del fondo marino (Alcolado P. M., 2004).

3.9.3. Arrecife plataforma

Los arrecifes de plataforma presentan la parte superior plana y alargada, debido a la acción conjunta de los vientos y corrientes locales predominantes (Alcolado P. M., 2004).

3.9.4. Atolones

El atolón es en forma de anillos, circular u oval que rodean a una laguna arrecifal y se desarrolla en mar abierto. Los restos de coral y arena que se acumulan sobre la corona

arrecifal originan islas que pueden estar separadas entre sí por profundos canales, se origina hundimiento de una isla volcánica (Alcolado P. M., 2004).

3.10. Formación de zonas

Los arrecifes coralinos del caribe poseen diferentes zonas ecológicas, siendo estas la cresta del arrecife, la zona de embate o de *Acropora palmata*, la meseta, la zona trasera y la laguna del arrecife (Alcolado P. M., 2004).

3.10.1 Cresta del arrecife

Es una extensión de relieve coralino marcadamente alargado y tan poco profundo que produce rompientes de olas, las cretas pueden estar formadas hasta por 3 zonas de cinturones (Alcolado P. M., 2004).

3.10.2 Zona de embate o de *Acropora palmata*

Esta zona es la parte delantera que recibe el primer impacto del oleaje. En ella predominan el coral *Acropora Palmata*, y el coral fuego *Millepora alcicornis* (Alcolado P. M., 2004).

3.10.3 Meseta

La meseta está presente en crestas más desarrolladas y se encuentra detrás de la zona de embate. Como lo dice su nombre en una meseta de coral muerto consolidado, así como fragmentado. Esta puede llegar a sobresalir de la superficie del mar en mareas bajas. Por su carácter muy expuesto al oleaje y a la luz intensa, hay comparativamente menor desarrollo de vida fija (corales, gorgonaceos, esponjas). La profundidad de esta zona generalmente menor de 0.5 m (Alcolado P. M., 2004).

3.10.4 Zona trasera o tras-arrecife

Es una zona franja protegida por las dos zonas anteriores que permite el desarrollo de promotores de corales conocidos como cabezos cuando son pequeños o arrecifes de parche cuando son grandes (más de 3 m de diámetro). También se destacan los gorgonaceos y las algas. El fondo cerca de la meseta tiende a ser poco rocoso y al alejarse se va haciendo arenoso, llegando en ocasiones a estar presentes la hierba marina *Thalassia testudinum*. A esta zona también le llaman pendiente interna del arrecife. Profundidad: generalmente menos de 0.5 – 3 m (Alcolado P. M., 2004).

3.10.5 Laguna del arrecife

Esta consiste en un área dominada por *Thalassia testudinum*, que existe detrás de la cresta gracias a la protección que esta le brinda. Pueden aparecer algunos arrecifes en parches (Alcolado P. M., 2004).

3.11. Distribución de los arrecifes coralinos

Los arrecifes coralinos ocupan un cinturón alrededor de la tierra limitado por los trópicos de cáncer y capricornio y solo en los lados este de continente. Todo el pacífico tropical se halla salpicado de islas madreporicas, esparcida una vez y reunidas otras formando verdaderos enjambres (Wood A., 1994).

Wood señalo que los márgenes occidentales son inadecuados para los arrecifes coralinos, por la presencia de corrientes frías o por afloramiento de mesas de agua frías de las profundidades (Wood A., 1994).

3.12. Condiciones para el crecimiento de los corales

Los arrecifes coralinos son seres vivos que necesitan de ciertas condiciones ambientales para desarrollarse, entre estas condiciones se mencionan: rangos estrechos de: iluminación, temperatura, salinidad, sedimentación y corrientes (Alcolado P. M., 2004).

3.12.1. Intensidad luminosa

El crecimiento activo del coral está limitado a los fondos bien iluminados debido a los requerimientos de luz de los zooxanthelas, algas simbióticas que habitan en las paredes de cuerpo de los pólipos. El mayor desarrollo de la estructura coralina ocurre a profundidades menores de 20 metros. Más allá de esta profundidad se encuentran empinados declives revestidos de sedimentos calcáreos (Wood A., 1994).

3.12.2. Temperatura

Los arrecifes de corales crecen en aguas con temperaturas entre 20 y 28 grados centígrados, sin que ningún crecimiento coralino significativo ocurra por debajo de los 18 grados centígrados, principalmente en la zona ecuatorial entre los 30 grados de latitud Norte y Sur (Littler M. M. Littler D. S. & Taylor P. R. , 1989).

3.12.3. Salinidad

Es necesario que la salinidad del agua de mar se mantenga entre 33 y 35 PPM (partes por mil - gramos por litro), ya que los arrecifes no se desarrollan en aguas por debajo o por encima de estos valores (Littler M. M. Littler D. S. & Taylor P. R. , 1989).

La exposición de los corales por largos periodos de tiempo a salinidades por debajo de 27 PPM disminuye el índice de crecimiento y a la larga causa muerte de la colonia (Ryan J., 1992).

3.12.4. Transparencia

La turbidez de las zonas donde se desarrollan los arrecifes coralinos debe ser mínima, ya que las zooxanthellas aprovechan al máximo la luz proveniente del sol para realizar fotosíntesis y proveer de sus sustancias nutritivas a las colonias, es por ello los arrecifes de corales se desarrollan en aguas claras y transparentes (Littler M. M. Littler D. S. & Taylor P. R. , 1989).

La sedimentación también debe ser mínima, ya que las partículas de sedimento interfieren con la alimentación de los pólipos y aumenta los gastos energéticos de estos para mantener sus superficies limpias, además aumenta el crecimiento de bacterias patógenas.

Los arrecifes coralinos alcanzan su mejor desarrollo en aguas oceánicas de gran transparencia y están ausentes en costas sujetas a copiosas aportaciones de sedimento fino (Óp. Cit. pág. 28, Párr. 4).

3.12.5. Movimiento del agua

Los corales se desarrollan mejor donde el oleaje y las corrientes transportan el plancton que capturan los pólipos y donde el flujo de agua contribuye a eliminar sedimentos de las superficies de los corales y el fondo (Littler M. M. Littler D. S. & Taylor P. R. , 1989).

El movimiento del agua marina acarrea el alimento de los corales y transporta lejos los sedimentos y contaminantes. Los arrecifes son afectados por la construcción de malecones, rompeolas u otras estructuras que bloquean las corrientes (Wood A., 1994).

3.13. Importancia de los arrecifes coralinos.

A pesar de que los arrecifes de coral comprenden menos del 1% de los ecosistemas submarinos, juegan un papel importante en el océano. Una cuarta parte de la vida marina depende del coral, ya que son el vivero del mar, por lo que son una fuente importante de proteínas para los animales y los seres humanos. También protegen las costas de olas y tsunamis. Además, desde un punto de vista económico, son uno de los lugares más importantes de interés turístico y mantienen las industrias pesqueras. De hecho, proporcionan alimentos y medios de vida para más de 500 millones de personas en todo el mundo (Solorzano O., 2017).

Los arrecifes de coral son muy, muy antiguos. Llevan en los océanos, como mínimo, 500 millones de años, y algunos de ellos empezaron a crecer hace 50 millones de años. Estas estructuras tan increíbles ocupan una superficie muy reducida del fondo marino, y se encuentran principalmente en zonas poco profundas de las regiones tropicales. Sin embargo, esta área tan limitada es uno de los hábitats más importantes de los océanos (Solorzano O., 2017).

3.14. Blanqueamiento de los arrecifes de coral

El blanqueamiento del coral es el resultado de la expulsión de las algas simbiotas que viven en los tejidos del coral (zooxanthelas), produciendo que sea completamente blanco (Dove S. G. & Guldbert H., 2006).

Cada uno, o la palidez de los invertebrados de zooxanthelas, se produce cuando disminuyen las densidades de zooxanthelas y / o la concentración de pigmentos fotosintéticos dentro de la zooxanthelas (Kleppel et al. 1989). La mayoría de los corales formadores de arrecifes normalmente contienen alrededor de $1-5 \times 10^6$ zooxanthelas cm^{-2} de tejido de superficie viva y 2-10 pg. De clorofila por zooxanthela. Cuando los corales se decoloran, comúnmente pierden el 60-90% de sus zooxanthelas y cada zooxanthela puede perder el 50-80% de sus pigmentos fotosintéticos (Glynn 1996). La apariencia pálida de los corales escleractinianos e hidrocorales blanqueados se debe a que el esqueleto calcáreo del cnidario se muestra a través de los tejidos translúcidos que están casi desprovistos de zooxanthelas pigmentadas (Kleppel R., 1989).

Si la decoloración que causa estrés no es demasiado severa y si disminuye con el tiempo, los corales afectados generalmente recuperan su alga simbiótica en varias semanas o meses. Si la pérdida de zooxanthelas se prolonga, es decir, si el estrés continúa y las poblaciones de zooxanthelas empobrecidas no se recuperan, el hospedador de coral finalmente muere (Kleppel R., 1989).

3.14.1. Mecanismo celular del blanqueo

Se han avanzado tres hipótesis para explicar el mecanismo celular del blanqueo, y todas se basan en las temperaturas extremas del mar como uno de los factores causantes. Los factores estresantes de alta temperatura e irradiación se han implicado en la interrupción de los sistemas enzimáticos en las zooxanthelas que ofrecen protección contra la toxicidad del oxígeno. Las vías de fotosíntesis en zooxanthelas están dañadas a temperaturas superiores a 30 grados C, este efecto podría activar la disociación de la simbiosis de coral / algas. Los choques de baja o alta temperatura dan como resultado una zooxanthela baja como resultado de una disfunción de la adhesión celular. Esto implica el desprendimiento de células endodérmicas cnidarias con sus zooxanthelas y la eventual expulsión de ambos tipos de células (Kleppel R., 1989).

Se ha planteado la hipótesis de que la decoloración es un mecanismo de adaptación que permite repoblar el coral con un tipo diferente de zooxanthelas, lo que posiblemente confiere una mayor resistencia al estrés. Existen diferentes cepas de zooxanthelas tanto entre como dentro de diferentes especies de huéspedes de coral, y las diferentes cepas de algas muestran respuestas fisiológicas variadas a la exposición, a la temperatura y la irradiación. La asociación coral / algal puede tener el alcance para adaptarse durante la vida de un coral. Tales adaptaciones pueden ser genéticas o fenotípica (Kleppel R., 1989).

3.15. Causas ecológicas del blanqueamiento de corales.

La decoloración de los arrecifes de coral es una respuesta general al estrés, puede ser inducida por una variedad de factores, solos o en combinación. Por lo tanto, es difícil identificar inequívocamente las causas de los eventos de blanqueamiento. Los siguientes factores estresantes han sido implicados en los eventos de blanqueo de arrecifes de coral (Jason B. , 1998 - 2013)

3.15.1 Temperatura

Las especies de coral viven dentro de un margen de temperatura relativamente estrecho, y las temperaturas del mar anormalmente bajas y altas pueden inducir la decoloración del coral. Los eventos de blanqueamiento se producen durante las repentinas caídas de temperatura que acompañan a los episodios de surgencias intensas (-3 grados C a -5 grados C durante 5-10 días), brotes estacionales de aire frío. El blanqueo es mucho más frecuente debido a la elevada temperatura del agua. Una pequeña anomalía positiva de 1-2 grados C durante 5-10 semanas durante la temporada de verano generalmente inducirá el blanqueo (Jason B. , 1998 - 2013).

3.15.2 Radiación Solar

La decoloración durante los meses de verano, durante las temperaturas estacionales y los máximos de irradiación a menudo se producen de manera desproporcionada en los corales de vida poco profunda y en las cumbres expuestas de las colonias. Se ha sospechado que la radiación solar desempeña un papel en la decoloración de los corales. Tanto la radiación activa fotosintética (PAR, 400-700nm) como la radiación ultravioleta (UVR, 280-400nm) se han implicado en el blanqueo (Jason B. , 1998 - 2013).

3.15.3 Exposición Subterránea

La exposición repentina de los corales planos de arrecife a la atmósfera durante eventos como las mareas bajas extremas, las gotas del nivel del mar relacionados con el ENOS o el levantamiento tectónico pueden potencialmente inducir el blanqueo. La consiguiente exposición a altas o bajas temperaturas, el aumento de la radiación solar, la desecación y la dilución del agua de mar por las fuertes lluvias podrían jugar un papel en la pérdida de zooxanthelas, pero también podrían conducir a la muerte del coral (Jason B. , 1998 - 2013).

3.15.4 Sedimentación

Relativamente pocos casos de blanqueamiento de coral se han relacionado únicamente con los sedimentos. Es posible, pero no se ha demostrado, que la carga de sedimentos pueda hacer que las especies de helooxanthellate sean más propensas a la decoloración (Kleppel R., 1989).

3.15.5 Dilución de agua dulce

Se ha demostrado que la rápida dilución de las aguas de los arrecifes de las precipitaciones generadas por las tormentas y la escorrentía causa el blanqueo de los arrecifes de coral. En general, tales eventos de blanqueo son raros y se limitan a áreas relativamente pequeñas, cercanas a la costa (Kleppel R., 1989).

3.15.6 Nutrientes inorgánicos

En lugar de causar la decoloración de los arrecifes de coral, un aumento en las concentraciones de nutrientes elementales del ambiente (por ejemplo, amoníaco y nitrato) en realidad aumenta las densidades de zooxanthelas 2-3 veces. Aunque la eutrofización no está directamente involucrada en la pérdida de zooxanthelas, podría causar efectos secundarios adversos, como la disminución de la resistencia del coral y una mayor susceptibilidad a las enfermedades (Kleppel R., 1989).

3.15.7 Xenobióticos

La pérdida de Zooxanthela se produce durante la exposición del coral a concentraciones elevadas de diversos contaminantes químicos, como el Cu, los herbicidas y el aceite. Debido a que se requieren altas concentraciones de xenobióticos para inducir la pérdida de zooxanthelas, el blanqueo de estas fuentes generalmente es extremadamente localizado y / o transitorio (Kleppel R., 1989).

3.15.8 Epizootias

El blanqueo inducido por patógenos es diferente de otros tipos de blanqueo. La mayoría de las enfermedades de los corales causan la muerte de colonias parcheadas o enteras y el desprendimiento de los tejidos blandos, dando como resultado un esqueleto blanco (que no debe confundirse con los corales blanqueados). Unos pocos agentes patógenos han identificado la causa de los tejidos blancos translúcidos, un protozoo (Kleppel R., 1989).

3.16 Rango espacial y temporal de la decoloración de los arrecifes de coral.

Desde la década de 1870, se ha informado sobre la mortalidad masiva de los corales en los ecosistemas de arrecifes de coral en las principales provincias de arrecifes. La frecuencia y la escala de las perturbaciones de la decoloración han aumentado dramáticamente desde

finales de los 70. Esto posiblemente se deba a más observadores y un mayor interés en informar en los últimos años. Entre 1979 y 1990 se informaron más de 60 eventos de blanqueamiento de arrecifes de coral de 105 morales de corales en masa, en comparación con solo tres eventos de blanqueamiento entre 63 morales de corales de masas registradas durante los 103 años anteriores (Jason B. , 1998 - 2013).

Casi todas las principales regiones de arrecifes de coral del mundo (Caribe / Atlántico occidental, Pacífico oriental, Pacífico central y occidental, Océano Índico, Golfo Pérsico, Mar Rojo) experimentaron algún grado de decoloración y mortalidad de los corales durante los años ochenta (Jason B. , 1998 - 2013).

3.17 Cambio global y blanqueo de arrecifes

De los factores estresantes que causan la decoloración de los arrecifes de coral, muchos están relacionados con la degradación ambiental local y la sobreexplotación de los arrecifes. De los factores estresantes mencionados anteriormente, solo la temperatura del agua de mar y la irradiación solar tienen posibles factores globales que impulsan los cambios y los extremos. El calentamiento global, junto con los eventos ENSO, cambian las temperaturas del agua de mar. El agotamiento de la capa de ozono aumenta la cantidad de UVR que llega a la superficie de la Tierra y posiblemente provoca eventos de decoloración de los corales (Kleppel R., 1989).

Se informó que el blanqueo de coral ocurrió durante períodos de baja velocidad del viento, cielos despejados, mares tranquilos y baja turbidez, cuando las condiciones favorecen el calentamiento localizado y la alta penetración de radiación de onda corta (UV). Además, el agua retiene menos oxígeno a temperaturas más altas. Las altas temperaturas del mar potencialmente estresantes y el flujo de radiación UV posiblemente podrían causar la decoloración de los arrecifes de coral a escala global, con la sospecha de un calentamiento del efecto invernadero y la reducción de la capa de ozono (Kleppel R., 1989).

3.18 Especies más afectadas por el blanqueamiento de coral del caribe.

Se ha observado blanqueamiento en los octocorales, *Erythropodium caribaeorum*, los zooanthideos, *Palythoa caribea*, los Milleporinos, *Millepora squarrosa*, *M. alcicornis* y los escleractinios, siendo los más afectados: (Peter V., 2018).

- *Acropora palmata*.
- *Acropora cervicornis*
- *Diploria labyrinthiformis*.
- *Diploria strigosa*.
- *Colpohyllia Lamarckiana*.
- *Colpohyllia natans*.
- *Manicina areolata*.
- *Montastrea cavernosa*.
- *Montastrea annularis*.
- *Eusmilia fastigiata*.
- *Agaricia agaricites*.
- *Agaricia tenuifolia*.
- *Siderastrea siderea*.
- *Solenastrea bournoni*.
- *Porites porites*.
- *Porites astreoides*.

3.19 Amenaza actual de los corales

Los arrecifes se encuentran amenazados o en peligro por dos de causas fundamentales, las cuales son: (Peter V., 2018).

3.19.1 Naturales

- Los huracanes o ciclones tropicales, más frecuentes debido al cambio climático global, los cuales generan olas de alta energía que parten los corales con la consiguiente pérdida de biodiversidad, unido al oportunismo algal, las cuales colonizan rápidamente las zonas muertas, así se produce una competencia por el

espacio y la luz. En este caso los corales tienen que desarrollar acciones para defenderse como son: la producción de nematocistos extendiendo sus pólipos solo de noche, para poder subsistir (Peter V., 2018).

- Los cambios bruscos de temperatura, el PH y la salinidad del agua, aspectos ambientales clave para la supervivencia de los corales y que afectan además a los animales que habitan los arrecifes. (Peter V., 2018).
- Depredación por organismos tales como peces, moluscos y estrellas de mar (Óp. Cit. Pág. 35 Párr. 1).

3.19.2 Antrópicas

El hombre es uno de los máximos responsables de la degradación de los arrecifes, pues solo se ocupa de los avances tecnológicos para el desarrollo y olvida los daños que causa, entre ellos: (Peter V., 2018)

- La contaminación del agua. mar (Óp. Cit. Pág. 36 Párr. 1).

Puede ser por sedimentación, nutrientes, agroquímicos y desechos urbanos, industriales y provenientes de embarcaciones o plataformas petroleras. La más dañina es la de petróleo, conocida como marea negra. Estos vertimientos afectan la tasa de crecimiento y los sistemas de reproducción de los corales. Este impacto se ve agravado por los dispersantes utilizados después de un derrame, ya que aumentan las amenazas y pueden hasta matarlos (Peter V., 2018).

- Los escurrimientos de combustible de los barcos también les causa daño: en 1998, el barco Emily Cheremie destruyó más de 400 metros de arrecife frente a las costas de Quintana Roo en México (Peter V., 2018).

Tras describir la contaminación por petróleo, hay que destacar que cualquier sustancia que afecte la claridad del agua, con el exceso de sedimentación causada por los dragados de las costas y la erosión ocasionada por la deforestación, afectará a las zooxanthelas y su habilidad de fotosintetizar (Peter V., 2018).

- Las aguas servidas y los fertilizantes aumentan la cantidad de materia orgánica y por tanto causan eutricación en el agua. Esto estimula la proliferación algal, las cuales

asfixian a los pólipos al crecer más rápido que los corales produciéndose una competencia por el espacio (Peter V., 2018).

- Los contaminantes por agentes químicos o biológicos pueden ser tóxicos y matan los corales. La descarga de aguas calientes de plantas generadoras de energía es tan letal como cualquier veneno ya que los corales están adaptados a las temperaturas estables del trópico (Peter V., 2018).
- La destrucción de los manglares y la deforestación en general mar (Óp. Cit. Pág. 36 Párr. 1).
- La erosión mar (Óp. Cit. Pág. 36 Párr. 1).
- La sobrepesca y prácticas pesqueras no sustentables, como ocurre en la pesca de arrastre, donde los chinchorros barren con todo lo que está en el fondo, fragmentado los corales y matando a la fauna acompañante (Peter V., 2018).
- Extracción indiscriminada de organismos marinos por personas no autorizadas.
- Malos métodos de buceo y actividades náuticas mar (Óp. Cit. Pág. 36 Párr. 1).

3.20 Encuesta sobre los impactos del cambio climático en los arrecifes de coral de América Central.

Placencia, Belice - Una encuesta de WWF muestra que el aumento de las temperaturas, la lluvia alterada y la decoloración de los corales se encuentran entre las principales amenazas para el arrecife mesoamericano de América Central (Bood N., 2007).

La encuesta, realizada en esta pequeña aldea costera del Caribe, registró testimonios de primera mano de los habitantes locales sobre el impacto que el cambio climático ha tenido en sus recursos marinos y, por asociación, en su forma de vida (Bood N., 2007).

Esta es la primera vez que se realiza una evaluación de esta naturaleza en la región del arrecife", explicó Nadia Bood, una científica de WWF que estudia el Arrecife Mesoamericano.

Plasencia fue elegida debido a su ubicación geográfica cercana al arrecife y al hecho de que la principal fuente de ingresos de la aldea está fuertemente ligada a la zona costera, particularmente de la pesca y el turismo". Muchos de los aldeanos encuestados creían que la decoloración de los corales y la sobrepesca han reducido significativamente las poblaciones

de peces y langostas. Ellos creen que la gestión responsable de la pesca y el control más estricto de las regulaciones de pesca fuera de temporada y la pesca ilegal son necesarios para reducir la destrucción del sistema de arrecifes (Bood N., 2007).

Los "testigos" del cambio climático también afirmaron que el clima ya no es tan predecible como solía ser, ya que los sistemas de tormentas y las precipitaciones son cada vez más severos e impredecibles con el tiempo. Durante las tormentas y huracanes, la erosión ha sido un problema para la península y ha sido una preocupación aún mayor para las islas circundantes, donde el aumento del nivel del mar también está teniendo un impacto (Bood N., 2007).

3.21 Infografía de blanqueamiento de coral

Las temperaturas del agua más cálidas pueden provocar la decoloración de los corales. Cuando el agua está demasiado caliente, los corales expulsarán a las algas (zooxanthelas) que viven en sus tejidos, lo que hará que el coral se vuelva completamente blanco. Esto se llama blanqueamiento de coral. Cuando un coral se blanquea, no está muerto. Los corales pueden sobrevivir a un evento de blanqueo, pero están bajo más estrés y están sujetos a la mortalidad (Peter V., 2018).

En 2005, los Estados Unidos perdieron la mitad de sus arrecifes de coral en el Caribe en un año debido a un evento de blanqueo masivo. Las cálidas aguas centradas alrededor de las Antillas del norte cerca de las Islas Vírgenes y Puerto Rico se expandieron hacia el sur. La comparación de los datos satelitales de los 20 años anteriores confirmó que la tensión térmica del evento de 2005 fue mayor que los 20 años anteriores combinados (Peter V., 2018).

No todos los eventos de blanqueo se deben al agua caliente.

En enero de 2010, las temperaturas del agua fría en los Cayos de Florida causaron un evento de blanqueamiento de coral que resultó en la muerte de algunos corales. Las temperaturas del agua bajaron 12.06 grados Fahrenheit más bajas que las temperaturas típicas observadas en esta época del año. Los investigadores evaluarán si este evento de estrés por frío hará que

los corales sean más susceptibles a las enfermedades de la misma manera en que las aguas más cálidas impactan a los corales (Peter V., 2018).

3.22 Arrecifes Coralinos en América Central del Caribe

Los arrecifes de coral se encuentran en las aguas minerales cercanas a todos los países de América Central, con la barrera coralina más grande del Caribe en Belice. Sé arrecifes de coral del Lize han sido extensamente y estudiado intensivamente durante muchos años. Belice tiene muchos arrecifes de coral, de muchos diferentes. Tipos, desde arrecifes de parche hasta atolones oceánicos, y Alta diversidad coralina. En el otro extremo, los arrecifes de Guatemala son escasos con parches relativamente pequeños de coral alrededor de que poco se sabe. Honduras tiene muchos arrecifes, algunos de ellos muy buenos. Condición, con alta diversidad de coral. Nicaragua tiene la mayor plataforma de carbonato en el sur del Caribe, con parches de arrecifes despedazó sobre la plataforma, y los arrecifes de flecos alrededor de algunos de las islas. Costa Rica tiene flecos y parches de arrecifes en la parte sur de la costa, así como una cresta de algas incipiente. Panamá también tiene una extensa y compleja red de coral. Algunos de ellos están muy bien estudiados, pero la mayoría solo se ha explorado recientemente (Jameson S. C. Marshall M. J. &Childress M., 2007).

3.23 Trastornos naturales a los arrecifes de coral del caribe.

Los arrecifes de coral de todo el mundo están siendo degradados por naturaleza. Impactos antropogénicos, y los arrecifes centroamericanos no son una excepción. Ex mortalidad de los corales tensive asociado con el blanqueo. Se ha observado en todo el mundo. El blanqueo los resultados de la pérdida de color causada por la expulsión o degradación del simbiótico. Algas que viven dentro del tejido coralino y le dan color al coral. Aunque el blanqueo puede ser causado por condiciones extremas de temperatura del agua o salinidad, sedimentos o bacterias infección, los episodios de blanqueamiento masivo se corrigen con agua más alta de lo normal Temperaturas, especialmente durante los períodos de El Niño Oscilación del Sur. Central Arrecifes americanos como los de Belice, las costas caribeñas de Honduras y Costa Rica, y las costas del Pacífico de Costa Rica y Panamá. Se han visto muy afectados por estos eventos de calentamiento. Las mortalidades relacionadas con el blanqueo. Han dado lugar a una reducción significativa en la cobertura de coral vivo. Los huracanes son otro trastorno natural que puede causar una mortalidad significativa de corales en el norte del

caribe centroamericano. El 50 % de reducción de vida. El coral que se produjo entre 19 97 y 1999 en Belice se ha atribuido al huracán Mitch y blanqueamiento de coral relacionado con huracanes (Jameson S. C. Marshall M. J. &Childress M., 2007).

Centroamérica, un solo terremoto de 7.5 en la costa caribeña de Costa Rica provocó la elevación de los corales y extensas praderas de pastos marinos, causando su muerte exponiéndolos al aire (Richter S. C. , 2007).

En última instancia, se prevé que el cambio climático afectará a los arrecifes de corales de varias maneras: nivel del mar, incrementando la erosión costera y la sedimentación, aumentando la temperatura del agua y, el aumento de CO 2 en el agua de mar causará una disminución en las tasas de calcificación de coral (Richter S. C. , 2007).

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1. Área de estudio

Este estudio se realizó en Black Mangrove el cual es uno de los Cayos Perlas, perteneciente al Municipio de Laguna de Perlas.

Ilustración 1. Micro ubicación de las zonas de muestreo (Black Mangrove Cay)



4.2. Periodo de estudio

Este estudio se llevó a cabo, en el mes de en enero del año 2019.

4.3. Tipo de estudio

El estudio es descriptivo ya que describe el estado de salud de los arrecifes de coral, de corte transversal ya que fue en un periodo de tiempo determinado.

4.4. Enfoque

El estudio fue de enfoque mixto ya que es una combinación de variables cuantitativas y cualitativas.

4.5. Universo, población y muestra.

Universo es el ecosistema de arrecifes en los Cayos Perlas, la población es todo el ecosistema de corales en Black Mangrove Cay. La muestra comprende un área de 200 metros cuadrados de corales que fueron muestreado en los diferentes seis puntos elegidos para el estudio.

4.6. Fuentes de información

La fuente primaria se obtuvo a través de fase de campo en el Cayo Black Mangrove que consistió en hacer muestreo en los corales para describir la afectación de la enfermedad, así como variables fisicoquímicas. la fuente secundaria de información se obtuvo principalmente a través de libros e internet

4.7. Tipo de muestreo.

El muestreo fue aleatorio simple ya que todo lo sujeto tuvieron igual posibilidad de ser seleccionados en la muestra, donde se utilizó el protocolo AGGRA.

4.8. Técnicas e instrumento de la investigación.

Para llevar a cabo dicha investigación se utilizaron los siguientes instrumentos:

1. Una copia del manual de instrucción
2. Tarjetas y libros de identificación de organismos indicadores.
3. GPS o cartas náuticas para marcar la posición del estudio.
4. Equipos de buceo
5. Lanchas con motores fuera de borda
6. Líneas de transecto: se utilizará una cinta métrica de 100 m, el transecto empleando una soga que irá marcando los metros con cintas de colores.
7. Pizarras/Papel sumergible: Los equipos deben usar papel sumergible, una pizarra plástica para escribir o un tubo de plástico para escribir que se pone en el antebrazo.
8. Lápices: para anotar los datos sobre las planillas sumergibles (les recomendamos para un mejor trabajo los lápices plásticos).
9. Marcadores de agua, los marcadores permanentes para las pizarras.
10. Boyas: Para marcar el comienzo y el final de las líneas de transecto (pueden ser hechas con botellas plásticas vacías).

11. Vestimenta de seguridad: Una bandera de buzo, crema de sol, bolsa de primeros auxilios y suficiente agua.

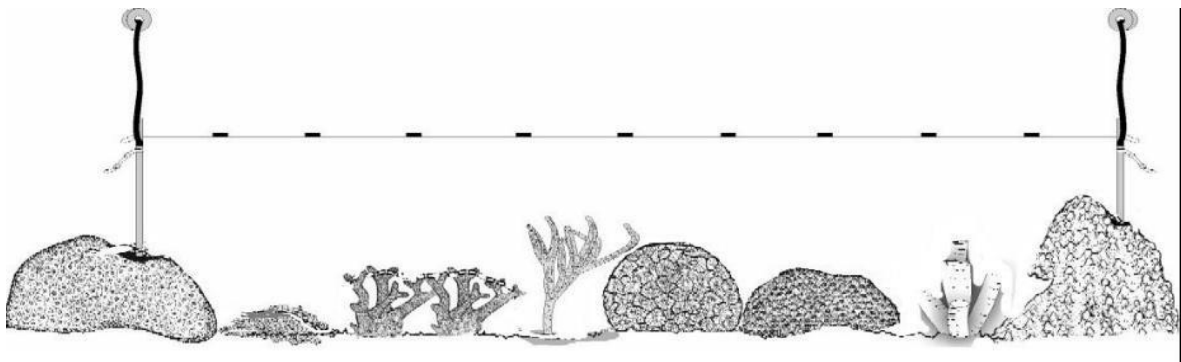
4.9. Técnicas de recolección de datos.

Se realizó un viaje al cayo Black Mangrove, por 5 días para realizar el estudio de campo.

Selección de sitio para transecto.

En el sitio seleccionado para cada parcela fue georeferenciada con GPS marca Etrex, posteriormente se amarró un par de boyas a media agua, para facilitar la reubicación del sitio desde la superficie. Mediante buceo con equipo autónomo se escogieron los puntos de inicio de los transectos sobre sustratos coralinos muertos. Se utilizaron cascajos de corales muertos de las especies *Orbicella faveolata*, *Siderastrea siderea* y *Pseudodiploria spp.* Que favorecen el agarre de las estacas y evitar especies frágiles como *Colpophyllyia natans* y *O. annularis*.

Ilustración 2. Método de transecto utilizado.



(AGRRA, 2000).

Se realizó 12 transectos de 100 metros en el área de estudio.

Indicadores que expresan las diferencias de un Arrecife de coral sano y un Arrecife de coral enfermo.

Se identificaron las especies de corales siguiendo la guía de identificación taxonómica de AGRRA para enfermedades en arrecifes de coral, donde se toma en cuenta características o signos de enfermedades, colores, forma, rupturas, especies de organismos presentes.

Se tomaron fotografías para su posterior evaluación respecto a las especies de coral y presencia de enfermedad, así mismo se identificaron organismos presentes en las áreas de muestreo, para describir cuales son más tolerantes o mejor adaptados a condiciones en que se encuentra el coral.

Se midieron las profundidades con un reloj de profundidad marca Cressi y se describieron las características del fondo mediante observación directa, las cuales sirvieron para conocer mejor a los indicadores de sanidad de los arrecifes de coral. Se calculó la presencia de algas.

Correlaciones variables ambientales (temperatura, PH, turbidez con la presencia de mancha blanca).

Para la toma de parámetros fisicoquímicos en campo se utilizaron diferentes instrumentos los cuales cuentan con un electrodo que se ubica en el agua para realizar las mediciones correspondientes. Se utilizó un multiparámetro de marca OAKLON que puedan hacer la lectura de los parámetros antes mencionados. Temperatura se midió en grados centígrados utilizando un termómetro digital marca Hanna, pH se midió con phmetro marca Hanna con unidad de medida pH, turbidez se medió (unidades nefelométricas de turbidez (NTU) mediante un turbidímetro marca Hach, para la correlación lineal se Pearson se realizó Microsoft Excel tomando en cuenta las enfermedades respecto a las variables ambientales antes descritas. La correlación lineal se Pearson utiliza la formula

$$\rho_{xy} = \frac{Cov_{xy}}{\sigma_x \sigma_y}$$

Cov (x;y): la covarianza entre el valor «x» e «y».

$\sigma(x)$: desviación típica de «x».

$\sigma(y)$: desviación típica de «y».

Tabla 1. Clasificación de correlación

	Rango	Relación líneas
± 0.96	± 1.0	Perfecta
± 0.85	± 0.95	Fuerte
± 0.70	± 0.84	Significativa
± 0.50	± 0.69	Moderada
± 0.20	± 0.49	Débil
± 0.10	± 0.19	Muy débil
± 0.09	± 0.0	Nula

Fuente: Alfonso Peiro Ucha (s.f)

Se determinó el porcentaje de afectación de corales por medio del buceo o snorkel y por medio de la línea del transecto utilizando una cámara subacuática marca GoPro.

Para la toma de la temperatura del agua se establecieron dos tipos de metodología verificar la temperatura por cada una de las zonas muestreadas y elegidas se tomó agua de la superficie y del fondo marino de las zonas para la verificación de la temperatura en dichos muestreos utilizando un multiparametro y termómetro digital.

Para la toma del pH utilizando por cada una de las seis zonas muestreadas tomando el pH del agua cada cinco horas al día para establecer y ver cambios del pH del agua.

Utilizando botellas de galones de agua se recolecto en la parte de la superficie del agua de mar y en el fondo del agua mar la recolección de agua para la medición con precisión la turbidez del agua de mar en el laboratorio centro de investigaciones acuática BICU.

La toma de las profundidades de cada una de las zonas muestreadas se utilizó un reloj de buceo marca cressi y a vista previa para determinar las profundidades en dichas zonas correspondientes.

Determinar el porcentaje de afectación de mancha blanca por especie de coral.

Riqueza= número de especies en el área de estudio

Densidad=número de organismos afectados/ área muestreada.

Complejidad topográfica

Se realizó mediante buceo a snorkel y con tanque de buceo se arrastró detrás de un bote (troleo) a velocidad constante de aproximadamente 1.5 nudos. Se dividió el reconocimiento en periodos de dos minutos. Se realizan paradas regulares en estos lapsos a fin de observar, tomar fotos y tomar apuntes y tomar la posición geográfica.

Porcentaje de algas filamentosas:

En cada punto de muestreo se ubicó las zonas de muestro, para la cual se colocó un transepto de 100 metros de acuerdo a lo establecido por el AGRAA, distribuidos en seis zonas entre 3 y 12 m de profundidad aproximadamente; dos muestreos de cada uno de las seis zonas elegidas se ubicaron en la sur-este, dos en el nor-oeste y cuatro en el nor-oeste y sur-oeste, cubriendo sustrato rocoso calcáreo y sedimentario. En todos los cuadrantes se evaluó la cobertura de las algas a nivel específico. Debido a la distribución de la cobertura algal sobre el sustrato rocoso, la ubicación del cinturón de cuadrantes se realizó de manera preferencial aleatoria, es decir, sobre sectores homogéneos de vegetación. El valor de cobertura obtenido corresponde a un valor relativo de la cobertura algal sobre el sustrato rocoso, puesto que se ubicaron los cuadrantes preferentemente sobre el sustrato dominado por algas.

Metodología de mortalidad antigua y reciente

Se calcularon la media de los indicadores de cubrimiento vivo de coral, la densidad lineal, el diámetro máximo, las mortalidades antigua y reciente de las colonias.

Porcentaje de mortalidad antigua: se calculará del total de corales presentes estimando mediante una regla de tres la cantidad que corresponde en porcentaje.

Porcentaje de coral muerto reciente: se calculará del total de corales presentes estimando mediante una regla de tres la cantidad que corresponde en porcentaje.

La mortalidad de los corales es una medida de la mortalidad reciente o vieja de todo el coral o parte de una colonia o de un arrecife. Una colonia 100% muerta se cuenta como muerta en pie si se identifica a nivel de género. Para una colonia con secciones vivas y muertas, las partes muertas se les clasifican como mortalidad reciente o mortalidad vieja. La medida de la mortalidad se describe en términos de los porcentajes de la superficie de la colonia en cada clase: por ejemplo, 75% viva, 5% mortalidad reciente, y 20% mortalidad vieja.

La extensión de la mortalidad se suele estimar visualmente por los buzos. Estos métodos se detallan en los manuales de AGRRA y el SAM.

4.10. Procesamiento de la información.

Para el procesamiento de la información de la investigación se estará utilizando los programas como **Microsoft Office Word 2016, Microsoft Office Excel 2016, y Sistema de Información Geográfico.**

1. Microsoft Office Word 2016: Se utilizó para la manipulación de documentos basados en texto para crear documento nuevo y modificar los documentos existentes.
2. Microsoft office Excel 2016: Se utilizó para los cálculos estadísticos de los datos obtenidos en este programa se introdujeron datos y realizaron graficas de correlación y otros gráficos.
3. Sistema de Información Geográfico: Se utilizó para obtener los datos geográficos de los puntos de estudios.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Indicadores que expresan las diferencias de un Arrecife de coral sano y un Arrecife de coral enfermo.

En el área de estudio se registró una riqueza de 25 especies.

En la **zona de muestreo 1**: Es una zona de cubierta rocosa con una profundidad de 3 metros por lo que hay una cantidad de peces de valor comercial de pequeño tamaño con un área de poca presencia de oleaje y corrientes y la marea parcialmente es baja debido a su condición geográfico, también es una zona de poca presencia de algas y mucha presencia de equinodermos a la orilla de la playa.

Los arrecifes que se encuentran en esas zonas no presentan una densidad alta de afectación por la mancha blanca puede ser por la cercanía del perímetro del cayo Black Mangrove y por la poca distribución de contaminantes y sedimentación que distribuyen las corrientes en las afueras y el alcance que capturan por el corriente por lo tanto se consideró que en el lugar de muestreo la afectación de la enfermedad no es muy notoria lo cual podría deberse a la presencia de diferentes especies de peces e invertebrados que realizan un proceso de control biológico.

En la **zona de muestreo 2**: En este sitio se trabajó con corales a una profundidad de 13 metros.

En dicha área se observó presencia de diferentes especies de algas lo cual podría deberse a la presencia de nutrientes proveniente de un escusado que se utiliza para hacer necesidades fisiológicas de desechos humanos y se vierten directo al mar, ya que en las orillas se ubica el inodoro donde todos los habitantes realizan sus necesidades fisiológicas. Se puede apreciar que la presencia de peces y otros invertebrados fue menor que en la zona uno.

En la **zona de muestreo 3**: A pesar de tener pocas colonias de arrecifes en el sitio seleccionado de muestreo se puede apreciar mucha abundancia de peces de valor comercial (demersales) y de pesca deportiva a la igual manera equinodermos, mucha presencia de algas y desechos sólidos como botellas de vidrio, aluminios entre otros lo cual la afectación de mancha blanca es moderada con una profundidad de 6 a 7 metros.

En la **zona de muestreo 4:** Posee corales en grandes cantidades de colonias con una profundidad de 10 metros aproximado lo cual se encuentran afectados los arrecifes con la enfermedad muy moderados. Tiene presencia de peces que frecuentemente salen a la superficie a nadar o buscar alimentos sino prefieren estar dentro de refugios que les otorgan los arrecifes coralinos hay mucha presencia equinodermos y lo cual no hay un incremento de algas marinas que afectan la reproducción y crecimiento de arrecifes.

En la **zona de muestreo 5:** En esta zona con una profundidad de 14 metros posee rasgo geomorfológico de importancia, generado por arrecifes de coral vivo y el crecimiento de algas, posee un fondo rocoso de estructura en crecimiento de macroalgas y es resistente a las olas lo cual es una zona de presencia de peces, algas, erizos de mar y con corrientes pocos fuertes de lo cual la enfermedad de mancha blanca esta moderada.

En la **zona de muestreo 6:** Es una extensión de la plataforma de rocas sumergidos provenientes de la orilla lo cual tiene una profundidad de 8 a 10 metros, en ella se encuentran equinodermos, moluscos, peces y hay una corriente muy fuerte que viene de la parte este del perímetro del cayo Black Mangrove y las condiciones de la enfermedad de Macha Blanca por el incremento de las algas y la poca presencia de erizos de mar y la influencia que participa el corriente que deposita los sedimentos en esa dirección del sitio seleccionado a muestrear.

Presencia de especies por zonas y estado de salud (sanos o libres de mancha blanca y enfermos o con mancha blanca)

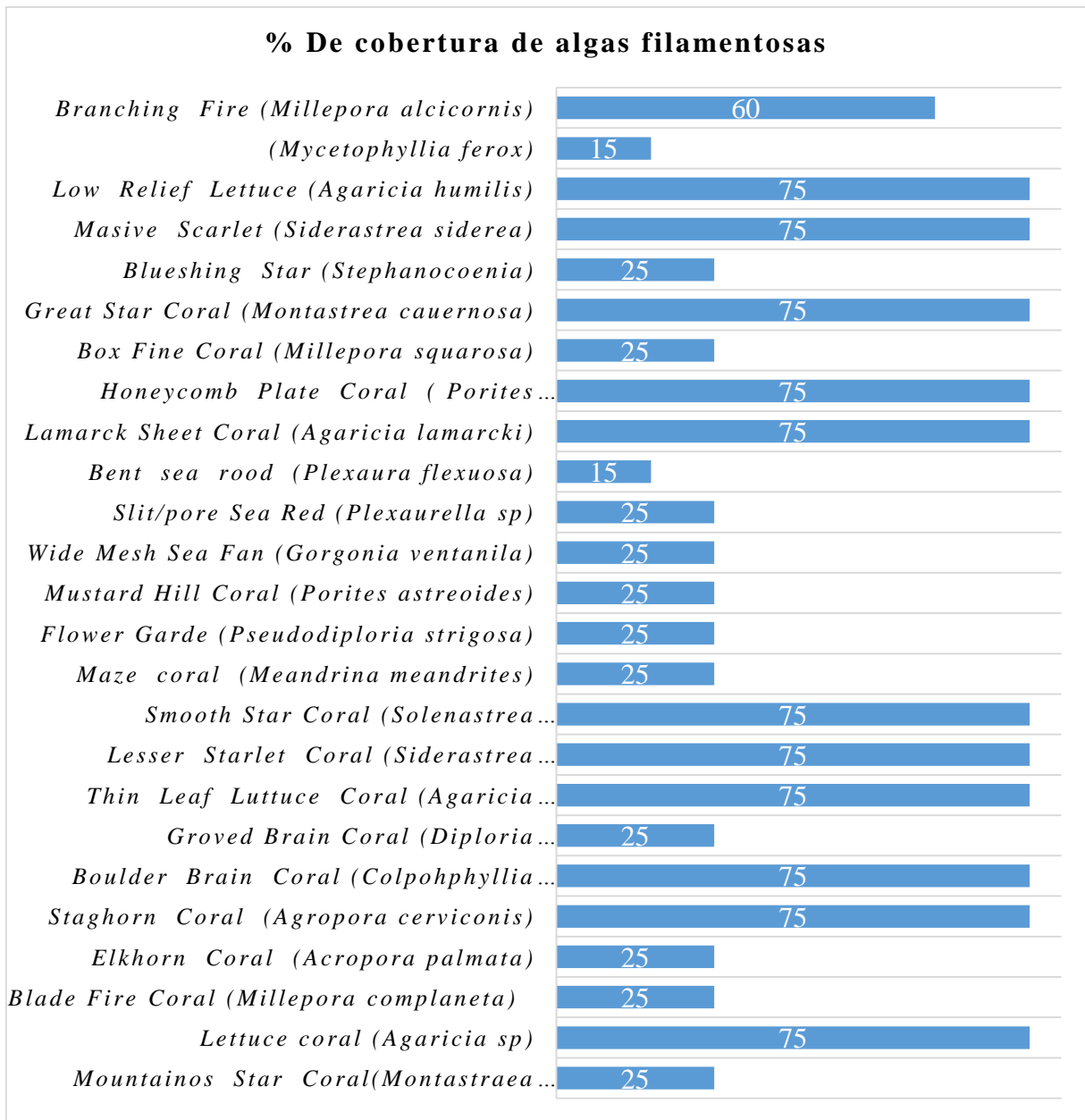
Se puede apreciar en la tabla 2, la distribución de las especies por zonas siendo Coral de abanico (*Gorgonia ventalina*) una de las especies menos distribuida en las zonas de muestreo ya que se encontró únicamente en la zona 3, pero muestra ser la especie más afectada en toda el área de estudio siendo afectada 60 % de la población. La especie que ocupa el segundo lugar en afectación por la enfermedad es la especie Mustard Hill Coral (*Porites astreoides*) que solo se registró en la zona 4, siendo afectada por la enfermedad el 30% de la población, seguidamente esta la especie Coral Cuerno de Alce (*Acropora palmata*) estando afectada el 28% de la población registrando su distribución en cuatro de las zonas estudiadas. La especie menos afectada con la enfermedad es la especie Bent sea rood (*Plexaura flexuosa*) la cual se registró únicamente en la zona 3, con el 3% de la población afectada.

Las especies de mayor distribución en las diferentes zonas de muestreo muestran los menores porcentajes de afectación exceptuando Coral Cuerno de Alce (*Acropora palmata*) que presento una de las mayores distribuciones y es una de las más afectadas.

La zona 1 presenta la mayor cantidad de especies para un total de 12, mientras que la zona 6 presento menor cantidad de especie para un total de 8. Al comparar estas zonas con la de organismos indicadores de estado de salud la zona 6 y 5 muestran menos especies indicadoras del estado de salud adecuada para el buen funcionamiento del ecosistema de arrecifes.

Según estudio realizado por Ferrera et al 2016 en el golfo Ana María, Cuba, la afectación por mancha blanca en una de las áreas de muestreo más alta fue 28% de las poblaciones de corales los cual no difiere mucho de los resultados obtenido ya que en acá se registró afectación del 22 % de la población en estudio.

Gráfica 1. Cobertura de algas filamentosas en las especies de corales

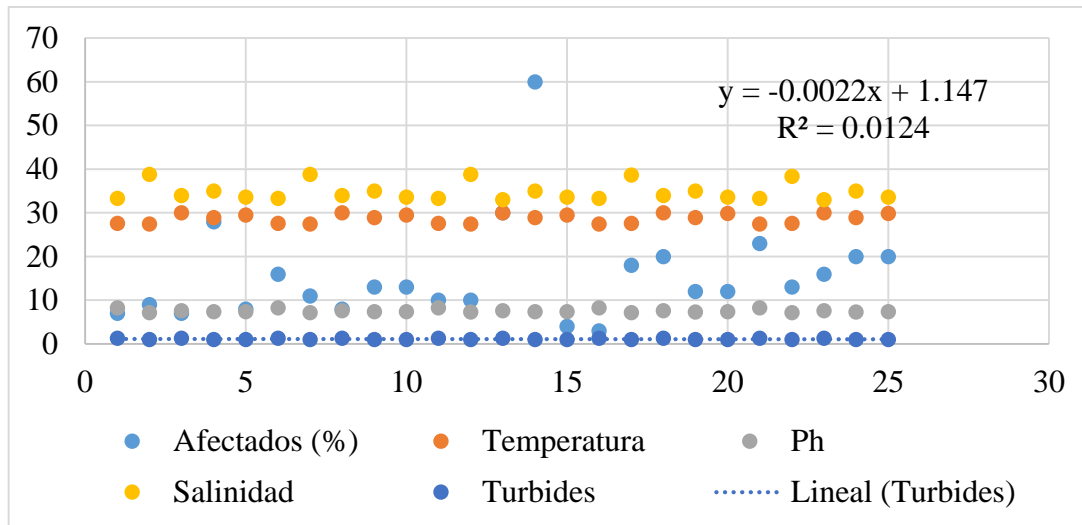


1. **Pinecone alga** (*Rhipocephalus Phoenix*): Este tipo de alga de 6 a 8 pulgadas máximo crece en lugares concentrados con arena blanca y rocas en sus alrededores con diferentes especies de corales son como plantas en la tierra y necesitan del solo para su crecimiento. Básicamente con un porcentaje de cobertura en los arrecifes coralinos del cayo Black Mangrove del 5% a 10 % de cobertura en sus zonas respectivas correspondientes.
2. **Smooth strap alga** (*Dictyota dichotoma*): Este tipo de alga tiene una cobertura en el Cayo Black Mangrove Cay del 10% al 25% de cobertura en sus zonas respectivas correspondientes.
3. **Sargassum Seaweed** (*Sargassum fluitons*): Este tipo de alga es uno de los que crecen más rápido y uno que perjudica mucho a los arrecifes de coral. Tiene una cobertura en el Cayo Black Mangrove Cay del 50% a 65% de cobertura en sus zonas respectivas correspondientes.
4. **Sargassum alga** (*Sargassum sp.*): Este tipo de alga es uno de los que crecen más rápido y uno que perjudica mucho a los arrecifes de coral. Tiene una cobertura en el Cayo Black Mangrove Cay del 50% a 75% de cobertura en sus zonas respectivas correspondientes.

El 47.6% del arrecife de coral muestreado está cubierto por algas filamentosas.

5.2. Correlación de variables ambientales (temperatura, PH, turbidez y salinidad con la presencia de mancha blanca).

Gráfica 2. Correlación entre mancha blanca y parámetros fisicoquímicos



Se puede observar en la gráfica un coeficiente de correlación lineal nula, debido a que el coeficiente de correlación es de 0.0124, lo cual indica que no repercuten directamente en el estado de salud de los corales, lo antes mencionado se debe a que los datos se tomaron en un solo momento y no a través del tiempo en diferentes momentos. Pero se sabe que todos a lo largo del tiempo repercuten en la salud de los corales.

Siendo la turbidez la que presenta un carácter lineal, un carácter constante pudiendo ser este un factor que afecta más a los arrecifes de coral, por estar relacionado a la presencia de sedimento, el cual puede modificar también el pH del agua que también incide en el estado de salud de los corales.

5.3 Porcentaje de especies de coral afectados por Mancha Blanca.

En esta tabla podemos apreciar por cada una de las zonas muestreadas en el Cayo Black Mangrove las densidades en porcentajes. Describiendo por cada una de las zonas cual es la especie más afectada por la mancha blanca de acuerdo a sus densidades, lo cual las zonas de muestreos son seis y por cada una de las especies más afectadas en cada una de las zonas

muestreados por mancha blanca de acuerdo con sus densidades se valora la sanidad y la afectación en porcentajes.

Tabla 2. Porcentaje de especies de coral afectados por Mancha Blanca.

Especies	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Densidad (ind/m ²)	Sano (%)	Afectados (%)
Mountainous Star Coral (<i>Montastraea faveolata</i>)	0.0033	0.0033				0.036	0.0426	93	7
Lettuce coral (<i>Agaricia sp</i>)	0.22	0.22	0.22				0.66	91	9
Blade Fire Coral (<i>Millepora complaneta</i>)	0.373	0.373		0.067			0.813	93	7
Elkhorn Coral (<i>Acropora palmata</i>)	0.053	0.053			0.02	0.03	0.156	72	28
Staghorn Coral (<i>Agropora cerviconis</i>)	0.05		0.05	0.02		0.067	0.187	92	8
Boulder Brain Coral (<i>Colpohphyllia natans</i>)	0.076	0.076		0.076	0.037		0.265	84	16
Groved Brain Coral (<i>Diploria Laberinthiformis</i>)	0.09	0.09	0.09				0.27	89%	11
Thin Leaf Luttuce Coral (<i>Agaricia tenuifolia</i>)	0.077	0.077	0.077	0.077			0.308	92%	8
Lesser Starlet Coral (<i>Siderastrea radians</i>)	0.07	0.07	0.07		0.046		0.256	87	13
Smooth Star Coral (<i>Solenastrea Bourmoni</i>)	0.03						0.03	87	13

Maze coral (<i>Meandrina meandrites</i>)	0.01						0.01	90	10
Flower Garde (<i>Pseudodiploria</i>)	0.01						0.01	90	10
Mustard Hill Coral (<i>Porites astreoides</i>)				0.00 6 7			0.0067	70	30
Wide Mesh Sea Fan (<i>Gorgonia ventanila</i>)			0.02				0.02	40	60
Slit/pore Sea Rood (<i>Plexaurella sp</i>)			0.05 3				0.053	96	4
Bent sea Rood (<i>Plexaura flexuosa</i>)			0.02 7				0.027	97	3
Lamarck Sheet Coral (<i>Agaricia lamarcki</i>)			0.16	0.01		0.013	0.183	82	18
Honeycomb Plate Coral (<i>Porites colonensis</i>)				0.01 3			0.013	80	20
Box Fine Coral (<i>Millepora squarosa</i>)		0.073	0.07 3	0.06 6	0.05	0.013	0.129	88	12
Great Star Coral (<i>Montastrea cauernosa</i>)				0.01 6	0.02	0.026	0.046	88	12
Blushing Star Coral (<i>Stephanocoeni a</i>)					0.033		0.033	87	23
Masive Scarlet Coral (<i>Siderastrea siderea</i>)		0.053		0.18	0.006 7		0.0067	87	13
Low Relief Lettuce Coral (<i>Agaricia humilis</i>)					0.003 3		0.0033	84	16
(<i>Mycetophyllia ferox</i>)						0.003 3	0.0033	80	20
Branching Fire Coral (<i>Millepora alcicornis</i>)						0.053	0.053	80	20
	1.062	1.088	0.84	0.53 1	0.216	0.241	3.5846	88	22

En la zona de muestreo 1 y 2: Las especies más afectados por Mancha Blanca de acuerdo con sus porcentajes, tenemos la especie de coral (*Millepora complanata*) que es la que presenta el mayor porcentaje, pero menor afectación, en porcentajes ocupa el segundo lugar (*Acropora palmata*) pero es la especie más afectada con la enfermedad.

En la zona de muestreo 3: Las especies más afectados por Mancha Blanca de acuerdo con sus porcentajes, tenemos la especie de coral (*Agaricia lamarcki*) que es la que presenta los mayores porcentajes, y segundo lugar en afectación, mientras que Coral de abanico (*Gorgonia ventalina*) presenta menor porcentaje, pero es la más afectada.

En la zona de muestreo 4: Las especies más afectados por mancha blanca de acuerdo con su porcentaje, tenemos la especie de coral (*Siderastrea siderea*) que es la que presenta el mayor porcentaje, pero también tenemos el (*Colpophylia natans*) que presenta la mayor afectación por mancha blanca.

En la zona de muestreo 5: Las especies más afectados por mancha blanca de acuerdo con sus porcentajes, tenemos la especie de coral (*Agaricia sp*) que es la que presenta los mayores porcentajes, pero también tenemos el (*Acropora palmata*) que presenta la mayor afectación por Mancha Blanca.

En la zona de muestro 6: Las especies más afectados por Mancha Blanca de acuerdo con sus porcentajes, tenemos la especie de coral (*Acropora cervicornis*) que es la que presenta los mayores porcentajes, pero también tenemos el (*Acropora palamata*) que presenta la mayor afectación por Mancha Blanca.

Al comparar organismos indicadores del estado de salud de arrecifes de coral podemos decir que el mayor porcentaje de organismos se registró en la zona 2, seguido de la zona 1, siendo en ambas zonas las de mayor presencia de organismos indicadores de mejor sanidad de corales, mostrando que las zonas de menores porcentajes son las zonas más afectadas con la

enfermedad debido a que en ellas se encuentran los mayores porcentajes de las especies por las cuales la Mancha Blanca presenta mayor predilección.

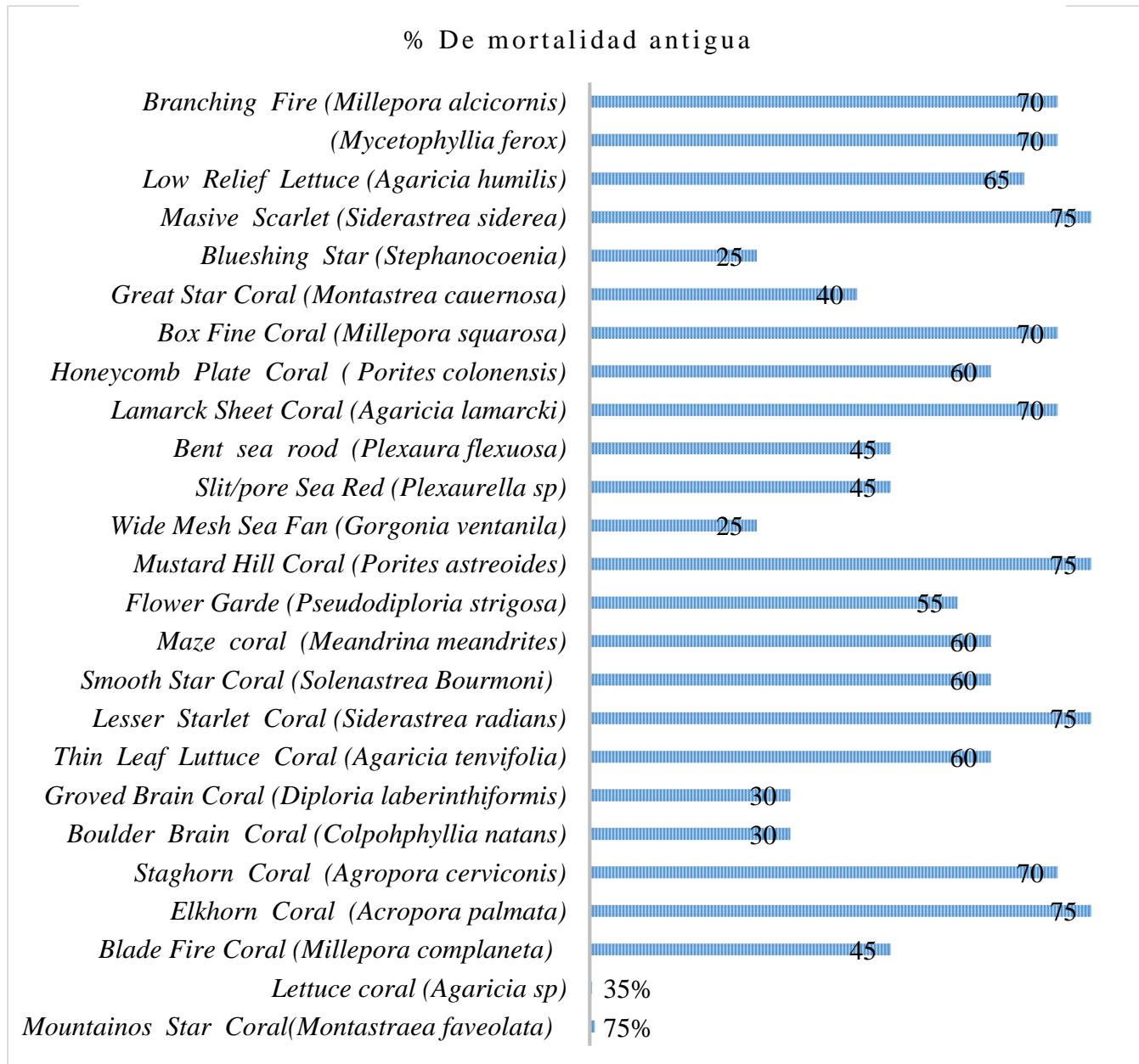
El porcentaje total de corales en el ecosistema de arrecifes es de 3 a 4 individuos por metro cuadrado, presentando una afectación por Mancha Blanca el 22% del ecosistema evaluado.

Según Ryan (1992) los corales *Acropora palmata* (cuerno de alce) y *Acropora cervicornis* (*Cuerno de Ciervo*), no se encontraron en grandes cantidades. En este estudio muestran una mayor distribución y se encuentra en un porcentaje promedio en comparación con las otras especies registradas, pero muestra el tercer lugar en afectación por Mancha Blanca.

Según estudio realizado por Ferrera et al 2016, en Cuba las especies más afectadas por blanqueamiento de coral *S siderea* (44%) *A agaricites* (25%), con este estudio difieren las especies ya que fueron Coral de abanico (*Gorgonia ventalina*) con 60% y Mustard Hill Coral (*Porites astreoides*) con 30%.

INVEMAR (2009) Las especies del caribe más afectadas con Mancha Blanca son las especies Elkhorn Coral (*Acropora palmata*) y Staghorn Coral (*Acropora cervicornis*), al género *Porites* los afecta lo cual puede llegar a formar úlceras en el tejido coralino. Se puede apreciar que dentro de las especies más afectadas coincide con este estudio ya que el género *porites* ocupó el segundo lugar de afectación y *Acropora palmata* el segundo lugar.

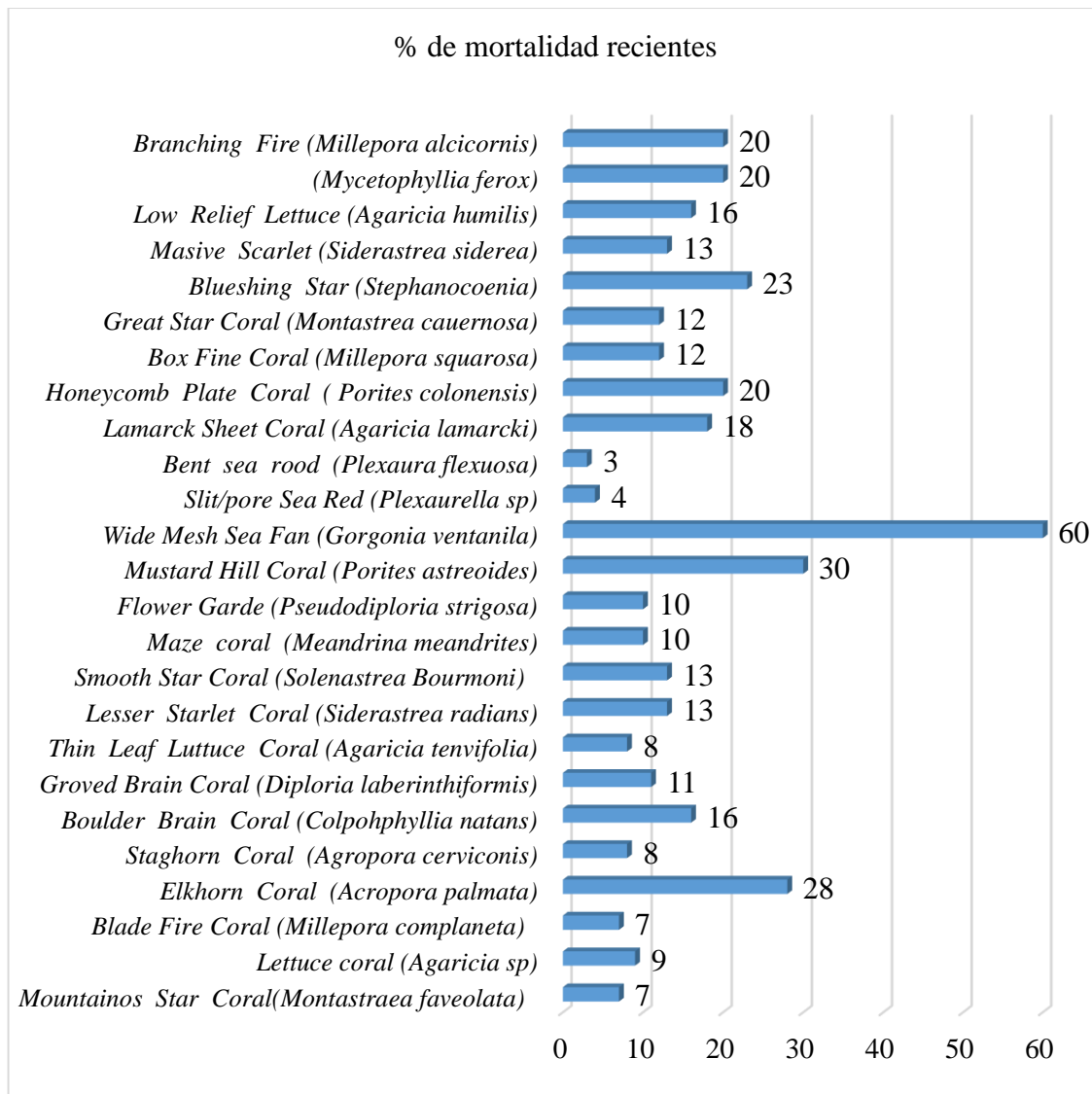
Gráfica 3. Mortalidad antigua



Se puede observar en la presente gráfica que las especies con mayor mortalidad antigua son: El Masive Scarlet (*Siderastrea siderea*), el Mustard Hill Coral (*Porites astreoides*), el Lesser Starlet Coral (*Siderastrea radians*) y el Elkhorn Coral (*Acropora palmata*), con un 75 % de mortalidad. De igual manera se puede apreciar que las especies con menor mortalidad antigua son: El Bluishing Star (*Stephanocoenia*) y el Wide Mesh Sea Fan (*Gorgonia ventalina*) con un 25% de mortalidad.

Existe un 56.2 de mortalidad antigua en el ecosistema de arrecifes muestreado.

Gráfica 4. Mortalidad recientes



Se puede observar en la presente gráfica que las especies con mayor mortalidad reciente son: El Wide mesh sea fan (*Gorgonia vantanila*), Branching fire coral (*Millepora alcicornis*), el (*Mycetophyllia ferox*), el Mustard hill coral (*porites astroides*), Blueshing star coral (*Stephanocoenia*) y el Elkhorn Coral (*Acropora palmata*), con un 60%, 30% y 28% de mortalidad. De igual manera se puede apreciar que las especies con menor mortalidad antigua

son: El Bent sea rood (*Plexsaura flexuosa*) y el Slit por sea red (*plexaurella sp*) con un 3% y 4% de mortalidad

El 22% del arrecife de coral muestrea presenta una mortalidad reciente.

Complejidad topográfica

1. *Montastraea faveolata* (Mountainos Star Coral) poseen al principio una quebrada y una pequeña elevación de fondo rocoso cubiertos con corales y un bello colorido de pastos y distintos tipos de organismos, lo cual se caracteriza por poseer distintos tipos de suelos mixtos de sustratos rocosos escombros y arena blanca, piedras perfecto para el crecimiento de distintos tipos de arrecifes de coral.

2. Lettuce coral (*Agaricia sp*): Posee una complejidad topográfica en su Habidad del arrecife en laderas y canales, lechos de algas, hasta los 5 a 10 m de profundidad con un sustrato de arenas blancas.

3. Blade Fire Coral (*Millepora complaneta*): Su complejidad topográfica es de sustratos rocosos y exoesqueletos de corales muertos expuestas al perímetro del cayo Black Mangrove Cay y a la vez posee un suelo topográfico plano hasta llegar a la profundidad posee un canal de más de 5 metros.

4. Elkhorn Coral (*Acropora palmata*): Posee una complejidad arenosa y además dura y rocosa con una profundidad de más de 8 metros con distintos quebradas.

5. Staghorn Coral (*Agropora cerviconis*): Posee una complejidad blanda y arenosa y además dura y rocosa con una profundidad de más de 8 metros con distintos quebradas.

6. Boulder Brain Coral (*Colpohphyllia natans*): Posee una complejidad blanda y arenosa y además dura y rocosa con una profundidad de más de 8 metros con distintos quebradas.

7. Groved Brain Coral (*Diploria Laberinthiformis*): Posee una complejidad dura y rocosa con una profundidad de más de 8 metros con distintos quebradas.

8. Thin Leaf Luttuce Coral (*Agaricia tenuifolia*): Poseen una quebrada y muchas elevaciones que llegan hasta la superficie del agua aproximadamente con elevaciones de fondo rocoso cubiertos con corales y un bello colorido de pastos y distintos tipos de organismos, lo cual se caracteriza por poseer distintos tipos de suelos mixtos de sustratos rocosos escombros y arena blanca, piedras perfecto para el crecimiento de distintos tipos de arrecifes de coral.

9. Lesser Starlet Coral (*Siderastrea radians*): Poseen una quebrada y muchas elevaciones que llegan hasta la superficie del agua aproximadamente con elevaciones de fondo rocoso cubiertos con corales y un bello colorido de pastos y distintos tipos de organismos, lo cual se caracteriza por poseer distintos tipos de suelos mixtos de sustratos rocosos escombros y arena blanca, piedras perfecto para el crecimiento de distintos tipos de arrecifes de coral.

10. Smooth Star Coral (*Solenastrea Bourmoni*): Poseen una quebrada y muchas elevaciones que llegan hasta la superficie del agua aproximadamente con elevaciones de fondo rocoso cubiertos con corales y un bello colorido de pastos y distintos tipos de organismos, lo cual se caracteriza por poseer distintos tipos de suelos mixtos de sustratos rocosos escombros y arena blanca, piedras perfecto para el crecimiento de distintos tipos de arrecifes de coral.

11. Maze coral (*Meandrina meandrites*): Con materiales muy finos, principalmente arcillas y limos provenientes de la tierra, que son traídos por los ríos tras los periodos de lluvias, y que se mezclan con materiales orgánicos del plancton. Las aguas suelen ser más turbias, lo que impide la transparencia del fondo y a la vez con presencias de rocas.

12. Flower Garde (*Pseudodiploria*): Posee una complejidad topográfica de únicamente rocas y pequeñas elevaciones de 3 a 6 metros aproximadamente.

13. Mustard Hill Coral (*Porites astreoides*): Posee una complejidad topográfica de únicamente rocas y pequeñas elevaciones de 3 a 6 metros aproximadamente.

14. Wide Mesh Sea Fan (*Gorgonia ventalina*): Posee una complejidad topográfica de únicamente rocas y arenas blancas de pequeñas elevaciones de 3 metros aproximadamente.

15.Slit/pore Sea Rood (*Plexaurella sp*): Posee una complejidad topográfica de únicamente rocas y pequeñas elevaciones de 3 a 6 metros aproximadamente.

16.Bent sea Rood (*Plexaura flexuosa*): Posee una complejidad topográfica de únicamente rocas y pequeñas elevaciones de 3 a 6 metros aproximadamente.

17.Lamarck Sheet Coral (*Agaricia lamarcki*): Posee una complejidad topográfica de únicamente rocas y pequeñas elevaciones de 3 a 6 metros aproximadamente.

18.Honeycomb Plate Coral (*Porites colonensis*): Posee una complejidad topográfica de únicamente rocas y pequeñas elevaciones de 3 a 6 metros aproximadamente.

19.Box Fine Coral (*Millepora squarosa*): Posee una complejidad topográfica de únicamente rocas y pequeñas elevaciones de 3 a 6 metros aproximadamente

20.Great Star Coral (*Montastrea cauernosa*): Posee una complejidad topográfica de únicamente rocas y pequeñas elevaciones de 3 a 6 metros aproximadamente.

21.Blushing Star Coral (*Stephanocoeni intercepta*): Posee una complejidad topográfica de únicamente rocas y pequeñas elevaciones de 3 a 6 metros aproximadamente.

22.Masive Scarlet Coral (*Siderastrea siderea*): Posee una complejidad topográfica de únicamente rocas y pequeñas elevaciones de 3 a 6 metros aproximadamente.

23. Low Relief Lettuce Coral (*Agaricia humilis*): Posee una complejidad topográfica de únicamente rocas duras y pequeñas elevaciones de 3 a 6 metros aproximadamente.

VI. CONCLUSIONES

1. En la zona 2 y la zona 1, muestran las mayores cantidades de organismos indicadores de buen estado de salud, además existen las mayores densidades de corales. En comparación a las zonas de menores densidades estas muestran mayor afectación con la enfermedad debido a que en ellas se encuentran las especies por las cuales la mancha blanca presenta mayor predilección.
2. La zona de muestreo 5 y 6 muestran las mayores afectaciones por Mancha Blanca, y presentando los valores más altos de las variables fisicoquímicas estudiadas que son temperatura, turbidez, salinidad y el Ph lo cual muestra también menores organismos indicadores de buen estado de salud de los arrecifes.
3. Los parámetros fisicoquímicos no presentaron mucha diferencia, exceptuando la turbidez, demostrando que las variaciones de temperatura, salinidad, pH y turbidez inciden en un 77% en las afectaciones por Mancha Blanca en los arrecifes de coral.
4. La densidad total de corales en el ecosistema de arrecifes es de 3 a 4 individuos por metro cuadrado, presentando una afectación por Mancha Blanca el 22% del ecosistema evaluado. El 56 % es mortalidad antigua con presencia de algas en una 47.6%.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se requiere de hacer estudios más minuciosos sobre el estado de salud de los corales debido a que existen otras enfermedades que pueden estar afectando a dicho ecosistema.
2. Se recomienda a los investigadores de diferentes organizaciones gubernamental y no gubernamental realizar investigaciones dirigidas a estudiar la afectación de cambio climático en ecosistemas de arrecifes de coral.
3. A los habitantes de las comunidades de Set Net y los que viven en los cayos Sand Fly, Black Mangrove y otros cercanos, minimicen las presiones humanas sobre los arrecifes ya que se realiza sobrepesca y pesca destructiva, lo cual también aumento de la sedimentación, drenaje de nutrientes y otros contaminantes y pérdida de hábitat por desarrollo insostenible. Controlando estas amenazas se mejorará la capacidad de los arrecifes para resistir mejor las pérdidas por cambio climático. Países en desarrollo, requieren de asistencia para mejorar los métodos de captura pesquera, manejo costero basado en la comunidad y desarrollo de nuevas alternativas de trabajo que disminuyan la presión sobre los arrecifes de coral.
4. Las instituciones como MARENA, SERENA y ALCALDIA, desarrollar programas que reduzcan los procesos de sedimentación descargue de nutrientes en las zonas altas de los ríos que desembocan en la Costa Caribe y afecta los arrecifes de coral y por ende se afecta la actividad pesquera.
5. A las universidades (BICU) y (URRACAN) realizar charlas sobre la ecología y las funciones de los arrecifes coralinos para que la población y principalmente los habitantes de los Cayos Perlas, conozcan la importancia del ecosistema coralino.
6. A la población en general de la costa caribe, el pacífico de Nicaragua y la población internacional recicle, reutilice y deseche la basura como corresponde. Los desechos marinos pueden ser perjudiciales para los arrecifes de coral. Recicle la basura

(especialmente los plásticos), en su casa y donde sea que esté, y recuerde las tres “R” (Reducir, Reutilizar y Reciclar). Al desechar la basura, hágalo adecuadamente en los contenedores, para evitar que esta se vuele o llegue a las vías fluviales y los océanos. En las playas, asegúrese de no dejar basura y nunca arroje ni deje los cigarrillos apagados en la arena.

- 7.** Continuar la caracterización en arrecifes más hacia el este del cayo Black Mangrove, considerando este documento una referencia a todas investigadoras de cada una de las organizaciones y a los investigadores que no estén en una organización.
- 8.** En cuanto a la recuperación de las zonas dañadas en los corales se recomienda formular e implementar un plan de manejo integral de la Zona Costera en conjunto con todos los actores relacionados al ecosistema costero.
- 9.** A las instituciones como INPESCA, MARENA realizar estudios especiales y temporales de pesca exploratoria para determinar el rendimiento pesquero y la estructura de la población de los diferentes Zonas del Black Mangrove y al margen de la plataforma durante todo el año.
- 10.** Coordinar con MARENA las Autoridades Municipales y con otras Instituciones relacionados con la conservación del medioambiente y el avance de la frontera agrícola, el desarrollo de proyectos del uso adecuado de tierras para disminuir la cantidad de sedimentos que llegan a la zona costeras.
- 11.** A las universidades del caribe de Nicaragua como la Bluefields Indian and Caribbean University (Bicu) y la universidad de las Regiones Autonomas del Caribe (Uracan) continuar la evaluación de las comunidades icticas del Cayo Black Mangrove, para determinar su composición, estructura y variabilidad espacial especialmente aquellas importantes para el saneamiento de los arrecifes coralinos.
- 12.** Al gobierno central se recomienda establecer un sistema de monitoreo del ecosistema coralino para detectar cambios en la composición béntica y sus causas.

VIII. REFERENCIAS

- AGRRA. (2000). *The AGRRA Rapid Assesment Protocol Atlantic And Gulf Rapid Reff Assesment Methology.*
- Alcolado P. M. (2004). *Manual de Capacitacion para el monitoreo voluntario de alerta temprana en arrecifes coralinos .*
- Archila S. L. (2015). *La Proteccion de los Arrecifes de Mexico y el Caribe.*
- Bood N. (2007). *Arrecifes de Coral de America Central - WWF. RSS\WEB FEEDS.*
- CARICOMP R. (2000). *Programa Marino Costero para la productividad del Caribe.*
- Dove S. G. & Guldberth H. (2006). *The Cell physiology of Coral Bleaching .*
- Dwight B. (2019). *Coral cerebro con la presencia de la enfermedad de mancha blanca. Laguna de Perlas-Nicaragua (Cayos Perlas-Black Mangrove Cay).*
- Dwight B. (2019). *Coral cerebro con la presencia de la enfermedad de mancha blanca. Laguna de Perlas-Nicaragua (Cayos Perlas-Black Mangrove Cay).*
- Dwight B. (2019). *Coral de cuerno con la presencia de la enfermedad de la mancha blanca y con algas filamentosas en sus alrededores. Laguna de Perlas-Nicaragua (Cayos Perlas-Black Mangroce Cay).*
- Dwight B. (2019). *Coral de fuego con afectaciones y con la presencia de la enfermedad de mancha blanca. Laguna de Perlas-Nicaragua (Cayos Perlas-Black Mangrove).*
- Dwight B. (2019). *Coral de fuego Millepora complanata con presencia de la nefermedad de mancha blanca y con algas filamentosas en sus alrededores. Laguna de Perlas-Nicaragua (Cayos Perlas-Black Mangrove Cay).*
- Dwight B. (2019). *Coral dedo con la ´presencia de la enfermedad de mancha blanca y con peces neon nadando en sus alredeores de sus colonias. Laguna de Perlas-Nicaragua (Cayos Perlas-Black Mangrove Cay).*

- Dwight B. (2019). *Coral estrella con la presencia de la enfermedad de mancha blanca*. Laguna de Perlas-Nicaragua (Cayis Perlas-Black Mangrove Cay).
- Dwight B. (2019). *Coral Mycetophyllia ferox con la presencia de la enfermedad de mancha blanca*. Laguna de perlas-Nicaragua (Cayos Perlas-Black Mangrovr Cay).
- Héctor G. (2018). *Blanquiamiento de corales en el caribe*.
- IBEA. (2019). *Desarrollo de evaluaciones socioeconómicas y ecológicas (Rapid Assessment) de los ecosistemas marinos y costeras (arrecifes coralinos, pastos marinos, humedales, manglares costeros e insulares, playas y sistemas lagunares) en el Municipio de Laguna de Per*. Laguna de Perlas-Nicaragua.
- Jameson S. C. Marshall M. J. & Childress M. (2007). *America Central Geologia , Recursos y Peligros Volumen I - Capitulo 7*.
- Jason B. . (1998 - 2013). *Odyssey Expeditions - Marine Biology Learning Center Publications*.
- Katherine S. (2019). *El blanquiamiento de los corales amenaza a comunidades caribeñas*.
- Kenrick L. (2019). *Salvando los arrecifes de Barbado*.
- Kleppel R. (1989). *Oduysey Expedition on Coral Bleaching Marine Biology Learning Center Publications*.
- Littler M. M. Littler D. S. & Taylor P. R. . (1989). *Evolutionary Strategis in a tropical barrier reef system funtional grups of Marine macroalgea*.
- Lohr, J. Munn, C. Colin, B. & Wilson Wh. . (2007). *Coral Bleaching on the Caribbean .*
- Mariska W. & Armando U. (1999). *Los Arrecifes de los Cayos Perlas*.
- Mariska W. & Armando U. (1999). *Los Arrecifes de los Cayos Perlas*. Halover, Nicaragua.
- Murray S. P. & Yung M. (1984). *The nearshore current along a high rainfall trade wind coast, Nicaragua Estuarin Coastal Shelf Sci 21: 687- 699*.

- PAANIC. (1993). *Diagnostico y propuesta del plan de accion de recursos acuaticos plan de Accion Ambiental para Nicaragua.*
- Pedro S. (2019). *Coral con la presencia de la enfermedad de la mancha blanca . Laguna de Perlas-Nicaragua (Cayos Perlas-Black Mangrove Cay).*
- Pedro S. (2019). *Coral de abanico Gorgonia ventanila con afectaciones y la presencia de la enfermedad de la mancha blanca. Laguna de perlas-Nicaragua (Cayos Perlas-Black Mangrove Cay).*
- Pedro S. (2019). *Coral de Acropora palmata con la presencia de la enfermedad de mancha blanca. Laguna de Perlas-Nicaragua (Cayos Perlas.Black Mangrove Cay).*
- Pedro S. (2019). *Coral de estrella con la presencia de la enfermedad de mancha blanca y algas filamentosas en sus alrededores. Laguna de perlas-Nicaragua (Cayos Perlas-Black Mangrove Cay).*
- Peter V. (2018). *Dutch Caribbean Biodiversity Database. Revista Ecured cuba Blanqueo Coralino Cuba.*
- Precht W. (2000). *Hervivore and algal dynamics on the coral reefs at Discovery Bay Limnol Oceanogr.*
- Richter S. C. . (2007). *Morfologias Costera y Arrecifes y Arrecifes de Coral. .* Editor: Taylor & Francis, Londres, .
- Roberts H. H. & Murray S. P. (1983). *Controls on Reef Development and the terrigenous carbonate interface on a shallow shelf, Nicaragua (Central America) Coral Reef* 2:71-80.
- Roberts H. H; & Murray S. P. - Murray S. P. & Young M. (1983, 1984,). *Los Arrecifes de los Cayos Perlas.*
- Roberts, H. H. & Murray, S. P. . (1983). *Controls on reef development and the terrigenous carbonate interface on a shallow shelf, Nicaragua (Central America) Coral Reef* 2:71- 80.

- Ryan J. & PAANIC . (1992-1993). *Los Arrecifes de los Cayos Perlas*.
- Ryan J. (1991). *Los Arrecifes del Caribe nicaraguense*. WANI, Tomo 13, Universidad Centroamericana (UCA).
- Ryan J. (1992). *Los Arrecifes del Caribe nicaraguense* WANI.
- Ryan J. (1993). *Plantas Submarinas del Caribe Nicaraguense*. WANI Tomo 14, Universidad Centroamericana (UCA) Pag. 67.
- Solorzano O. (2017). *Blanquiamiento de Corales en el Caribe de America Central*.
- Taylor P. R. (1989). *Evolutionary strategies in a tropical Barrier Reef system functional groups of Marine macroalgae*.
- Weijerman M. & Ubeda A. (1999). *Los Arrecifes de los cayos perlas, Nicaragua. Proyecto para el Desarrollo Integral de la Pesca Artesanal en la Region Autonoma Atlantico Sur, Nicaragua (DIPAL II)*.
- Westmacott T. & Wells . (2000). *Monitorig coral Healt and growt*.
- Wood A. (1994). *Biological Distribution and community structure on Coral Reef*.

IX. ANEXOS

Indicadores que expresan las diferencias de un Arrecife de coral sano y un Arrecife de coral enfermo.

En esta tabla como podemos apreciar explica indicaciones de diferencias de un coral sano y uno enfermo enfocado y utilizando a las especies marinas indicadoras de estado de sanidad en corales que habitan en refugios de arrecifes coralinos. En esfuerzo por establecer control sobre el aprovechamiento de los recursos y el uso del ecosistema costero en la zona de los Cayos Perlas (Black Mangrove cay) para poder determinar qué tan rico y productivo en salud se encuentran las colonias de arrecifes de coral se mantuvo un seguimiento utilizado del protocolo de Evaluaciones Ecológicas Rápidas de los Arrecifes del Golfo y Atlántico (AGGRA). Como podemos diferenciar para indicar diferencias de un coral sano y un coral enfermo se seleccionaron seis puntos para muestrear en el cayo Black Mangrove en esto durante el buceo mediante la observación y fotos de especies que habitan y viven en los corales se categorizaron en invertebrados y vertebrados en cada uno de los puntos para indicar la productividad de salud del ecosistema coralino en el Cayo Black Mangrove (Cayos Perlas).

Tabla 3. Especies indicadoras de estado de sanidad en corales

Zonas de muestreo	Peces	Invertebrados

Zona 1	Pargo rojo (<i>lutjanus sp</i>) 20, Yellowtail snapper (<i>ocyurus chrysurus</i>) 26, Stoplight porrot fish (<i>scarus coeruleus</i>) 4 Crown wrasse (<i>Haliechoeres maculipinna</i>)12	Channel claiming crab (<i>Mithrax spinosissimus</i>) 2, Mottled shore crab (<i>Pachygrapsus transversus</i>) 7, Reef urchin (<i>Echinometra viridis</i>) 24
Zona 2	Stoplight porrot fish (<i>Scarus coeruleus</i>) 4	Caracol Rosado (<i>Strombus gigas</i>) 1, Caribbean reef squid (<i>Sapioteuthis sapiodea</i>) 2
Zona 3	Yellowtail snapper (<i>Ocyurus chrysurus</i>) 40 a +, Stoplight porrot fish (<i>Scarus coeruleus</i>) 7, Great barracuda (<i>Sphyraena barracuda</i>) 1, Pargo rojo (<i>lutjanus sp</i>) 10 a + Black grouper (<i>Mycteroperca bonati</i>) 8	Reef urchin (<i>Echinometra viridis</i>) 48 a +, Caracol Rosado (<i>Strombus gigas</i>) 1, Rock borning urchin (<i>Echinometra lucunter lucunter</i>) 30 a +
Zona 4	Crown wrasse (<i>Holichoeres mculipinna</i>) 6	Rock borning urchin (<i>Echinometra lucunter lucunter</i>) 39 a +, Reef urchin (<i>Echinometra viridis</i>)
Zona 5	Yellowtail snapper (<i>ocyunus chrysurus</i>) 40, Stoplight porrot fish (<i>Sparisoma virade</i>) 2, Black gruper (<i>Mycteroperca bonati</i>) 5, Pargo rojo (<i>Lutjanus sp</i>) 7, Lion fish (<i>Volitans pterois</i>) 1	Rock borning urchin (<i>Echinometra lucunter lucunter</i>) 39 a +
Zona 6	Pargo rojo (<i>lutjanus SP</i>) 3Pargo rojo (<i>lutjanus sp</i>) 3	Reef urchin (<i>Echinometra viridis</i>) 10, Long spined urchin (<i>Diadema antillaruar</i>) 40

Tabla 2. Presencia de especies por zonas y estado de salud (sanos o libres de mancha blanca y enfermos o con mancha blanca)

En esta tabla se aprecia la distribución de las especies de arrecifes de coral por zonas de muestreos, pudiendo identificar 25 especies en todas las 6 zonas de muestreos. Categorizándolos en (sanos o libres de mancha blanca o con mancha blanca) y describiéndolos por cada una de las especies cual es el más afectado y el más sano en un promedio de porcentaje y determinar la cantidad de especie se encuentran en cada zona muestreado.

Tabla 4. Presencia de especies por zonas y estado de salud (sanos o libres de mancha)

Especies	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Sanos (%)	Afectados (%)
Mountainos Star Coral (<i>Montastraea faveolata</i>)	1	1				1	93	7
Lettuce coral (<i>Agaricia sp</i>)	1	1	1	1			91	9
Blade Fire Coral (<i>Millepora complaneta</i>)	1	1		1			93	7
Elkhorn Coral (<i>Acropora palmata</i>)	1	1			1	1	72	28
Staghorn Coral (<i>Agropora cerviconis</i>)	1		1	1		1	92	8
Boulder Brain Coral (<i>Colpohyllia natans</i>)	1	1		1	1		84	16
Groved Brain Coral (<i>Diploria labyrinthiformis</i>)	1	1	1				89	11
Thin Leaf Luttuce Coral (<i>Agaricia tenuifolia</i>)	1	1	1	1			92	8
Lesser Starlet Coral (<i>Siderastrea radians</i>)	1	1	1		1		87	13
Smooth Star Coral (<i>Solenastrea Bourmoni</i>)	1						87	13
Maze coral (<i>Meandrina meandrites</i>)	1						90	10
Flower Garde (<i>Pseudodiploria strigosa</i>)	1						90	10
Mustard Hill Coral (<i>Porites astreoides</i>)				1			70	30

Wide Mesh Sea Fan (<i>Gorgonia ventanila</i>)			1				40	60
Slit/pore Sea Red (<i>Plexaurella sp</i>)			1				96	4
Bent sea rood (<i>Plexaura flexuosa</i>)			1				97	3
Lamarck Sheet Coral (<i>Agaricia lamarcki</i>)			1	1		1	82	18
Honeycomb Plate Coral (<i>Porites colonensis</i>)				1			80	20
Box Fine Coral (<i>Millepora squarosa</i>)		1	1	1	1	1	88	12
Great Star Coral (<i>Montastrea cauernosa</i>)				1	1	1	88	12
Blueshing Star Coral (<i>Stephanocoenia</i>)						1	87	23
Masive Scarlet Coral (<i>Siderastrea siderea</i>)		1		1	1		87	13
Low Relief Lettuce Coral (<i>Agaricia humilis</i>)					1		84	16
(<i>Mycetophyllia ferox</i>)						1	80	20
Branching Fire Coral (<i>Millepora alcicornis</i>)						1	80	20
Cantidad de especies por zona	12	10	10	11	8	8		

Se muestran Ilustraciones de diferentes especies de corales afectados con la enfermedad de la Mancha Blanca.

Ilustración 3 (Mycetophyllia ferox).



Fuente: (Dwight B., 2019).

Ilustración 4 (Acropora palmata).



Fuente. (Pedro S., 2019).

Ilustración 5. (Millepora complanata).



Fuente: (Dwight B., 2019).

Ilustración 6 (Sidserastrea siderea).



Fuente: (Pedro S., 2019).

Ilustración 7(Gorgonia ventanila).



Fuente: (Pedro S., 2019).

Ilustración 8 (Millepora alcicornis).



Fuente: (Dwight B., 2019).

Ilustración 9 (Acropora cervicornis).



Fuente: (Dwight B., 2019).

En esta imagen se aprecia el género de coral (*porites sp*), por la calidad de la imagen tomada se identificó a nivel de género.

Ilustración 10 (Porites sp).



Fuente: (Dwight B., 2019).

Ilustración 11 (Pseudodiploria strigosa).



Fuente: (Dwight B., 2019).

Ilustración 12 (Solenastrea bournoni).



Fuente: (Pedro S., 2019).

Ilustración 13 (Agaricia sp.).



Fuente: (Dwight B., 2019).

Ilustración 14(Diploria labyrinthiformis).



Fuente: (Dwight B., 2019).

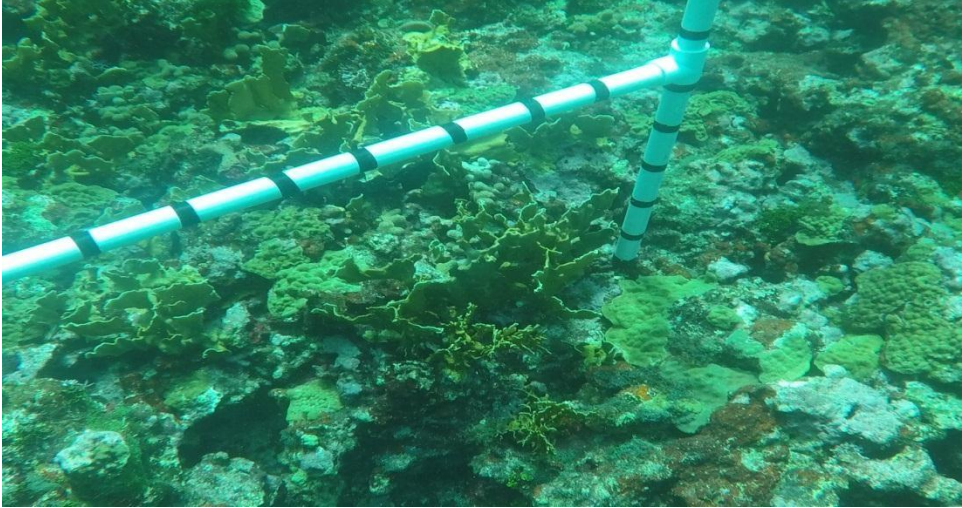
Proceso de medición de las colonias coralinias determinando su altura y diámetro de las colonias de corales (vertical y horizontal).

Ilustración 15 (Medición vertical).



Fuente: (IBEA, 2019).

Ilustración 16 (Medición Horizontal).



Fuente: (IBEA, 2019).
