



# UNIVERSIDAD DE LAS REGIONES AUTÓNOMAS DE LA COSTA CARIBE NICARAGÜENSE

## URACCAN

**Monografía**

Restauración de Arrecifes Coralinos en la Reserva Biológica Cayos  
Miskitus

Para optar el título de ingeniera Agroforestal

Autora: Br. Lidia Matus Spears

Tutor: Msc. Marcos Williamson

Bilwi, Puerto Cabezas,  
RACCN, Nicaragua, 2020

A Dios

Le dedico principalmente a mi Dios por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de las metas deseadas de mi vida y permitirme llegar a esta etapa.

A mis Padres y mi Abuela

Le dedico el presente trabajo de titulación por el gran apoyo incondicional que me brindaron y el esfuerzo que hicieron para que culminara esta gran etapa.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A Dios**

Agradezco de todo corazón a mi Dios todo poderoso por haber finalizado mi trabajo, por bendecirme y guiarme a lo largo de mi existencia. Por su infinita misericordia, su inmenso amor, porque nunca me soltó y siempre camino junto a mí. Sin Dios no lo hubiera logrado.

### **A mis Padres y Abuela**

Gracias a mis padres y mi abuela por su gran apoyo, por ser el pilar y motor de mi vida, por estar en los momentos más difíciles de mi trayectoria, por confiar y creer en mí, agradezco sus motivaciones para luchar por mis sueños.

### **A URACCAN-IREMADES**

Mi profundo agradecimiento a la institución URACCAN-IREMADES por abrirme las puertas y permitir realizar todo el proceso investigativo dentro de su establecimiento educativo. A mi tutor Msc. Marcos Williamson por su apoyo incondicional porque siempre confió y creyó en mí, por motivarme a culminar y su apoyo moral. Agradezco al equipo técnico de la institución que colaboro en este proyecto, sin ellos no hubiera logrado finalizar mi investigación.

Agradezco a mis docentes de la Universidad URACCAN por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de mi profesión, su paciencia y dedicación que nos brindó a lo largo de 5 años.

CONTENIDO	Pág.
I. Introducción .....	1
II. Objetivos.....	3
2.1 Objetivo general .....	3
2.2 Objetivos específicos .....	3
III. Marco teórico.....	4
3.1 Arrecifes .....	4
3.2 Corales.....	4
3.3 Arrecifes de coral .....	4
3.4 Áreas degradadas productos de impactos antropogénicas y fenómenos naturales .....	4
3.5 Restauración de arrecifes coralinos .....	5
3.6 Importancia de restaurar arrecifes .....	5
3.7 Área protegida.....	5
3.8 Reserva Biológica .....	5
3.9 Tipos de corales existentes en los cayos Miskitus .....	6
3.9.1 Corales pétreos.....	6
3.9.2 Octocorales o corales suaves.....	7
3.10 Mortalidad .....	7
3.11 Causas de Mortalidad en los corales .....	7
3.12 Amenazas en los arrecifes de coral .....	8
3.13 Tasa de crecimiento.....	9
3.14 Área de cobertura.....	9
3.15 Adherencia .....	9
3.16 Riqueza.....	10
3.17 Factores ambientales.....	10
3.18 Parámetros físico-químicos.....	10
3.19 Definición de enfermedad, que afectan a los corales.....	10
3.20 Fauna acompañante en los arrecifes .....	11
IV. Metodología y materiales .....	12
4.1 Ubicación del estudio .....	12
4.2 Tipo de estudio.....	13
4.3 Nivel de investigación .....	13

4.4 Universo .....	13
4.5 Muestra .....	13
4.6 Unidad de observación .....	14
4.8 Operacionalización de variables .....	14
4.9 Criterios de selección de los sitios .....	15
4.11 Técnicas e instrumentos .....	17
4.11.1 Fase de capacitación y entrenamiento .....	17
4.11.2 Fase de construcción e instalación de las estructuras artificiales de corales .....	17
4.11.3 Metodo de Campo para levantado de datos <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
4.12 Delimitación del estudio .....	22
V. Resultados y discusión .....	24
5.1.1 Factores ambientales.....	24
5.1.2 parámetros físico-químicos.....	25
5.1.3. Las enfermedades que afectan a los corales establecido bajo manejo de restauración .....	27
5.1.4 La fauna asociada en los tres sitios donde fue el proceso de restauración. ....	28
5.2 La supervivencia y mortalidad abarcando área de cobertura, crecimiento, adherencia, y riqueza de los sitios de restauración de los corales .....	31
5.2.1 La tasa de mortalidad de los corales establecidos en los tres sitios de restauración en Cayos Miskitus .....	31
5.2.2 El éxito de los corales establecidos en los tres sitios de restauración .....	33
5.2.3 Especies de los corales establecidos y sobreviviente en los tres sitios de restauración.....	34
5.2.4 Área de cobertura y crecimiento de los corales en los tres sitios restaurados de los Cayos Miskitus .....	36
5.2.5 Grado de adherencia de los corales establecidos y riqueza de los sitios restaurados.....	39
VI. Conclusiones .....	56
VII. Recomendaciones.....	58
VIII. Lista de referencias .....	60
IX. Anexos .....	63

## **INDICE DE TABLA**

**pág.**

Tabla N°1 Especies de corales pétreos identificados en la Reserva Biológica Cayos Miskitus 2018.....	6
Tabla N° 2 Especies de octocorales identificados en Cayos Miskitus.....	7
Tabla N° 3 Tabla de criterios y rangos de las variables utilizadas.....	16
Tabla N° 4 Parámetros físico-químicos en los sitios de restauración en verano....	25
Tabla N° 5 Parámetros físico-químicos en los sitios de restauración en invierno... 26	
Tabla N° 6 Enfermedades que afectan a los corales en restauración.....	27
Tabla N° 7 Faunas asociados a los sitios de restauración de los corales.....	29
Tabla N° 8 Especies de corales establecidos en los sitios de restauración.....	34
Tabla N°9 Resultados preliminares de Buhutni kira.....	61
Tabla N°10 Resultados preliminares de Maxide.....	61
Tabla N°11 Resultados preliminares de Creole bar.....	61
Tabla N° 12 Formato de muestreo de campo de los parámetros físico-químico....	62
Tabla N°13 Materiales y costo de fabricación de los módulos.....	62

## **ÍNDICE DE GRAFICO**

**Pág.**

Grafico N°1 Resultado de Mortalidad en Buhutni Kira.....	31
Grafico N° 2 Resultado de Mortalidad en Maxide.....	31
Grafico N° 3 Resultado de Mortalidad en Creole bar.....	32
Grafico N° 4 Tasa de Supervivencia de los corales en los tres sitios restaurados...33	
Grafico N°5 Grado de cobertura y altura de los corales en Buhutni kira.....	36
Grafico N°6 Grado de cobertura y altura de los corales en Maxide.....	37

Grafico N°7 Grado de cobertura y altura de los corales en Creole Bar.....	38
Grafico N°8 Grado de adherencia de los corales y riqueza por sitio.....	39

## ÍNDICE DE IMÁGENES

pág.

Imagen N°1 Mapa de la evaluación ecológica rápida de los cayos Miskitus.....	13
Imagen N°2 Tabla scuba enumerando los módulos.....	17
Imagen N°3 Construcción de las galletas provisto de cuello de botella.....	17
Imagen N° 4 Multiparametric sper scientific.....	21
Imagen N° 5 Multiparametric sper scientific.....	21
Imagen N° 6 Mapa de los sitios de restauración de corales en cayos Miskitus....	22
Imagen N°7 Enfermedad de banda negra.....	27
Imagen N° 8 Síndrome del caribe blanco o plaga blanca.....	28
Imagen N°9 Colocación de las plántulas de los corales.....	63
Imagen N°10 Medición de los corales.....	63
Imagen N°11 Exceso crecimiento de algas filamentosas en los módulos.....	63
Imagen N°12 Módulos colocados en forma circular en creole bar.....	63
Imagen N°13 Recolección de corales para establecer en los módulos.....	64
Imagen N°14 Módulos cubiertos por exceso de sedimentación en creole bar.....	64
Imagen N°15 Medicion de los parámetros FQ de agua en los sitios restaurados...	64
Imagen N°16 Fauna acompañante “Pez Damisela”.....	64

## RESUMEN

La presente investigación tiene como finalidad evaluar el proceso de restauración de arrecifes de coral en tres sitios de Cayos Miskitus e incrementar las poblaciones de corales, y para este fin, fue realizada una instalación de 148 módulos, donde fueron establecidas 17 especies de corales en un lapso de 15 meses. Con Monitoreos cuatrimestrales donde fueron evaluadas las siguientes variables; mortalidad, supervivencia, tasa de crecimiento, adherencia, fauna acompañante, enfermedades asociados a los corales, riqueza modular, parámetros físico-químicos y ambientales.

Los resultados indican que la tasa de mortalidad promedio de los sitios fue de 40% el sitio con mayor mortalidad fue Creole bar con un 75% y el sitio que presento mayor tasa de supervivencia fue Maxide un 80%. De las 17 especies establecidas solo sobrevivieron los corales pétreos y 1 hidrocoral; lo que nos indica que estos corales son más resistentes y mejor adaptación a las condiciones ambientales, físico-químico. Asimismo, los grupos de corales ramificadas tienden a ser de rápido crecimiento, en este estudio en un lapso de 15 meses crecieron aproximadamente un promedio de 8 a 10 cm en los sitios de profundidades de 4 a 5 metros, mientras que profundidades de 15 m alcanzaron aproximadamente 14 cm.

En relación, a los grupos de corales incrustantes o masivos tienden a tener un crecimiento lento. Pero, se adhiere más rápido que los ramificados, de acuerdo a nuestra observación. Los parámetros biológicos, ecológicos y ambientales son componentes esenciales para el establecimiento de la restauración de los arrecifes de corales, gran parte del éxito dependen de estos parámetros. La Capacidad de la naturaleza para reponer los daños en los arrecifes naturales es muy lento y para obtener resultados significativos en su crecimiento requiere de varios años.

**Palabras claves:** Restauración; Corales; Arrecifes; Pétreos; Hidrocoral; Octocorales; Fauna acompañante; Parámetros biológico, ecológico, ambiental.





## I. Introducción

En la actualidad en el caribe norte de Nicaragua es evidente el deterioro que han estado sufriendo los ecosistemas marinos y costeros ocasionado principalmente por acciones antropogénicas como es la explotación pesquera que puede provocar el colapso de diversos ecosistemas y especies. Asimismo, la afectación por los fenómenos naturales que han causado un notorio cambio de los recursos marinos y costeros.

La incidencia directa más reciente sobre los arrecifes coralinos se dio con paso del huracán Félix en el año 2007; Esto se refleja en el estudio realizado en el año 2018, donde realizó una evaluación ecológica rápida acerca del estado de salud arrecifal a los 18 bancos de arrecifes coralinos de los Cayos Miskitus, los resultados indicaban la existencia de al menos tres arrecifes que se encuentran en condiciones regulares (17%), tres arrecifes que encuentran en malas condiciones (17%) y uno en condición crítica (5%), en resumen muestra que el 39% de los sitios estudiados ameritan algún tipo de proceso de restauración.

Por ello, desde la universidad URACCAN a través del instituto IREMADES-CISA, dentro del marco de la iniciativa denominada **Fortalecimiento de condiciones y capacidades de la población para la conservación y manejo sostenible de ecosistemas costeros de la Costa Caribe de Nicaragua**, emprende un proyecto piloto innovador que consiste en la restauración de arrecifes coralinos en las áreas más degradadas de la Reserva Cayos Miskitus, esto con la finalidad de incrementar las poblaciones de corales que son los principales hábitats de los recursos marinos como la langosta espinosa, los peces comerciales y los pepinos del mar lo que son los medios de vida de la poblaciones que viven en los litorales de la Costa Caribe.

El principio de toda restauración de arrecife de coral es contribuir a mejorar las condiciones ecológicas y socio-económicas de una zona litoral, contrarrestando los impactos negativos que han dañado a los arrecifes; esta acción es de real importancia porque dicho proceso mitigara las áreas degradadas de dicha zona, la importancia de restaurar recae en el valor que tienen la vida marina ya que son ecosistemas de gran biodiversidad que nos proporciona bienes y servicios ambientales y son el 25% de la

vida marina, es la base del ecosistema marino y amortiguan la fuerza del océano al prevenir la erosión y disminuir la fuerza del oleaje. Son lugares de crianza, refugio, alimentación y reproducción de muchas especies marinas. Además, estos pueden ser un atractivo para el fomento del turismo científico o para fines de investigación.

De tal manera que el objetivo de este trabajo desarrollado por un periodo de 15 meses entre los años 2018 al 2020 fue la de evaluar el proceso de restauración de arrecifes de coral en el Área Protegida Reserva Biológica Cayos Miskitus.

## **II. Objetivos**

### **2.1 Objetivo general**

Evaluar el proceso de restauración de arrecifes de coral en el Área Protegida Reserva Biológica Cayos Miskitus durante el periodo 2018-2019.

### **2.2 Objetivos específicos**

- 1) Caracterizar los parámetros biológicos, ecológicos y ambientales de los sitios de restauración de los arrecifes coralinos en la Reserva Biológica Cayos Miskitus
- 2) Determinar la supervivencia y mortalidad abarcando área de cobertura, crecimiento, adherencia, y riqueza de los sitios en donde se realiza la restauración de los corales
- 3) Presentar un catálogo de las especies de los corales establecidos y las faunas acompañantes existentes en los sitios de restauración

### **III. Marco teórico**

#### **3.1 Arrecifes**

Ortiz (2005), afirma que un arrecife es la estructura rocosa sobre la plataforma submarina, que ha sido formada por los esqueletos de los corales y otros organismos marinos.

#### **3.2 Corales**

Los corales son pólipos cilíndricos similares a las anémonas de mar, que secretan un duro esqueleto calcáreo en su base. La mayoría de los corales crece mediante el repetido brote de pólipos, los cuales permanecen adheridos formando una colonia. Los corales son animales, pero todas las especies que forman arrecifes también contienen abundantes algas simbióticas dentro de sus tejidos. Jackson & D' Cruz, (2003)

#### **3.3 Arrecifes de coral**

EPA (2017), aduce que los ecosistemas de los arrecifes de coral son grupos intrincados y diversos de especies que interactúan entre sí y con el entorno físico. Los corales son una clase de colonia de animales que se relacionan con los hidrozooos, las medusas y las anémonas de mar.

Los arrecifes de coral son el hábitat de una gran variedad de especies de la vida marina, que incluyen diversas clases de esponjas, ostras, almejas, cangrejos, estrellas de mar, erizos de mar y muchas especies de peces. Los arrecifes de coral también están relacionados ecológicamente con las comunidades de pastos marinos, manglares y marismas circundantes. Uno de los motivos por los que los arrecifes de coral son tan valiosos es porque funcionan como centro de actividad de la vida marina.

#### **3.4 Áreas degradadas productos de impactos antropogénicos y fenómenos naturales**

Zurita (2015), alega que las áreas degradadas son debido por el deterioro del medio ambiente mediante el agotamiento de recursos como el aire, el agua y el suelo; la destrucción de ecosistemas y la extinción de la vida silvestre. Asimismo, el cambio o alteración del medio ambiente que se percibe como perjudicial o indeseable. Estas

pueden ser ocasionadas por el hombre producto de las malas y desastrosas actividades y por fenómenos naturales.

### **3.5 Restauración de arrecifes coralinos**

Son técnicas que se utilizan para acelerar la recuperación de arrecifes impactados o degradados apoyando los procesos naturales de recuperación y tratar de llevarlos a su condición original tanto como sea posible. “La restauración ecológica es el proceso de asistir la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido” Edwards A.J., Gomez E.D. (2007)

### **3.6 Importancia de restaurar arrecifes**

Las técnicas de restauración de arrecifes crean beneficios tales como el aumento en la cobertura coralina, la recuperación del arrecife para la protección de organismos que viven en él, el incremento de las especies del mismo y la producción de oxígeno generado a partir de la fotosíntesis que realizan las algas que se encuentran en él, ayudando así a satisfacer la demanda de oxígeno del planeta por la creciente producción de dióxido de carbono provocado por los altos consumos de energía y la producción de gases de efecto invernadero en la atmósfera, además de que sirve como un atractivo para el turismo. Muñiz et al. (2016)

### **3.7 Área protegida**

Las que tienen por objeto la conservación, el manejo racional, y la restauración de la flora, fauna silvestre y otras formas de vida, así como la biodiversidad y la biosfera. Igualmente se incluirá en esta categoría, aquellos espacios del territorio nacional que al protegerlos, se pretende restaurar y conservar fenómenos geomorfológicos, sitios de importancias históricas, arqueológicas, culturales, escénicas o recreativas. Marena, (1999).

### **3.8 Reserva Biológica**

Marena, (1999), afirma que una reserva Biológica son áreas extensas que poseen eco regiones representativas inalteradas y por ende ecosistemas, rasgos geológicos, fisiográficos y especies de gran valor científico y representativos, destinadas principalmente a actividades de investigación científica y monitoreo ecológico.

### 3.9 Tipos de corales existentes en los cayos Miskitus

#### 3.9.1 Corales pétreos.

Según IREMADES (2001), citado a Hummans, los corales duros o pétreos son invertebrados que viven atados al fondo del mar. Además, los corales son animales pequeños de aproximadamente 2 mm en forma de un saco cilíndrico con una boca central rodeada por anillos de tentáculos en múltiplos de seis, utilizados para defensa y alimentación. Los corales duros forman un esqueleto externo de carbonato de calcio y son los principales constructores de los arrecifes en mares tropicales.

**Tabla1. Especies de corales pétreos identificados en la Reserva Biológica Cayos Miskitus 2018**

No.	Nombre común	Especie
1	Coral de cuerno de ciervo	<i>Acropora cervicornis</i>
2	Coral de cuerno de alce	<i>Acropora palmata</i>
3	Coral cuerno de ciervo	<i>Acropora prolifera</i>
4	Coral lechuga	<i>Agaricia tenuifolia</i>
5	Coral cerebro gigante	<i>Colpohyllia natans</i>
6	Coral de pilar	<i>Dendrogyra cylindrus</i>
7	Coral estrella elíptico	<i>Dichocoenia stokesii</i>
8	Coral cerebro	<i>Diploria clivosa</i>
9	Coral cerebro	<i>Diploria labyrinthiformis</i>
10	Coral cerebro	<i>Diploria strigosa</i>
11	Coral laberinto pequeño	<i>Meandrina meandrites</i>
12	Coral de fuego delicado	<i>Millepora alcicornis</i>
13	Coral de fuego	<i>Millepora complanata</i>
14	Coral estrella lobulado	<i>Montastraea annularis</i>
15	Coral estrella gigante	<i>Montastraea cavernosa</i>
16	Coral estrella laminar	<i>Montastraea faveolata</i>
17	Coral mostaza	<i>Porites astreoides</i>
18	Coral de dedos	<i>Porites divaricata</i>
19	Coral de dedos	<i>Porites furcata</i>
20	Coral de dedos	<i>Porites porites</i>
21	Coral estrella	<i>Siderastrea sidérea</i>
22	Coral estrella suave	<i>Solenastrea bournoni</i>
23	Coral escleractinio	<i>Undaria tenuifolia</i>

Fuente; Fundar (2018), Evaluación ecológica rápida

### 3.9.2 Octocorales o corales suaves.

Hummans (2001), afirma que los octocorales o corales suaves también son invertebrados coloniales como los corales duros. Pero, con la diferencia de que producen esqueletos de un material córneo más suave que el carbonato de calcio, y dentro de ese material hay unas estructuras calcáreas llamadas escleritas.

Tabla 2. Especies de Octocorales identificados en los Cayos Miskitus

No.	Nombre común	Especie
1	Abanico de mar	<i>Gorgonia Flabellum</i>
2	Abanico de mar	<i>Gorgonia ventalina</i>
3	Bastón de mar doblado	<i>Plexaura sp</i>
4	Bastón de mar gigante	<i>Plexaurella nutans</i>
5	Candelabro espinoso	<i>Eunicea sp.</i>
6	Pluma de mar	<i>Pseudopterogorgia acerosa</i>
7	Pluma de mar	<i>Pseudopterogorgia bipinnata</i>
8	Poroso falso	<i>Pseudoplexaura porosa</i>

Fuente; Fundar (2018), Evaluación ecológica rápida

### 3.10 Mortalidad

Según Fernández (2015), la mortalidad es la disminución porcentual de una población debido a los individuos que mueren en un lapso de tiempo también es entendida como la desaparición por muerte de los individuos de una población.

**Mortalidad mínima:** se da cuando los organismos mueren por factores fisiológicos propios de la especie, sin que intervengan factores ambientales limitativos.

**Mortalidad ecológica:** es cuando la muerte de los organismos ocurre debido a factores limitativos como el clima y los depredadores.

### 3.11 Causas de Mortalidad en los corales

Según, (Healthy Reefs, s.f) La mortalidad en los corales es una medida de exterminio ya sea de manera reciente o vieja, esto puede darse en todo el coral o en 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 en donde existen 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.

Las causas de mortalidad son las enfermedades recientes, el forrajeo de los peces, crecimiento excesivo de algas y extensiones de blanqueamiento de coral. Si las lesiones cubren un área relativamente pequeña de una colonia, la regeneración del tejido puede ocurrir. Sin embargo, los altos niveles de perturbación aguda (como los huracanes) o crónica (como el enriquecimiento de nutrientes,) puede prevenir nuevo crecimiento de tejido o dar una ventaja competitiva a otros organismos de los arrecifes (por ejemplo, las algas,).

Se recomienda que la mortalidad de corales sea monitoreada de manera regular y que se complemente con estudios regionales. La extensión de la mortalidad se suele estimar visualmente por los buzos.

### **3.12 Amenazas en los arrecifes de coral**

EPA (2017), Afirman algunas amenazas o factores que enfrentan los arrecifes de coral que conlleva como resultado a la mortalidad o deterioro de los corales; la destrucción física por actividades de desarrollo costero, prácticas de pesca destructiva, contaminación que se origina en la tierra pero llega hasta las aguas de la costa (sedimentación, se ha identificado como uno de los principales factores de estrés para la existencia de los corales y la recuperación y su hábitat), los nutrientes (el uso de fertilizantes agrícolas y residenciales, el exceso de esto pueden llevar al desarrollo de algas que obstruyen la luz del sol y consumen el oxígeno que los corales necesitan para respirar, también contribuyen al desarrollo de microorganismos como bacterias y hongos).

El aumento de temperaturas en los océanos, estas amenazas causadas por la temperatura atmosférica más altas y el mayor nivel de dióxido de carbono en las aguas del mar. La decoloración intensa conlleva a aumentar otras amenazas como enfermedades infecciosas; y el aumento de la acidez de los océanos (PH).

### **3.13 Tasa de crecimiento**

Estudios realizados por Ortiz (2005), los corales son animales de crecimiento lento y los estudios científicos revelan que el crecimiento es de alrededor de tres milímetros a un centímetro (aproximadamente 1/4 de pulgada) en los corales masivos y de 10 a 20 centímetros (aproximadamente 8 pulgadas) por año en los corales ramificados, si las condiciones ambientales son mejores.

### **3.14 Área de cobertura**

(Healthy Reefs, s.f) La cobertura de coral es una medida de la proporción de la superficie del arrecife cubierta por corales pétreos vivos en lugar de esponjas, algas u otros organismos. Los corales pétreos constructores de arrecife son los que contribuyen al marco tridimensional del arrecife – son la estructura que provee de hábitat crítico para muchos organismos.

La cobertura de coral es una buena medida de la salud general del arrecife. Cada arrecife tiene su propia “personalidad”, pero en general, un arrecife del SAM saludable tiene:

- Relativamente un alto % de cobertura de coral.
- Un % moderado de algas incrustantes coralinas, calcáreas y tapete de algas pequeño.
- Un bajo % de macro algas carnosas.

### **3.15 Adherencia**

(Pérez y Merino, 2015) Adherencia, es la capacidad que tienen los corales de unirse a elementos del medio externo o a otros elementos, se produce tanto por fuerzas electrostáticas y otras interacciones inespecíficas como por moléculas de adhesión celular, que son específicas. Un concepto que hace mención a la aglutinación o el pegamiento físico de distintos elementos. La adherencia también es la propiedad de aquello que es adherente (que se pega a otra cosa).

### **3.16 Riqueza**

(Pardo, s.f.) Es un componente de la diversidad específica y se define como el número de especies presentes en un área determinada. Individuos de cada especie respecto al total.

### **3.17 Factores ambientales**

(Rodríguez, s.f.) Afirma que los factores ambientales son todos aquellos elementos cuya interrelación condiciona la dinámica de la vida en el planeta. Existen dos grandes factores ambientales: los factores bióticos que son todos aquellos seres vivos y sus interacciones entre ellos mismos y los factores abióticos, que son los elementos que no poseen vida. Pero, que son fundamentales para que los organismos vivos puedan desarrollarse.

### **3.18 Parámetros físico-químicos**

Son las condiciones y series de requerimientos para el crecimiento y desarrollo de los arrecifes, Son indicadores de la buena calidad y contaminación del agua. Entre ellas se encuentran: la temperatura, transparencia, oleaje, salinidad, PH, corrientes, nutrientes, sedimentos, clorofila, oxígeno etc.

Los parámetros físico-químicos dan una información extensa de la naturaleza de las especies químicas del agua y sus propiedades físicas, sin aportar información de su influencia en la vida acuática. (Orozco, et al., 2005).

Capisano (2017), indica que la escala de medición del pH va de 0 al 14, y Ph de 6 o menos representan un ambiente ácido, mientras que un registro por encima de 7 indica un ambiente alcalino. El pH es un factor muy importante en los sistemas químicos y biológicos de las aguas naturales. El silicio es un nutriente esencial para algunas células del fitoplancton como las diatomeas y las silicoflageladas.

### **3.19 Definición de enfermedad, que afectan a los corales**

Una enfermedad se clasifica como cualquier deterioro de las funciones, sistemas u órganos vitales del cuerpo. Las enfermedades son un aspecto natural de las poblaciones de coral y son un mecanismo por el cual los números de población se mantienen bajo control. La enfermedad implica una interacción entre el huésped de coral, un patógeno y el ambiente del arrecife. Las enfermedades de los corales pueden

ser causadas por bacterias, virus, protozoos u hongos y pueden causar cambios significativos en las tasas de reproducción, tasas de crecimiento, estructura de la comunidad, diversidad de especies y abundancia de organismos asociados a los arrecifes. (Reef Resilience Network, s.f.)

### **3.20 Fauna acompañante en los arrecifes**

Es la presencia de especies de peces e invertebrados que habitan o visitan en los arrecifes de coral. Los invertebrados desempeñan un papel fundamental en la prevención de la sobrepoblación de algas y los peces son organismos vertebrados por lo general de tamaños conspicuos que viven en movimiento en la columna del agua o cerca del fondo y son herbívoros o carnívoros principalmente y juegan un papel importante en la cadena alimenticia del mar como consumidores primarios de algas o consumidores secundarios de otros peces o invertebrados.

Es muy importante, la composición de especies y abundancia de peces son un importante indicador de la salud de los arrecifes. Fonseca et, al. (2001)

## **IV. Metodología y materiales**

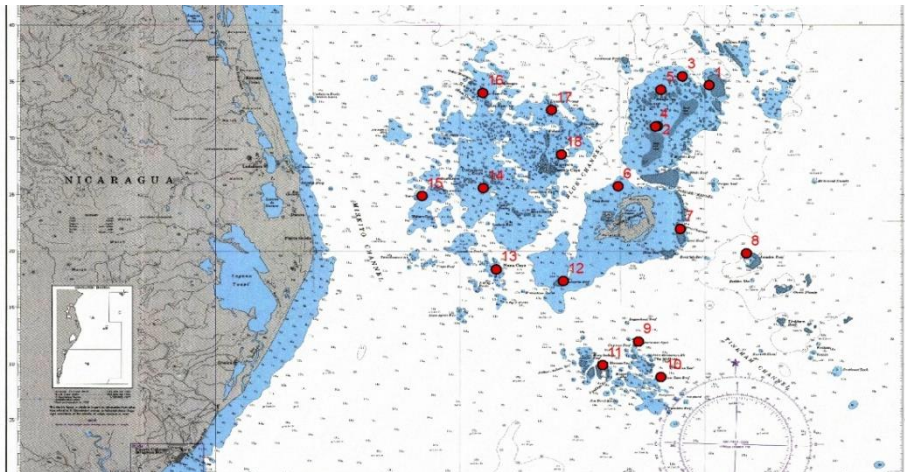
### **4.1 Ubicación del estudio**

El estudio fue realizado en la Reserva Biológica Cayos Miskitus territorio indígena de Tawira, ubicado a unas 50 millas náuticas al noreste de la ciudad de Bilwi, Puerto Cabeza en la Región Autónoma Costa Caribe Norte. Esta reserva marina es única en Nicaragua considerado de valor ecológico y económico debido a la riqueza presente que va desde poblaciones de algas, corales, pastos marinos y la diversidad faunística de peces, crustáceos y equinodermos, tortugas marinas y manatí.

Además, como centro pesquero para la pesca artesanal en la plataforma marina del caribe nicaragüense, siendo esta una de las 78 áreas protegidas y única Reserva del país de Nicaragua. La reserva biológica fue declarada por el decreto 43–91 de la Asamblea Nacional y su principal objetivo es para proteger los recursos como los bancos de coral, pastos submarinos, tortugas marinas y manatí. Pero, esta reserva biológica ha tenido afectación por fenómenos naturales como fue el huracán Félix (2007) que azoto esta región, incidiendo seriamente en la salud de los ecosistemas marinos- Costero sobre todo a las poblaciones de algas, corales, pastos marinos y manglares.

Los Cayos Miskitus están conformados por unas 70 formaciones de islas, islotes, bancos arrecifes, cayos, manglares y bancos de pastos marinos que proveen refugio a una gran variedad de plantas y animales, con una superficie de 27 kilómetros cuadrados situado mar adentro en la costa noreste caribeña de Nicaragua y las coordenadas es 14°23'N 82°46'O. Cabe señalar, que la restauración de los arrecifes coralinos fue realizada en tres bancos de los 18 bancos de arrecifes que compone la reserva.

Imagen 1. Mapa de la evaluación ecológica rápida de los Cayos Miskitos



*Fuente; IREMADES-CISA, 2018*

#### **4.2 Tipo de estudio**

El estudio presenta un enfoque cuali-cuantitativa de corte transversal con una duración de 15 meses a partir de noviembre 2018 a enero 2020, donde fueron realizado mediciones continuas de las variables objeto de estudio.

Los Monitoreos fueron realizados cuatrimestralmente de la cual se obtuvo variables ambientales, biológicas, ecológicas, tasa de supervivencia, mortalidad, grado de cobertura, altura de crecimiento, adherencia, y riqueza de los corales plantados en las estructuras fabricadas.

#### **4.3 Nivel de investigación**

De acuerdo a la naturaleza del estudio esta investigación, reúne por su nivel las características de un estudio observacional, exploratorio y descriptivo.

#### **4.4 Universo**

El universo de estudio corresponde a los 18 bancos de arrecifes coralinos donde fue realizada la evaluación ecológica rápida (**rapid assesment**) de la Reserva Biológica de los Cayos Miskitus.

#### **4.5 Muestra**

La muestra concierne a los 3 sitios de restauración de los corales de los 18 bancos de arrecifes coralinos estudiadas; es una muestra por conveniencia empleando una técnica de muestreo no probabilístico debido a que fue seleccionada a conveniencia del investigador en los tres sitios restaurados, en estos sitios fueron colocados un total

de 148 módulos conocido como galleta e incrustado por botellas y estos sitios fueron los siguientes; Maxide, Buhutni Kira y Creole bar en donde fueron establecidas 17 especies pertenecientes a los grupos de corales ramificados (Branch coral) y corales masivos o incrustantes (Boulder coral).

#### 4.6 Unidad de observación

Se enfoca en las siguientes variables: mortalidad, tasa de crecimiento, adherencia, fauna acompañante, enfermedades de los corales, riqueza modular, parámetros físico-químicos y factores ambientales.

#### 4.8 Operacionalización de variables

**Tabla 3. Operacionalización de los variables y Subvariables objeto de estudio**

Variabes	Subvariables	Definición	Indicadores	Fuente	Técnicas
Supervivencia y mortalidad	Cobertura, crecimiento, adherencia y riqueza	Indica el éxito de las especies plantadas y las especies que no sobrevivieron y asimismo, la supervivencia de los corales establecidos en las estructura fabricado conocido como módulos o galletas provistos de cuello de botella	Sedimentación exceso de algas marinas erosión oleaje corriente altos valores de nitrato fosfato y Temperatura.  % de cobertura de coral % de aglutinación o pegamento físico de los corales Números de especies de corales presentes en una unidad de medida	Revisiones Literarias, observaciones directas en el campo, análisis de los parámetros físicoquímicos	Medición del Crecimiento de las plántulas de corales analizadas in situ , Tipos de corales presentes en los sitios de restauración
Parámetros biológicos y ecológicos	Fauna acompañante Enfermedades de los corales	Se define a las condiciones ecológicos y biológicos tales como; fauna acompañamiento, enfermedades que afectan a los corales y especies de flora	Peces, crustáceos, pepino del mar enfermedad de la Plaga blanca y negra, comunidades de pastos marinos, y algas	Revisiones Literarias, observaciones directas en el campo conteo de flora y fauna asociados en los corales restaurados	Inventario de la fauna y flora asociados a los arrecifes coralinos

		asociados a los corales			
parámetros Físicoquímico y ambientales		Son las condiciones y series de requerimientos para el crecimiento y desarrollo de los arrecifes, indicadores de la buena calidad y contaminación del agua y aportando información extensa de la naturaleza de las especies químicas del agua y las propiedades físicas.	Temperatura, pH, Conductividad eléctrica, Solidos Totales, Salinidad, Amonio, Nitratos, Fosfatos, Oxígeno Disuelto y Turbidez	Análisis en el campo y laboratorio de agua de mar	Análisis con el multiparametrico Sper scientific, análisis de agua del mar con el espectrofotometro, Ley de Beer y Lambert

#### 4.9 Criterios de selección de los sitios

Los criterios de selección de los sitios fueron de acuerdo al estado de salud que encontraba dichos sitios, según el estudio realizado por Fundar (2018); tomando como referencia bancos de arrecifes en estado de salud regular, malo y crítico; en la cual, ameritaban un sistema de restauración y monitoreo con la finalidad de recuperar el ecosistema marino, afectado por los fenómenos naturales y antropogénicos.

Para este fin, fueron plantadas especies de corales de mayor resistencia y dominancia ante las condiciones ambientales adversas, que son los corales pétreos de los grupos ramificados (Branch coral) y corales masivos o incrustantes (Boulder coral).

#### 4.10 Criterios y rangos para el monitoreo de los arrecifes de coral

Existen múltiples variables medibles para conducir el monitoreo biológico de los módulos arrecifales, sin duda es posible agregar o seleccionar variables de interés particular de acuerdo a los intereses del investigador de autor. Para esta investigación se ha determinado que las siguientes variables constituyen una base de análisis para determinar el éxito de los corales establecidos, para ello, se determinó la siguiente tabla donde están establecido los rangos por variables.



**Tabla N°3. Tabla de criterios y rangos de los variables utilizados**

	Grado de cobertura (cm <sup>2</sup> )	Grado de altura (cm)	Grado de adherencia (%)	Grado de mortalidad
Definición	Se entiende como el área de cobertura horizontal del conjunto de especies colocadas en el módulo.	Se entiende como la altura máxima que alcanzan las especies colocadas en el módulo	Se entiende como el porcentaje estimado de éxito en la adherencia natural de las especies colocadas en el módulo.	Se entiende como el porcentaje estimado de mortalidad que se observa en las especies colocadas en el módulo.
Rangos	1 = 0 a 50 cm <sup>2</sup>	1 = 2 a 4 cm	1 = 0 a 20 %	2 = 0 a 20 %
	2 = 50 a 200 cm <sup>2</sup>	2 = 4 a 7 cm	2 = 20 a 40 %	3 = 20 a 40 %
	3 = 200 a 500 cm <sup>2</sup>	3 = 7 a 10 cm	3 = 40 a 60 %	4 = 40 a 60 %
	4 = 500 a 1000 cm <sup>2</sup>	4 = 10 a 15 cm	4 = 60 a 80 %	5 = 60 a 80 %
	5 = + de 1000 cm <sup>2</sup>	5 = + de 15 cm	5 = 80 a 100%	6 = 80 a 100%

*Fuente URACCAN IREMADES 2018*

#### **4.10 Fuentes de obtención de datos**

##### **4.10.1 Fuentes primarias**

Monitoreos cuatrimestrales en los tres sitios, Cámara fotográfica y video gráfica submarina, Guías de identificación de especies marinas de Paul Humann, tabla pvc y lápiz para escritura submarina, observación del panorama y cambios que se den en cada monitoreo, base de datos y procesamiento de la información.

##### **4.10.2 Fuentes secundarias**

Bibliografías existentes (libros, documentos, informes, investigaciones, proyectos, revistas) que facilitaron informaciones de los estudios existentes de restauración de arrecifes de coral, sus resultados y comportamientos de los corales que permitió como guía para conocer más la especie y realizar comparaciones de los resultados obtenidos de estudio con los otros investigadores.

## 4.11 Técnicas e instrumentos

### 4.11.1 Fase de capacitación y entrenamiento

Para esta investigación los técnicos de IREMADES y los estudiantes tesistas fueron capacitados en el curso de Open Water Diver, Identificación de corales y peces, Buceo avanzado, Curso de Fotografía sub acuática donde fue impartido en modalidad virtual y presencial por la escuela de buceo DIVE Nicaragua inscrito en la organización PADI; en la cual, fueron entrenados en los cursos antes mencionados.



**Imagen 2. Tabla Scuba enumerando los módulos**

**Fuente: URACCAN-IREMADES**

### 4.11.2 Fase de construcción e instalación de las estructuras artificiales de corales

La fabricación de los módulos se realizó en las instalaciones de la universidad bajo las directrices del equipo consultor de Dive Nicaragua y los técnicos del proyecto ecosistema costero fabricando módulos circulares de aproximadamente 30 cm de diámetro con 5 o 6 botellas incrustadas y fueron necesarios al menos 2 días de fraguado del concreto para estar listos para el traslado.



**Imagen 3. Construcción de las galletas provisto de cuello de botella**

**Fuente: URACCAN-IREMADES**

En total se encuentran instalados 148 módulos de arrecife artificial tipo “botella” distribuidos en tres puntos seleccionados por el equipo técnico del proyecto ecosistema costero, luego de realizar una lluvia de ideas sobre la manera de trasladar los módulos a Cayos Miskitos, se concluyó que la manera más factible resulta ser el traslado de los módulos ya fabricados en lotes de 80 módulos máximos por cada panga ubicando 40 módulos en el piso de la embarcación, posteriormente ubicando un “segundo piso” de tablas para sostener otros 40 módulos.

La mejor manera de realizar los hundimientos en profundidades no mayores a 30 pies fue realizando los siguientes pasos una vez seleccionado el lugar y anclada la embarcación:

1. Se realiza una inspección del sitio (a pulmón o con scuba según el caso lo amerite) para la selección específica del sitio. Se busca un área adyacente al arrecife natural, que no esté completamente expuesta a corrientes y que se observen estructuras arrecifales de corales duros con poblaciones suficientes para la realización de colectas para trasplante.
2. El buzo scuba ingresa al agua y realiza un marcaje con una boya en el punto inicial del hundimiento.
3. El tripulante entrega 1 módulo a uno de los buzos de pulmón y 1 varilla.
4. El buzo de pulmón sostiene el módulo ubicando las botellas hacia abajo de manera que mantengan aire en su interior y facilite la natación en superficie, el buzo nada hasta hacer entrega del módulo y la varilla al buzo de pulmón #2.
5. El buzo de pulmón #2 gira el módulo hacia arriba dejando entrar agua en las botellas, realiza una inmersión sobre la burbuja que despide el buzo scuba y hace entrega del módulo y la varilla al buzo scuba.
6. El buzo scuba ubica el módulo y con el martillo clava la varilla en el sustrato.
7. Cada módulo queda unido al otro formando una cadena.
8. Se repiten los pasos 3, 4, 5 y 6 hasta cumplir con el total de los módulos a hundir. La cadena de módulos se dispone según las condiciones del sitio, rodeando el arrecife natural, en forma de círculo, espiral o cualquier otra figura que permita la unión de todos los módulos.

Con los módulos ya instalados, en el siguiente día de trabajo, se realiza la colecta de muestras de coral duro (hexacorales) utilizando canastas de plástico, martillo y cincel. Cada pareja de buzos scuba carga 1 canasta, 2 martillos y 2 cinceles. Durante la inmersión colecta corales bajo los siguientes criterios:

- Se priorizan corales que estén rotos pero aún vivos
- Se descartan corales con un crecimiento excesivo de algas sobre ellos.
- Se priorizan hexacorales formadores de arrecifes.

- Se descartan octocorales y todo tipo de coral blando.
- No se cortan grandes piezas de coral del arrecife, se buscan piezas pequeñas (no mayores al tamaño de una naranja).
- De las piezas grandes, se sacan muestras utilizando el cincel y cargando la canasta de material ya cortado y seleccionado.

Una vez llena la canasta se finaliza la inmersión trasladando la canasta al sitio boyado donde se encuentra el inicio de la cadena. Se realiza el ascenso, tiempo reglamentario de superficie y se prepara la pareja para la segunda inmersión.

Durante la segunda inmersión se colocan los corales colectados sobre los módulos utilizando los picos de las botellas como sostén estructural de las muestras, se puede utilizar brida plástica o nylon de pesca para amarrar si fuese necesario, principalmente los corales tipo “rama” o “Branchy coral” se priorizan para ubicarlos en los “picos” de las botellas, mientras que los “Boulder corals” o corales llamados “ masivos o incrustantes” se colocan intrincados en los espacios que quedan entre las botellas.

#### **4.11.3 Método de campo para levantado de datos**

Los monitoreos de los sitios restaurados fueron realizados cuatrimestralmente para ello, utilizo aproximadamente 1 día completo de trabajo por cada sitio restaurado, utilizando un equipo de 2 buceadores scuba y dos inmersiones por cada sitio donde fueron utilizados los siguientes materiales:

- Equipo Scuba:
  1. Traje de buceo
  2. Chaleco BCD
  3. Tanque de buceo
  4. Mascara
  5. Snorkel
  6. Aletas de buceo o chapaletas
  7. Guantes
- Tabla PVC para escritura submarina.
- Lápices de grafito amarrados a la tabla.

- Cámara fotográfica y videográfica submarina
- Boya señalizadora.
- Guías de identificación de especies marinas.

#### **4.11.4. Técnica de monitoreo de los sitios restaurados**

Para ello, realiza dos inmersiones por sitios en la primera inmersión se deben seguir los siguientes pasos:

1. En superficie se numera del 1 al 55 en la tabla de PVC y se escribe el nombre del sitio en la parte superior de la tabla.
2. El equipo de buceadores realiza la inmersión iniciando por señalar el sitio con la boya.
3. Se dividen las tareas (Buzo 1 lleva la tabla y buzo 2 lleva la cámara).
4. Se identifica el módulo 1 y se circula en la tabla en número ① luego se toman 2 fotografías del módulo procurando captar el perfil o altura y la planta o la cobertura horizontal del módulo.
5. Se circula el número 2 en la tabla y se repite el proceso hasta finalizar.
6. Se realiza el ascenso y tiempo reglamentario de superficie.

Durante la segunda inmersión se deben seguir los siguientes pasos:

1. El equipo realiza la inmersión para detectar las variables cualitativas.
2. Se realiza un videotransecto de toda la cadena
3. El buzo 1 se centra en valorar las variables crecimiento, adherencia y mortalidad
4. El buzo 2 se centra en valorar las variables estado de conservación y fauna acompañante.
5. Al finalizar la inmersión, inmediatamente se graba un video capturando las impresiones particulares de cada buzo sobre las variables que valoró.

Finalmente, ya en la base de operaciones se transfieren los datos a los instrumentos

de recolección de datos preparados en la hoja de Excel. (Ver anexo, matrices de monitoreo.

#### 4.11.5 Fase de laboratorio de los análisis físico-químicos de agua

En relación a los análisis realizados de las muestras tomados en las tres áreas de estudios los parámetros estudiados fueron los siguientes:

Los parámetros como pH, Conductividad eléctrica, Salinidad y temperatura se midieron con un Instrumento multiparamétrico, **marca Palintest**, donde se tomó una muestra de agua al inicio del día y una después de finalizar la jornada de trabajo, se colocó el agua en un recipiente y se introdujo el multiparamétrico, y luego se procedió a calcular el promedio de los resultados del día. El parámetro para los análisis de Sólidos Totales Disueltos, amonio, Nitratos y Fosfatos, fueron realizados en el laboratorio de agua y Suelos, de la universidad URACCAN-Billwi.

El multiparamétrico marca **Sper scientific** es un instrumento que se calibra cada vez que iniciaremos una serie de mediciones de agua en el campo. Para ello, utilizan los patrones de calibración de pH y conductividad eléctrica que se comparan con una muestra certificado y verifica si el instrumento está respondiendo adecuadamente durante las mediciones. Por ejemplo; los patrones de pH por lo general son tres: pH 4, pH 7 y a pH 9 si el instrumento no responde a la medición de cada uno de estos patrones de calibración entonces hay problema con el instrumento y las mediciones que se realicen con un instrumento que no responde a la calibración serán de resultados dudosos.

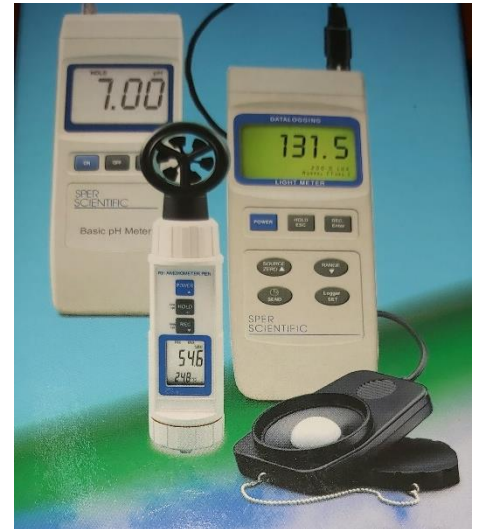


Imagen 4. Multiparamétrico Sper scientific  
fuente: URACCAN-IREMADES



Imagen 5. Multiparamétrico Sper scientific  
fuente: URACCAN-IREMADES

Para la conductividad eléctrica la calibración realiza con el patrón estándar que es 1413  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (micro Siémens/cm) y el instrumento calibrado debe medir ese valor, si no lo hace entonces hay problemas con el instrumento.

Para la medición de los parámetros Amonio, Nitratos y Fosfatos es analizado por el Instrumento llamado **espectrofotómetro**, éste equipo responde a la **Ley de Beer y Lambert**, ya que mide la intensidad de Luz que absorbe una determinada especie química o analítico cuando el haz de Luz pasa a través de la solución con la muestra a analizar cada especie química emite una Intensidad de Luz diferente.

Para estos análisis, cada parámetro a analizar requiere un reactivo específico de la especie química que se va analizar o determinar; éste reactivo se disuelve en la muestra de agua que se va analizar, hay una reacción química y el instrumento puede detectar y cuantificar la presencia de la sustancia o parámetro que nos interesa determinar o analizar.

#### 4.12 Delimitación del estudio

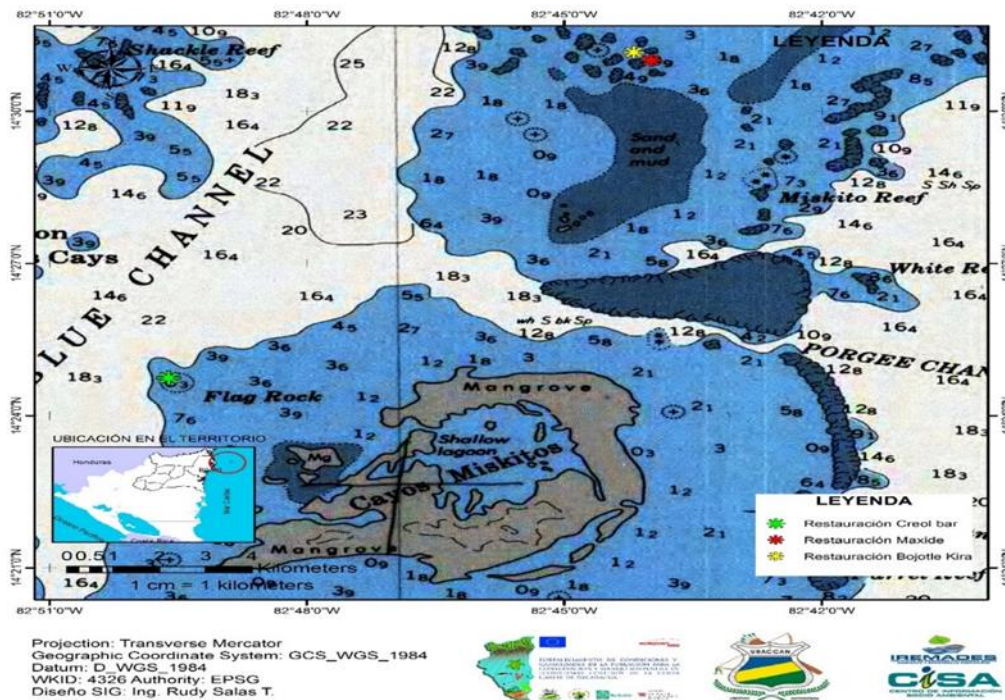


Imagen 6. Mapa de los sitios de restauración de corales en los Cayos Miskitos, 2018

Fuente; IREMADES-CISA, 2018

Fueron seleccionados 3 sitios para la restauración de los arrecifes coralinos donde fueron priorizados los que presentaban en estado de conservación degradado o en estado crítico. En total se encuentran instalados 148 módulos de arrecife artificial tipo “galleta incrustado con botella” distribuidos en tres puntos. Dichos, sitios fueron seleccionados por el equipo de IREMADES y Dive, Nicaragua.

**Buhutni Kira:** Es un área de poca profundidad, en promedio 3.5 metros cubierta por parches arrecifales dispersos, principalmente hexacorales que forman montículos distribuidos en áreas dominadas por pasto marino sobre un sustrato calcáreo semiduro, expuesta a corriente con alto grado de circulación de agua.

**Maxide:** Similar al sustrato y profundidad de Buhutni Kira, Maxide es un área de 3 metros de profundidad promedio, con menor ocurrencia de pasto marino, con presencia de octocorales y montículos de hexacorales en un bajo estado de conservación por el crecimiento desmedido de algas filamentosas. Por estar expuesto a la incidencia de vientos, en Maxide se observan parches de algas que tapan el sustrato calcáreo duro. Se observó regeneración natural de *Porites colonensis* en parches dispersos cubiertos por algas.

**Creole Bar:** Es una barra arrecifal que cubre toda la columna de agua hasta los 40 pies de profundidad. Es el área de mayor riqueza biológica de los tres sitios seleccionados, en su estructura ocurren masas arrecifales de hexacorales y octocorales, el sitio específico seleccionado para la instalación de los módulos tiene un sustrato suave de arena y está protegido de los vientos y corrientes por la barra arrecifal que se notó en un estado medio de conservación con una fuerte incidencia de la pesca local de pepino de mar y langosta.



## **V. Resultados y discusión**

### **5.1 Caracterización de los parámetros biológicos, ecológicos y ambientales de los sitios de restauración de los arrecifes coralinos en Cayos Miskitus**

#### **5.1.1 Factores ambientales**

Los factores ambientales son muy importantes para los arrecifes coralinos, ya que son indicadores de cuáles son los lugares óptimos para un crecimiento y desarrollo excelente de una restauración o establecimiento de corales. Muchos factores pueden afectar el crecimiento del coral; La iluminación o (intensidad de luz), la temperatura del agua, el oleaje, la corriente, las estrategias de alimentación y la química del agua afectan el crecimiento de los corales y su apariencia.

Orphek (2012), argumenta que la iluminación adecuada es uno de los ingredientes más importantes para el crecimiento exitoso de corales. Las zooxantelas que viven en el tejido coralino dependen en gran medida de tipos específicos de energía lumínica para florecer en una relación simbiótica con el coral huésped. Las zooxantelas proporcionan alimento para el coral y, a cambio, el coral proporciona protección contra los herbívoros.

Durante el proceso de restauración y los Monitoreos cuatrimestrales pudimos observar que los factores ambientales tuvieron impactos positivos como negativos y algunas fueron causantes de la mortalidad de los corales, puesto que la profundidad de los sitios inciden de manera significativa, Maxide y Buhutni kira sitios restaurados está en poca profundidad de 4-3 metros, por lo tanto, está más expuesto a los oleajes y corrientes fuertes ante el clima cambiante y esto ocasiona a que los corales establecidos se desprenda de los módulos; la intensidad de luz en verano conlleva estrés a los corales debido a las altas temperaturas ya que están más expuestos por su poca profundidad a medida que las temperaturas atmosféricas aumentan, también aumentan las temperaturas de las aguas del mar. Este calentamiento hace que los corales pierdan las algas microscópicas que producen el alimento que ellos necesitan, lo que es un factor de estrés para los corales. Sin estas algas, los corales también pierden su coloración (un trastorno conocido como decoloración coral), porque la pérdida de las algas revela el color blanco de la estructura subyacente de carbonato de calcio de los pólipos. La decoloración intensa o prolongada puede matar a las

colonias de corales o aumentar su vulnerabilidad a otras amenazas, como las enfermedades infecciosas.

La salinidad se encuentra en el rango de 33-35 ppm partes por millón en promedio, factor importante ya que esta permite su buen desarrollo y el mar caribe se encuentra en el rango ideal.

En caso de creole bar que está a una profundidad 15 metro, con poca visibilidad debido a los sedimentos y poca intensidad de luz, mucha turbidez; no presentó, exposición a oleajes debido a la profundidad en que están ubicados. Pero, si a corrientes que probablemente esta ocasiona el desprendimiento de los corales en los módulos, las altas temperaturas en veranos también ocasionan mucho estrés a los corales llevándolos a la muerte.

### 5.1.2 parámetros físico-químicos

En la siguiente tabla indica los resultados de los parámetros Físicos químicos del mar durante el verano, los parámetros como: la Temperatura y Ph, no existe diferencia significativa en los tres sitios de restauración.

**Tabla 4. Parámetros físico-químicos en el verano**

Parámetros FQ	MAXIDE	BUHUTNI KIRA	CREOL BAR	UM	Rango permisible
To	28.5	28.6	28	Oc	29-30
Ph	7.8	7.5	7.2		7.5-8.4
Conductividad	47.3	48.2	43.17	mS/cm	53
Solidos Totales	33.5	34.2	39	ppm	37.63
Salinidad	35	35	35	g/L	30-35
Amonio	2	2.2	2.5	mg/L	0.015
Nitratos	0.02	0.025	0.03	mg/L	0.015
Fosfatos	7	6.8	7.5	mg/L	0.088
Oxígeno Disuelto	7.5	7	7.7	mg/L	8
Turbidez	1.8	2.1	3.8	UNT	3

**Fuente: Datos de campo (laboratorio suelo y agua de URACCAN Bilwi)**

Pero, en cuanto a los valores de los parámetros como: los sólidos Totales disueltos, Nitratos, fosfatos y turbidez los rangos permitidos para los ecosistemas como son los corales los valores son muy altos. Es decir, sobrepasa de los límites permitidos según la **(NTON 05 007-98 y Normas de calidad de aguas marinas y costeras)** para los corales y este factor puede ser que cause la mortalidad y enfermedades a los corales en los tres sitios restaurados.

**Tabla 5. Parametros Fisico-quimicos en el invierno**

Parámetros FQ	MAXIDE	BUHUTNI KIRA	CREOL BAR	Unidades de Medida	Rango óptimos permisible
T°	30.5	31	30.8	°C	29-30
Ph	7.5	7.2	7		7.5-8.4
Conductividad	47	48.5	47	mS/cm	53
Solidos Totales	33.8	34.5	38	ppm	37.63
Salinidad	35	35	35	g/L	30-35
Amonio	2.2	2.4	2.6	mg/L	0.015
Nitratos	0.022	0.024	0.031	mg/L	0.015
Fosfatos	7.8	6.4	8.8	mg/L	0.088
Oxígeno Disuelto	7.8	7.2	7.5	mg/L	8
Turbidez	1.6	2.3	3.6	UNT	3

*Fuente Datos de campo, (laboratorio suelo y agua de URACCAN Bilwi)*

En relación, a los análisis físicos-químicos en el invierno la temperatura es mayor que en el verano sobre todo en el mes de octubre que llega alcanzar temperaturas hasta los 33 °c. Asimismo, al igual que el verano los parámetros como los sólidos totales, nitratos, fosfatos y turbidez presentan valores altos fuera de los límites permisibles como lo muestra en la tabla anterior.

Estos parámetros para los ecosistemas como son los corales afectan en el crecimiento y de los tres sitios Creole bar es la que presento los valores altos de estos parámetros causando la mortalidad de 75% de los corales plantados. Es importante mencionar que los valores altos en nitratos y fosfatos provoca un crecimiento acelerado en las algas filamentosas.

### 5.1.3. Las enfermedades que afectan a los corales establecido bajo manejo de restauración

Enfermedad de la banda negra o Cyanobacterial (Microbial) Mat Disease (Black Band Disease) esta afección se caracteriza por presentar una porción del esqueleto del coral desnudo, blanco y recién expuesto rodeado por una banda oscura de 5 a 30 mm de ancho que delimita el tejido sano. Estudios realizados por Carlton y Richardson (1995) y Richardson et al. (1997) muestran un cambio vertical abrupto en las concentraciones de oxígeno y sulfuro en la banda, alcanzando concentraciones de hasta 800  $\mu\text{M}$  de sulfuro en la base de la banda a la vez que las concentraciones de oxígeno bajan prácticamente a cero, condiciones que se ha demostrado matan el coral. Los corales que se vieron afectados por estas enfermedades fueron: coral dedo, coral cerebro, coral lechuga.



Imagen 7. Enfermedad de la banda negra  
fuente: URACCAN-IREMADES

**Tabla 6. Enfermedades que afectan a los corales**

Sitios restaurados	Tipo de enfermedades	Especies indicadoras
Maxide	Síndrome del caribe blanco o plaga blanca y banda negra	Erizo de mar, pez loro
Buhutni Kira	Síndrome del caribe blanco o plaga blanca y banda negra	Erizo de mar, pez loro
Creole Bar	Síndrome del caribe blanco o plaga blanca y banda negra	Erizo de mar pez loro, pepino de mar

*Fuente Datos de campo, elaboración propia*

Enfermedad de la Plaga Blanca (White Plague Disease), esta enfermedad caracterizada por el desprendimiento del tejido coralino que deja el esqueleto en perfectas condiciones y por una marcada línea entre el tejido sano y el esqueleto desnudo blanco. El síndrome blanco es letal. Es un desprendimiento del tejido del coral que muere y al desprenderse deja expuesto el esqueleto, que es



blanco y esta es provocado por cualquier estrés ambiental, como el aumento de la temperatura, el blanqueamiento de corales puede superarse si se recupera el ambiente.

Imagen 8. Síndrome del Caribe blanco o plaga blanca fuente: URACCAN-IREMADES

#### **5.1.4 La fauna asociada en los tres sitios donde se están llevando el proceso de restauración.**

En los sitios restaurados existe diversidad faunística que comprende desde los peces herbívoros como los peces loros hasta los carnívoros como son los grupos de pargos.

Coral Reef, afirma que la presencia de fauna acompañante indica buena salud y sostenibilidad en los arrecifes por lo tanto su presencia es normal en los arrecifes. Edwards A.J., Gomez E.D. (2007) El objetivo de la restauración es rehabilitar una comunidad autosostenible si no hay suficiente herbivoría debido a la sobrepesca y/o pérdida de invertebrados pastoreadores por enfermedades entonces las macroalgas dominan en dicho banco de arrecife coralinos y existe poca probabilidad de reclutamiento de corales para establecer la siguiente generación. Las colonias trasplantadas pueden sobrevivir, pero si no se garantizan los procesos ecológicos que permitan producir las generaciones futuras de corales jóvenes, entonces en últimas la población no es sostenible.

Sin medidas de gestión para restaurar las funciones ecológicas, la restauración activa puede ser inútil. En la actualidad no se conoce el nivel de herbivoría necesario, pero una evaluación puede revelar si hay muchos herbívoros (por ejemplo, peces loros, cirujanos, zorros, erizos), puede mostrar el porcentaje de cobertura de macroalgas y si hay corales de tamaño pequeño (< 5 cm). Por ejemplo, si los herbívoros son escasos, las macroalgas son abundantes y no hay señales de corales juveniles, esto

sugiere que el trasplante por si solo va a lograr poco a largo plazo. Por lo tanto, otras medidas de restauración (por ejemplo, regulación pesquera, reducción en los aportes de nutrientes) se necesitarán primero.

En la tabla siguiente nos indica que en los sitios como Buhutni Kira y Maxide está compuesto en su mayoría por las siguientes especies; los peces loros, cirujanos, mariposas, peces damicelas y los peces ángeles. Este grupo de peces herbívoros son los que controla las algas marinas que crecen en los arrecifes artificiales y naturales.

**Tabla 7. Faunas asociadas a los sitios de restauración de los corales**

Nombre común	Familia	Genero	Especie	Función
Princess Parrotfish	scaridae	Scarus	<i>Scarus taeniopterus</i>	Herbívoros
Loro Listado	Scaridae	Scarus	<i>Scarus iseri</i>	Herbívoros
Pez mariposa de 4 ojos	Chaetodontidae	Chaetodon	<i>Chaetodon capistratus</i>	Omnívoros
Sargento Mayor	Pomacentridae	Abudefduf	<i>Abudefduf saxatilis</i>	Herbívoros
Pez Damicela Lunar	Pomacentridae	Pomacentrus	<i>Pomacentrus adelus</i>	Omnívoros
Mojarrita de arrecife	Pomacentridae	Stegastes	<i>Stegastes Planifrons</i>	Herbívoros
Erizos negro de Púas negras	Diadematidae	Diadema	<i>Diadema antillarum</i>	Omnívoros
Erizo del mar común	Echinidae	Paracentrotus	<i>Paracentrotus lividus</i>	Omnívoros
Yellowtail	Lutjanidae	Ocyurus	<i>Ocyurus chrysurus</i>	Carnívoros
Pargo Ojon	Lutjanidae	Lutjanus	<i>Lutjanus Jocus</i>	Carnívoros
Pargo Lunarejo	Lutjanidae	Lutjanus	<i>Lutjanus guttatus</i>	Carnívoros
King angel Fish o Cachama negra	Pomacanthidae	Pomacanthus	<i>Pomacanthus Paru</i>	Carnívoros
Pez angel Real	Pomacanthidae	Holacanthus	<i>Holacanthus Passer</i>	Carnívoros

*Fuente Datos de campo elaboración propia*

Es importante mencionar, que en el principio cuando establecieron los arrecifes artificiales en los tres sitios hubo buena aceptación de parte de la fauna marina. Con el tiempo durante nuestras visitas de monitoreos, pudimos observar que la presencia faunística ha disminuido paulatinamente, esto puede ser causada por factores como el crecimiento acelerado de las algas y el aumento de la sedimentación en los sitios restaurados.

Cabe recalcar, que en el sitio Maxide fueron encontrados individuos de diademas Spp. indicadores de la buena calidad de los arrecifes. Asimismo, estas especies se alimentan las algas marinas. Además, son filtradores de los sólidos suspensos en el agua. Por ende, este sitio es el que presenta buena condición de salud de los corales establecidos.

Cabe destacar, que en los tres sitios restaurados existe poca presencia de la familia de los Holothuridae Spp (pepino del mar), especie muy importante para la vida de los arrecifes coralinos ya que son limpiadores y filtradores de los sólidos suspensos en el agua.

La agencia EFE (2012), publicó un estudio realizado por investigadores de la Universidad de Sídney en la Gran Barrera de Coral donde descubrió que los pepinos de mar son animales invertebrados de cuerpo alargado y blando que reducen el impacto de la acidificación de los océanos y ayuda en el crecimiento de los corales.

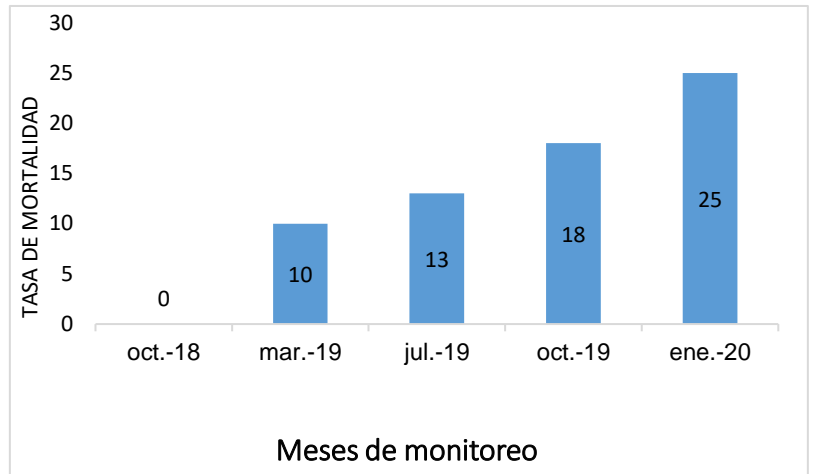
Es importante mencionar, que estos invertebrados marinos ingieren arena en su proceso digestivo natural causando un aumento de los niveles de Ph en el agua de los arrecifes donde defecan. Uthicke (2011).

La acidificación de los océanos, es el descenso del Ph en el agua del mar debido a la absorción del dióxido de carbono producido por el ser humano y el aumento de la temperatura de los mares que es una de las mayores amenazas para los corales y los moluscos. La investigación de Uthicke también destacó la riqueza de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) en los detritos del pepino de mar, un compuesto químico clave para la supervivencia de los corales que es el principal componente de conchas y esqueletos de muchos organismos coralinos. Otro componente beneficioso de los desechos de los pepinos de mar es el amoníaco, que contribuye a fertilizar las áreas aledañas y provee de nutrientes importantes para el crecimiento de los corales.

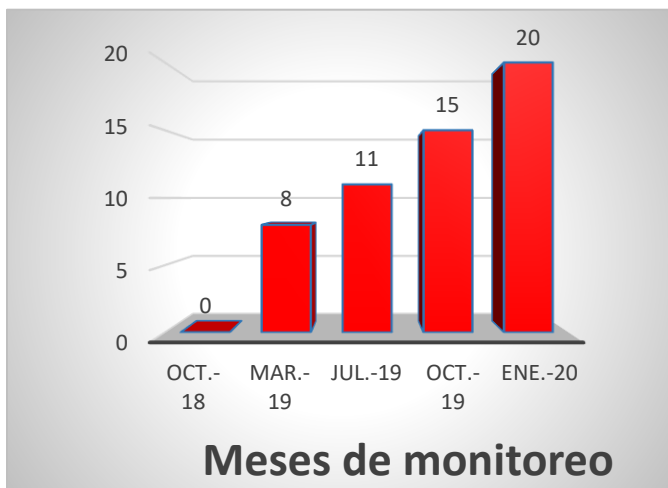
## 5.2 La supervivencia y mortalidad abarcando área de cobertura, crecimiento, adherencia, y riqueza de los sitios de restauración de los corales

### 5.2.1 La tasa de mortalidad de los corales establecidos en los tres sitios de restauración en Cayos Miskitus

En los tres sitios de muestreos se registraron la tasa de mortalidad de los corales establecidos en Cayos Miskitu, el cual nos indica que Creole bar presenta mayor grado de mortandad con un 75%, Buhutni kira presenta un 25% y Maxide el sitio con menor tasa de mortalidad con un 20%.



Grafica 1. Resultados de la mortalidad en Buhutni Kira Fuente; Datos de campo, elaboración propia



Grafica 2. Resultados de la mortalidad en Maxide. Fuente: Datos de campo, elaboración propia

(Healthy Reefs, s.f) Afirman que las causas de mortalidad son las enfermedades recientes, el forrajeo de los peces, crecimiento excesivo de algas y extensiones de blanqueamiento de coral. Si las lesiones cubren un área relativamente pequeña de una colonia, la regeneración del tejido puede ocurrir. Sin embargo, los altos niveles de perturbación aguda (como los huracanes) o crónica (como el enriquecimiento de nutrientes,)

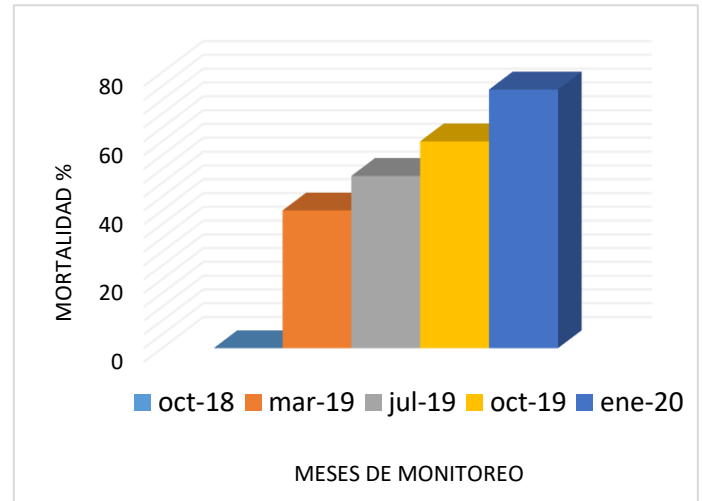
puede prevenir nuevo crecimiento de tejido o dar una ventaja competitiva a otros organismos de los arrecifes (por ejemplo, las algas,).

Cabe mencionar que en los tres sitios restaurados se vio afectado por la enfermedad de la plaga blanca, por algas filamentosas; producto de la disminución de los peces



herbívoros en el sitio y el exceso de sedimento en Creole Bar, factores que incidieron en el estado de mortalidad de los corales.

EPA, (2017), afirma que algunas amenazas o factores que enfrentan los arrecifes de coral que conlleva como resultado a la mortalidad o deterioro de los corales; la destrucción física por actividades de desarrollo costero, prácticas de pesca destructiva, la sedimentación, se ha identificado como uno de los principales factores de estrés para los corales y su recuperación, los nutrientes (el uso de fertilizantes agrícolas y residenciales, el exceso de esto pueden llevar al desarrollo de algas que obstruyen la luz del sol y consumen el oxígeno que los corales necesitan para respirar. El aumento de temperaturas en los océanos. La decoloración intensa conlleva a aumentar otras amenazas como enfermedades infecciosas; y el aumento de la acidez de los océanos (PH).



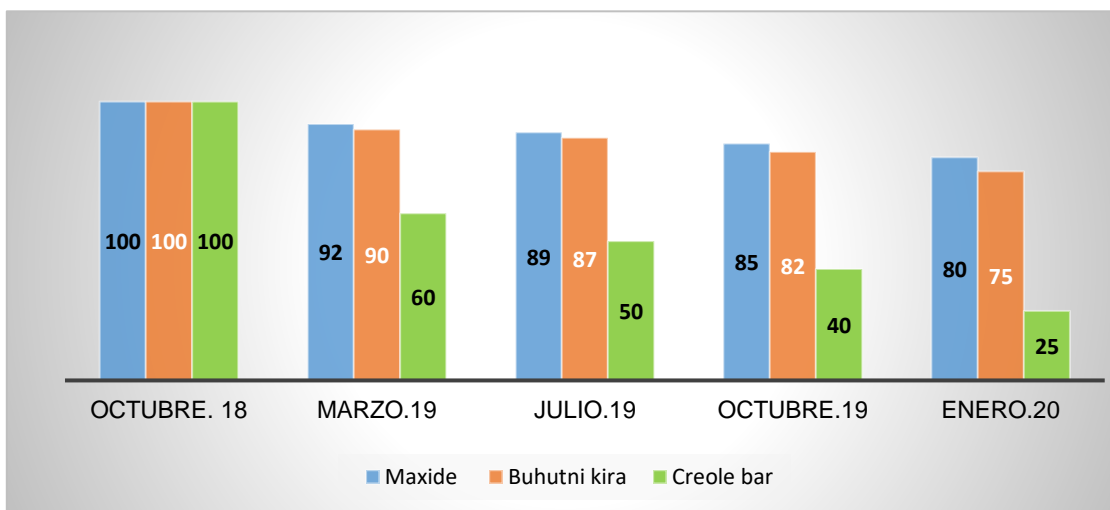
**Gráfica 3. Tasa de mortalidad de los corales en Creole Bar.**  
Fuente: Datos de campo, elaboración propia

Basados en los estudios realizados por la EPA pudimos observar que los resultados de la mortalidad poseen similitud con la realidad que se vive en los arrecifes de los cayos Miskitos. Las especies plantadas en los tres sitios de restauración en Cayos Miskitos están siendo afectadas por los siguientes factores:

- ✓ Crecimiento acelerado de las poblaciones de las algas que están matando a los corales en crecimiento.
- ✓ Presencia de alta sedimentación en los sitios de restauración como Creole Bar producto de las corrientes marinas que acarrearán las partículas suspendidas y de los arrecifes muertos que desprende por la acción de las olas y las mareas las estructuras de los corales muertos.

- ✓ La sobre explotación y la excesiva pesca de pepino del mar que provoca gran acumulación de los sedimentos en el fondo marino ya que estas especies son filtradores y están íntimamente relacionado con los corales.
- ✓ La Erosión de la tierra en la parte alta de las cuencas y por la acción de las olas y corrientes transporta estos sedimentos en los bancos de arrecifes provocando asfixia en el coral.
- ✓ Temperatura alta de agua del mar sobre todo en el verano. En el mes de octubre llega alcanzar hasta los 33 °C, este provoca mortalidad de especies que no toleran altas temperaturas de agua como son las especies de corales fuego y cerebro. Estos cambios bruscos de temperatura de agua del mar es debido al cambio climático que causa el calentamiento global del planeta y el aumento del nivel del mar.
- ✓ La mortalidad de los corales plantados en los módulos e incrustadas con botellas están siendo afectado por las enfermedades del Síndrome del caribe blanco, mancha blanca, negrecí de tejido, blanqueamiento, banda negra, y puntos purpura.

### 5.2.2 El éxito de los corales establecidos en los tres sitios de restauración



Grafica 4. Tasa de Supervivencia de los corales en los tres sitios restaurados

Fuente: Datos de campo, elaboración propia

La gráfica, indica que el sitio con mayor éxito de supervivencia fue Maxide con un 80% de las especies establecidas puesto que fue uno de los sitios con mejores condiciones óptimas y ambientales para el crecimiento de los corales; Buhutni kira es el segundo sitio con mayor sobrevivencia con un 75% y por ultimo Creole bar el sitio que presento mayor mortalidad y menos sobrevivencia a causa de muchos factores; en especial el exceso de sedimentación en este sitio que genero impactos negativos obstruyendo el crecimiento y ocasionando la muerte en dichos corales.

### 5.2.3 Especies de los corales establecidos y sobreviviente en los tres sitios de restauración

Tabla 8. Especies de corales establecidos en los sitios de restauración

Especies Establecidos				Especies que sobrevivieron		
Especies	Buhutni Kira	Maxide	Creol Bar	Buhutni Kira	Maxide	Creol Bar
<i>Porites porites</i>	X	x	x	X	X	X
<i>Acropora palmata</i>			x			X
<i>Acropora cervicornis</i>			x			X
<i>porites astreoides</i>	X	x	x	x	X	X
<i>Agaricia tenuifolia</i>	X		x	x	X	
<i>Eusmilia fastigiata</i>			x			
<i>Agaricia agaricites</i>	X	x	x			
<i>Porites colonensis</i>	X	x	x			
<i>Meandrina meandritesd</i>			x			
<i>Diploria strigosa</i>	X	x		x	X	
<i>Siderastrea radians</i>	X	x	x	x	X	
<i>Montastrea cavernosa</i>			x			
<i>Manicina areolata</i>		x				

<i>Millepora alcicornis</i>	x	x	x	x	X	
<i>Millepora complanata</i>			x			
<i>Pseudoplexaura spp</i>		x				
<i>Mycetophyllia lamarckiana</i>			x			
<b>Riqueza total</b>	8	9	14	6	6	4

Fuente: Datos de campo, elaboración propia

En los tres sitios de restauración de Cayos Miskitus fueron establecidos 17 especies de corales, entre ellas 14 especies perteneciente a los corales duros o petreos (Stony corals), 2 especies de Hidrocorales y 1 especie de octocorales.

En creole bar fueron establecidos 14 especies de corales (12 corales duros y 2 hidrocorales) de las cuales solo 4 especies de corales tipo ramificados son los que sobrevivieron: Porites, porites, Acropora palmata, Acropora Cervicornis y Porites astreoides. En un lapso de 15 meses el 75% de estas estructuras están vacíos y 10 están enterados en la arena por causa de la alta sedimentación existente en este sitio donde la dirección de la corriente deposita los fragmentos de corales muertos y las dunas de arena a los arrecifes artificiales establecido en este sitio.

En Maxide se establecieron 9 especies de corales (7 son corales duros, 1 hidrocoral y 1 octocoral) donde solo sobrevivieron 6 especies que son porites porites, porites astreoides, agaricia tenuifolia, diplora strigosa, siderastrea radians y milepora alcicornis.

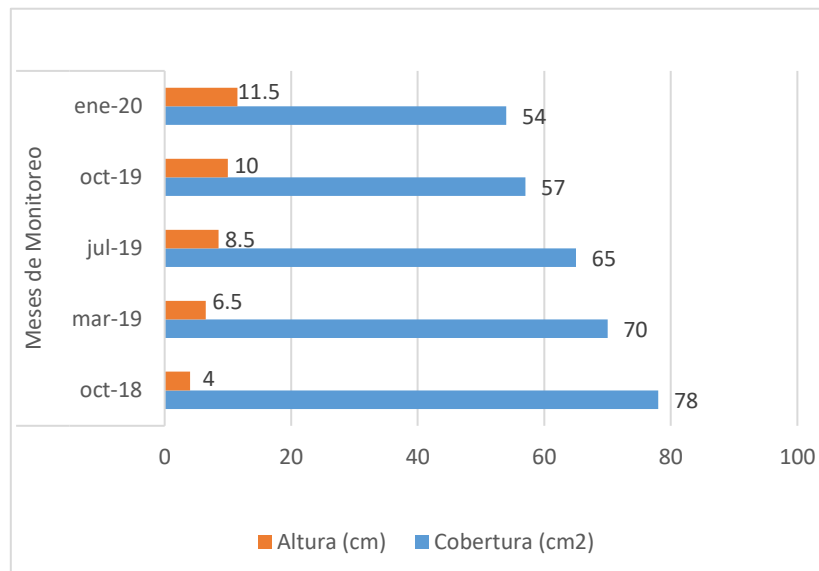
Butuhni kira se establecieron 8 especies (7 son coral duro, 1 hidrocoral) sobrevivieron 6 de las especies plantadas las dos especies que no sobrevivieron fueron agaricia agaricites y Porites colonensis.

Edwards A.J., Gomez E.D. (2007) afirman que las especies de corales ramificadas tales como las de las familias Acroporidae y Pocilloporidae tienden a ser de crecimiento rápido y a fragmentarse fácilmente (se pueden encontrar fragmentos

desprendidos naturalmente). Por ello, estas especies han sido muy útiles para el trasplante, ya que pueden producir un rápido aumento en el % de cobertura de coral vivo en un tiempo relativamente corto. Por ende, la mayoría de los corales sobreviviente pertenece a los corales pétreos tipo ramificados, esto indica que estos corales tienden a ser más resistentes y de mejor adaptación ante una restauración para la recuperación de los arrecifes.

Los factores que inciden en la mortalidad de los corales en los arrecifes artificiales son principalmente por la enfermedad de plaga blanca o Síndrome del caribe blanco y banda negra que está afectando a los arrecifes coralinos naturales y artificiales de los Cayos Miskitus. En los últimos años, la aparición de nuevas y numerosas enfermedades a los arrecifes de corales han aumentado y muchas de estas enfermedades han sido estudiadas muy poco como las mencionadas anteriormente. Por lo tanto, es necesario llevar estudios enfocados en estas enfermedades que causa gran mortalidad a las poblaciones coralinas.

#### 5.2.4 Área de cobertura y crecimiento de los corales en los tres sitios restaurados de los Cayos Miskitus



**Grafica 5. Área de cobertura y altura de los corales alcanzados en Buhutni Kira**

Fuente: Datos de campo, elaboración propia

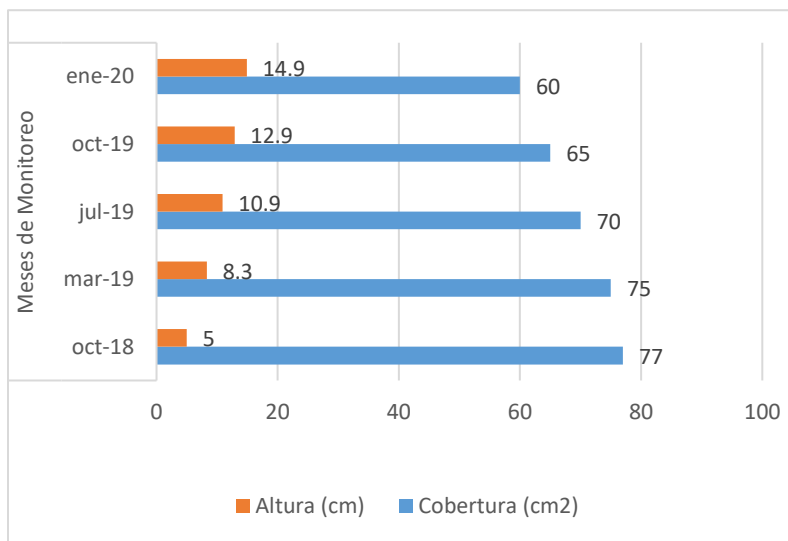
En el sitio Buhutni kira el grado de cobertura de los corales plantados fue reduciendo como indica la gráfica. Cabe recalcar, que después de un año y medio la cobertura de los corales en las estructuras artificiales (módulos o galletas circulares) fue de 54 cm<sup>2</sup> reduciendo 24 cm<sup>2</sup> en relación a la cobertura

inicial y los factores que influyeron en la pérdida de la cobertura fueron; la mortalidad

de los corales sobre de los corales masivos o incrustantes como las especies; coral fuego y coral cerebro.

Estudios realizados en la universidad de Puerto Rico Alida Ortiz (2005) Argumentan que los corales son animales de crecimiento lento. Los estudios científicos revelan que el crecimiento es de alrededor de tres milímetros a un centímetro (aproximadamente 1/4 de pulgada) en los corales masivos y de diez a veinte centímetros (aproximadamente 8 pulgadas) por año en los corales ramificados, si las condiciones ambientales son las mejores. Esto nos debe llevar a reflexionar sobre el tiempo que puede tomar a los corales en el arrecife recuperarse de los daños causados por las actividades humanas.

En cuanto, al crecimiento promedio de los corales ramificado fue de 8.1 cm, lo que representa un crecimiento optimo en un periodo de 15 meses. Por lo tanto, el crecimiento de los corales ramificado es más acelerado en relación a los corales masivos o incrustantes como afirma los estudios de Puerto Rico.

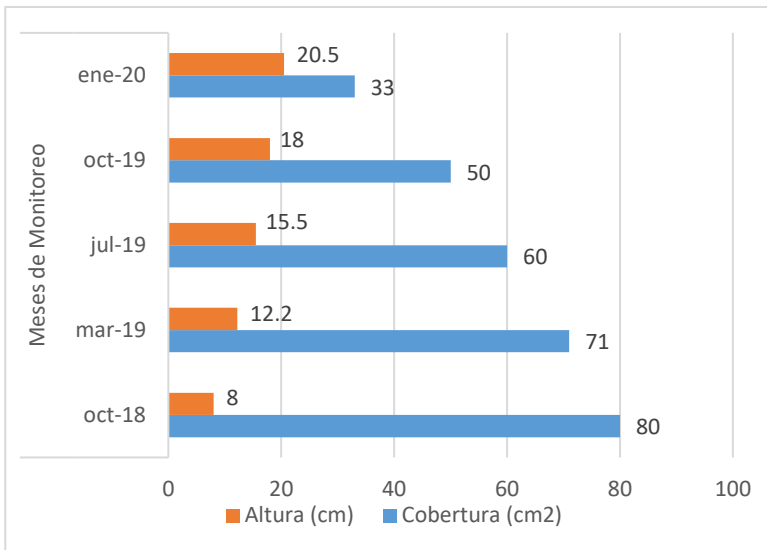


**Imagen 6. Grado de cobertura y altura de los corales en Maxide**  
Fuente: Datos de campo, elaboración propia

En esta grafica los resultados nos indica que la cobertura y altura de los corales alcanzados en Maxide después de 15 meses establecidos en donde al igual que el sitio anterior (Buhutni Kira), la cobertura fue decreciendo paulatinamente perdiendo una cobertura de 17 cm<sup>2</sup>. Pero, de los tres sitios restaurados fue el sitio de menor pérdida de cobertura de los corales plantados y en relación a la altura de los corales este sitio

obtuvo un crecimiento de 10.4 cm de los corales ramificados que indica fue superior en relación al sitio Buhutni Kira. Es importante, mencionar que los corales colocados en los picos de botellas en los dos sitios anteriores (Buhutni kira y Maxide) fueron

de las especies *Porites porites* y *Porites colonensis* ya que en estos sitios no se encontró corales ramificados como son; los corales *Acropora palmata*, *Acropora cervicornis* y *Acropora prolifera* ya que estas especies son de profundidades mayores a los 10 m.

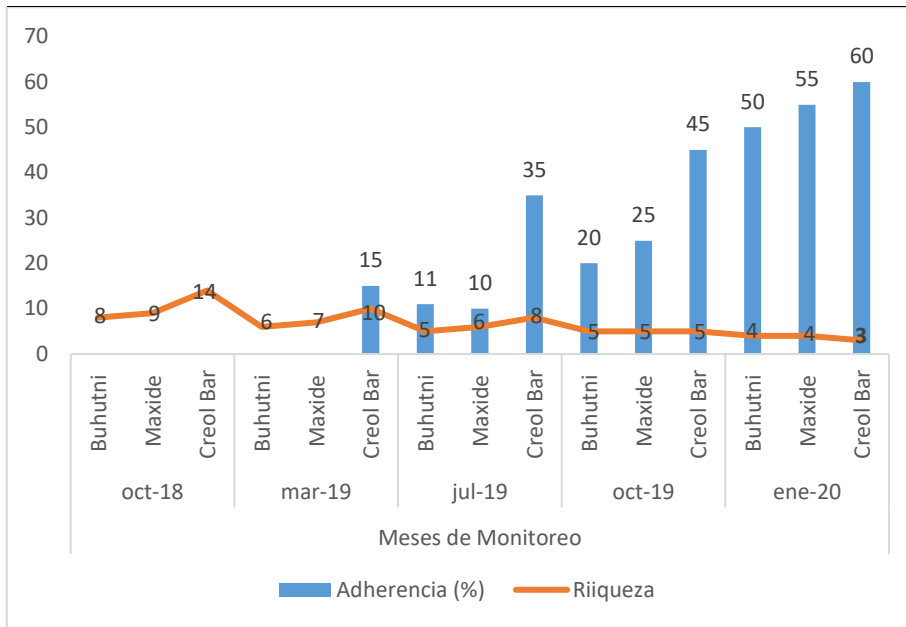


**Grafica 7. Grado de cobertura y crecimiento de los corales en Creole Bar**  
**Fuente: Datos de campo, elaboración propia**

Creole Bar fue el sitio de mayor pérdida de cobertura de los corales establecidos en las estructuras artificiales (módulos circulares o Galleta) como nos muestra la gráfica 5. Esto debido a la alta mortalidad de los corales, sobre todos los corales incrustantes o masivas como son las especies; *Porites* *Astreoides*, *Diploria Strigosa*, *Montastrea cavernosa*, entre otros. Mas, sin embargo, los

corales ramificados plantados en este sitio fueron los que alcanzaron mayor altura de crecimiento (14.8 cm), datos superiores a la experiencia en Puerto Rico; a pesar que este sitio presenta un exceso de sedimentación y un crecimiento acelerado de las algas cavernosas y filamentosas lo que indica que estas de corales ramificados son profundidades como mencionaba anteriormente ya que este sitio tiene una profundidad de 14 metros.

### 5.2.5 Grado de adherencia de los corales establecidos y riqueza de los sitios restaurados



**Grafica 8. Grado de adherencia y riqueza de los corales establecidos por Sitio**  
Fuente: Datos de campo, elaboración propia

La grafica 8 nos muestra el grado de adherencia de los corales en las estructuras modulares circulares o cuellos de botella de los tres sitios restaurado, Creole bar es la que presenta con un 60% de adherencia de los corales a las estructuras modulares que en su mayoría fueron corales ramificados durante un periodo de 15 meses. Es importante recalcar, que en este sitio los corales que adhirieron fueron los corales ramificados y algunos fragmentos de coral cerebro que sobrevivieron de las algas y de la sedimentación.

En cuanto, a los sitios Maxide y Buhutni kira presentaron 50 y 55 % de adherencia de los diferentes especies plantadas; en la cual, las especies de corales Porites Porites, Porites astreoides, agaricia agaricites y Siderastrea radians son los que presentaron adherencia a las estructuras artificiales, mientras las especies Diploria strigosa, Manicina areolata y Millepora alcicornis todavía no presentan adherencia a las estructuras artificiales.




### 5.3 Catálogo de las especies de los corales establecidos y fauna acompañante

Como parte de esta investigación quisimos establecer una línea de base con las principales especies de corales y fauna acompañantes presentes en los sitios de restauración, esto con la finalidad de dar a conocer las especies y taxonomías con la que trabajamos. Y que están presentes actualmente, para que estas sean un punto de referencia en estudios posteriores.

Estas especies se lograron identificar por medio de cámaras subacuáticas y videos transectos, en cada monitoreos, también de manera observacional y luego utilizando como base el libro “Guías de identificación de especies marinas de Paul Humann”

#### 5.3.1 Catálogo de Corales

	<p>Grupo de coral: pétreos Nombre científico: Porites Porites Nombre común: Coral dedo</p> <p><b>Taxonomía</b></p> <p>Reino: Animalia Filo: Cnidaria Clase: Anthozoa Subclase: Hexacorallia Orden: Scleractinia Familia: Poritidae Género: Porites</p>
--	--



Grupo de coral: pétreos

Nombre científico: *Acropora Palmata*

Nombre común: Coral cuerno de alce

**Taxonomía**

Reino:Animal

Filo: Cnidaria

Clase:Anthozoa

Orden: Scleractinia

Familia: Acroporidae

Género: *Acropora*

Especie: *A. palmata*



Grupo de coral: pétreos

Nombre científico: *Acropora Cervicornis*

Nombre común: Coral cuerno de ciervo

**Taxonomía**

Reino:Animalia

Filo: Cnidaria

Clase:Anthozoa

Subclase: Hexacorallia

Orden: Scleractinia

Familia: Acroporidae

Género: *Acropora*

Especie: *A. cervicornis*



Grupo de coral: pétreos  
Nombre científico: Porites  
Astreoides  
Nombre común: Coral mostaza  
**Taxonomía**  
Reino:Animalia  
Filo: Cnidaria  
Clase: Antozoarios  
Orden: Escleractinia  
Familia: Poritidae  
Género: Porites  
Especies: P. astreoides



Grupo de coral: pétreos  
Nombre científico: Agaricia  
Tenuifolia  
Nombre común: Coral lechuga  
delgada  
**Taxonomía**  
Reino:Animalia  
Filo: Cnidaria  
Clase: Anthozoa  
Orden: Scleractinia  
Familia: Agariciidae  
Género: Agaricia  
Especie: A. tenuifolia



Grupo de coral: pétreos

Nombre científico: *Eusmilia*  
*Fastigiata*

Nombre común: Coral flor suave

**Taxonomía**

Reino: Animalia

Filo: Cnidaria

Clase: Anthozoa

Subclase: Hexacorallia

Orden: Scleractinia

Familia: Meandrinidae

Género: *Eusmilia*

Especie: *E. fastigiata*



Grupo de coral: pétreos

Nombre científico: *Agaricia*  
*Agaricites*

Nombre común: Coral lechuga

**Taxonomía**

Reino: Animalia

Filo: Cnidaria

Clase: Anthozoa

Orden: Scleractinia

Familia: Agariciidae

Género: *Agaricia*

Especie: *A. agaricites*



Grupo de coral: pétreos

Nombre científico: *Porites colonensis*

Nombre común: Coral lechuga aplanada

**Taxonomía**

Reino: Animalia

Phylum: Cnidaria

Clase: Anthozoa

Subclase: Hexacorallia

Orden: Scleractinia

Suborden: Fungiina

Familia: Poritidae

Género: *Porites*

Especie: *colonensis*



Grupo de coral: pétreos

Nombre científico: *Meandrina meandrites*

Nombre común: Coral de láminas

**Taxonomía**

Reino: Animalia

Filo: Cnidaria

Clase: Anthozoa

Subclase: Hexacorallia

Orden: Scleractinia

Familia: Meandrinidae

Género: *Meandrina*

Especie: *M. meandrites*



Grupo de coral: pétreos  
Nombre científico: Diploria Strigosa  
Nombre común: Coral cerebro

**Taxonomía**

Reino: Animalia  
Filo: Cnidaria  
Clase: Anthozoa  
Subclase: Hexacorallia  
Orden: Scleractinia  
Familia: Mussidae  
Género: Pseudodiploria  
Especie: P. strigosa



Grupo de coral: pétreos  
Nombre científico: Siderastrea  
Radians  
Nombre común: Coral estrella

**Taxonomía**

Reino: Animalia  
Filo: Cnidaria  
Clase: Anthozoa  
Orden: Scleractinia  
Familia: Siderastrea



Grupo de coral: pétreos  
Nombre científico: *Montastraea cavernosa*  
Nombre común: Coral de ojos  
**Taxonomía**  
Reino: Animalia  
Filo: Cnidaria  
Clase: Anthozoa  
Subclase: Hexacorallia  
Orden: Scleractinia  
Familia: Montastraeidae  
Género: *Montastraea*  
Especie: *M. cavernosa*



Grupo de coral: pétreos  
Nombre científico: *Manicina areolata*  
Nombre común: Coral Rosal  
**Taxonomía**  
Reino: Animalia  
Filo: Cnidaria  
Clase: Anthozoa  
Subclase: Hexacorallia  
Orden: Scleractinia  
Familia: Mussidae  
Género: *Manicina*  
Ehrenberg, 1834  
Especie: *M. areolata*



Grupo de coral: hidrocoral  
Nombre científico: Millepora  
Alcicornis  
Nombre común: Coral fuego  
**Taxonomía**  
Reino: Animalia  
Subreino: Metazoa  
Filo: Cnidaria  
Clase: Hydrozoa  
Orden: Anthoathecata  
Suborden: Capitata  
Familia: Milleporidae  
Género: Millepora  
Especie: M. alcicornis



Grupo de coral: hidrocoral  
Nombre científico: Millepora  
Complanata  
Nombre común: Coral fuego  
aplanado  
**Taxonomía**  
Reino: Animalia  
Filo: Cnidaria  
Clase: Hydrozoa  
Orden: Anthomedusae  
Suborden: Milleporina  
Familia: Milleporidae  
Género: Millepora  
Especie: M. complanata





Grupo de coral: octocoral  
Nombre científico: Pseudoplexaura  
sp

Nombre común: Coral falso

**Taxonomía**

Reino: Animalia

Filo: Cnidaria

Clase: Anthozoa

Subclase: Octocorallia

Orden: Alcyonacea

Suborden: Holaxonia

Familia: Plexauridae

Género: Pseudoplexaura



Grupo de coral: pétreos

Nombre científico: Mycetophyllia  
Lamarckiana

Nombre común: Coral cactus

**Taxonomía**

Reino: Animalia

Phylum: Cnidaria

Clase: Anthozoa

Subclase: Hexacorallia

Orden: Scleractinia

Suborden: Faviina

Familia: Mussidae

Género: Mycetophyllia

Especie: lamarckiana

Fuente: Datos de campo; (URACCAN-IREMADES y Paul Humman)

### 5.3.2 catálogo de fauna acompañante (peces y diademas)

	<p>Nombre común: Princess Parrotfish</p> <p>Nombre científico: <i>Scarus taeniopterus</i></p> <p><b>Taxonomía</b></p> <p>Reino: Animalia</p> <p>Filo: Chordata</p> <p>Clase: Actinopterygii</p> <p>Subclase: Neopterygii</p> <p>Infraclase: Teleostei</p> <p>Superorden: Acanthopterygii</p> <p>Orden: Perciformes</p> <p>Familia: Scaridae</p> <p>Género: <i>Scarus</i></p> <p>Especie: '<i>S. taeniopterus</i>'</p>
	<p>Nombre común: Loro Listado</p> <p>Nombre científico: <i>Scarus iseri</i></p> <p><b>Taxonomía</b></p> <p>Reino: Animalia</p> <p>Filo: Chordata</p> <p>Clase: Actinopterygii</p> <p>Subclase: Neopterygii</p> <p>Infraclase: Teleostei</p> <p>Superorden: Acanthopterygii</p> <p>Orden: Perciformes</p> <p>Familia: Scaridae</p> <p>Género: <i>Scarus</i></p> <p>Especie: <i>S. iseri</i></p>



Nombre común: Pez mariposa de 4 ojos

Nombre científico: *Chaetodon capistratus*

**Taxonomía**

Reino: Animalia

Filo: Chordata

Clase: Actinopteri1

Orden: Perciformes

Familia: Chaetodontidae

Género: *Chaetodon*

Especie: *C. capistratus*



Nombre común: Sargento Mayor

Nombre científico: *Abudefduf saxatilis*

**Taxonomía**

Reino: Animalia

Filo: Chordata

Clase: Actinopterygii

Subclase: Neopterygii

Infraclase: Teleostei

Superorden: Acanthopterygii

Orden: Perciformes

Familia: Pomacentridae

Género: *Abudefduf*

Especie: *A. saxatilis*



Nombre común: Pez Damicela Lunar

Nombre científico: Pomacentrus adelus

**Taxonomía**

Reino: Animalia

Filo: Chordata

Clase: Actinopterygii

Subclase: Neopterygii

Infraclase: Teleostei

Superorden: Acanthopterygii

Orden: Perciformes

Familia: Pomacentridae

Género: Pomacentrus

Especie: P. adelus



Nombre común: Mojarrita de arrecife

Nombre científico: Stegastes Planifrons

**Taxonomía**

Reino: Animalia

Filo: Chordata

Clase: Actinopterygii

Subclase: Neopterygii

Infraclase: Teleostei

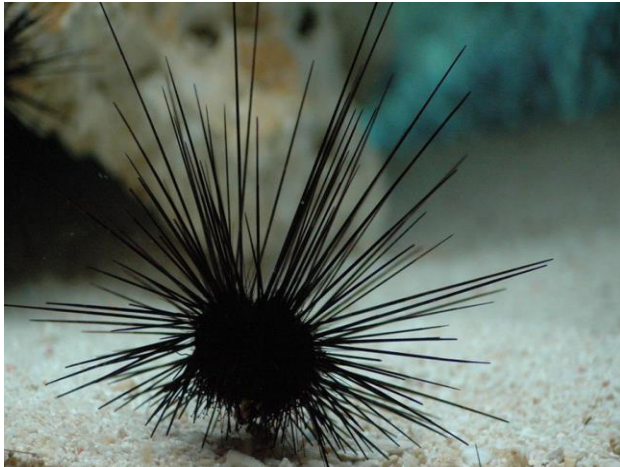
Superorden: Acanthopterygii

Orden: Perciformes

Familia: Pomacentridae

Género: Stegastes

Especie: S. planifrons



Nombre común: Erizos negro  
de Púas negras

Nombre científico: Diadema  
antillarum

**Taxonomía**

Reino: Animalia

Filo: Equinodermos

Clase: Echinoidea

Orden: Diadematoidea

Familia: Diadematidae

Género: Diadema

Especies: D. antillarum



Nombre común: Erizo del mar  
común

Nombre científico:

Paracentrotus lividus

**Taxonomía**

Reino: Animalia

Filo: Echinodermata

Clase: Echinoidea

Superorden: Echinacea

Orden: Camarodonta

Familia: Parechinidae

Género: Paracentrotus

Especie: P. lividus



Nombre común: Yellowtail

Nombre científico: *Ocyurus chrysurus*

**Taxonomía**

Reino: Animalia

Filo: Chordata

Clase: Actinopterygii

Subclase: Neopterygii

Infraclase: Teleostei

Superorden: Acanthopterygii

Orden: Perciformes

Suborden: Percoidei

Familia: Lutjanidae

Género: *Ocyurus*

Especie: *O. chrysurus*



Nombre común: Pargo ojo

Nombre científico: *Lutjanus jocu*

**Taxonomía**

Reino: Animalia

Filo: Chordata

Clase: Actinopterygii

Subclase: Neopterygii

Infraclase: Teleostei

Superorden: Acanthopterygii

Orden: Perciformes

Suborden: Percoidei

Familia: Lutjanidae

Género: *Lutjanus*

Especie: *L. jocu*



Nombre común: Pargo  
Lunarejo

Nombre científico: *Lutjanus guttatus*

**Taxonomía**

Reino: Animalia

Filo: Chordata

Clase: Actinopterygii

Subclase: Neopterygii

Infraclase: Teleostei

Superorden: Acanthopterygii

Orden: Perciformes

Suborden: Percoidei

Familia: Lutjanidae

Género: *Lutjanus*

Especie: *L. guttatus*



Nombre común: King ángel  
Fish o Cachama negra

Nombre científico:  
*Pomacanthus Paru*

**Taxonomía**

Reino: Animalia

Filo: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Perciformes

Familia: Pomacanthidae

Género: *Pomacanthus*

Especie: *P. paru*



Nombre común: Pez ángel  
Real

Nombre científico: Holacanthus  
Passer

**Taxonomía**

Reino: Animalia

Filo: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Perciformes

Familia: Pomacanthidae

Género: Holacanthus

Especie: H. passer

Fuente: Datos de campo; (URACCAN-IREMADES y Paul Humman)



## **VI. Conclusiones**

Los parámetros biológicos, ecológico y ambientales son componentes esenciales para el establecimiento de la restauración de arrecifes de corales, que gran parte de su éxito dependen de estos parámetros, durante la investigación estos generaron impactos positivos como negativos para los corales establecidos.

Los factores ambientales y parámetros físico-químicos son indicadores de un buen desarrollo y crecimiento de los corales. En este estudio, los parámetros físico-químicos tales como: Nitrato, Fosfato, Solidos totales y turbidez están fuera del rango optimo, y esto impacta de manera negativa provocando estrés provocando la muerte de los corales y un aumento en la proliferación de las algas. En cuanto a la temperatura y pH no existe diferencia significativa en los tres sitios restaurados. Sin embargo, en el mes de octubre la temperatura llego hasta los 33°C por lo que sobrepasa en los rangos permisibles para las poblaciones de los corales y puede ser la causa de la mortalidad de algunas especies.

Durante los Monitoreos cuatrimestrales fue detectado dos enfermedades que afectan a los corales causando daños irreparables llevándolos al estado de mortandad y en los tres sitios estaban presentes el Síndrome del caribe blanco o plaga blanca y banda negra y las especies indicadoras de estas enfermedades son los Erizos de mar y el pez loro.

En los tres sitios restaurados existe diversidad faunística, estos son indicadores de buena calidad de los arrecifes y por lo tanto indican buena condición de salud; desde el principio de la restauración hubo buena aceptación de parte de la fauna marina que comprende desde los peces herbívoros hasta los carnívoros, con el tiempo la presencia faunística se ha disminuido a causas del crecimiento acelerado de algas y el aumento de la sedimentación.

La tasa de mortalidad promedio de los tres sitios Restaurados fue de 40%, que en su mayoría fueron los corales incrustantes y masivos provocados por excesiva sedimentación, algas, factores ambientales, parámetros físico-químicos y cambio climáticos. El sitio de mayor mortalidad fue Creole bar con un 75% puesto a la excesiva sedimentación que influyo de manera negativa ahogando a los corales y

el crecimiento excesivo de las algas; Maxide fue el sitio con menor mortalidad en un 20% y Buhutni kira con un 25% aunque algunos corales se ven afectados por las enfermedades (banda negra y plaga blanca).

Después de 15 meses de la restauración en los tres sitios de cayos Miskitus Maxide fue el sitio con mayor éxito de supervivencia con un 80%, Buhutni kira con un 75% y creole bar con el porcentaje más bajo de un 25% la cual esto nos indica que el éxito promedio fue de un 60% en los tres sitios. De las 17 especies de corales trasplantados sobrevivieron los corales pétreos y 1 hidrocoral; especies de: coral dedo, coral mostaza, coral lechuga, coral estrella masiva, coral cerebro, coral cuerno de ciervo, coral cuerno de alce y coral falso (hidrocoral) lo que nos indica que estos corales son más resistentes y de mejor adaptación; los corales de especies ramificadas tienden a ser de crecimiento rápido, mientras que los corales incrustantes o masivos como; corales cerebro presentaron crecimiento lento.

La cobertura fue disminuyendo ante la mortalidad de los corales, Es importante mencionar, que la tasa de crecimiento de los corales ramificados comprende entre 8.1, 10.4 y 14.8 cm en los tres sitios restaurados donde Creole Bar fue de mayor crecimiento (14.8 cm) después de 15 meses establecido.

A pesar de que Creole bar fue uno de los sitios con mayor mortalidad, presento mejor resultado en adherencia con un 60% que en su mayoría fueron corales ramificados, maxide y buhutni presento 50 y 55% de adherencia.

A partir de los estudios de campo se logró definir un catálogo de corales y fauna acompañante que incluye peces y diademas, que sirven como elemento de identificación y estas especies son la base para estudios de continuidad en los tres sitios restaurados.

## **VII. Recomendaciones**

- 1) Implementar procesos de restauración en los otros sitios de Cayos Miskitus donde ameritan según la evaluación ecológica rápida de FUNDAR y Monitoreos constantes donde se involucren las universidades de la región, autoridades competentes (MARENA y Secretaria de Recursos Naturales SERENA) y territorio de Tawira; para la conservación y protección del ecosistema marino.
- 2) Promover el turismo científico con la debida autorización y supervisión de las autoridades competentes y el territorio Tawira.
- 3) Promover la investigación científica para el desarrollo y fortalecimiento de nuestra región.
- 4) Crear una unidad comunitaria de monitoreo e investigación con criterios básicos, que permita saber el estado de conservación de la Reserva bajo el criterio comunitario y que esto sirva para la toma de decisiones de manejo del área.
- 5) Construir estructuras de arrecifes artificiales ásperos o zonas provistas de aperturas y cavidades similares a las rocas naturales ya que superficies muy lisas y planas evitan el establecimiento de organismos sobre el arrecife y esto puede ser una de las causas de mortalidad de los arrecifes plantados en los cayos Miskitus.
- 6) Instalar arrecifes en lecho marino dominado por pastos marinos y parches de arrecifes en regeneración ya que el sitio restaurado Buhutni kira presenta este tipo de hábitat en la cual el 75% de los corales plantados está en buen estado de crecimiento.
- 7) En el caso de los arrecifes artificiales instalados en Creole bar reubicar en otro sitio por la alta tasa de mortalidad en los corales blandos plantados. Esto, debido a la alta sedimentación que existe en la zona que hace que cubra las plántulas de los corales sembrados y con ello asfixia al coral. Además, existe mucha proliferación de las algas en este sitio.
- 8) Los corales trasplantados deben ser fijados firmemente con bridas plásticas a las botellas fijados para evitar que desprenda por la acción de las olas y corrientes porque las especies de corales que reproducen naturalmente por fragmentación son capaces de auto fijarse en arrecifes expuestas ya que el desprendimiento de los

trasplantados puede ser la principal causa de muerte de los corales trasplantados en los sitios de restauración de los jardines de corales en los cayos Miskitus.

- 9) Presentar ante las autoridades competentes el estudio a fin de que ellos visualicen los impactos de los sedimentos que proveniente de las cuencas altas del rio Coco y que desembocan en el mar los posibles impacto de sedimentación y proliferación de algas en los arrecifes de corales en los cayos Miskitus.

## VIII. Lista de referencias

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos EPA (2017), Amenazas para los arrecifes de coral. Recuperado de <https://espanol.epa.gov/espanol/amenazas-para-los-arrecifes-de-coral>

Agencia EFE (2012) Importancia del pepino de mar. Recuperado de <https://geamultimedia.wordpress.com/2012/02/08/importancia-del-pepino-de-mar/amp/>

Alida Ortiz (2005) Los arrecifes de coral. Puerto Rico: Aixia Rodríguez pág. 13.

Capisano C., (2017). Las propiedades físico-químicas del agua del mar. Recuperado de: <https://prezi.com/n8icphebo2xy/las-propiedades-fisico-quimicas-del-agua-de-mar/>

Daniela Rodríguez (sin fecha) Factores ambientales: características y clasificación. Recuperado de <https://www.lifeder.com/factores-ambientales/>

Danna Fernández (2015, 14 de abril) Natalidad y Mortalidad. Recuperado de <https://prezi.com/qtrbkygjrzd/natalidad-y-mortalidad/>

Diego et al (2009). Enfermedades coralinas y su investigación en los arrecifes colombianas. INVEMAR. 224 pag.

Edwards A.J., Gomez E.D. (2007). Reef Restoration Concepts & Guidelines: making sensible management choices in the face of uncertainty. Coral Reef Targeted Research & Capacity Building for Management program: St. Lucia, Australia. IV + 38pp.

Fonseca, A., Mendoza, J., Paredes, L., Breedy, O., Mercado, P. (2001) EVALUACIÓN ECOLÓGICA RÁPIDA DEL SISTEMA ARRECIFAL DE CAYOS MISKITUS; URACCAN.

Fundación Amigos del Río San Juan FUNDAR (2018) Desarrollo de evaluaciones socioeconómicas y ecológicas (Rapid Assesment) de los ecosistemas marinos y costeros (arrecifes coralinos, pastos marinos, humedales, manglares costeros e insulares, playas y sistemas lagunares) URACCAN Puerto Cabezas, RACCN.

Fundación Dominicana de Estudios Marinos, INC. FUNDEMAR (2011) Conservación de arrecifes.

Humann, P., Deloach, N. (1993). Reef coral identification Florida Caribbean Bahamas. New World Publications. Third Edition. 239 Pag.

Healthy Reefs for the healthy peoples HRI (sin fecha) Mortalidad de los corales. Recuperado de <https://www.healthyreefs.org/cms/es/healthy-reef-indicators/mortalidad-del-coral/>

Healthy Reefs for the healthy peoples HRI (sin fecha) Cobertura de coral. Recuperado de <http://www.healthyreefs.org/cms/es/healthy-reef-indicators/cobertura-de-coral>

Iluminacion Orphek acuario Led (2012, 17 de junio) Ingredientes para el crecimiento de los corales bueno y colores. Recuperado de <https://es.orphek.com/ingredients-good-coral-growth-color/>

Jackson & D' Cruz, (2003) Monitoreo biológico del alga *Acanthaphora spiifera* en la zona del arrecife de los cubanos.

MARENA, (1999). Reglamento de áreas protegidas de Nicaragua. La Gaceta, Diario Oficial, (42 y 43).

Muñiz Irigoyen, Carla G. y Gío Argáez, Raúl. (2016) Conservación y restauración en arrecifes de coral. Ciencias, núm. 120-121, abril-septiembre, pp. 60-71.

NTON 05 007-98. Diario oficial de la Republica de Nicaragua. 11 de Febrero del 2000

Orozco, C.; Pérez, A.; Gonzáles, M. N.; Rodríguez, F.; Alfayate, J., (2005) Contaminación Ambiental. Una visión desde la química. III edición, Thomson Editoriales Spain Paraninfo, S.A.

Perez J; Merino M; (2015) Definición de adherencia. Recuperado de <https://definicion.de/adherencia/>

Reef Resilience Network (sin fecha) Enfermedad del coral/Resilencia de arrecifes. Recuperado de <http://reefresilience.org/es/stressors/coral-disease/>

Rodrigo Pardo (Sin fecha) Ecología de comunidades. Pág. 3

Ruiz, H., Ortiz, A., Nemeth, M., Scharer, M., Griffin, S. (2008) casos de estudios en la restauración de arrecifes de coral en puerto rico.

URS Holdings, Inc. (2005) NORMAS DE CALIDAD DE AGUAS MARINAS Y COSTERAS

Uthicke S., (2011) Nutrient regeneration by abundant coral reef holothurians Journal of experimental Marine Biology and Ecology. Pág. 265,153-170.

Zurita A, MH Badii, A Guillen, O Lugo-Serrato and JJ Aguilar-Garnica (2015) Factores causantes de degradación Ambiental. Daena: International Journal of Good conscience. 10: 1-9

## IX. Anexos

### Resultados de la Base de datos por monitoreo

**Tabla 9. Resultados de Buhutni Kira 2018-2019**

Meses de Monitoreo	No. Módulos	Grado Cobertura (cm2)	Grado de altura (cm)	Grado de adherencia	Adherencia (%)	Grado de Mortalidad	Mortalidad (%)	Riqueza Promedio	Tasa de supervivencia
oct-18	43	78	4	1	0	2	0	8	100
mar-19	43	70	10	1	0	2	10	6	90
jul-19	43	65	13	2	11	2	13	5	87
oct-19	43	57	15	3	20	2	18	5	82
ene-20	43	54	18	3	40	2	25	4	75

Fuente: Datos de campo; URACCAN-IREMADES

**Tabla 10. Resultados de Maxide, 2018-2019**

Meses de Monitoreo	No. Módulos	Cobertura Promedio (cm2)	Altura Promedio (cm2)	Grado de adherencia	Adherencia (%)	Grado de Mortalidad	Mortalidad (%)	Riqueza Promedio	Tasa de supervivencia
oct-18	51	77	5	1	0	2	0	9	100
mar-19	51	75	10	1	0	2	8	7	92
jul-19	51	70	15	1	10	2	11	6	89
oct-19	51	65	17	2	25	2	15	5	85
ene-20	51	60	20	3	45	2	20	4	80

Fuente: Datos de campo; URACCAN-IREMADES

**Tabla 11. Resultados de Creole Bar, 2018-2019**

Meses de Monitoreo	No. Módulos	Cobertura Promedio (cm2)	Altura Promedio (cm)	Grado de adherencia	Adherencia (%)	Grado de Mortalidad	Mortalidad (%)	Riqueza Por Sitio	Tasa de supervivencia
oct-18	55	80	3.0	1	0	2	0	14	100
mar-19	55	71	4.8	1	15	4	40	10	60
jul-19	55	60	6.2	2	35	4	50	8	50
oct-19	55	50	7.6	3	45	5	60	5	40
ene-20	55	33	9.2	3	60	5	75	3	25

Fuente: Datos de campo; URACCAN-IREMADES



**Tabla N° 12 formato de muestreo de campo de los parámetros físico-químico**

No.	Fecha	Hora	Ph	T°	OD (mg/Lt)	SSTD	Salinidad	CE	Turbidez	Corriente	Oleaje
							(Ppm)	(mµ/cm)	(NTU)		

**Tabla N° 13. Materiales y Costo de fabricación de un módulo de arrecife tipo “Botella”**

Descripción	Cantidad	P. Unitario C\$	Total C\$
Zinc láminas Liso de 1m*8 cm	1 m	40	40
Prensas (Clamps)	1 unidad	20	20
Cemento	10 Lbs	5	50
Malla de seda metálica de Zarranda 15 mm	0.5 yarda	40	20
Tubo PVC ½ pulgada	0.3 m	100	30
Arena	½ balde	15	15
Varilla de 3/8	1 m	30	30
Botellas de vidrio ( cerveza o vino)	5	5	25
Mano de obra (Pago por modulo)	3 obreros	30	90
<b>Costo Total</b>			<b>320</b>

Imagen 9. Colocación de las plántulas de los corales en los módulos o galletas con cuello de botella



Fuente: URACCAN-IREMADES

Imagen 10. Medición de los corales



Fuente: No Publicada

Imagen 11. Exceso crecimiento de algas filamentosas en los módulos



Fuente: URACCAN-IREMADES

Imagen 12. Módulos colocados en forma circular en Creole bar



Fuente: URACCAN-IREMADES

Imagen 13. Recolecta de los corales para establecer en los módulos



Fuente: URACCAN-IREMADES

Imagen 14. Módulos cubiertos por sedimentación en Creole Bar



Fuente: URACCAN-IREMADES

Imagen 15. Medición de los parámetros FQ de agua en los sitios de restauración



Fuente: URACCAN-IREMADES

Imagen 16. Fauna acompañante "Pez Damisela"



Fuente: URACCAN-IREMADES

## AVAL DEL TUTOR

El tutor/a: \_\_\_\_\_, por medio del presente escrito otorga el Aval correspondiente para la presentación de:

Perfil

Protocolo

Informe Final

Artículo Técnico

Otra forma de culminación (especifique ):

\_\_\_\_\_

A la investigación titulada: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Desarrollada por el o los estudiantes: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

De la carrera: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Nombre y apellido del tutor, tutora: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

Recinto: \_\_\_\_\_

Extensión: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_