

BLUEFIELDS INDIAN & CARIBBEAN UNIVERSITY
BICU



ÁREA DEL CONOCIMIENTO CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES

Monografía para optar título de
Licenciatura en Biología Marina

Evaluación del estado de salud de los arrecifes coralinos en la parte Norte de Little
Corn Island, Nicaragua durante el período 2025

Autores:

Br. Grenici Ricardo Mercado Mayberth
Br. Winnisha Marie Downs Taylor

Tutor:

MSc. Lindolfo Aparicio Hodgson Suárez

Bluefields, RACCS, Nicaragua
julio 2026

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

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente a Dios, por ser nuestra fuente de inspiración y fortaleza, brindarnos la capacidad de superarnos y motivarnos a seguir adelante en la búsqueda de uno de los logros más deseados, a pesar de los desafíos y esfuerzos de la vida.

Con profundo cariño y respeto, dedicamos este trabajo a nuestros padres: **Jairo Mercado, Jahaira Salgado y Winston Downs y Dina Taylor**, quienes con su amor, sacrificio y guía constante nos han impulsado a alcanzar nuestras metas.

De igual manera, dedicamos este esfuerzo a nuestros hermanos: **Sanjhin, Maykelin, Dina y Dayana**, quienes han sido fuente de motivación, apoyo y alegría a lo largo de este camino.

En memoria de quien en vida fue **Jhondra Mercado (q.e.p.d)**, mi querida hermanita. Este logro lo dedico con amor a ti, que siempre estarás presente en mi corazón y en cada paso de mi vida.

Finalmente, a nuestra alma mater, la **Bluefield Indian & Caribbean University (BICU)**, por ser el espacio donde fortalecimos nuestros conocimientos, compartimos experiencias valiosas y culminamos una etapa única e irrepetible en nuestras vidas.

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestros más sinceros agradecimientos a Dios, fuente de fortaleza e inspiración en cada paso de este proceso.

A nuestras familias, por brindaros apoyo incondicional, confianza y ánimo en los momentos más desafiantes.

A nuestros docentes, quienes con paciencia, dedicación y compromiso nos compartieron sus conocimientos y nos guiaron a nuestro desarrollo académico y personal. De manera especial, agradecemos al profesor **Lindolfo Hogdson Suárez**, tutor de investigación, y los docentes **Billy Ebanks Mongalo** y **Enoc Rivas Suazo**, quienes estuvieron al pendiente en cada etapa de esta investigación, ofreciendo orientación, apoyo y recomendaciones.

Expresamos nuestro reconocimiento a la **instructora Jennifer Naranjo**, por su valiosa orientación y acompañamiento durante el proceso de buceo, cuya experiencia y apoyo fueron fundamentales para la recolección de datos y la realización exitosa de este estudio.

Finalmente, agradecemos al capitán de la embarcación **Dennis Downs**, quien, siendo un miembro de la comunidad local, nos facilitó el traslado hasta el sitio de buceo, contribuyendo de manera significativa al desarrollo práctico de esta investigación.

Índice de Contenido

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	3
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
IV. JUSTIFICACIÓN	6
4.1. Limitaciones y Riesgo	8
V. HIPÓTESIS	9
VI. OBJETIVOS	10
6.1. Objetivo General	10
6.2. Objetivos Específicos.....	10
VII. ESTADO DEL ARTE	11
7.1. Conceptos Introductorios	11
7.1. Estudios Nacionales	12
7.2. Estudios Regionales	13
7.3. Estudios Internacionales	13
7.4. Reflexiones finales.....	14
VIII. METODOLOGÍA	15
8.1. Área de localización del estudio	15
8.2. Tipo de estudio según el enfoque cualitativo asumido y su justificación.....	16
8.3. Muestra y sujeto del estudio	16
8.3.1. Tipo de muestra y muestreo	16
8.3.2. Técnicas e instrumentos de la investigación	17
8.4. Métodos y técnicas para el procesamiento y análisis de la información	19
8.4.1. Criterios de Evaluación y Clasificación de Salud Arrecifal	19
8.4.2. Recolección de Datos.....	19
8.4.3. Criterios de calidad: credibilidad, confiabilidad	22
8.5. Operacionalización de variables	23
IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
X. CONCLUSIONES	33
XI. RECOMENDACIONES	35
XII. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS	37

a.	Presupuesto	37
b.	Cronograma de actividades.....	38
XIII.	REFERENCIAS.....	39
XIV.	ANEXOS.....	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Operacionalización de las variables.....	23
Tabla 2.	Parámetros físico-químicos registrados en Stanley Reef.....	26
Tabla 3.	Composición taxonómica y abundancia de colonias de coral en Stanley Reef	28
Tabla 4.	Composición taxonómica de corales blandos identificados en Stanley Reef	30
Tabla 5.	Distribución porcentual del estado de salud de las colonias de coral identificadas	46
Tabla 6.	Cálculo del Índice de Salud Arrecifal ISA, Stanley Reef.....	46
Tabla 7..	Especie de Corales encontrados en Stanley Reef	47
Tabla 8.	Composición taxonómica de corales blandos identificados en Stanley Reef	48
Tabla 9.	Especies Bio-indicadores en la zona de muestreo en Stanley Reef.....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Ubicación de la zona de muestreo (Stanley Reef).....	15
Figura 2.	Método de transecto utilizado.	17
Figura 3.	Proporción porcentual del estado de salud de las colonias de Stanley Reef.	29
Figura 4.	Cálculo del índice de salud Arrecifal ISA, Stanley Reef.	32
Figura 5.	Registro de anotaciones técnicas y condiciones del sitio previas a la inmersión.....	43
Figura 6.	Planificación operativa y revisión de protocolos de muestreo previos al descenso en el sitio de estudio.	43
Figura 7.	Ejecución de la fase de buceo y registro fotográfico submarino.....	44
Figura 8.	Medición directa del tamaño de las colonias de coral mediante el uso de una cinta métrica.....	44
Figura 9.	Registro fotográfico de colonias de coral destinado a la identificación de las especies en gabinete.	45
Figura 10.	Inspección visual in situ de las características biológicas de las colonias de coral a lo largo del transecto lineal.	45
Figura 11.	<i>Acropora cervicornis</i> (Coral Cuerno de Ciervo).....	49
Figura 12.	<i>Pseudodiploria strigosa</i> (Coral Cerebro).	49
Figura 13.	<i>Siderastrea siderea</i> (Coral Estrella Masivo).	50
Figura 14.	<i>Orbicella annularis</i> (Coral Estrella Lobulado).	50
Figura 15.	<i>Montastraea cavernosa</i> (Coral Estrella Gigante).....	51
Figura 16.	Fijación y despliegue de la cinta métrica en el fondo marino.	51
Figura 17.	Extensión terminal (50 m) de la unidad de muestreo en Stanley Reef.....	52
Figura 18.	Vista panorámica del transecto de banda sobre el fondo marino.	52
Figura 19.	Vista del transecto sobre una colonia de coral.	53
Figura 20.	Documentación fotográfica del área de muestreo.	53

RESUMEN

Esta investigación evaluó el estado de salud del arrecife coralino Stanley Reef, ubicado en el sector norte de Little Corn Island, Nicaragua, mediante la aplicación del Índice de Salud Arrecifal (ISA) durante el periodo 2025. El estudio se centró en caracterizar la composición y estructura del ecosistema marino, identificar las especies de corales y su grado de afectación por enfermedades, así como registrar la presencia de peces herbívoros y comerciales como indicadores clave de la salud arrecifal. La metodología consistió en un enfoque descriptivo de corte transversal, utilizando un transecto de banda de 50 m de longitud a una profundidad de 6.5 m. Los resultados permitieron identificar seis especies de corales escleractíneos, con una dominancia de *Siderastrea radians*. Se determinó que, si bien el 59.3% de las colonias están sanas, existe un impacto significativo por enfermedades (blanqueamiento y necrosis) en el 25.9% de la muestra y una mortalidad del 14.8%, afectando críticamente a especies como *Acropora cervicornis*. En cuanto a la ictiofauna, se registró la presencia de especies indicadoras como el pez loro y el tiburón nodriza. El valor final del índice ISA fue de 3.6, lo que clasifica la condición de Stanley Reef como Regular. Estos hallazgos proporcionan la base técnica necesaria para proponer medidas de conservación y manejo sostenible en la zona.

Palabras clave: Índice de Salud Arrecifal (ISA), Little Corn Island, corales escleractíneos, enfermedades coralinas, peces herbívoros, monitoreo coralino.

ABSTRACT

This research assessed the health status of Stanley Reef, located in the northern sector of Little Corn Island, Nicaragua, through the application of the Coral Reef Health Index (ISA) during the 2025 period. The study focused on characterizing the composition and structure of the marine ecosystem, identifying coral species and their degree of disease affliction, and recording the presence of herbivorous and commercial fish as key indicators of reef health. The methodology followed a descriptive cross-sectional approach, utilizing a 50 m band transect at a depth of 6.5 m. The results identified six species of scleractinian corals, with a dominance of *Siderastrea radians*. It was determined that while 59.3% of the colonies are healthy, there is a significant impact from diseases (bleaching and necrosis) in 25.9% of the sample and a recent mortality of 14.8%, critically affecting species such as *Acropora cervicornis*. Regarding ichthyofauna, the presence of indicator species from herbivorous and commercial groups was recorded. The final ISA index value was 3.6, classifying the condition of Stanley Reef as Fair. These findings provide the technical basis required to propose conservation and sustainable management measures in the area.

Keywords: Coral Reef Health Index (ISA), Stanley Reef, Little Corn Island, scleractinian corals, coral diseases, herbivorous fish, biological monitoring.

I. INTRODUCCIÓN

La investigación sobre el estado de salud de los arrecifes en la parte norte de Little Corn Island, Nicaragua durante el periodo 2025; pasó a formar parte de una investigación científica, que consistió en descubrir lo que está sucediendo en el ecosistema de arrecifes de Little Corn Island, ya que cada día están siendo afectados por las actividades antropogénicas (contaminación, pesca comercial y turismo masivo). Little Corn Island, una isla nicaragüense ubicada en el Mar Caribe con un tamaño de 2,9 kilómetros cuadrado (Wikipedia contributors, 2024), en donde habitan grupos de familias multiétnicas y extranjeros; que dependen principalmente de la pesca y el turismo.

Para este propósito, se evaluó el estado de salud de los arrecifes coralinos de Little Corn Island, obteniendo informaciones de acuerdo a los objetivos específicos planteados tales como caracterizar el arrecife coralino de la parte norte de Little Corn Island a través de su composición, estructura y condiciones generales del ecosistema marino, asimismo se identificaron las especies de corales presentes en la zona de estudio y aquellas que presentan un alto grado de afectación por enfermedades coralinas, y finalmente, se determinó el índice de salud de los arrecifes coralinos en función de la cobertura de coral vivo y enfermo, así como del número de colonias afectadas por enfermedades.

Nicaragua es uno de los países que posee costas en el Océano Pacífico y el Mar Caribe. Sin embargo, el Mar Caribe es la que tiene las formaciones arrecifales más grandes del país, por el contrario, en el Pacífico se encuentran solamente pequeños parches de coral principalmente distribuidos hacia el sur cercano a la frontera con Costa Rica (Ryan & Zapata, 2003).

Por su parte, (Garzón & Rodríguez, 2000) explica que, el ecosistema arrecifal protege la costa y son la fuente de grandes cantidades de arena blanca que forma las playas de islas tropicales, aunque, desafortunadamente los arrecifes están siendo severamente afectados por actividades del hombre. Además, la isla posee arrecifes de coral en casi toda su extensión costera y más del 80% de la población vive en estas zonas. La estrecha relación de hombre y arrecifes de coral ha resultado un deterioro grave de los arrecifes en las últimas décadas pp.31-32.

En esta investigación, se evaluó el estado de salud de los arrecifes coralinos de Little Corn Island, obteniendo información clave para caracterizar la composición y estructura del sector norte. Asimismo, se identificaron las especies de corales y sus afectaciones por enfermedades, y finalmente, se realizó la identificación de peces herbívoros y comerciales como indicadores de funcionalidad del ecosistema.

El presente trabajo de investigación es de suma importancia, porque permitió evidenciar el estado actual de los ecosistemas arrecifales de Little Corn Island. Cabe mencionar que, según la Ley N°.1085, aprobada el 13 de Octubre de 2021 y publicada en La Gaceta, Diario Oficial N°.192 del 18 de octubre de 2021, Corn Island, Little Corn Island y Blowing Rock ha sido declarado Área Protegida de Paisaje Terrestre y Marino (INTUR, 2021). En este contexto, el estudio aportó información científica relevante, que contribuya a los procesos de monitoreo, conservación, y manejo del área protegida, en coordinación con las autoridades responsables.

Para la realización de esta investigación, se efectuó un monitoreo en el mes de octubre del año 2025, realizado en una sola jornada durante la tarde, con una duración de dos horas y media, específicamente en sector norte de Little Corn Island, en un arrecife conocido como "Stanley Reef" ubicado en las coordenadas 12°18.656' N; 082°59.117' W, a una profundidad de 6.5 m (21.3 pies).

Se aplicó la metodología del Índice de Salud Arrecifal (ISA), la cual permitió evaluar de forma integral el estado ecológico del ecosistema coralino mediante del análisis de variables clave de salud, como la cobertura de coral vivo y enfermo, cobertura de macroalgas, y la abundancia de peces herbívoros pertenecientes principalmente a las familias *Scaridae* (Peces loro), *Acanthuridae* (Peces cirujano).

Además, esta metodología contempló el registro de peces de importancia comercial y la presencia de posibles especies invasoras; cabe destacar que, el muestreo realizado en el área de estudio Stanley Reef, se observaron ejemplares de pez loro (*Scarus veluta*) y tiburón enfermero (*Ginglymostoma cirratum*).

II. ANTECEDENTES

El estudio de investigación se señala algunos de los estudios desarrollados y realizados por investigadores, organización e instituciones de recursos naturales. En algunos países y regiones litorales se ha venido conservando y protegiendo las especies de arrecifes coralinos.

El proyecto de (Hume, y otros, 2005), analizó los ecosistemas marinos de Corn Island y Cayos Perlas, centrándose en arrecifes de coral, pastos marinos, y humedales, mediante muestreos científicos se identificó que los corales más comunes era del tipo *Montastraea*, *Porites* y *Agaricia*, mientras que otros como *Diploria* y *Acropora* aparecía con menos frecuencia. Este estudio no solo ayudo a entender mejor la biodiversidad marina de la zona, sino que también se convirtió en una referencia esencial para medir después como la actividad antropogénica y otros factores han afectado estos frágiles ecosistemas con el tiempo.

Según (Alcolado & Duran, 2011) en su investigación sobre Sistema de escalas para la clasificación y puntaje de condición del bentos e ictiofauna de arrecifes coralinos de Cuba y del Gran Caribe, demostró por medio de su estudio realizado, que la condición crítica de salud en estas escalas de enfermedad y mortalidad puede estar representada por porcentajes mucho más altos cuando ha ocurrido una mortalidad masiva aguda de gran magnitud. Ese caso se puede clasificar como “Extremadamente crítico”, y que esto puede aplicarse para cualquier indicador en caso de que aparezcan valores que se alejan demasiado de los límites de las escalas (p.26).

Según Alvarado et al. (2015), en su estudio realizado sobre los Ecosistemas coralinos del Área de Conservación Osa, Costa Rica, describió de que “en la zona los arrecifes de coral están dominados por la especie escleractínea *Pavona gigantea* pero que también se presentan otras nueve especies de coral zooxantelado y cuatro de coral azooxantelado (p.8) ”.

Por otro lado, el estudio desarrollado por Pérez et al. (2017), cuyo tema de investigación “Estado de conservación de los arrecifes coral de la península de Yucatán”, como resultado se apunta de que México es considerado uno de los 12 países conocidos como megadiversos por la gran cantidad de especies terrestres, acuáticas y marinas que alberga dentro de su territorio. Con el propósito de encaminar los esfuerzos para la conservación de la naturaleza y el aprovechamiento

sustentable de estos recursos naturales, inclusive México ha firmado diversos acuerdos nacionales e internacionales (p.5).

De acuerdo con University BICU & Blueconsult (2018), realizaron un diagnóstico ecológico de los arrecifes de Corn Island y Little Corn Island utilizando la metodología del Índice de Salud Arrecifal (ISA). El estudio, basado en muestreos submarinos, identificó entre 14 y 36 especies de coral, sin embargo, se determinó un grave impacto por enfermedades como el síndrome blanco, especialmente en zonas con más del 60% de cobertura de macroalgas.

A pesar de esto, áreas como Virginia Deep mostraron corales en buen estado, revelando diferencias locales en su salud, y los resultados confirmaron la utilidad del ISA para evaluar los ecosistemas marinos y relacionar su deterioro con factores naturales y humanos, generando así datos clave para futuras estrategias de conservación.

En los Cayos Miskitos, Región Autónoma de la Costa Caribe Norte de Nicaragua (RACCN), se llevó a cabo una evaluación del estado de salud de los arrecifes coralinos, para ello, utilizando la metodología del Índice de Salud Arrecifal (ISA). El estudio abarcó 18 zonas de muestreos donde se aplicaron transectos de 30 metros para poder analizar los indicadores como la cobertura de coral vivo, presencia de algas carnosas y la abundancia de peces herbívoros. Los resultados de este estudio indicaron que el 50% de los arrecifes se encontraban en condiciones regulares o críticas, lo que evidenció la necesidad de fortalecer las estrategias de conservación en la zona (Williamson et al, 2019).

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los últimos años, los arrecifes coralinos ubicados en la parte norte de Little Corn Island, han demostrado signos visibles de deterioro ecológico, tales como reducción progresiva de la cobertura de coral vivo y cambios preocupantes en la composición de la fauna asociada. Esta situación genera un vacío de información científica actualizada, ya que la falta de monitoreos sistemáticos impide determinar con precisión la magnitud del daño actual y la capacidad de resiliencia del ecosistema frente a las presiones ambientales presentes en la zona.

Esta problemática se ve agravada por el crecimiento del desarrollo local y aumento de actividades antropogénicas en la isla, factores que podrían estar alterando la calidad del medio marino mediante la descarga indirecta de nutrientes y contaminantes. Si bien se sospecha que el manejo de aguas residuales impacta la zona y la presencia de enfermedades donde se evidencia las afectaciones reales al ecosistema; por lo tanto, resulta indispensable evaluar la condición biótica del arrecife mediante el Índice de Salud Arrecifal (ISA).

De este modo, la presente investigación no solo busca diagnosticar el estado de salud de Stanley Reef, sino también aportar una línea base técnica que es inexistente para esta zona de la isla. Con los datos obtenidos, se brindarán los insumos necesarios para que las instituciones de gestión ambiental y la comunidad local pueda diseñar estrategias de manejo basadas en evidencias, permitiendo pasar de la observación directa a la toma de decisiones científicas para mitigar la degradación del arrecife. Por tal motivo se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es el estado de salud de los arrecifes coralinos del lado Norte de Little Corn Island, frente las actividades antropogénicas?

IV. JUSTIFICACIÓN

La importancia de los arrecifes coralinos en Little Corn Island radica en su función como el principal motor de servicios ecosistémicos que garantizan la estabilidad física de la isla y la biodiversidad marina en Stanley Reef. Desde una perspectiva ambiental, esta condición de motor se sustenta en su capacidad como ingenieros ecológicos para producir carbonato de calcio, construyendo una compleja arquitectura tridimensional que sirve como hábitat crítico, zona de refugio y sitios de reproducción para numerosas especies que aseguran el equilibrio biológicamente de la plataforma insular nicaragüense.

Bajo este enfoque, es fundamental resaltar que Stanley Reef actúa como infraestructura natural bioclimática esencial, cuyas barreras sumergidas disipan la energía del oleaje y previenen la erosión de las playas, protegiendo activamente la línea de costa ante tormentas fuerte y huracanes.

En el ámbito económico, la salud de estos arrecifes es determinante para la generación de empleos locales y el bienestar de los habitantes de la isla, ya que sustenta directamente las actividades de pesca de subsistencia y los servicios de buceo recreativo. Por ende, la preservación de este ecosistema garantiza que los pobladores mantengan sus fuentes de ingreso directas, permitiendo que la economía de Little Corn Island sea resiliente al asegurar la disponibilidad de recursos marinos para el consumo local y atractivo turístico natural que define la identidad de la zona.

Frente a este escenario socioeconómico, el complejo arrecifal debe analizarse desde el mercado del turismo y su cadena de valores, donde las operaciones de buceo y las excursiones guiadas representan los eslabones más rentables y clave para la dinamización financiera comunitaria. Por consiguiente, la degradación progresiva del arrecife manifestada a través de la pérdida de coloración viva, el blanqueamiento y la muerte de coral, reduce drásticamente el valor estético y comercial del entorno subacuático. Este deterioro biótico amenaza la principal fuente de ingresos de la comunidad isleña al desincentivar la demanda de los visitantes, impactando directamente en el empleo de guías, hoteleros y pescadores locales.

Asimismo, es vital considerar que la omisión de este estudio conlleva riesgos críticos para el ecosistema, ya que la falta de un diagnóstico científico permitiría que el deterioro de la salud coralina avance de manera inadvertida. Al no contar con datos actualizados, se corre el riesgo de que la proliferación de macroalgas y la propagación de enfermedades maten las colonias de coral de forma progresiva, provocando la pérdida de la arquitectura del arrecife. Sin esta estructura, el ecosistema pierde su capacidad de dar refugio a las especies marinas, lo que llevaría a un colapso de la biodiversidad local en Stanley Reef sin que exista una base técnica para diseñar medidas de mitigación o recuperación.

En consecuencia, los beneficiarios directos de esta investigación incluyen a los pescadores artesanales y los operadores de servicios turísticos locales, quienes dependen de la productividad biológica del área. De manera indirecta, el estudio favorece a las instituciones de gestión ambiental como la Alcaldía de Corn Island, el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA), el Instituto Nicaragüense de Pesca y Acuicultura (INSPESCA), la comunidad científica y la población general, al garantizar la seguridad alimentaria y resiliencia climática del territorio.

Finalmente, este trabajo se establece como un estudio emblemático que favorece al programa de Recursos Naturales y desarrollo sostenibles del ecosistema marino de la Costa Caribe de Nicaragua. Asimismo, se considera una investigación representativa para la Escuela de Biología Marina de la Bluefields & Indian Caribbean University (BICU).

Complementariamente, la información generada en este estudio constituye un insumo técnico para la gestión municipal de la Alcaldía de Corn Island y el fortalecimiento de las estrategias de promoción del Instituto Nicaragüense de Turismo (INTUR). Con este aporte, la investigación se alinea formalmente con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 14 (ODS), al proveer datos científicos que sustenta la conservación y el uso sostenible de los recursos marinos en la región del Caribe Sur.

4.1. Limitaciones y Riesgo

Sin embargo, durante la investigación se identificaron algunas limitaciones y riesgo que se presentaron durante la ejecución del trabajo investigativo:

➤ Limitaciones:

En primer lugar, la disponibilidad de recurso económico, resulto ser uno de los casos críticos, ya que, los equipos necesarios para el muestreo eran costosos, y comprarlos implicaban realizarlo en línea. Por otro lado, los equipos de buceo únicamente eran posibles conseguir si se ocupada por horas y no por alquiler, resultando ser un problema para la duración del monitoreo.

Por ende, el monitoreo se realizó en jornadas específicas y con tiempo limitado, lo que redujo la cantidad de datos recolectados en cada inmersión.

La disponibilidad de recursos y personal especializado también condicionó la realización de ciertos muestreos y, por último, la variabilidad natural de los arrecifes y la influencia de factores antropogénicos no controlados pudieron modificar temporalmente la condición de los ecosistemas evaluados.

➤ Riesgos:

- Fenómenos meteorológicos: Variaciones repentinas en el clima del Caribe Sur (vientos, oleaje y corrientes submarinas fuerte) que reduce drásticamente la visibilidad en el agua y ponen en riesgo la seguridad física de los buzos durante el despliegue del transecto.
- Profundidad del arrecife: Riesgos fisiológicos asociados al uso de equipo SCUBA, de manera que trabajar en estos rangos obliga a respetar estrictamente los límites de no descompresión, restringiendo el tiempo de fondo disponible para la toma de datos.
- Datos de estudio anteriores: Riesgo metodológico por la escasez de antecedentes específicos previos sobre la salud de Stanley Reef. La falta de una línea base histórica limita el análisis a un estudio descriptivo y sincrónica actual.
- Equipos técnicos: Riesgos latente de fallos en el equipo de soporte de vida (SCUBA), corrosión por salinidad, filtración de agua en las carcasas protectoras de la cámara submarina (GoPro), lo que comprometería el registro visual obligatorio.

V. HIPÓTESIS

En esta investigación se plantea las siguientes hipótesis:

H1. El arrecife de coral Stanley Reef presenta un Índice de Salud Arrecifal (ISA) entre regular y muy bueno, según parámetros de cobertura coralina, presencia de peces herbívoros y nivel de afectación por enfermedad coralinas.

Ho. El arrecife de coral Stanley Reef presenta un Índice de salud arrecifal (ISA) en categoría mal, según los parámetros de cobertura coralina, presencia de peces herbívoros y nivel de afectación por enfermedad coralinas.

VI. OBJETIVOS

6.1. Objetivo General

Evaluar el estado de salud de los arrecifes coralinos Stanley Reef en la parte Norte de Little Corn Island, Nicaragua, mediante la aplicación del Índice de Salud Arrecifal (ISA) durante el período 2025.

6.2. Objetivos Específicos

1. Caracterizar el arrecife coralino de la parte norte de Little Corn Island a través de su composición, estructura y condiciones generales del ecosistema marino, como componentes fundamentales para el cálculo del Índice de Salud Arrecifal (ISA).
2. Identificar las especies de corales presentes en la zona de estudio y aquellas que presentan un alto grado de afectación por enfermedades coralinas.
3. Identificar las especies de peces herbívoros y comerciales presentes en Stanley Reef como indicadores del estado de salud del ecosistema arrecifal.

VII. ESTADO DEL ARTE

7.1. Conceptos Introductorios

Arrecife de Coral: Ecosistemas marinos más biodiversos del planeta. Constituidos como complejas estructuras de carbonato cálcico, que albergan una inmensa variedad y cantidad de animales y plantas acuáticas (Fernández, 2014).

Buceo Autónomo (SCUBA): Siglas en inglés para *Self- Contained UnderWater Breathing Apparatus*. Técnica de inmersión que se lleva a cabo utilizando medios respiratorios transportados por el propio buceador, permitiendo plena autonomía de movimiento (Diving Yucatan, 2022).

Transecto de banda: es un caso especial del transecto de línea, y consiste en establecer por lo menos una línea de recorrido con un largo conocido, dentro del área donde interese conocer el tamaño de la población (Martínez, 2014).

Índice de Salud Arrecifal (ISA): Es una métrica integral que se utiliza para evaluar la salud general de los ecosistemas de arrecifes de coral. Combina cuatro indicadores clave: la cobertura de coral, la cobertura de macroalgas carnosas, la biomasa de peces comerciales y la biomasa de peces herbívoros (McField, y otros, 2003).

Bioindicador: es un organismo utilizado para evaluar un cambio en la calidad del medio ambiente debido a un estrés natural o antropogénico (Vivarelli, 2024).

Mortalidad: se refiere al conjunto de defunciones que ocurren en una población durante un período de tiempo (Sposob, 2024).

Blanqueamiento coralino: es cuando los corales se estresan por cambios en condiciones como la temperatura, la luz o los nutrientes, expulsan las algas simbióticas llamadas zooxarntelas, que viven en sus tejidos, lo que hace que se vuelvan completamente blanco (NOAA, 2024)

Resiliencia coralina: es la capacidad de un arrecife de coral para manejar grandes eventos de estrés o recuperarse después de ellos (NOAA, 2024).

7.1. Estudios Nacionales

El estudio realizado por (Weijerman & Ubeda, 2018) sobre arrecifes coralinos en los Cayos Perlas y Cayos Miskitos en Nicaragua, reveló una cobertura coralina promedio del 28%, identificando a *Porites porites* y *Siderastrea siderea* como las especies dominantes. Utilizando transectos de 25 metros y cuadrantes fotográficos, por otro lado, los investigadores documentaron que el 15% de las colonias presentaban signos de blanqueamiento, asociado principalmente al aumento de temperatura superficial del mar durante eventos de El Niño (p.11-12).

Según (Williamson, y otros, 2019) en un estudio realizado en los Cayos Miskitos evaluó el estado de los arrecifes coralinos mediante tres bioindicadores principales; como la condición de las colonias coralinas, la cobertura de algas carnosas, y la presencia de peces herbívoros y comerciales. Para dicho estudio, implementaron una metodología estandarizada que incluyó el uso de transectos lineales de 30 metros, muestreos mediante buceo autónomo, y la evaluación de 18 arrecifes representativos (p.16).

Asimismo, se demostró como resultado que el 50% de los arrecifes muestreados presentaban condiciones de salud buena a muy buena, mientras que, el 33% mostraba un estado regular, y finalmente, el 17% restante se encontraba en condiciones malas a críticas, lo que demuestra una clara correlación entre el deterioro coralino, la proliferación de algas y la reducción de poblaciones ícticas.

Sin embargo, este descubrimiento en Cayos Miskitos representa el referente más cercano disponible para comprender la dinámica de los arrecifes en la región autónoma nicaragüense. Sin embargo, las particularidades oceanográficas y antropogénicas de Little Corn Island que incluye su mayor exposición a corrientes caribeñas y diferente presión turística sugieren que los patrones reportados podrían variar significativamente.

Las investigaciones realizadas en el Caribe Nicaragüense constituyen un referente importante para comprender como ha cambiado la cobertura coralina a lo largo del tiempo. Estos estudios permiten comparar la situación histórica con la actual y ayuda a contextualizar el estado de salud de Stanley Reef dentro del panorama de los arrecifes de la región, además de resaltar la importancia de las acciones locales orientadas a su observación.

7.2. Estudios Regionales

En Honduras, (Solis & Torruco, 2020) compararon metodologías para evaluar la salud coralina, empleando fotogrametría submarina junto con transectos tradicionales. Este estudio reveló que la fotogrametría detectó un 15% más de corales enfermos que los métodos convencionales, destacando su utilidad para monitoreos a largo plazo (p.1). No obstante, Martínez et al. (2021) analizaron el impacto de la contaminación costera en Roatán, Honduras, encontrando que la diversidad coralina disminuyó un 50% en áreas cercanas a descargas urbanas, con una mayor incidencia de enfermedades en corales expuestos a nitratos y fosfatos.

Sin embargo, Martínez & López (2023), desarrolló una investigación detallada sobre Foraminíferos bentónicos como indicador ambiental en arrecifes coralinos de un sector noroccidental de Cuba, el cual, evaluaron la relación entre la salud coralina y la presión pesquera en la misma zona. Para la obtención de muestras, utilizo equipo de buceo autónomo (SCUBA), realizando cada sitio se recolectaron tres submuestras para alcanzar un tamaño de muestra adecuado como fue propuesto por Boltovscoy (1965) citado por (Martínez & López, 2023).

Su metodología se basó en colocar un transecto de 100 m de longitud paralelo a la costa, y se recolectaron muestras del sedimento que se acumula en las oquedades de las estructuras arrecifales del fondo (pp.57-59).

La primera submuestra se recogió al inicio del transecto, la segunda en medio y la última al final del transecto, esto con el propósito de analizar las muestras en el laboratorio, con un total de seis sitios.

Los estudiados, para un resultado final 5284 individuos, la presencia de 38 especies de foraminíferos, y una de la especie más abundante fue *Rotorbinella rosea* que varió entre 19% en Cojímar y 40% en Bacuranao, respectivamente.

7.3. Estudios Internacionales

(López & Vasquez, 2023) el presente trabajo, se llevó a cabo un estudio sobre la efectividad de las Áreas Marinas Protegidas en el Caribe Oriental (AMP), en la conservación de arrecifes coralinos mediante un muestreo comparativo en 120 sitios (60 dentro de AMP y 60 fuera de ellas) distribuidos en el Caribe Oriental.

Utilizaron el Índice de Salud Arrecifal (ISA), que integró tres variables clave, como el porcentaje de cobertura coralina viva, la prevalencia de enfermedades y la diversidad de especies. Los datos fueron analizados estadísticamente para identificar diferencias significativas ($p < 0.05$) (p.1).

Demostrando que estos sitios presentaban un 20% más de cobertura coralina y un menor porcentaje de enfermedades (12%) en comparación con zonas no protegidas (28%). Por otro lado, también, lograron determinar la presencia de una vasta biodiversidad de peces herbívoros y algas marinas en la zona de estudio, la cual, autores atribuyeron estos resultados positivos a factores como la vigilancia activa, las restricciones a la pesca destructiva y el monitoreo científico continuo, destacando la importancia de estas medidas para la resiliencia de los arrecifes.

Estos estudios demostraron la importancia de seguir profundizando en el conocimiento de los arrecifes coralinos, particularmente en zonas poco exploradas como Little Corn Island, donde la información disponible sigue siendo limitada.

En este sentido, la presente investigación aplicó metodologías como transectos, registros de video, imágenes, integradas con el análisis de factores ambientales locales, lo que permitió de manera integral el estado de salud arrecifes en el lado norte de la isla.

7.4. Reflexiones finales

A partir de la revisión de los estudios anteriores, se concluye que los arrecifes del Caribe enfrentan retos comunes como la pérdida de cobertura coralina y el aumento de enfermedades debido a factores antropogénicos. Las experiencias en los Cayos Miskitos y Roatán subrayan la importancia del monitoreo sistemático para la toma de decisiones.

Estas investigaciones reafirman que la aplicación del Índice de Salud Arrecifal (ISA) en Stanley Reef resulta pertinente, porque fortalece el conocimiento técnico sobre este sector específico de la isla, proporcionando una herramienta estandarizada para evaluar la resiliencia del ecosistema, frente a las exigencias de conservación y desarrollo sostenible en Little Corn Island.

VIII. METODOLOGÍA

8.1. Área de localización del estudio

El estudio se realizó en Little Corn Island, Región Autónoma de la Costa Caribe Sur, en una barrera de arrecife conocida como “Stanley Reef” ubicadas en las coordenadas 12°18.656′ N; 082°59.117′ W. Encontrándose a una profundidad de 6.5 metros (21.3 pies).

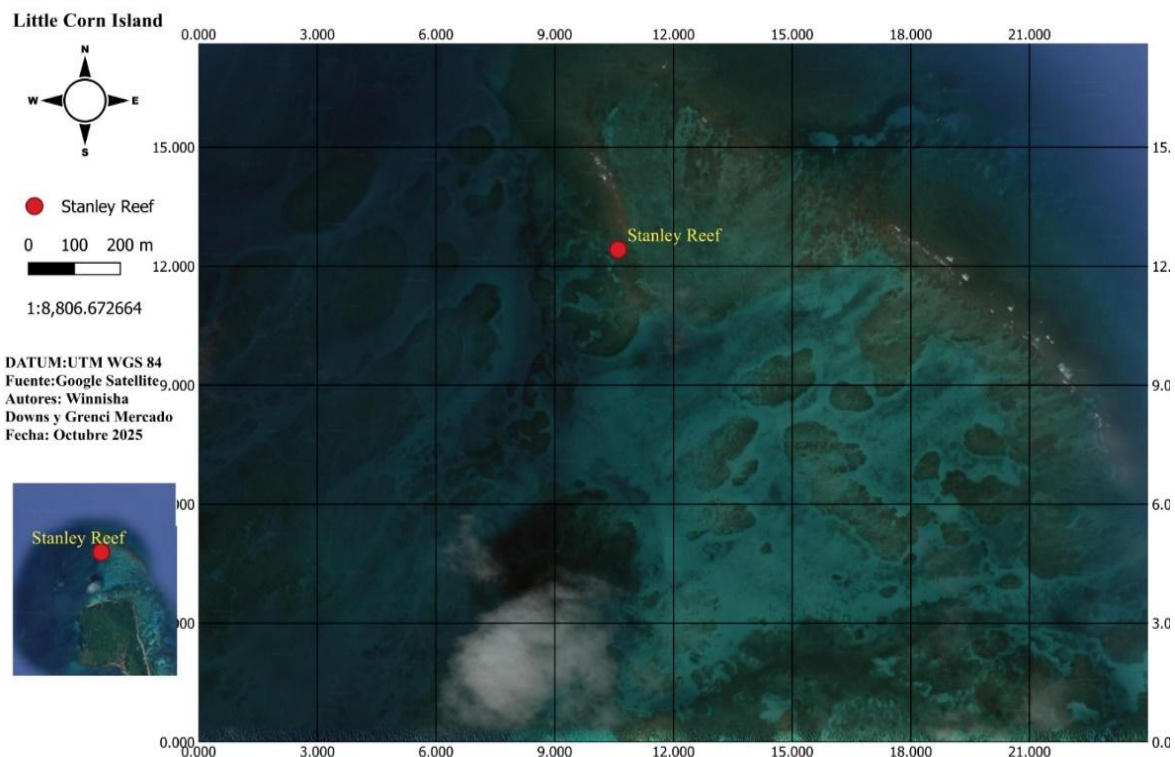


Figura 1. Ubicación de la zona de muestreo (Stanley Reef)

En la figura anterior se presenta la ubicación de la zona de estudio a nivel macro y micro. La macro localización muestra la posición de Little Corn Island en el Caribe nicaragüense, mientras que la micro localización identifica el sitio Stanley Reef, ubicada en el lado norte de la isla. Esta zona fue seleccionada por ser un arrecife representativo de la región, de fácil acceso para las inmersiones de buceo y una importante presencia de vida marina, características que facilitaron el desarrollo del trabajo de campo y la recopilación directa de la información.

8.2. Tipo de estudio según el enfoque cualitativo asumido y su justificación

Esta investigación es de tipo descriptivo con enfoque cuantitativo y de corte transversal, dado que, se realizó durante el mes de octubre del 2025. Se clasificó como descriptiva porque tuvo como propósito detallar las características actuales del ecosistema coralino en la zona norte de Little Corn Island.

El enfoque cuantitativo se fundamenta en la medición y análisis numéricos de los parámetros de salud de los arrecifes coralinos, evaluados a partir de observaciones directas, conteos de abundancia, tablas taxonómicas y la representación gráfica del estado del ecosistema.

Por último, se consideró de corte transversal porque los datos fueron recolectados en un único momento del tiempo, permitiendo obtener una visión puntual de las condiciones del ecosistema marino durante el período establecido.

8.3. Muestra y sujeto del estudio

8.3.1. Tipo de muestra y muestreo

La muestra se estableció mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, seleccionada por la representatividad y accesibilidad de las formaciones coralinas en Stanley Reef. El muestreo consistió en la ejecución de un transecto de banda de 50 m lineales con un ancho de barrido de 2 m, lo que represento un área total de 100 m², utilizada como unidad de muestra para el estudio.

Asimismo, la dimensión del transecto se definió siguiendo los protocolos estandarizados de la iniciativa Healthy Reefs Initiative (HRI) para el monitoreo de arrecifes coralinos en el Caribe. La longitud de 50 metros permitió abarcar una mayor representatividad de las condiciones presentes en Stanley Reef durante una sola inmersión, incluyendo distintos microhábitats y colonias coralinas de diversos tamaños.

Por su parte, el ancho de 2 metros (1 metro a cada lado del transecto) facilitó realizar observaciones, conteos y registros fotográficos con mayor precisión, manteniendo al mismo tiempo condiciones seguras para los buzos y tiempos de inmersión adecuados a la profundidad de trabajo.

Esta extensión permitió recolectar los datos de cobertura, dimensiones de colonias e identificación de especies necesarios para la evaluación del sitio.

Sin embargo, para la selección para ubicación del transecto, se determinó bajo criterios de:

- Presencia biológica: Áreas con cobertura previas de *Acropora Cervicornis*.
- Visibilidad operativa: Profundidad de 6.5 m para optimizar el tiempo de fondo y la seguridad del equipo de buceo.
- Representatividad: Zona con exposición moderada al oleaje para evaluar el estado de salud en condiciones típicas del arrecife.

8.3.2. Técnicas e instrumentos de la investigación

8.3.2.1. Técnica

En el sitio seleccionado para realizar el estudio, fue georreferenciada con GPS de marca GARMIN, posteriormente se extendió la cinta métrica directamente sobre el fondo marino, delimitando un transecto de 50 metros en el área de muestreo. Como se muestra en la Figura 2.

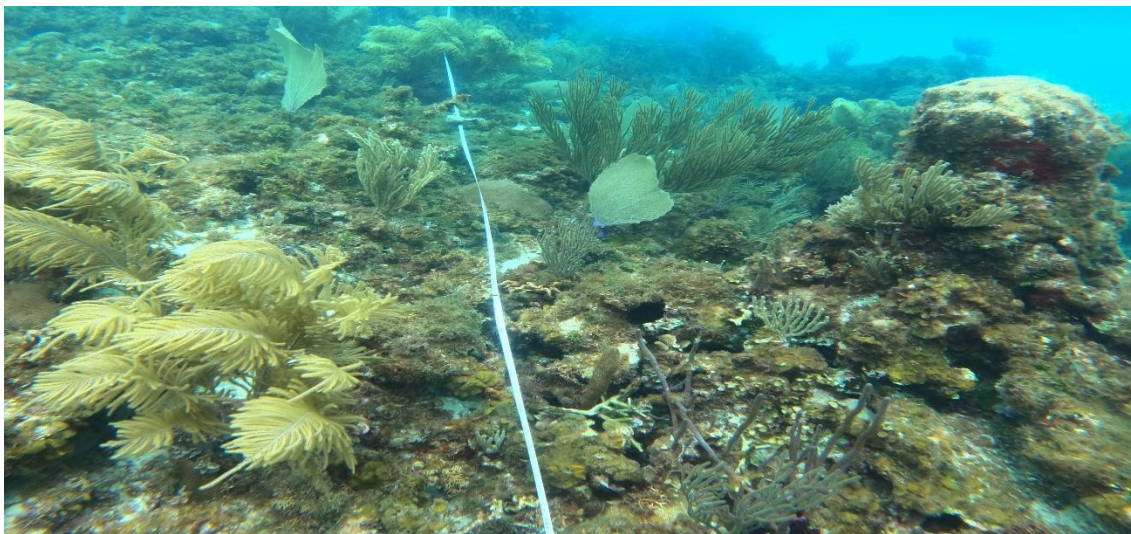


Figura 2. Método de transecto utilizado.

Posteriormente, se realizó un buceo autónomo (SCUBA) utilizando tanques de aire comprimido, reguladores de dos etapas y chalecos y chalecos compensadores de flotabilidad (BCD) por parte del equipo de investigación con el propósito de registrar mediante cámaras subacuáticas, las condiciones del arrecife coralino a lo largo del transecto, complementando esta información con la toma de notas en pizarra.

Para llevar a cabo el análisis e interpretación de los datos obtenidos en campo, se aplicó técnicas de identificación, organización y clasificación descriptiva. En donde, las especies observadas en las imágenes fueron identificados utilizando el manual Reef Coral Identification, para corales, macroalgas, esponjas y otros tipos de arrecifes.

Sin embargo, los registros de campo se organizaron en hojas de cálculo utilizando Microsoft Excel, permitiendo clasificar la información por tipo de cobertura bentónica, presencia de enfermedades coralinas, condición visual del arrecife y la abundancia de organismos. Posteriormente, se aplicó los parámetros del índice de Salud Arrecifal (ISA) para poder interpretarlo el estado ecológico general de cada estación evaluada, de forma cualitativa, según criterios establecidos por dicha metodología.

8.3.2.2. Instrumento

Los instrumentos que se utilizaron durante el proceso de trabajo de campo y gabinete están clasificados según su naturaleza:

A. Instrumentos de medición y muestreo

- ❖ Cinta métrica: para delimitar los transectos de muestreo.
- ❖ GPS: Para registrar con exactitud las coordenadas geográficas del sitio de muestreo.

B. Equipos de operación y registro

1. Equipo de buceo: para realizar el monitoreo subacuático en el sitio de estudio.
2. Computadoras: con la finalidad de analizar, almacenar, procesar y clasificar los datos obtenidos en campo.
3. Cámaras subacuáticas de la marca Gopro 11

4. Pizarra de buceo: Se utilizó para la toma de notas durante la inmersión.
5. Bitácora de campo
6. Lancha con motor fuera de borda.

8.4. Métodos y técnicas para el procesamiento y análisis de la información

8.4.1. Criterios de Evaluación y Clasificación de Salud Arrecifal

Para el análisis de los datos obtenidos en campo, se establecieron los siguientes criterios de procesamiento:

1. Determinación del Índice de Salud Arrecifal (ISA):

El grado de afectación y el estado de salud general se determinaron mediante la integración de los valores obtenidos en el Índice de Salud Arrecifal (ISA). Este índice promedia los puntajes asignados a variables bióticas y abióticas, clasificando la condición del ecosistema en una escala cualitativa de cinco niveles: Muy Bien, Bien, Regular, Mal y Crítico.

2. Clasificación de Colonias:

El porcentaje de salud se desglosó cualitativamente identificando:

- **Colonias sanas:** ausencia de signos clínicos.
- **Colonias enfermas:** presencia de necrosis o blanqueamiento.
- **Mortalidad:** pérdida total de tejido vivo con cobertura algal.
- **Análisis sanitario:** Se evaluó la Frecuencia de colonias enfermas bajo rangos de criticidad: Baja (<25%), Moderada (25-50%) y Alta (>50%).

8.4.2. Recolección de Datos

A continuación, se detallan los métodos de recolección de datos que se aplicaron en correspondencia con los objetivos específicos establecidos para esta investigación, orientada a evaluar el estado de salud del arrecife Stanley Reef:

➤ **Caracterización del arrecife Stanley Reef**

La caracterización se realizó mediante observaciones *in situ* utilizando método de transepto de banda. Se instaló un transepto lineal de 50 metros de longitud sobre el fondo bentónico, a lo largo del cual se registraron de forma sistemática las dimensiones de las colonias coralinas utilizando una cinta métrica. Asimismo, se utilizó el registro fotográfico y una pizarra sumergible para la anotación de las condiciones observadas, evaluando parámetros visuales como:

- Tamaño de las colonias coralinas, que permitió deducir su grado de madurez o regeneración.
- Coloración de los corales, como un indicador visual del estado fisiológico de las colonias (colores pálidos o blanqueamientos) que pueden sugerir la presencia de estrés o enfermedad.
- Presencia de macroalgas.

Para la obtención de los datos de diámetro y altura registrados en la investigación, se aplicó la técnica de medición directa *in situ*. El instrumento utilizado fue una cinta métrica flexible graduada en centímetros (cm), la cual permitió asegurar la precisión del registro al adaptarse a las irregularidades físicas a través de la medición del diámetro para determinar el ancho y de la vertical para determinar el alto.

Este levantamiento de datos se ejecutó exclusivamente dentro de un rango de dos metros de ancho, extendiéndose un metro de cada lado del eje central del transepto para mantener un control riguroso del área de estudio. Para la caracterización del sitio y registro de variables, se utilizaron instrumentos de precisión como GPS para la delimitación espacial, cámaras fotográficas submarinas para el respaldo visual de la biodiversidad y bitácora de acrílico para la anotación inmediata de las condiciones arrecifal.

➤ **Identificación de las Especies de Corales**

Se realizó mediante el análisis de las imágenes capturadas durante el muestreo subacuático. En el trabajo de gabinete, se procedió a identificar las especies al nivel más detallado posible utilizando el manual Reef Coral Identification.

Simultáneamente, se evaluó estado de salud de las colonias, registrando aquellas que presentaban signos visibles de enfermedades coralinas o blanqueamiento para determinar su grado de afectación.

➤ **Identificación de peces herbívoros y comerciales**

Se llevó a cabo el registro y la identificación de la fauna íctica presente en el área de estudio mediante el uso del manual Reef Fish Identification. El enfoque se centró en especies clave para la dinámica del arrecife, específicamente peces herbívoros (familia *Scaridae* y *Acanthuridae*) y peces de importancia comercial (como *Ocyurus chrysurus*).

La identificación se validó mediante el análisis de fotografías y anotaciones de campo, enfocándose en la riqueza de especies y su presencia en el área muestreada.

➤ **Procesamiento mediante el Índice de Salud Arrecifal (ISA)**

Para finalizar el análisis de la información, los datos obtenidos en los puntos anteriores fueron integrados mediante la metodología del Índice de Salud Arrecifal (ISA), adaptada de los protocolos internacionales de Healthy Reefs Initiative (HRI) y los criterios de valoración propuestos por (Melanie & Patricia, 2007)

Este procedimiento permitió transformar las observaciones cualitativas en indicadores cuantitativos mediante el siguiente rigor técnico:

- 1) **Asignación de valores de Salud:** a cada una de las 27 colonias registradas se le asignó un puntaje basado en su estado fitosanitario y estimación de tejido vivo:
 - **Sano:** 5 puntos
 - **Enfermo:** 2 puntos
 - **Muerto:** 1 puntos

- 2) **Cálculo de Índice (Fórmula):** Se aplicó un promedio aritmético ponderado, sumando el puntaje total obtenido (98 puntos) y dividiendo entre el número total de colonias evaluadas, siguiendo la fórmula:

$$ISA = \frac{\sum(\text{Número de colonias} \times \text{Valor asignado})}{\text{Total de colonias}}$$

- 3) **Clasificación por Rangos de Salud:** El valor resultante de 3.6 fue contrastado con la escala de valoración técnica del estudio, la cual establece las siguientes categorías cualitativas:

- **Muy bien:** 4.5 – 5.0
- **Bien:** 3.7 – 4.4
- **Regular:** 2.8 – 3.6
- **Mal:** 1.9 – 2.7
- **Crítico:** 1.0 – 1.8

La validez del Índice de Salud Arrecifa (ISA) para determinar el estado de salud de los arrecifes de corales radica en su capacidad de sintetizar datos biológicos en una escala numérica objetiva y reconocida internacionalmente. Por ende, el procesamiento de los datos se basó en la aplicación de la metodología ISA, realizado en

Microsoft Excel, la cual garantizó la precisión en la obtención de los promedios y sistematización de la información.

8.4.3. Criterios de calidad: credibilidad, confiabilidad

8.4.3.1. Criterios de calidad

Para garantizar el rigor científico de la investigación, se establecieron criterios diferenciados que sustentan la validez y la transparencia de los hallazgos obtenidos en Stanley Reef.

8.4.3.2. Credibilidad

La credibilidad de este estudio se fundamenta en la implementación de protocolo del Índice de Salud Arrecifal (ISA), el cual constituye un marco de referencia técnico que permite la comparabilidad de los resultados con otras investigaciones en el Caribe. Este criterio se reforzó mediante la triangulación de evidencias, donde las observaciones registradas en la pizarra gde buceo fueron validadas y contrastadas con el registro fotográfico digital en gabinete, asegurando que la descripción de las colonias corresponda a la realidad observada en el sitio de estudio.

8.4.3.3. Confiabilidad

La confiabilidad de los datos se aseguró a través de la estandarización del procedimiento de muestreo. El uso de un transecto de banda de 50 metro lineal y la participación de un equipo técnico garantizó que la recolección de datos fuera sistemática. Asimismo, la estabilidad de los instrumentos, como el uso de GPS para la localización y cámaras subacuáticas para la toma de fotografías, permite que el estudio se consolide como un referente técnico y una base fundamental para futuras investigaciones que busquen monitorear la evolución de la salud arrecifal.

8.5. Operacionalización de variables

Tabla 1. Operacionalización de las variables

Objetivos	Variables	Conceptualización operacional	Indicador	Valor
Caracterizar el arrecife coralino de la parte norte de Little Corn Island a través de su composición, estructura y condiciones generales del ecosistema marino.	Composición del arrecife	Tipo de organismos bentónicos presentes en el arrecife (corales, algas, esponjas, etc.).	Diversidad y frecuencia de aparición de organismos	Alta, media, baja diversidad
	Estructura del arrecife	Complejidad física del relieve arrecifal (rugosidad, tamaño, cobertura y forma de las colonias).	Nivel de rugosidad y tipo de colonias	Elevada, moderada, baja
	Condición general del ecosistema	Estado visual de coloración, presencia de macroalgas, organismos indicadores o invasores.	Color de corales, macroalgas presentes, organismos indicadores (como erizos y pez loro) y especies invasoras (como pez león y coral de sol)	Coloración viva/ blanqueamiento Macroalgas (abundante/escasa)

Identificar las especies de corales presentes en la zona de estudio y aquellas que presentan un alto grado de afectación por enfermedades coralinas.	Especies de coral	Identificación taxonómica de las especies observadas a lo largo de los transectos.	Números de especies coralinas identificadas	Lista de especies, frecuentes/escasas.
	Corales afectados	Especies que presentan signos de enfermedad o deterioro	Frecuencia de colonias enfermas por especies	Alta >50%, moderado 25-50%, baja <25%
	Tipos de enfermedades coralinas	Lesiones visibles en tejido coralino, necrosis, pérdida de tejido, manchas blancas u oscuras.	Registro del tipo de afección observada	Blanqueamiento, necrosis, hongos, algas patogénicas.
Identificar las especies de peces herbívoros y comerciales presentes en Stanley Reef como indicadores del estado de salud del ecosistema arrecifal.	Diversidad y abundancia de la fauna íctica	Registro de especies clave identificadas por observaciones directas y fotografía, analizando su presencia en el área.	Taxonomía	Nombre científico y familia
			Frecuencia de individuos	Número de individuos registrados

IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

9.1. Caracterización del arrecife coralino de la parte norte de Little Corn Island a través de su composición, estructura y condiciones generales del ecosistema marino como componentes fundamentales para el cálculo del Índice de Salud Arrecifal (ISA).

Con base en la operacionalización de variables establecida para esta investigación, la caracterización estructural y ecológica de Stanley Reef arrojó datos cuantitativos precisos que definen el estado actual del sistema. Respecto a la Diversidad y frecuencia de aparición de organismos, el área evaluada se clasifica en una categoría de Alta diversidad taxonómica relativa para el área de la muestra, registrando un total de 27 colonias distribuidas en 6 especies y 5 familias escleractíneas en una sola unidad de muestreo.

El Nivel de rugosidad y tipo de colonias se tipificó bajo una categoría Moderada, determinada por el relieve estructural sobre el sustrato donde predominan colonias de crecimiento masivo e incrustante que proveen estabilidad tridimensional, contrarestanda por la pérdida de elementos ramificados complejos.

Al evaluar la Condición general del ecosistema, se tomaron en cuenta indicadores bióticos específicos:

- Color de los corales y macroalgas: Se determinó una condición de Coloración viva dominante en el 59.3% de las colonias registradas. La presencia de macroalgas carnosas competidoras se clasificó como baja en contacto directo sobre tejido vivo de corales masivos, pero Abundantes colonizando los esqueletos calcáreos expuestos de las zonas con mortalidad reciente.
- Organismos indicadores y especies invasoras: En términos de biodiversidad funcional y bioindicadores asociados al transecto de banda, se registró la presencia activa de peces herbívoros como el Pez Loro (*Scarus vetula*), cuya dinámica de pastoreo actúa como regulador de la biomasa algal. No se evidenció la presencia de especies invasoras como el

Pez León (*Pterois volitans*) o el Coral de Sol (*Tubastraea coccinea*) dentro del corredor ecológico evaluado.

Esta complejidad estructural proporciona un relieve rugoso esencial para la biodiversidad marina (ver Tabla 6 en Anexos), aunque se observa una distribución dispersa de las colonias a lo largo del gradiente del transecto.

De acuerdo con Alvarez et al. (2011), la coexistencia de colonias en diversas etapas de desarrollo, que incluyen tanto individuos juveniles como estructuras masivas de gran envergadura, es una evidencia de la salud demográfica del arrecife, lo cual sugiere que el ecosistema mantiene activos sus procesos de reclutamiento y renovación poblacional a pesar de las presiones ambientales locales (p.1).

Condiciones ambientales y fisicoquímico del sitio de muestreo

Previo al levantamiento biológico, se registraron las condiciones ambientales de Stanley Reef. Estos parámetros fisicoquímicos definen el entorno en el que se desarrollan las colonias coralinas y la fauna íctica influyendo directamente en los procesos de calcificación y salud del ecosistema.

Tabla 2. Parámetros físico-químicos registrados en Stanley Reef

Parámetro	Valor registrado
Profundidad	6.5 metros (21.3 pies)
Temperatura del agua	30.3°C
Oxígeno	7.7
Ph	7.9
Salinidad	8.3 mg/L
Visibilidad vertical	23.9 m

Fuente: Elaboración propia (2026)

Los datos presentados en la tabla anterior muestran las condiciones físico-químico registradas durante el periodo de muestreo en Stanley Reef. Estos valores confirman que el ambiente acuático presentó estabilidad al momento de la toma de datos, proporcionando un marco ambiental adecuado para la evaluación de la salud arrecifal.

Especies Bioindicadores Durante la fase de levantamiento de datos en el transecto, se realizó un registro cualitativo de la fauna íctica observada de forma directa. La diversidad registrada fue baja (ver Tabla 7 en Anexos), contabilizando un Número de individuos limitado a dos especies clave: un ejemplar de Tiburón Gata o Enfermero (*Ginglymostoma cirratum*) y ejemplares aislados de Pez Loro (*Scarus vetula*).

Esta baja frecuencia de avistamientos durante el muestreo se reporta como un dato descriptivo de la biodiversidad móvil presente en el momento de la inmersión, donde destaca la función ecológica del pez loro como principal herbívoro regulador del crecimiento algal en la zona evaluada de Stanley Reef.

Según Kleypas et al. (2015), dicha estabilidad de los ecosistemas coralinos está sujeta a límites términos estrictos, puesto que valores que superan el rango óptimo regional pueden inducir estrés oxidativo y comprometer la supervivencia de las especies más sensibles.

Por otro lado, bajo la perspectiva de (Ryan, 2024), una visibilidad profunda en las aguas del Caribe Nicaragüense es un factor determinante para la vitalidad arrecifal, ya que están adaptados a vivir dentro del estrecho margen de tolerancia establecido por los parámetros físicos (mareas, corrientes, transparencia del agua) y químicos (salinidad, nutrientes).

9.2. Identificación de las especies de corales presentes en la zona de estudio y aquellas que presentan un alto grado de afectación por enfermedades coralinas.

Con el propósito de sistematizar los hallazgos bióticos, se estableció la lista de especies de corales ordenadas según su frecuencia de aparición en el transecto, clasificándolas en: Especies Frecuentes, donde destaca *Siderastrea radians* (37%), y Especies Escasas, como *Acropora cervicornis*.

Asimismo, este registro taxonómico permitió identificar la vulnerabilidad de cada colonia frente a factores de estrés ambiental, sirviendo como base para evaluar la presencia y distribución de las enfermedades coralinas registradas en el sitio de muestreo, tal como se detalla en la siguiente tabla de composición taxonómica y abundancia de coral Stanley Reef.

Tabla 3. Composición taxonómica y abundancia de colonias de coral en Stanley Reef

Familia	Especie (Nombre científico)	Nombre común	Nº de colonias
Siderastreidae	<i>Siderastrea radians</i>	Coral estrella	10
Merulinidae	<i>Orbicella annularis</i>	Coral estrella lobulado	7
Merulinidae	<i>Orbicella faveolata</i>	Coral estrella masivo	4
Mussidae	<i>Pseudodiploria strigosa</i>	Coral cerebro	1
Agariciidae	<i>Agaricia agaricites</i>	Coral lechuga	3
Acroporidae	<i>Acropora cervicornis</i>	Coral cuerno de ciervo	2
Total			27

Fuente: Elaboración propia (2026)

Al realizar el análisis fitosanitario por componentes, se evaluó la Frecuencia de colonias enfermas por especies bajo los rangos de criticidad operacional solicitados. La prevalencia de afectaciones sanitarias se situó en un 25.9%, lo que clasifica la enfermedad dentro del rango de Prevalencia Moderada (25% a 50%).

Según estudio realizado por (Lirman & Manzello, 2009) en el Sur de Florida (EE.UU); una alta prevalencia de corales del género *Siderastrea* en áreas con señales de perturbación responde a su capacidad fisiológica de resistencia, siendo considerados organismos persistentes que logran prosperar en condiciones de sedimentación y calor donde otros géneros más sensibles suelen colapsar.

En cuanto al estado de salud y, los resultados cuantitativos revelan lo siguiente:

- Colonias sanas (59.3%): Se contabilizaron 16 ejemplares que no representan signos visibles de enfermedad, manteniendo su coloración y tejido íntegro.
- Colonias enfermas (25.9%) Siente colonias presentan afectaciones activas, principalmente blanqueamiento parcial y pedida de tejido, localizadas mayoritariamente en los géneros *Orbicella* y *Siderastrea*.
- Mortalidad (14.8%): Se registraron cuatro colonias con mortalidad total. Es de especial relevancia técnica la condición de la especie *Acropora Cervicornis* (Coral cuerno de ciervo), la cual presento un 100% de mortalidad en los putos de registro (metros 26.1 y 27 m) mostrando esqueletos cubiertos por macroalgas.

La distribución porcentual de estas condiciones permite visualizar la predominancia de tejido sano, pero también una señal de alerta por la proporción de colonias afectadas, como se detalla en la siguiente figura:

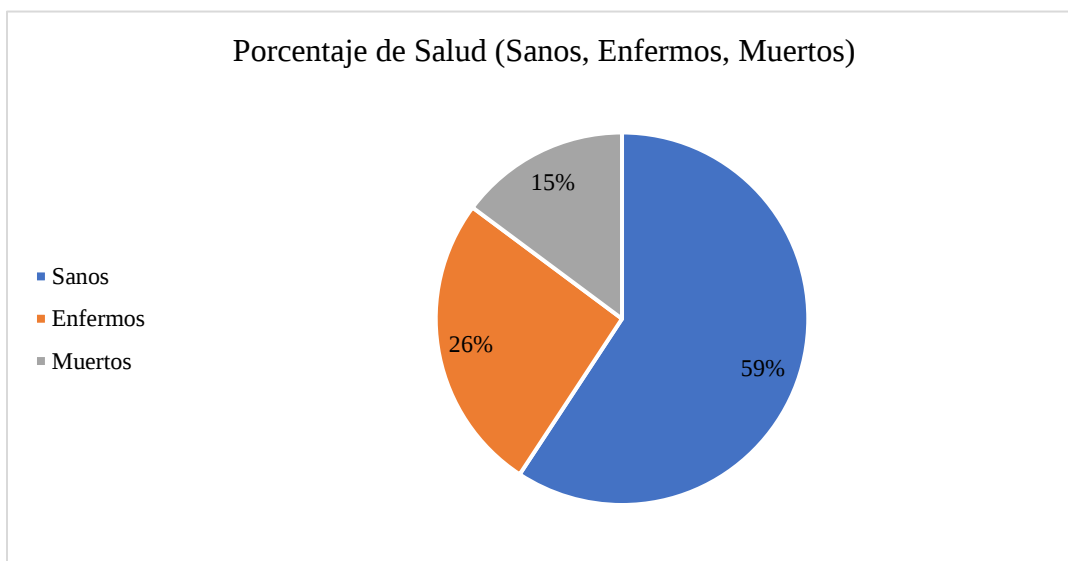


Figura 3. Proporción porcentual del estado de salud del Stanley Reef.

Los Tipos de afecciones coralinas identificadas de forma general en gabinete se dividieron en dos categorías principales: Blanqueamiento parcial (estrés térmico evidenciado por pérdida de coloración en parches sin desprendimiento de tejido) y Necrosis activa (pérdida de tejido vivo con exposición de esqueleto calcáreo limpio). No se registraron incidencias adjudicables a hongos o invasión directa de algas patogénicas sobre tejido vivo intacto durante el muestreo.

Según lo planteado por Ware et al. (2020), la pérdida total de ejemplares de *Acropora cervicornis* y la presencia de esqueletos cubiertos por macroalgas valida la crisis regional de los acrópodos, cuya susceptibilidad ante patógenos y cambios térmicos ha derivado en mortalidades masivas en el Caribe.

Por su parte, bajo la perspectiva de Jackson et al. (2012), un índice de enfermedades y signos de estrés cercano al 25% indica que el arrecife se encuentra en una fase de degradación activa, donde la pérdida de tejido vivo facilita que especies oportunistas como las algas compitan por el sustrato, reduciendo la complejidad del ecosistema.

Como complemento a la evaluación cuantitativa de los corales escleractinios, mediante el registro fotográfico obtenido in situ en Stanley Reef (véase Anexos), se identificó cualitativamente la presencia de especies de corales blandos (Subclase Octocorallia) en el área de estudio. Debido a que este grupo no formó parte de las variables evaluadas mediante el Índice de Salud Arrecifal (ISA), no se realizaron conteos de colonias ni estimaciones de abundancia relativa. No obstante, su registro complementa la caracterización biológica del arrecife y evidencia la diversidad coralina presente en el sitio de estudio.

A continuación, se presenta la composición taxonómica de las especies observadas a partir de registros fotográficos en campo:

Tabla 4. Composición taxonómica de corales blandos identificados en Stanley Reef

Familia	Especie (Nombre científico)	Nombre común
Gorgoniidae	<i>Gorgonia ventalina</i>	Abanico de Mar
Gorgoniidae	<i>Pseudopterogorgia spp.</i>	Plumas de mar
Plexauridae	<i>Plexaura homomall</i>	Látigo de mar negro

Fuente: Elaboración propia (2026)

La presencia de las familias Gorgoniidae y Plexauridae (*Gorgonia ventalina*, *Pseudopterogorgia spp.* y *Plexaura homomalla*) evidencia la diversidad estructural de la comunidad de octocorales en la zona de estudio.

9.3. Identificación de especies de peces herbívoros y comerciales presentes en Stanley Reef como indicadores del estado de salud del ecosistema arrecifal.

La evaluación de la fauna íctica permitió identificar especies clave que actúan como indicadores del estado funcional del arrecife. Se confirmó la presencia del Pez Loro (*Scarus vetula*), un herbívoro fundamental cuya actividad de pastoreo controla la proliferación de algas sobre el esqueleto coralino, facilitando la resiliencia del sistema.

Asimismo, aunque no se registraron especies de importancia comercial como pargos de cola amarilla *Ocyurus chrysurus* durante el muestreo realizado en el transecto, se documentó el avistamiento de Tiburón Nodrizo (*Ginglymostoma cirratum*), especie de alto valor ecológico como depredador.

Según expuesto por Mumby et al. (2006), la presencia de peces herbívoros como los de la familia Scaridae es el principal mecanismo de control biótico en el arrecife, ya que su función de pastoreos regula la biomasa algal y mantiene el sustrato libre de competidores, permitiendo que el área permanezca apta para el crecimiento de las colonias coralinas.

Por lo tanto, se determina que estos indicadores biológicos junto a las poblaciones de corales pétreo sugieren que, a pesar de los niveles de enfermedades y mortalidad detectados en el apartado anterior, Stanley Reef conserva niveles de conectividad biológica y funcionalidad trófica que son vitales para la estabilidad del ecosistema marino en la zona norte de Little Corn Island.

Índice de Salud arrecifal (ISA), Stanley Reef

Como etapa final del análisis biológico, se integraron los valores de las 27 colonias mediante la metodología ISA. El puntaje total obtenido fue de 98 puntos, lo que arroja un promedio de 3.6.

Este valor sitúa a Stanley Reef en una categoría de salud “Regular”, representando el estado global del ecosistema evaluado.

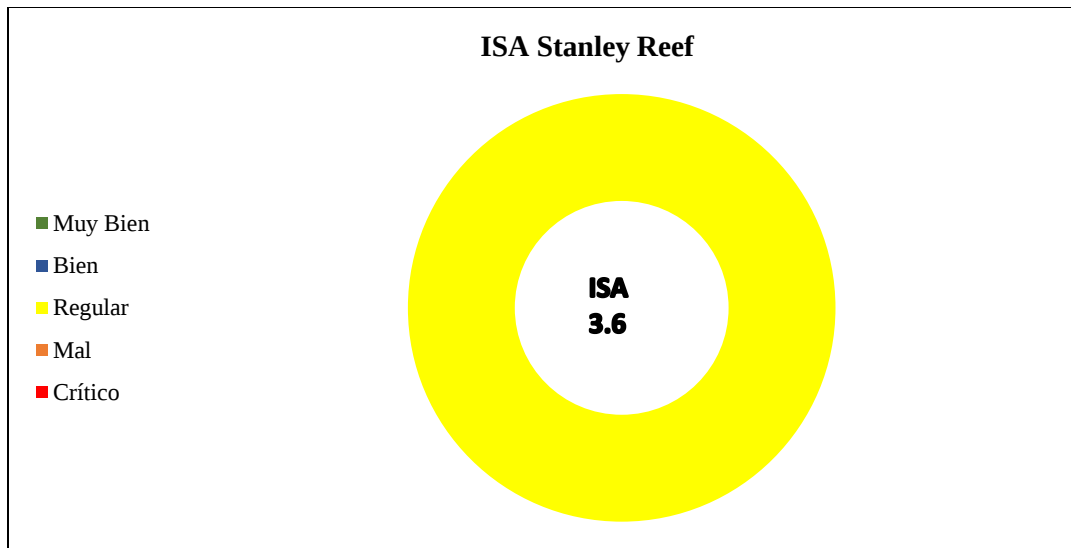


Figura 4. Cálculo del índice de salud Arrecifal ISA, Stanley Reef.

De acuerdo con (Kramer, 2003), la obtención de un puntaje de 3.6 en el índice de Salud Arrecifal (ISA) explica que el ecosistema se encuentra en una categoría Regular, lo cual define un estado de equilibrio dinámico donde las funciones ecológicas básicas aún se mantienen, pero bajo un umbral de alta vulnerabilidad. Así mismo, Kramer, señala que, una condición regular indica que la tasa de crecimiento biológico está siendo alcanzada por la tasa de erosión, situando al sistema en una zona de riesgo de cambio de fase hacia comunidades dominada por macroalgas.

Finalmente, bajo los criterios de Steneck et al. (2019), tal integridad funcional de estos sistemas depende de la relación directa entre la arquitectura del coral y la persistencia de especies clave que controlen dicha expansión algal. En este sentido, la presencia de peces herbívoros y corales masivos en Stanley Reef actúa como un motor de resiliencia esencial, lo cual permite que el arrecife conserve su capacidad de persistencia frente a las presiones climáticas, manteniendo la estabilidad estructural a pesar de la vulnerabilidad detectada en su evaluación de salud.

X. CONCLUSIONES

Con base en la evaluación realizada sobre el estado de salud de los arrecifes coralinos en el lado norte de Little Corn Island, se presentan las siguientes conclusiones organizadas por cada objetivo de la investigación y una síntesis general:

La caracterización de Stanley Reef define un ecosistema de arrecife con una estabilidad moderada, influenciada por un entorno por parámetros físico-químico en el límite de la tolerancia térmica. Se registró un promedio de temperatura de 30.3°C y una visibilidad vertical de 23.9 m.

La composición biológica del área muestreada presenta una diversidad taxonómica alta con 27 colonias pertenecientes a 6 especies, donde predomina la arquitectura de crecimiento masivo.

Se identificó una prevalencia de *Siderastrea radians* como la especie dominante (37% de abundancia), evidenciando su capacidad de resistencia frente a sedimentación y estrés.

Existe una alerta crítica sobre la especie *Acropora cervicornis*, la cual presentó un 100% de mortalidad en los puntos evaluados, reflejando la crisis regional de los acrópodos y su vulnerabilidad ante patógenos y cambios ambientales.

La fauna íctica identificada en Stanley Reef incluyó peces herbívoros y comerciales asociadas a un ecosistema arrecifal funcional; entre los avistamientos destacó el pez loro (*Scarus vetula*), especie clave en el control de macroalgas y mantenimiento de salud coralina.

El avistamiento del tiburón nodriza (*Ginglymostoma cirratum*) indica que, a pesar del deterioro coralino observado, Stanley Reef aún mantiene procesos ecológicos importantes y cierto nivel de equilibrio en la dinámica trófica del ecosistema marino.

El estado de salud global de Stanley Reef se sitúa en la categoría de Regular, con un promedio de 3.6 según el Índice de Salud Arrecifal (ISA). A pesar de que la mayoría de las colonias se encuentran sanas (59.3%), la prevalencia moderada de enfermedades (25.9%) y la mortalidad reciente (14.8%) confirma que el arrecife se encuentra bajo una presión antropogénica y ambiental activa. En síntesis, el ecosistema mantiene su integridad funcional y capacidad de resiliencia gracias a sus procesos de reclutamiento y la presencia de bioindicadores clave, pero se halla en un

límite de estabilidad dinámica que requiere medidas inmediatas de manejo y conservación para evitar un cambio de fase hacia comunidades dominadas por macroalgas.

Con base en los resultados obtenidos mediante la aplicación del Índice de Salud Arrecifal (ISA), se acepta la hipótesis alternativa (H_1) y se rechaza la hipótesis nula (H_0), ya que Stanley Reef presentó una condición de salud categoría Regular (3.6 puntos). Este resultado se fundamenta en los parámetros evaluados de cobertura coralina, presencia de peces herbívoros y nivel de afectación por enfermedades coralinas, descartando así la categoría de salud mala planteada en la hipótesis nula.

XI. RECOMENDACIONES

Escuelas de Buceo y Operadores Turísticos:

1. Implementar protocolos de buenas prácticas ambientales para garantizar que las inmersiones recreativas no generen contacto físico con las colonias ni daños por anclaje.
2. Capacitar de forma continua a guías y buzos sobre la importancia ecológica de los arrecifes coralinos y el rol de los peces herbívoros en la resiliencia del ecosistema.
3. Integrarse en programas de monitoreo y educación ambiental en coordinación con las universidades regionales y la comunidad local.

Instituciones Gubernamentales como el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA), la Secretaría de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente (SERENA) y la Alcaldía Municipal de Corn Island:

1. Instar al desarrollo y mejora de la infraestructura para la gestión de aguas residuales y el control de escorrentías costeras, con el fin de reducir la carga de nutrientes y sedimentos que afectan la salud de los arrecifes coralinos.
2. Utilizar los resultados de esta investigación como línea base técnica para la toma de decisiones y el diseño de políticas de manejo que permitan medir la efectividad de las acciones de c
3. onservación en el área protegida.
4. Fortalecer la vigilancia y aplicación normativas vigentes para la protección de especies clave, especialmente de peces herbívoros, debido a su papel en el control de macroalgas y en la facilitación del reclutamiento de nuevos corales, contribuyendo así a la recuperación natural del ecosistema.

Universidades regionales, principalmente la Bluefields Indian & Caribbean University (BICU) y la Universidad de las Regiones Autónomas de la Costa Caribe Nicaragüense (URACCAN):

1. Implementar un programa de restauración coralina que gunifique el monitoreo estacional con la creación de viveros *in situ*, permitiendo a los estudiantes rescatar fragmentos de oportunidad y generar datos sobre la capacidad de regeneración activa del arrecife.

2. Promover programas de extensión universitaria que eduquen a las comunidades locales sobre los servicios ecosistémicos y la vulnerabilidad de los arrecifes, transformando la percepción social del recurso en un compromiso que facilite la protección de Stanley Reef.
3. Liderar la creación de un repositorio digital de investigaciones académicas, que estandaricen la información científica recolectada para facilitar la gestión sostenible del arrecife Stanley Reef y de otros arrecifes de Little Corn Island.

Población en General:

1. Participar activamente en las actividades de educación ambiental y conservación promovidas por las instituciones competentes, fortaleciendo la protección de los arrecifes coralinos y el uso responsable de los recursos marinos.
2. Respetar las normativas establecidas para la protección del arrecife, evitando actividades que ocasionen daños directos al ecosistema.
3. Involucrarse activamente en las jornadas de limpieza costera, adoptando prácticas de consumo responsable y manejo de desechos que minimicen el impacto negativo sobre el ecosistema marino.

Gestión del Área Protegida de Corn Island y Little Corn:

1. Desarrollar un programa permanente de educación ambiental dirigido a la población local, turistas y prestadores de servicios, para fortalecer la conservación de los arrecifes coralinos, con el fin de promover el cumplimiento de la Ley N.º 1085.
2. Desarrollar materiales informativos impresos y digitales sobre el estado de salud de Stanley Reef, las principales amenazas identificadas y las buenas prácticas para conservación del área protegida.
3. Difundir el material educativo en sitios estratégicos para fortalecer la sensibilización ambiental de la población local y los visitantes.

XII. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

a. Presupuesto

Nº	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
PRIMERA FASE					
Equipos e Insumos de Campo					
1	Cinta métrica	Unidad	1	C\$1.440,00	C\$1.440,00
2	Pizarra subacuática	Unidad	2	C\$1.080,00	C\$2.160,00
3	Lápiz	Unidad	4	C\$12,00	C\$48,00
4	GoPro 11	Unidad	1	C\$8.280,00	C\$8.280,00
5	Alquiler de equipo de buceo	Unidad	3	C\$3.240,00	C\$9.720,00
6	Combustible	Galones	15	C\$300,00	C\$4.500,00
7	Alimentación	Días	7	C\$600,00	C\$4.200,00
8	Transporte acuático	Viajes	4	C\$550,00	C\$2.200,00
9	Sub-Total				C\$32.548,00
SEGUNDA FASE					
	Informe Final de Monografía				
10	Impresión de documento	Paginas	120	C\$5,00	C\$600,00
11	Empastado	Unidad	1	C\$1.440,00	C\$1.440,00
12	Sub-Total				C\$2.040,00
	TERCERA FASE: Honorarios Tutor				
13	Honorarios Tutor	Honorarios	1	C\$4.500,00	C\$4.500,00
14	Sub-Total				C\$4.500,00
INVERSION FINAL					
15	Total				C\$39.088,00

b. Cronograma de actividades

	oct-25				nov-25					dic-25				ene-26				feb-26			
ACTIVIDADES	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
Realización de buceo y recolección de datos en Stanley Reef																					
Identificación de especies de corales y registro de datos preliminares																					
Redacción de dedicatoria, agradecimientos, introducción, antecedentes, identificación del problema, justificación, supuesto del estudio y Objetivos																					
Elaboración del estado del arte																					
Desarrollo de la metodología en detalle y descripción de técnicas																					
Procesamiento de datos preliminares y elaboración de cuadros en Excel																					
Análisis de resultados e interpretación de datos																					
Redacción de conclusiones y recomendaciones																					
Redacción del Resumen, Anexos y Revisión final																					

XIII. REFERENCIAS

- Alcolado, P. M., & Duran, A. (enero de 2011). *Sistema de escalas para la clasificación y puntaje de condición del bentos e ictiofauna de arrecifes coralinos de Cuba y del Gran Caribe*, 8. (Instituto de Oceanología) Recuperado el 28 de mayo de 2026, de https://www.researchgate.net/publication/265165415_Sistema_de_escalas_para_la_clasificacion_y_puntaje_de_condicion_del_bentos_e_ictiofauna_de_arrecifes_coralinos_de_Cuba_y_del_Gran_Caribe
- Alvarado, J. A., Beita, A. J., Mena, S., & Fernández, C. G. (abril de 2015). *Ecosistemas coralinos del Área de Conservación Osa, Costa Rica: estructura y necesidades de conservación*, 63. Recuperado el 28 de mayo de 2026, de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442015000500219
- Alvarez, F. L., & Gill, J. A. (31 de octubre de 2011). Complex reef architecture supports more small-bodied fishes and longer food chains on Caribbean reefs. *ESA*, 2(118), 1-3. doi:<https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1890/ES11-00185.1>
- Diving Yucatan. (03 de mayo de 2022). *¿Qué es el buceo autónomo?* Recuperado el 06 de marzo de 2026, de <https://www.divingyucatan.com/que-es-el-buceo-autonomo/>
- Fernández, L. (31 de mayo de 2014). *Arrecife de coral: qué es, cómo se forma, tipos y dónde está*. Recuperado el 06 de marzo de 2026, de Ecología Verde: https://ecologiaverde.elperiodico.com/arrecife-de-coral-que-es-como-se-forma-tipos-y-donde-esta-3486.html#anchor_0
- Garzón, F. J., & Rodríguez, R. A. (2000). *ESTADO DE LOS ARRECIFES CORALINOS EN COLOMBIA*. Colombia: INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MARINAS Y COSTERAS (INVEMAR) PROGRAMA BIODIVERSIDAD Y ECOSISTEMAS MARINOS (BEM). Recuperado el 09 de octubre de 2025, de https://www.invemar.org.co/redcostera1/invemar/docs/EAMC_2000/INVEMAR_INF_EAMC_2000_03.pdf
- Hume, D., Gunnartz, U., Daw, T., Caroline, M. B., Hunt, A., Siu, E., . . . Segura, A. (2005). *Reef map Nicaragua 2003: Corn Islands and Pear Cays project report*. (University of East Anglia (UEA)) Recuperado el 28 de mayo de 2026, de Digital repository: <https://ueaeprints.uea.ac.uk/id/eprint/29720/1/reefmap-report.pdf>
- Indicators Healthy Reefs. (2003). *Índice de Salud Arrecifal (ISA)*. Recuperado el 22 de febrero de 2026, de <https://www.healthyreefs.org/es/healthy-reefs-data/indicators/reef-health-index>
- INTUR. (13 de octubre de 2021). *Corn Island es declarada área protegida de paisaje terrestre y marino protegido*. Recuperado el 14 de mayo de 2026, de Noticias, Noticias Internacionales: <https://www.intur.gob.ni/2021/10/13/corn-island-es-declarada-area-protegida-de-paisaje-terrestre-y-marino-protegido/>
- Jeremy, J., Donovan, M., Katie, C., & Vivian, L. (2012). *Status and Trends of Caribbean Coral Reefs: 190-2012*. Recuperado el 24 de febrero de 2026, de https://library.sprep.org/sites/default/files/Caribbean_Coral_Reefs_Status_Report_1970-2012.pdf
- Kleypas, J., W, M. J., & Lambert, B. M. (01 de Agosto de 2015). *Environmental Limits to Coral Reef Development: Where Do We Draw the Line?* doi:10.1093/icb/39.1.146

- Kramer, P. (Julio de 2003). *Synthesis of coral reef health indicators for the Western Atlantic: Results of the AGRRA program (1997-2000)*. doi:10.5479/si.00775630.496-3.1
- Lirman, D., & Manzello, D. (14 de febrero de 2009). Patterns of resistance and resilience of the stress-tolerant coral *Siderastrea radians* (Pallas) to sub-optimal salinity and sediment burial. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 369(1), 72-77. Recuperado el 24 de febrero de 2026, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022098108005467>
- López, A. G., & Vasquez, S. L. (10 de febrero de 2023). *INFLUENCIA DE LA CONTAMINACIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS SOBRE LOS ARRECIFES DE CORAL EN LA COSTA CONTINENTAL DE ECUADOR*. (Jipijapa-Unesum, Ed.) Recuperado el 10 de octubre de 2025, de Repositorio digital UNESUM: <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/4865>
- Martínez, A. (24 de agosto de 2014). *Transecto*. (prezi, Ed.) Recuperado el 06 de marzo de 2026, de <https://prezi.com/r8i7zgnpxhjg/transecto/>
- McField, M. (10 de octubre de 2024). *Mesoamerican Reef Report Card*. Recuperado el 22 de febrero de 2026, de Mar Fund: <https://marfund.org/en/health-report-of-the-mesoamerican-reef-2024/>
- McField, M., Rueda, M. F., Soto, M., Martínez, R., Soto, M., Giró Petersen, A., . . . Muñiz, I. (2003). *Índice de Salud Arrecifal (ISA)*. Recuperado el 06 de marzo de 2026, de <https://www.healthyreefs.org/es/healthy-reefs-data/indicators/reef-health-index>
- Melanie, M., & Patricia, K. (2007). *Healthy Reefs for Healthy People*. Recuperado el 23 de febrero de 2026, de A Guide to Indicators of Reef Health and Social Well-being: https://cdn.prod.website-files.com/66b16833c7877e9078babf9d/66f6d610269482f4d7f95bf6_HRI_Guide07.pdf
- Mercado, G., & Downs, W. (02 de octubre de 2025). *Ejecución de la fase de buceo y registro fotográfico submarino en el sector norte de Stanley Reef, Little Corn Island, Nicaragua*. Recuperado el 20 de febrero de 2026
- Mercado, G., & Downs, W. (02 de octubre de 2025). *Planificación operativa y revisión de protocolos de muestreo previos al descenso en el sector norte de Stanley Reef, Little Corn Island, Nicaragua*. Recuperado el 20 de febrero de 2026
- Mercado, G., & Downs, W. (02 de octubre de 2025). *Registro de anotaciones técnicas y condiciones del sitio previas a la inmersión en la estación de muestreo, en el sector norte de Stanley Reef, Little Corn Island, Nicaragua*. Recuperado el 20 de febrero de 2026
- Mercado, G., & Downs, W. (02 de octubre de 2025). *Registro fotográfico de Acropora Cervicornis (Coral Cuerno de Ciervo) en el sector norte de Stanley Reef, Little Corn Island Nicaragua*. Recuperado el 27 de enero de 2026, de Coral Reef Identification.
- Mercado, G., & Downs, W. (02 de octubre de 2025). *Registro fotográfico de la extensión terminal (50 m) de la unidad de muestreo en el sector norte de Stanley Reef, Little Corn Island, Nicaragua*. Recuperado el 28 de enero de 2026
- Mercado, G., & Downs, W. (02 de octubre de 2025). *Registro fotográfico de Mostastraea cavernosa (Coral Estrella Gigante), en el sector norte de Stanley Reef, Little Corn Island, Nicaragua*. Recuperado el 28 de enero de 2026, de Coral Reef Identification.
- Mercado, G., & Downs, W. (02 de octubre de 2025). *Registro fotográfico de Orbicella annularis (Coral Estrella Lobulado), en el sector norte de Stanley Reef, Little Corn Island, Nicaragua*. Recuperado el 28 de enero de 2026, de Coral Reef Identification.

- Mercado, G., & Downs, W. (02 de octubre de 2025). *Registro fotográfico de Pseudodiploria strigosa (Coral Cerebro), en el sector norte de Stanley Reef, Little Corn Island, Nicaragua*. Recuperado el 27 de enero de 2026, de Coral Reef Identification.
- Mercado, G., & Downs, W. (02 de octubre de 2025). *Registro fotográfico del monitoreo visual subacuático, en el sector norte de Stanley Reef, Little Corn Island, Nicaragua*. Recuperado el 02 de octubre de 2025
- Mercado, G., & Downs, W. (02 de octubre de 2025). *Registro fotográfico la panorámica del relieve arrecifal bajo el transecto en el sector norte de Stanley Reef, Little Corn Island, Nicaragua*. Recuperado el 28 de enero de 2026
- Naranjo, J. (02 de octubre de 2025). *Captura de imágenes submarinas para la identificación de especies de coral en gabinete, en el sector norte de Stanley Reef, Little Corn Island, Nicaragua*. Recuperado el 22 de febrero de 2026
- Naranjo, J. (02 de octubre de 2025). *Inspección visual de las características biológicas de las colonias de coral a lo largo del transecto lineal, en el sector norte de Stanley Reef, Little Corn Island, Nicaragua*. Recuperado el 22 de febrero de 2026
- Naranjo, J. (02 de octubre de 2025). *Medición directa de los arrecifes de corales presentes en el sector norte de Stanley Reef, Little Corn Island, Nicaragua*. Recuperado el 22 de febrero de 2026
- Naranjo, J. (02 de octubre de 2025). *Registro fotográfico de Siderastrea siderea (Coral Estrella Masivo), en el sector norte de Stanley Reef, Little Corn Island, Nicaragua*. Recuperado el 27 de enero de 2026, de Coral Reef Identification.
- Naranjo, J. (02 de octubre de 2025). *Registro fotográfico de una colonia de coral, en el sector norte de Stanley Reef, Little Corn Island, Nicaragua*. Recuperado el 28 de enero de 2026
- Naranjo, J. (02 de octubre de 2025). *Registro fotográfico del despliegue y fijación del transecto de banda en el sector norte de Stanley Reef, Little Corn Island, Nicaragua*. Recuperado el 28 de enero de 2026
- NOAA. (16 de junio de 2024). *¿Puede un arrecife de coral recuperarse del blanqueamiento y otros eventos estresantes?* Recuperado el 06 de agosto de 2026, de oceanservice.noaa.gov: https://oceanservice.noaa.gov/facts/reef-resilience.html?utm_source=chatgpt.com
- NOAA. (16 de junio de 2024). *¿Qué es el blanqueamiento de coral?* Recuperado el 06 de 08 de 2026, de oceanservice.noaa.gov: https://oceanservice.noaa.gov/facts/coral_bleach.html?dom=QHDZ&src=syn&utm_source=chatgpt.com
- Peréz, E. C., Navarro, E. E., Estrada, N. S., & Espinoza, N. A. (november de 2017). *Estado de conservación de los arrecifes de coral de la Península de Yucatán*. doi:10.13140/RG.2.2.16755.63526
- Ryan, J. (2024). *Los arrecifes del Caribe nicaragüense*. Recuperado el 24 de febrero de 2026, de <https://doaj.org/article/0e0b5b2ef1c84f0da44a29d70d76bc7f>
- Ryan, J., & Zapata, Y. (2003). *Nicaragua's coral reefs: status, health and management strategies*. Nicaragua: Latin American Coral Reefs. Recuperado el 27 de marzo de 2025, de Sciece Direct: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780444513885500102>
- Solis, A. G., & Torruco, G. Á. (12 de 12 de 2020). *Diversidad coralina y su relación con el buceo en arrecifes en áreas naturales protegidas: México, Belice y Honduras*.

- Recuperado el 10 de octubre de 2025, de <https://umapp002.unimagdalena.edu.co/index.php/intropica/article/view/3526>
- Sposob, G. (24 de octubre de 2024). *Mortalidad*. (E. Concepto., Ed.) Recuperado el 06 de marzo de 2026, de <https://concepto.de/mortalidad/>
- Steneck, R., Arnold, S., Boenish, R., de León, R., Mumby, P., Rasher, D., & Wilson, M. (2019). *Managing recovery resilience in coral reefs against climate-induced bleaching and hurricanes: A 15 year case study from Bonaire, Dutch Caribbean*. doi:10.3389/fmars.2019.00265
- Universidad BICU & Blueconsult. (2018). *Evaluación socioeconómica y ecológica en ecosistema marino costero, Corn island*. Bluefields. Recuperado el 09 de octubre de 2025
- University BICU & Blueconsult. (2018). *Evaluación socioeconómica y ecológica en ecosistema marino costero, Corn island*. (E. BICU, Editor) Recuperado el 28 de mayo de 2026
- Vivarelli, L. (04 de mayo de 2024). *Bioindicadores: qué son y para qué sirven*. Obtenido de 3Bee: <https://blog.3bee.com/es/bioindicadores-que-son-y-para-que-sirven/#paragraph-27105>
- Ware, M., N Garfield, E., Nedimyer, K., Levy, J., Kaufman, L., Precht, W., . . . L Miller, S. (06 de mayo de 2020). *Survivorship and growth in staghorn coral (Acropora cervicornis) outplanting projects in the Florida Keys National Marine Sanctuary*. (C. o. Romuald N. Lipcius, Ed.) doi: 10.1371/journal.pone.0231817
- Weijerman, M., & Ubeda, A. (23 de noviembre de 2018). *LOS ARRECIFES DE LOS CAYOS PERLAS*. (D. II, Editor, & Unidad Técnica de Investigación & Monitoreo, DIPAL II) Recuperado el 26 de marzo de 2025, de PROYECTO PARA EL DESARROLLO INTEGRAL DE LA PESCA ARTESANAL EN LA: <http://inpesca.gob.ni/images/Otros%20Documentos%20Cientificos/Arrecifescayosperlas.pdf>
- Wikipedia contributors. (20 de Agosto de 2024). *Little Corn Island (Nicaragua)*. Recuperado el 2025 de marzo de 2025, de [https://es.wikipedia.org/wiki/Little_Corn_Island_\(Nicaragua\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Little_Corn_Island_(Nicaragua))
- Williamson, M. C., Williams, D. S., Arróliga, O., Mendoza, J., Torres, N., & Flores, O. (2019). *Índice de salud arrecifal (ISA) en los arrecifes coralinos de Cayos Miskitos*, 22. (Central American Journals Online) doi:<https://doi.org/10.5377/ruc.v22i1.8414>
- Williamson, C. M., Williams Smith, D., Arróliga, O., Mendoza, J., Torres, N., & Flores, O. (19 de septiembre de 2019). *Índice de salud arrecifal (ISA) en los arrecifes coralinos de Cayos Miskitos*. doi: <https://doi.org/10.5377/ruc.v22i1.8414>

XIV. ANEXOS

Registro visual de la fase operativa durante el levantamiento de datos en el sitio de investigación en Stanley Reef, ubicado en la parte Norte de Little Corn Island:

Evidencia del trabajo de campo



Figura 5. Registro de anotaciones técnicas y condiciones del sitio previas a la inmersión.

Fuente: (Mercado & Downs, 2025)



Figura 6. Planificación operativa y revisión de protocolos de muestreo previos al descenso en el sitio de estudio.

Fuente: (Mercado & Downs, 2025)



Figura 7. Ejecución de la fase de buceo y registro fotográfico submarino.

Fuente: (Mercado & Downs, 2025)



Figura 8. Medición directa del tamaño de las colonias de coral mediante el uso de una cinta métrica.

Fuente: (Naranjo, 2025)



Figura 9. Registro fotográfico de colonias de coral destinado a la identificación de las especies en gabinete.

Fuente: (Naranjo, 2025)



Figura 10. Inspección visual in situ de las características biológicas de las colonias de coral a lo largo del transecto lineal.

Fuente: (Naranjo, 2025)

Estado de salud de las colonias Stanley de coral

Para la evaluación del estado de salud coralina en Stanley Reef, se procesaron los datos obtenidos mediante el método de transecto de banda, categorizando cada colonia según su estado biológico visible.

A continuación, se presentan las tablas que detallan la distribución de salud y escala técnica utilizada para la determinación del índice global:

Tabla 5. Distribución porcentual del estado de salud de las colonias de coral identificadas

Porcentaje de Salud (Sanos, Enfermos, Muertos)				
Fórmula usada para Frecuencia (%):	$f_i(\%) = \frac{n_i}{N} \times 100$			
Estado	Conteo (colonias)	Frecuencia (%)	Valor de ISA (Puntos)	Total
Sanos	16	59,3	5	80
Enfermos	7	25,9	2	14
Muertos	4	14,8	1	14
Total	27	100		98
Resultados				
Puntaje total			98	
Rango			3.6	

Tabla 6. Cálculo del Índice de Salud Arrecifal ISA, Stanley Reef

Cálculo del Índice de Salud Arrecifal ISA, Stanley Reef			
Estado de Salud	Valor Mínimo	Valor Máximo	Rango (Stanley Reef)
Muy Bien	4.5	5.0	
Bien	3.7	4.4	
Regular	2.8	3.6	3.6
Mal	1.9	2.7	
Crítico	1.0	1.8	

Tabla 7.. Especie de Corales encontrados en Stanley Reef

Longitud de transecto (mt)	Especies (nombre científico)	Nombre Común	Altura (cm)	Ancho (cm)	Estado del coral (Sano/Efermo/Muerto)
9.3 m	<i>Siderastrea radians</i>	Coral estrella		3.5 cm	Sano
9.7 m	<i>Siderastrea radians</i>	Coral estrella		10.3 cm	Sano
9.8 m	<i>Pseudodiploria strigosa</i>	Coral cerebro	8.1 cm	10.4 cm	Sano
10.9 m	<i>Siderastrea radians</i>	Coral estrella		50.3 cm	Sano
11 m	<i>Orbicella annularis</i>	Coral estrella lobulado	45.3	40.8	Enfermo
12.9 m	<i>Siderastrea radians</i>	Coral estrella		40 cm	Sano
14.7 m	<i>Orbicella annularis</i>	Coral estrella lobulado	30.8 cm	40.1 cm	Muerto
15.3 m	<i>Orbicella annularis</i>	Coral estrella lobulado	170.5 cm	70.7 cm	Muerto
17.8 m	<i>Siderastrea radians</i>	Coral estrella		30 cm	Sano
18.6 m	<i>Siderastrea radians</i>	Coral estrella		15 cm	Enfermo
18.7 m	<i>Siderastrea radians</i>	Coral estrella		20.2 cm	Enfermo
18.9 m	<i>Siderastrea radians</i>	Coral estrella		20.4 cm	Enfermo
19.7 m	<i>Siderastrea radians</i>	Coral estrella		20.5 cm	Sano
19.8 m	<i>Orbicella annularis</i>	Coral estrella lobulado		20.5 cm	Sano
20 m	<i>Orbicella annularis</i>	Coral estrella lobulado		10.7 cm	Sano
20.6 m	<i>Orbicella annularis</i>	Coral estrella lobulado		20.4 cm	Sano
21 m	<i>Orbicella faveolata</i>	Coral estrella masivo	7.9 cm	10.5 cm	Enfermo
22.2 m	<i>Orbicella faveolata</i>	Coral estrella masivo		60.2 cm	Sano
23.5 m	<i>Agaricia agaricites</i>	Coral lechuga	10.5 cm	34.2 cm	Sano
24 m	<i>Siderastrea radians</i>	Coral estrella masivo	20.1 cm	30.9 cm	Sano
25.7 m	<i>Orbicella faveolata</i>	coral cuerno de ciervo		20.3 cm	Muerto
26.1 m	<i>Acropora cervicornis</i>	coral cuerno de ciervo		30.1 cm	Muerto
27. m	<i>Acropora cervicornis</i>	coral cuerno de ciervo		27.04 cm	Sano
28.1 m	<i>Acropora cervicornis</i>	coral cuerno de ciervo		25.2 cm	Sano

29.8 m	<i>Acropora cervicornis</i>	coral cuerno de ciervo		30.7 cm	Sano
30.7 m	<i>Acropora cervicornis</i>	coral cuerno de ciervo		40 cm	Sano
40 m	<i>Acropora cervicornis</i>	coral cuerno de ciervo		30 cm	Sano
43.4 m	<i>Acropora cervicornis</i>	coral cuerno de ciervo		30 cm	Enfermo
44.4 m	<i>Siderastrea radians</i>	coral estrella		40.6 cm	Enfermo
49 m	<i>Siderastrea radians</i>	Coral estrella		6 cm	Sano
50 m	<i>Siderastrea radians</i>	Coral estrella		30.5 cm	Enfermo

Tabla 8. Composición taxonómica de corales blandos identificados en Stanley Reef

Familia	Especie (Nombre científico)	Nombre común
Gorgoniidae	<i>Gorgonia ventalina</i>	Abanico de Mar
Gorgoniidae	<i>Pseudopterogorgia spp.</i>	Plumas de mar
Plexauridae	<i>Plexaura homomall</i>	Látigo de mar negro

Tabla 9. Especies Bio-indicadores en la zona de muestreo en Stanley Reef

Registro de especies Bio-indicadores en la zona de muestreo			
Nº	Nombre comun	Nombre científico	Avistamiento
1	Tiburón enfermero	<i>Ginglymostoma cirratum</i>	1
2	Pez loro	<i>Scarus vetula</i>	1

Identificación de corales pétreos (*Scleractina*) y registro fotográfico

La caracterización taxonómica mediante el registro fotográfico *in situ* de los principales constructores del relieve arrecifal. Las ilustraciones permiten verificar las morfologías de crecimiento dominante y estado de salud de los ejemplares registrados en el transecto de 50 metros.



Figura 11. Acropora cervicornis (Coral Cuerno de Ciervo).

Fuente: (Mercado & Downs, 2025)



Figura 12. Pseudodiploria strigosa (Coral Cerebro).

Fuente: (Mercado & Downs, 2025)

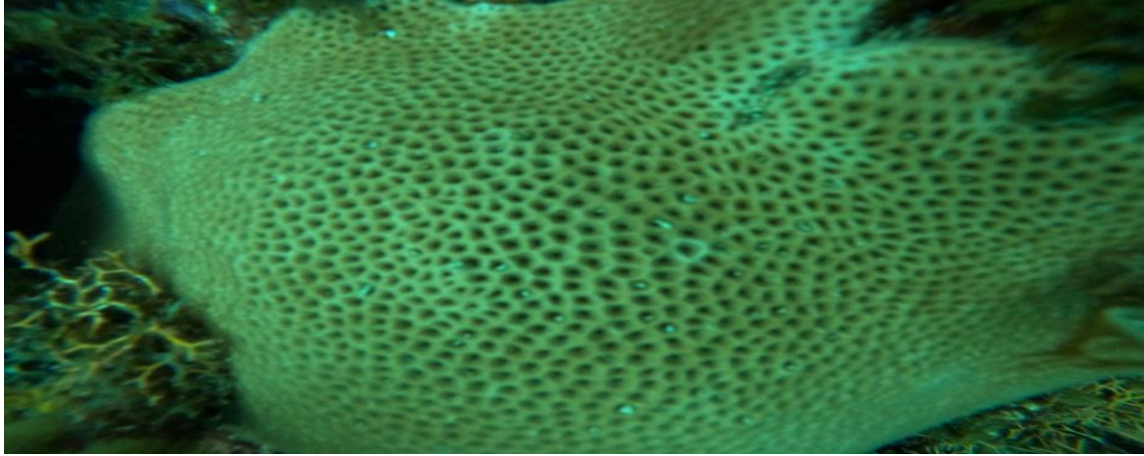


Figura 13. Siderastrea siderea (Coral Estrella Masivo).

Fuente: (Naranjo, 2025)



Figura 14. Orbicella annularis (Coral Estrella Lobulado).

Fuente: (Mercado & Downs, 2025)



Figura 15. Montastraea cavernosa (Coral Estrella Gigante).

Fuente: (Mercado & Downs, 2025)

Evidencia de actividades de campo en Stanley Reef

El levantamiento de datos se realizó en el sector norte de Little Corn Island, específicamente en la barrera de arrecife conocida como “Stanley Reef”. Las siguientes ilustraciones documentan la aplicación del protocolo de transecto de banda *in situ*, evidenciando el despliegue de las unidades de muestreo y el uso de instrumentación para la evaluación del estado de salud.



Figura 16. Fijación y despliegue de la cinta métrica en el fondo marino.

Fuente: (Naranjo, 2025)



Figura 17. Extensión terminal (50 m) de la unidad de muestreo en Stanley Reef.

Fuente: (Mercado & Downs, 2025)



Figura 18. Vista panorámica del transecto de banda sobre el fondo marino.

Fuente: (Mercado & Downs, 2025)

Este apartado muestra la cinta métrica sobre el relieve arrecifal como guía para registrar los ejemplares del área de estudio. Asimismo, en la Ilustración 10, se observa la documentación de imágenes para el análisis técnico en gabinete y validación de las especies encontradas.

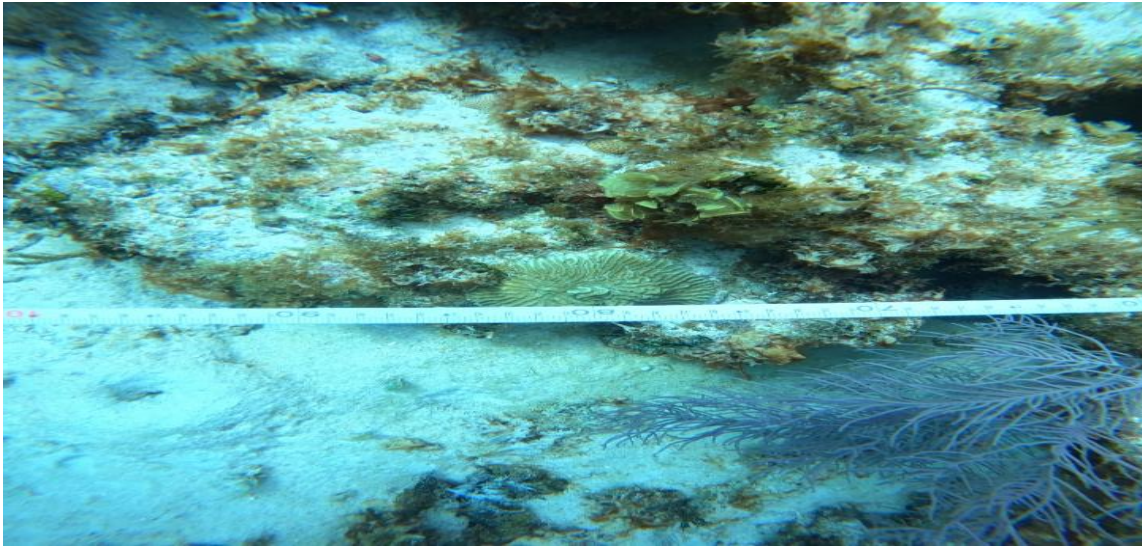


Figura 19. Vista del transecto sobre una colonia de coral.

Fuente: (Naranjo, 2025)



Figura 20. Documentación fotográfica del área de muestreo.

Fuente: (Mercado & Downs, 2025)