



**Pontificia Universidad
Católica del Ecuador**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
SEDE MANABÍ
CARRERA DE BIOLOGÍA MARINA**

TRABAJO DE TITULACIÓN

**COMUNIDAD DE OCTOCORALES (OCTOCORALLIA: ALCYNOCEA)
ASOCIADA A INDICADORES DE CONTAMINACIÓN
EN LA RESERVA MARINA PUERTO CABUYAL-PUNTA SAN CLEMENTE**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN
MANEJO SOSTENIBLE DE RECURSOS**

**SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN
CONSERVACIÓN DE ECOSISTEMAS MARINOS**

**PREVIO AL TÍTULO DE
BIÓLOGO MARINO**

**AUTOR
EDUARDO ANDRÉS MONCAYO INTRIAGO**

**TUTORA
EVELYN VIRGINIA ARIAS CEDEÑO. M.Sc.**

BAHÍA DE CARÁQUEZ, ABRIL 2023

Certificación

En mi calidad de tutora del trabajo de integración curricular, certifico haber revisado el presente manuscrito de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí, cumpliendo los requisitos establecidos por la Dirección de Investigación; en consecuencia, es apto para su presentación y sustentación.

Evelyn Arias Cedeño. M.Sc.

Director del trabajo de titulación

CI: 0926578675

Aprobación del tribunal

El jurado examinador, aprueba el presente manuscrito de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Manabí.

Kruger Loor Santana, *Biól., M. Sc.*

Primer Lector

Francisco Pozo Miranda, *M. Sc.*

Segundo Lector

Evelyn Arias Cedeño, *Biól., M. Sc.*

Tercer lector

Bahía de Caráquez, abril de 2023

Declaración de originalidad

Este manuscrito no contiene ningún tipo de material que ha sido aceptado para la obtención de un título universitario en otra institución, excepto en forma de información de soporte que ha sido debidamente citada en mi trabajo. Este trabajo es de total responsabilidad de autor, quien declara bajo juramento que ninguna sección de este trabajo de integración curricular infringe los derechos de autor de nadie.

Eduardo Andrés Moncayo Intriago

CI: 1311719049

Teléfono: 093-961-9666

emoncayo9049@pucems.edu.ec

Declaración de derechos de autor y co-autoría

Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a distribuir este manuscrito de investigación en medios físicos y electrónicos con el fin de promover la divulgación de mis resultados a la comunidad científica y a la sociedad en general. Adicionalmente autorizo el uso de los contenidos de esta investigación como bibliografía para fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, citando como fuente de información al autor de este trabajo.

Eduardo Andrés Moncayo Intriago

CI: 1311719049

Dedicatoria

Esta tesis está dedicada a:

A mi abuela Ritha Luque Córdova y hermanos quienes han sido mi fuente de motivación e impulso y que con su amor, apoyo y sacrificio en especial el de mi abuela fallecida, me han permitido alcanzar un objetivo más no solo a nivel personal, si no profesional. No obstante, este triunfo me lo dedico a mí personalmente, por nunca rendirme a pesar de todas las circunstancias difíciles que se presentaron en el camino.

Agradecimiento

Agradecerle primeramente a Dios por siempre brindarme esas pequeñas y grandes oportunidades a lo largo de mi carrera, a mi abuela quien a inicios de esta hermosa carrera me impulsó y me ayudó no solo económicamente, si no a motivarme a diario, aunque ella no esté presente físicamente por destinos de la vida, el agradecimiento que tengo es realmente inmenso.

Agradezco a mi tutora de tesis Evelyn Arias M.C por su paciencia, conocimientos y apoyo brindado en toda la investigación.

Agradezco al profesor Francisco Pozo y Gabriel Durán por darme siempre la mano en todo momento ante cualquier duda o inquietud.

Agradezco al Master. Mauricio González por el apoyo y conocimiento brindado en todos los muestreos y ser mi instructor de buceo en cada una de las inmersiones que se realizaron.

Por último agradezco a mis compañeros Raúl Dueñas, Steffany Solórzano y Pamela Jaramillo quienes me brindaron su apoyo incondicional para aprender y adquirir más conocimientos cuando más los necesité.

Resumen

Los octocorales han sido considerados potenciales bioindicadores frente a la contaminación orgánica y altas concentraciones de nutrientes. Por ello, se llevó a cabo un estudio mixto sobre la asociación de las comunidades de octocorales con indicadores de contaminación orgánica y concentración de nutrientes en los sitios Puerto Cabuyal, Cabo Pasado y Bajo Santa Martha de la Reserva Marina Puerto Cabuyal-Punta San Clemente (RMPCPSC). El estudio se llevó a cabo de agosto a septiembre de 2022, se determinó la riqueza y abundancia de octocorales y la calidad del agua en los tres sitios. Como resultado se encontraron 7 especies de octocorales (*Leptogorgia alba*, *Muricea crassa*, *M. fruticosa*, *M. plantaginea*, *M. purpurea*, *M. squarrosa* y *Heterogorgia hickmani*). Cabo Pasado presentó mayor abundancia y menor riqueza, Puerto Cabuyal abundancia y riqueza media y Bajo Santa Martha menor abundancia y mayor riqueza de octocorales. La calidad del agua se encontró dentro de los parámetros permitidos, con excepción del pH con valores menores (Puerto Cabuyal 5.36, Cabo Pasado 5.93) y la temperatura valores mayores (Puerto Cabuyal y Cabo Pasado 24.5, y Bajo Santa Martha 24,3). El nitrato a pesar de encontrarse en los límites permitidos, según la normativa ambiental vigente para Ecuador, presentó diferencias significativas entre los sitios (H: 7,20; $p < 0.05$). El nitrito presentó el mayor valor de correlación (0.87), directamente relacionado con la abundancia e inversamente relacionado a la riqueza. Concluyendo así que la menor abundancia de octocorales se relaciona con concentraciones altas de nitrato y bajas de nitrito, sucediendo lo inverso con la riqueza. Finalmente, *M. plantaginea* fue considerada como bioindicador potencial de contaminación en los sitios muestreados dentro de la RMPCPSC.

Palabras clave: Octocorales, Indicadores, Contaminación, Calidad del agua, San Clemente, Reserva Marina.

Abstract

This mixed research study on the association between octocoral communities and pollution indicators from three places of the *Reserva Marina Puerto Cabuyal - Punta San Clemente* (*Puerto Cabuyal*, *Cabo Pasado* and *Bajo Santa Martha*), aimed to identify potential bioindicator octocorals through their resistance to organic contamination and high concentration of nutrients. Therefore, in this correlational research study carried out from August through September 2022, some octocoral species, their richness and abundance were identified through diving, and water quality was analyzed, too. As a result, seven species are found (*Leptogorgia alba*, *Muricea crassa*, *Muricea fruticosa*, *Muricea plantaginea*, *Muricea purpurea*, *Muricea squarrosa* and *Heterogorgia hickmani*). *Cabo Pasado* has higher abundance and less richness; *Puerto Cabuyal* has medium abundance and richness; and *Bajo Santa Martha* has lower abundance and more richness. Water quality is within acceptable parameters, except for pH with lower values (*Puerto Cabuyal* 5.36; *Cabo Pasado* 5.93), and higher temperature values (*Puerto Cabuyal* and *Cabo Pasado* 24.5, and *Bajo Santa Martha* 24.3)., Despite being within acceptable parameters, nitrate has significant differences and shows a higher correlation value (0.87), being directly related to abundance and inversely related to richness. It is concluded that the lower abundance of octocorals is related to higher nitrate and lower nitrite concentrations, while the opposite happens with richness, and that *M. plantaginea* is a potential pollution bioindicator.

Keywords: octocorals, indicators, pollution, *Cabuyal*, *San Clemente*

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	13
2. METODOLOGÍA	16
2.1. Área de estudio	16
2.2. Obtención de datos	17
2.3. Identificación de especies	17
2.4. Abundancia.....	17
2.5. Determinación de las variables físicas y químicas del agua	18
2.6. Determinación de las variables microbiológicas.....	18
2.6.1. <i>Vibrios</i>	18
2.6.2. <i>Coliformes y Estafilococos</i>	19
2.7. Indicadores de contaminación.....	20
2.8. Análisis estadísticos	21
2. 3. RESULTADOS	22
3.1. Composición de especies de la comunidad de octocorales	22
3.1.1. <i>Leptogorgia alba</i>	22
3.1.2. <i>Muricea crassa</i>	23
3.1.3. <i>Muricea fructicosa</i>	24
3.1.4. <i>Muricea plantaginea</i>	25
3.1.5. <i>Muricea purpurea</i>	26
3.1.6. <i>Muricea squarrosa</i>	28
3.1.7. <i>Heterogorgia hickmani</i>	29
3.2. Abundancia de octocorales	30
3.3. Variables físicoquímicas.....	31
3.1. Indicadores de contaminación del agua	32
3.2. Relación de las variables físico-químicas con las especies de octocorales Alcionáceos.....	33
4. DISCUSIÓN	36
5. CONCLUSIÓN	39
6. BIBLIOGRAFÍA	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Valores de conversión de NMP a UFC. Tomado de: Soto (2014)	19
Tabla 2: Valores permitidos de las variables físico-químicas y microbiológicas en cuerpos de agua marina. NA: No se aplica	20
Tabla 3: Escleritas presentes en <i>Leptogorgia alba</i>	23
Tabla 4: Escleritas presentes en <i>Muricea crassa</i>	24
Tabla 5: Escleritas presentes en <i>Muricea fruticosa</i>	25
Tabla 6: Escleritas presentes en <i>Muricea plantaginea</i>	26
Tabla 7: Escleritas presentes en <i>Muricea purpurea</i>	27
Tabla 8: Escleritas presentes en <i>Muricea squarrosa</i>	28
Tabla 9: Valores de las variables físico-químicas del agua en las tres zonas muestreadas	31
Tabla 10: Valores de normalidad según el Test de Shapiro-Wilk de las variables físico-químicas y microbiológicas del agua	32
Tabla 11: Valores promedio de nutrientes y variables microbiológicas en el agua de las tres zonas muestreadas	33

ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICOS

Figura 1: Mapa de las zonas de estudio (Reserva Marina Puerto Cabuyal – Punta San Clemente)	16
Figura 2: <i>Leptogorgia alba</i> . A) Colonia completa, B) Escleritas	21
Figura 3: <i>Muricea crassa</i> . A) Fragmento de la colonia, B) Escleritas	22
Figura 4: <i>Muricea fruticosa</i> . A) Colonia completa, B) Escleritas	24
Figura 5: <i>Muricea plantaginea</i> . A) Colonia completa, B) Escleritas	25
Figura 6: <i>Muricea purpurea</i> . A) Colonia completa, B) Escleritas	26
Figura 7: <i>Muricea squarrosa</i> . A) Colonia completa, B) Escleritas	27
Figura 8: Abundancia de octocorales en los tres puntos de estudio	28
Figura 9: Abundancia de octocorales en los tres puntos de estudio	29
Figura 10: Matriz de correlación de Spearman de las variables físico-químicas y microbiológicas del agua, y la abundancia y riqueza de octocorales	32
Figura 11: Gráfico de agrupación de componentes principales de las variables físico-químicas y microbiológicas	33

1. INTRODUCCIÓN

Los Octocorales o corales blandos, a diferencia de los corales pétreos, no son formadores de arrecifes; pertenecen a la Subclase Octocorallia y presentan una alta diversidad de forma y crecimiento: incrustante, masiva, arbórea, entre otros (Sánchez & Dueñas, 2018). Además, son uno de los componentes de los macroinvertebrados bentónicos más frecuentes del Pacífico Este (Breedy y Guzmán 2002).

Como parte del rol que cumplen en el ecosistema, los Octocorales funcionan como nichos y sitios de asentamiento para peces, son el alimento de otras especies dentro de los ecosistemas marinos y debido a su facilidad en la obtención de compuestos naturales, son utilizados ampliamente en la industria farmacéutica (Abeytia et al., 2013; Manrique-Rodríguez et al., 2019).

Actualmente, una gran parte de las especies marinas se encuentra amenazadas por las actividades antropogénicas (Carlton, 2022). Se conoce que, debido a la contaminación de las aguas, sedimentación y una alta carga de nutrientes, los octocorales disminuyen su diversidad, cobertura, riqueza y abundancia. Consecuentemente, aparece la proliferación de macroalgas, haciendo que los octocorales pierdan su espacio vital (Anadón et al., 2005; Rey-Villiers & Sánchez, 2018). Así mismo, en ecosistemas eutrofizados, los octocorales aparecen hiperpigmentados y con una alta cantidad de isótopos estables en sus tejidos (Rey-Villiers et al., 2021).

Debido a que los octocorales son organismos sésiles, no pueden emigrar de las zonas contaminadas, exponiéndose constantemente al problema (Hernández-Muñoz, Alcolado, & Hernández-González, 2008), por lo que han adoptado la estrategia de morfología vertical,

elevando la colonia y evitando procesos desventajosos como el sombreado por las macroalgas y la erosión ocasionada por sedimentos (Herrera, 2020).

Los octocorales son resilientes a ambientes contaminados, evidenciándose un aumento en su tasa de crecimiento cuando existe un mayor aporte de nutrientes, materia orgánica y microorganismos, los cuales provienen de descargas de escurrientes terrestres, cuencas fluviales y emisarios submarinos (Rey-Villiers & Sánchez, 2018); Rey-Villiers et al., 2021). Según Hernández-Muñoz, Alcolado, & Hernández-González (2008), las especies de octocorales *Plexaura kuekenthali*, *Euricea clavigera* y *Euricea flexuosa* son indicadoras en sitios contaminados de Cuba.

La mayor parte de los estudios dirigidos a reconocer las respuestas de los octocorales frente a fuentes de contaminación se han realizado en esa zona de Centroamérica, en donde se ha analizado, además, como la contaminación orgánica disminuye la riqueza específica (Olivera Espinosa et al., 2010; Rey-Villiers et al., 2020).

En Ecuador, los estudios destinados a los octocorales se han incrementado, sin embargo, estos se han centrado en el registro de nuevas especies (Grijalva, 2020; Abad et al., 2022) y recientemente sus comunidades han sido asociadas con el ambiente (Soler-Hurtado et al., 2016; Sascha et al., 2020). A pesar de que los octocorales son considerados resistentes a ambientes degradados, en el país se desconoce su tolerancia a indicadores de contaminación.

Al ser reciente la creación de la Reserva Marina Puerto Cabuyal – Punta San Clemente (RMPCPSC), es evidente el interés de conocer el estado que presenta el ecosistema marino, considerando que esta área funciona como zona de crianza de tiburones (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2021). Además, la cercanía de la desembocadura de los ríos Chone y Jama, podría afectar a las colonias coralinas aledañas.

Una parte de la RMPCPSC corresponde a la desembocadura del río Chone. Se ha determinado que el estuario del río Chone presenta un alto nivel de degradación, considerándolo incluso en peligro de sufrir un colapso ecológico, debido a que la calidad ambiental se encuentra sumamente deteriorada y han existido muchas pérdidas en la funcionalidad del ecosistema (ADMINISTRACIÓN CHONE, 2019).

Por esta razón, la investigación que se propone tiene como finalidad determinar la relación entre la concentración de nutrientes e indicadores de contaminación orgánica (microorganismos patógenos del agua) con la presencia de especies de octocorales a través de su abundancia y riqueza en tres sitios de la Reserva Puerto Cabuyal-Punta San Clemente.

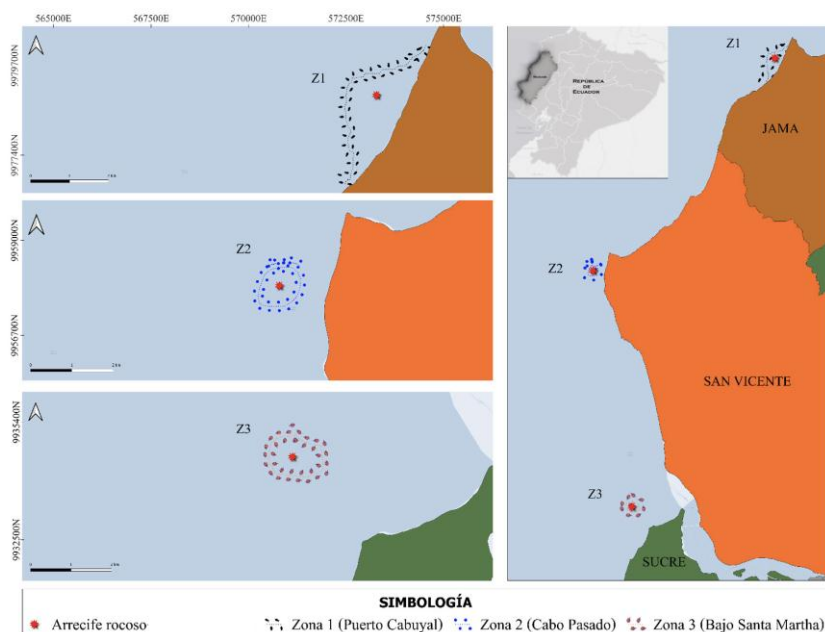
2. METODOLOGÍA

2.1. Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en los sitios Puerto Cabuyal ($0^{\circ}20'39.9''S$ $80^{\circ}27'16.1''W$), Cabo Pasado ($0^{\circ}25'06.1''S$ $80^{\circ}30'21.9''W$) y Bajo Santha Martha ($0^{\circ}35'05.5''S$ $80^{\circ}27'26.3''W$), ubicados en la Reserva Marina Puerto Cabuyal – Punta San Clemente, la cual atraviesa los cantones Sucre, San Vicente y Jama (figura 1) (MAATE, 2021). Andino (2015) caracterizó el Bajo Santa Martha con partes arenosas, rocosas y placas de piedra grandes, las cuales abarcan varios metros. Además, en aquel estudio se reportó la importancia de los cambios de marea en el lugar, los cuales afectan la profundidad y por lo tanto el comportamiento de la fauna existente. Asimismo, la zona ha sido descrita principalmente con un 80% de formaciones rocosas y de graba; y se ha identificado una alta diversidad de gasterópodos (Proaño, 2011; Andino, 2015). Mientras que Puerto Cabuyal y Cabo pasado son zonas pesqueras (Comuna Puerto Cabuyal). Los tres sitios se encuentran ubicados a menos de una milla de distancia a la costa.

Figura 1

Mapa de las zonas de estudio (Reserva Marina Puerto Cabuyal – Punta San Clemente).



2.2. Obtención de datos

Los muestreos se realizaron en los meses de septiembre y octubre de 2022 por medio de buceo autónomo con el apoyo de buzos certificados. Se siguió la metodología de Banks et al., (2016), empleando un transecto de banda de 50 metros de largo y un cuadrante con una dimensión de 50 cm², este último fue colocado sistemáticamente cada 5 m hasta completar los 50 m del transecto. Solo la especie *Heterogorgia hickmani* fue identificada in situ, del resto se colectó un pedazo de una rama de la colonia para su posterior identificación a través de las escleritas donde se obtuvo un registro fotográfico en el Laboratorio de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Campus Bahía de Caráquez.

Finalmente, para los análisis químicos y microbiológicos se tomaron muestras de agua en pleamar y bajamar en los tres sitios de muestreo. Seguido a esto se transportaron al Laboratorio de Microbiología del Campus Bahía, en donde se colocaron en refrigeración y se analizaron.

2.3. Identificación de especies

La identificación morfológica de las colonias de octocorales se realizó con ayuda de la “Guía Fotográfica de Corales y Octocorales” por Rivera & Martínez (2011), mientras que para la descripción de las escleritas se emplearon los trabajos de Breedy & Cortés (2014), Breedy & Guzman (2015) y Segovia de González et al. (2021).

2.4. Abundancia y Riqueza

La riqueza específica corresponde al número total de especies, mientras que la abundancia absoluta (A_i) y la abundancia relativa ($A_i\%$) se calcularon a través de la siguiente fórmula:

$$A_i\% = \left(\frac{A_i}{A_t} \right) \times 100$$

En donde:

A_i = número de individuos de una especie en un cuadrante

A_t = número total de individuos de la especie

2.5. Determinación de las variables físicas y químicas del agua

El pH, salinidad, temperatura y oxígeno disuelto fueron los parámetros físico-químicos del agua que se tomaron en los tres sitios de muestreo a través de multisensores portátiles marca Hanna y YSI. En tanto que los nutrientes nitrito, nitrato, amonio y fosfato, fueron analizados a través del espectrofotómetro YSI 9300 siguiendo las descripciones del fabricante (Duarte et al., 2017).

2.6. Determinación de las variables microbiológicas

Las muestras de agua se analizaron en el laboratorio de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí Campus Bahía de Caráquez para obtener los datos de las variables microbiológicas.

2.6.1. Vibrios

Se utilizó el agar TCBS como medio de cultivo para el análisis de vibrios, previo a cada análisis se realizó la evaluación de concentraciones adecuadas para el trabajo (10^5). Luego, de la disolución establecida cada muestra se tomó 100 μL y se sembró en los platos de agar TCBS González et al. (2003) & Soler et al (2010). La incubación se realizó en dos incubadoras diferentes, durante 24 horas (González et al., 2003).

Se hicieron recuentos del número de Unidades Formadoras de Colonias (UFC) y transformados a NMP presentes en cada plato de agar según la tabla 1, promediando los valores que se ajusten a una tendencia modal y descartando aquellos que no se ajusten según las réplicas

de donde fueron obtenidos los inóculos (González et al., 2003). Los recuentos se realizaron con ayuda de un contador de colonias.

Tabla 1

Valores de conversión de NMP a UFC. Tomado de: Soto (2014)

Table 1. MPN to Petrifilm EC Plate Results Conversion Table

MPN Sequence			MPN index (starting at 1:10 dilution)	Petrifilm EC Count Plate result
0	0	0	<3.0	<6.0
0	0	1	3.01	6
0	1	0	3.05	6
0	1	1	6.11	12
0	2	0	6.19	12
0	3	0	9.44	18
1	0	0	3.57	7
1	0	1	7.23	14
1	0	2	11	20
1	1	0	7.36	14
1	1	1	11.2	21
1	2	0	11.4	21
1	2	1	15.4	27
1	3	0	15.7	28
2	0	0	9.18	17
2	0	1	14.3	26
2	0	2	19.9	35
2	1	0	14.7	26
2	1	1	20.5	36
2	1	2	26.8	45
2	2	0	21.1	36
2	2	1	27.6	46
2	2	2	34.8	57
2	3	0	28.6	48
2	3	1	36	59
3	0	0	23.1	40
3	0	1	38.5	63
3	0	2	63.6	98
3	1	0	42.7	69
3	1	1	74.9	114
3	1	2	115	168
3	1	3	159	225
3	2	0	93.3	139
3	2	1	149	212
3	2	2	215	295
3	2	3	292	388
3	3	0	240	325
3	3	1	462	586
3	3	2	1100	1280
3	3	3	>1100	>1280

Note: MPN results based on a 3 tube MPN starting at a 1:10 dilution (i.e., 3 tubes at 1:10, 3 tubes at 1:100 and 3 tubes at 1:1000).

2.6.2. *Coliformes y Estafilococos*

Las concentraciones de coliformes totales se determinaron en base a diluciones seriadas en múltiples tubos utilizando una metodología establecida, mientras que para estafilococos se realizó mediante siembra directa (Miravet, et al., 2009).

2.7. Indicadores de contaminación

Dos criterios se consideraron como indicadores de contaminación del agua: una alta concentración de nutrientes y altos valores de número más probable (NMP) de colonias de organismos patógenos.

En la tabla 2 se presentan los valores permitidos para las diferentes variables, para los valores que no se han establecido en Ecuador, se ha considerado como referencia las normas de otros países.

Tabla 2

Valores permitidos de las variables físico-químicas y microbiológicas en cuerpos de agua marina. NA: No se aplica.

Variables	Unidad de medida	Valor permitido	País	Cita
pH	-	6.5 – 9.5	Ecuador	(Ministerio del Ambiente, 2018)
Temperatura	°C	17 - 22	Ecuador	(Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2021)
Oxígeno disuelto	ppm	>5.11	Ecuador	(Ministerio del Ambiente, 2018)
Nitrito	mg/L	25	México	(Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2012).
Nitrato	mg/L	200	Ecuador	(Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2021)
Amonio	mg/L	25	México	(Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2012)
Fósforo	mg/L	10	México	(Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2012).
Vibrios	NMP/100ml	NA	NA	NA
Coliformes	NMP/100ml	2000	Ecuador	(Ministerio del Ambiente, 2018)
Estafilococos	NMP/100ml	NA	NA	NA

En cuanto a los vibrios y estafilococos no se establece un límite en agua de mar. Sin embargo se menciona que la presencia de estos puede causar enfermedades en los organismos marinos y en los humanos que tengan contacto con el agua o con los organismos contaminados (Cortés-Lara, 2003).

2.8. Análisis estadísticos

Para analizar los valores de los nutrientes del agua se realizó previamente un *test* de normalidad de Shapiro Wilk, al ser variables no paramétricas se empleó el test de Kruskal Wallis, para determinar diferencias significativas entre sitios de muestreo. Además, se consideró como la calidad de agua a la agrupación de las variables físico químicas y microbiológicas, estos datos fueron sometidos al análisis de correlación de Spearman, determinándose la relación entre la abundancia y riqueza de octocorales y la calidad del agua. Debido a que todas las variables presentaron una correlación alta, considerada en este trabajo ≥ 0.5 , se realizó un análisis de componentes principales con el fin de reconocer la calidad del agua acorde a los sitios. Los *test* se realizaron mediante el programa estadístico R Studio.

3. RESULTADOS

3.1. Composición de especies de la comunidad de octocorales

Se reportaron 7 especies de octocorales, una especie del género *Leptogorgia*, una especie del género *Heterogorgia* y cinco especies del género *Muricea*.

3.1.1. *Leptogorgia alba*

Clase Anthozoa.

Subclase Octocorallia.

Orden Malacalcyonacea.

Familia Gorgoniidae.

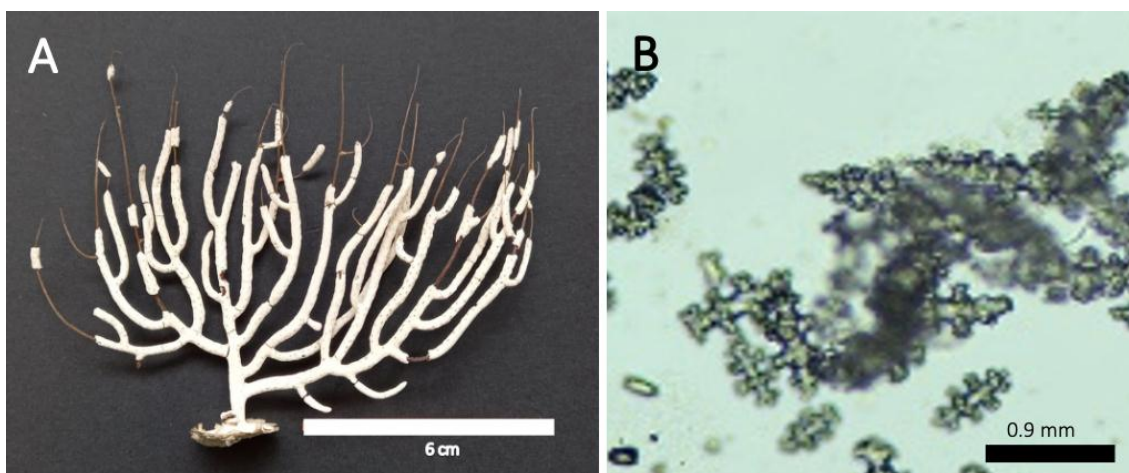
Género *Leptogorgia*.

Especie *Leptogorgia alba*.

La especie presenta una coloración blanca con tonos crema. El ancho de la colonia mide 12 cm y el largo es de 9 cm. Posee una estructura ramificada. Su tallo es corto y posee pequeños orificios en toda la estructura (figura 2A).

Figura 2

Leptogorgia alba. A) Colonia completa, B) Escleritas.



En cuanto a sus escleritas, *L. alba* presentó tres tipos (figura 2B) (tabla 3).

Tabla 3*Escleritas presentes en Leptogorgia alba.*

Tipo de escleritas	Largo (mm)	Ancho (mm)	Frecuencia
Huesillos dominantes	0.11	0.03	Frecuentes
Cabrestantes grandes	0.06	0.03	Escasos
Escleritos antocodiales	0.07	0.02	Abundantes

3.1.2. *Muricea crassa*

Clase Anthozoa.

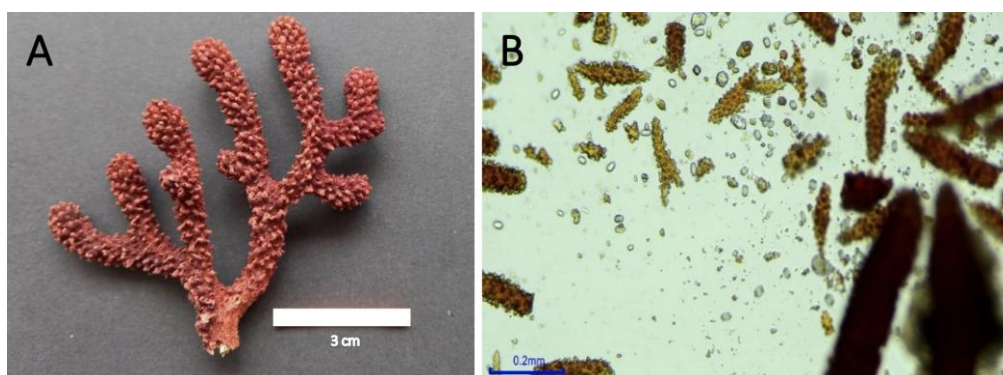
Subclase Octocorallia.

Orden Malacalcyonacea.

Familia Plexauridae.

Género *Muricea*.Especie *Muricea crassa*.

La especie presenta una coloración marrón rojizo oscuro. El ancho de la colonia mide 7 cm y el largo es de 7.5 cm. Posee una estructura ramificada. Su tallo es corto y toda la colonia está cubierta de pequeñas verrugas (figura 3A).

Figura 3*Muricea crassa*. A) Fragmento de la colonia, B) Escleritas.

El ejemplar de *M. crassa* presentó cuatro tipos de escleritos (figura 3B) (tabla 4).

Tabla 4

Escleritas presentes en Muricea crassa.

Tipo de escleritas	Largo (mm)	Ancho (mm)	Frecuencia
Conenquimáticos	0.65	0.43	Escasos
Caliculares	0.39	0.81	Frecuentes
Vaina axial	0.30	0.08	Abundantes
Antocodiales	0.38	0.07	Frecuentes

3.1.3. *Muricea fruticosa*

Clase Anthozoa.

Subclase Octocorallia.

Orden Malacalcyonacea.

Familia Plexauridae.

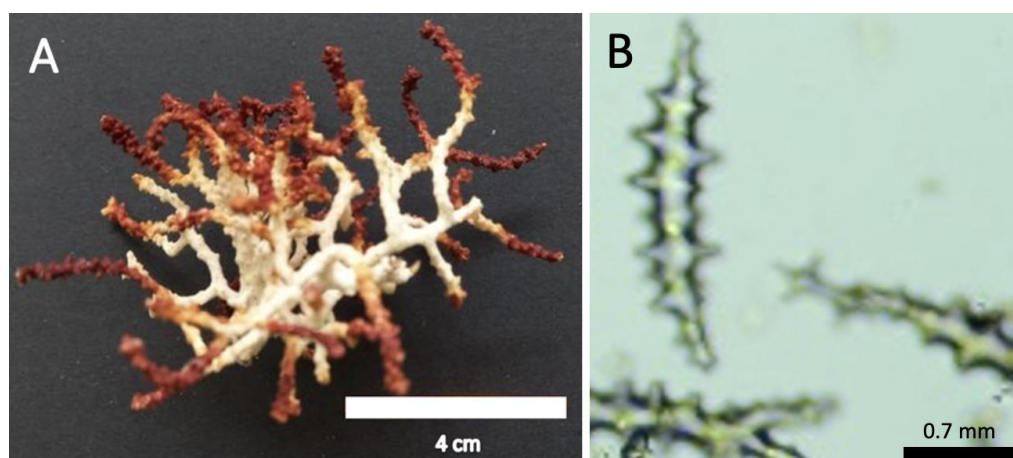
Género *Muricea*.

Especie *Muricea fruticosa*.

La especie presenta tres tipos de coloración blanca con tonos crema en la base, seguida por un tono amarillo y con un tono marrón rojizo en los extremos. Posee una estructura ramificada en ramas y ramillas juntas. Su tallo es corto, debido a que las ramas empiezan muy cerca de este. Presentan pequeñas verrugas que cubren las ramas (figura 4A).

Figura 4

Muricea fruticosa. A) Colonia completa, B) Escleritas.



El ejemplar de *M. fruticosa* presentó tres tipos de escleritos (figura 4B) (tabla 5).

Tabla 5

Escleritas presentes en Muricea fruticosa.

Tipo de escleritas	Largo (mm)	Ancho (mm)	Frecuencia
Husos verrugosos bifurcados	0.41	0.08	Abundantes
Husos pequeños	0.39	0.07	Frecuentes
Husos verrugosos	0.49	0.08	Abundantes

3.1.4. *Muricea plantaginea*

Clase Anthozoa.

Subclase Octocorallia.

Orden Malacalcyonacea.

Familia Plexauridae.

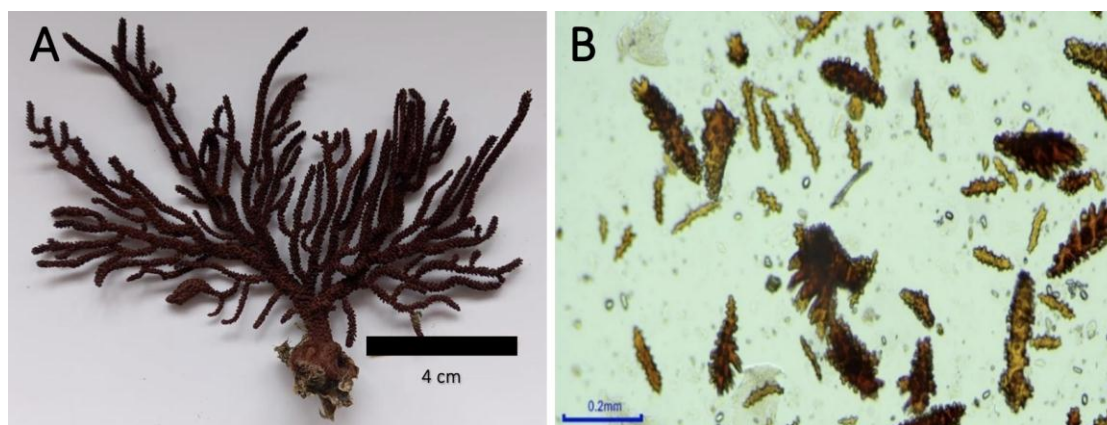
Género *Muricea*.

Especie *Muricea plantaginea*.

La especie presenta una coloración rojo muy oscuro. El ancho de la colonia mide 13 cm y el largo es de 10 cm. Posee una estructura ramificada con la rama principal gruesa. Presentan pequeñas verrugas que cubren toda la colonia (figura 5A).

Figura 5

Muricea plantaginea. A) Colonia completa, B) Escleritas.



El ejemplar de *M. plantaginea* presentó cuatro tipos de escleritos (figura 5B) (tabla 6).

Tabla 6

Escleritas presentes en Muricea plantaginea.

Tipo de escleritas	Largo (mm)	Ancho (mm)	Frecuencia
Husos con forma de hoja	0.31	0.10	Abundantes
Husos verrugosos alargados	0.37	0.07	Frecuentes
Husos simples	0.16	0.05	Frecuentes
Bacilos lobulados y verrugosos	0.14	0.03	Abundantes

3.1.5. *Muricea purpurea*

Clase Anthozoa.

Subclase Octocorallia.

Orden Malacalcyonacea.

Familia Plexauridae.

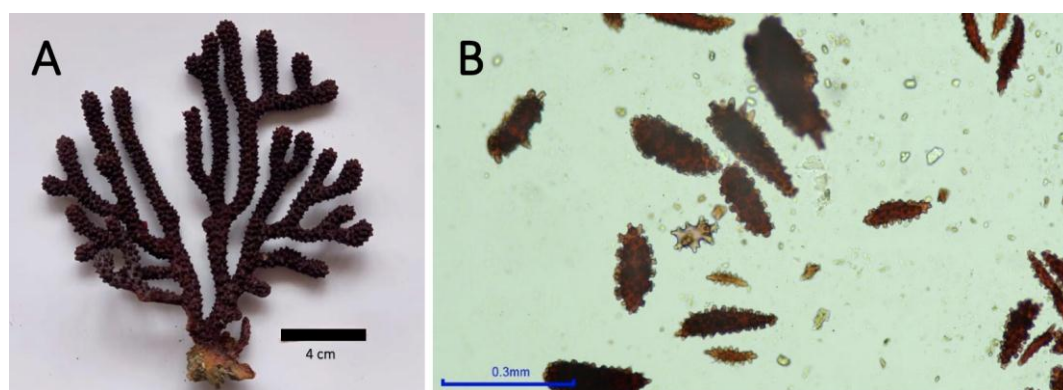
Género *Muricea*.

Especie *Muricea purpurea*.

La especie presenta un color marrón-morado intenso. El ancho de la colonia mide 15 cm y el largo es de 17 cm. Posee una estructura ramificada con todas las ramas del mismo grosor. Presentan verrugas muy pequeñas que cubren toda la colonia (figura 6A).

Figura 6

Muricea purpurea. A) Colonia completa, B) Escleritas.



El ejemplar de *M. purpurea* presentó cuatro tipos de escleritos (figura 6B) (tabla 7).

Tabla 7

Escleritas presentes en Muricea purpurea.

Tipo de escleritas	Largo (mm)	Ancho (mm)	Frecuencia
Caliculares y Coenenquimáticos	0.57	0.21	Abundantes
Husos espinosos unilaterales	0.18	0.07	Frecuente
Husos espinosos en forma de masa	0.28	0.14	Frecuente
Husos irregulares	0.38	0.12	Abundante

3.1.6. *Muricea squarrosa*

Clase Anthozoa.

Subclase Octocorallia.

Orden Malacalcyonacea.

Familia Plexauridae.

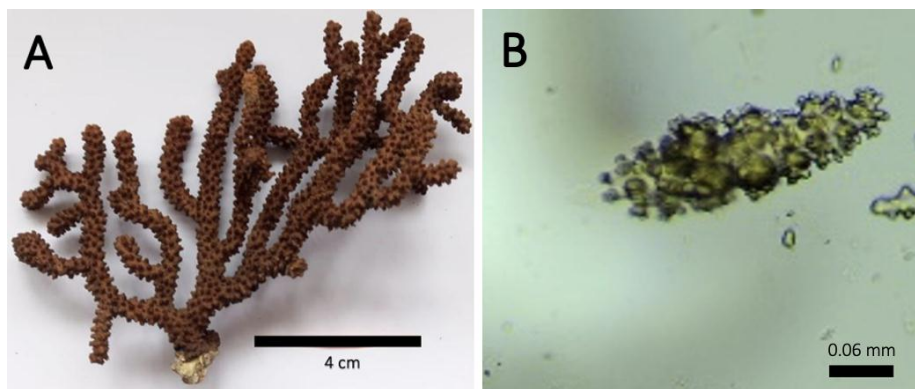
Género *Muricea*.

Especie *Muricea squarrosa*.

La especie presenta una coloración marrón que tiende a volverse más clara en los extremos. El ancho de la colonia mide 11 cm y el largo es de 9 cm. Posee una estructura ramificada dicotómicamente en su mayoría. Su tallo es corto y posee verrugas medianas en toda la colonia (figura 7A).

Figura 7

Muricea squarrosa. A) Colonia completa, B) Escleritas.



El ejemplar de *M. squarrosa* presentó dos tipos de escleritos (figura 7B) (tabla 8).

Tabla 8

Escleritas presentes en Muricea squarrosa.

Tipo de escleritas	Largo (mm)	Ancho (mm)	Frecuencia
Husos caliculares	0.26	0.07	Frecuentes
Husos tuberculados	0.06	0.017	Frecuentes

3.1.7. *Heterogorgia hickmani*

Clase Anthozoa.

Subclase Octocorallia.

Orden Malacalcyonacea.

Familia Plexauridae.

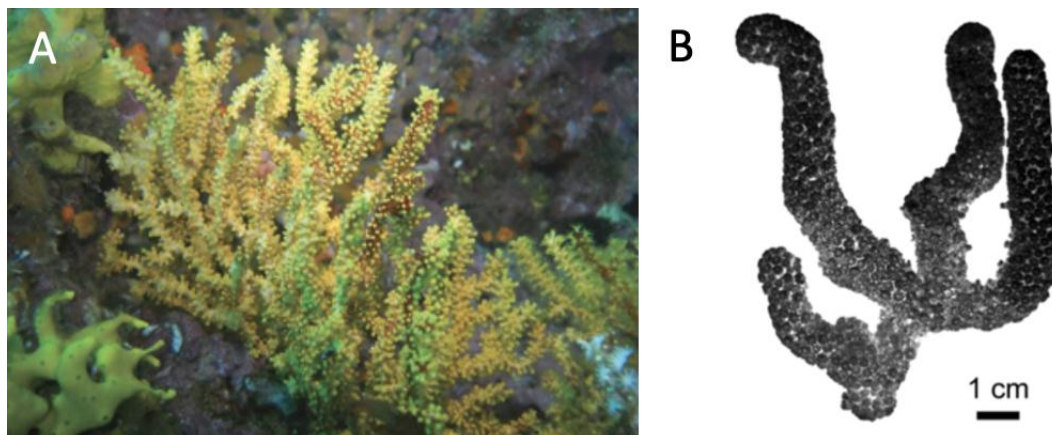
Género *Heterogorgia*.

Especie *Heterogorgia hickmani*.

La especie presenta una coloración amarilla con tonos marrón. Posee una estructura ramificada dicotómicamente en su mayoría (figura 8A). Las colonias están compuestas por pocos tallos gruesos, ramificados o sin ramificar y ligeramente torcidos con una punta redondeada (figura 8B).

Figura 8

Heterogorgia hickmani. A) Colonia completa, B) Parte de la colonia. Tomado de: Breedy & Guzman, (2011).

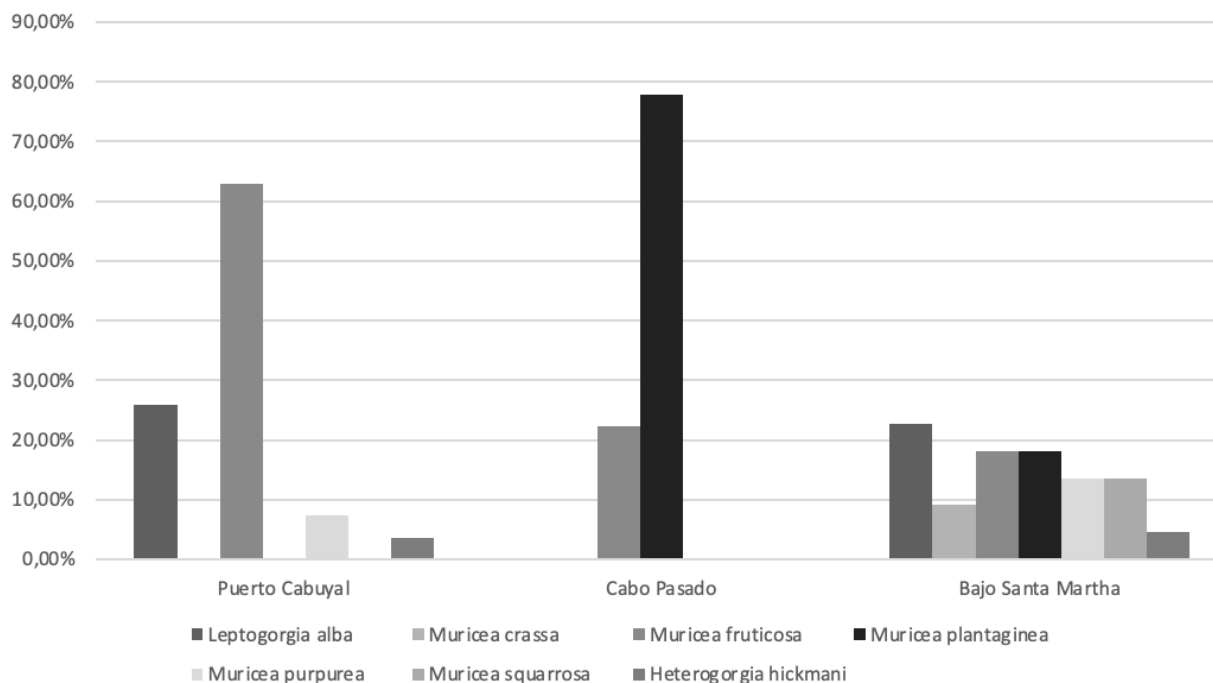
**3.2. Abundancia y riqueza de octocorales**

Un total de 67 colonias fueron muestreadas. La riqueza sumó 7 especies, siendo el Bajo Santa Martha el que presentó el mayor número de especies (7). De acuerdo con la abundancia relativa, *M. fruticosa* y *M. plantaginea* se mostraron como las especies más abundantes (figura 9).

En cuanto a los sitios, en Puerto Cabuyal se encontraron 4 especies de octocorales, siendo *Muricea fruticosa* la más abundante (62.96%) y *Heterogorgia hickmani* la de menor abundancia (3.70%). En Cabo Pasado se encontraron 2 especies de octocorales, siendo *Muricea plantaginea* (77.78%) la más abundante. Finalmente el Bajo de Santa Martha fue el sitio con mayor presencia de especies, reportándose 7 de las cuales *Leptogorgia alba* fue la más abundante (22.73%) (figura 9). Cabo Pasado fue el sitio con el mayor número de colonias (26 colonias).

Figura 9

Abundancia de octocorales en los tres puntos de estudio.



3.3. Variables físicoquímicas

Puerto Cabuyal presentó el menor valor de pH (5.36) y el valor más alto de temperatura (24.5 °C) lo comparte con Cabo Pasado, el cual presenta también el valor más alto de oxígeno disuelto (7.42 ppm) y la menor salinidad (31.5 ppm). En el Bajo de Santa Martha se reportó el valor más alto de pH (6.60), y los valores más bajos de temperatura (24.3 °C) y el oxígeno disuelto (6.85 ppm) (tabla 9).

Tabla 9

Valores de las variables físico-químicas del agua en las tres zonas muestreadas.

Variabes	Puerto Cabuyal	Cabo Pasado	Bajo Santa Martha
pH	5.36	5.93	6.60
Salinidad (ppm)	34	31.5	32.5
Temperatura (°C)	24.5	24.5	24.3
Oxígeno disuelto (ppm)	6.91	7.42	6.85

3.1.Indicadores de contaminación del agua

Según el Test de Shapiro-Wilk el nitrito y nitrato presentaron una distribución no paramétrica y el amonio, fósforo, vibrios, coliformes y estafilococos presentaron una distribución normal (tabla 10).

Tabla 10

Valores de normalidad según el Test de Shapiro-Wilk de las variables físico-químicas y microbiológicas del agua.

Variable	p (normal)	H (variable distribución)
Nitrito	0.00	5.96
Nitrato	0.02	7.20
Amonio	0.05	5.60
Fósforo	0.08	5.42
Vibrios	1	2.74
Coliformes	1	2.73
Estafilococos	0.63	2.71

La concentración de amonio (H: 5.6; $p < 0.05$), nitrato (H: 7.20; $p < 0.05$), nitrito (H: 5.9; $p > 0.05$) y fosfato (H: 5.4; $p > 0.05$) fue significativamente diferente en los tres sitios. Puerto Cabuyal tuvo el valor más alto de nitrato (10.5 mg/L), mientras que el Bajo de Santa Martha presentó el valor más alto de amonio (2.11 mg/L) y Cabo Pasado mostró los valores más altos de nitrito (0.08 mg/L) y fósforo (0.69 mg/L) (tabla 9). De igual forma, los indicadores de contaminación orgánica fueron significativamente diferentes en los tres sitios, con excepción de vibrios (F: 3,01; $p > 0.05$). Puerto Cabuyal fue el sitio que presentó la mayor cantidad de vibrios, coliformes (F: 6,00; $p < 0.05$) y estafilococos (F: 20,00; $p < 0.05$) con 12.5, 20 y 90 NMP/100ml, respectivamente (tabla 10).

Tabla 11

Valores promedio de nutrientes y variables microbiológicas en el agua de las tres zonas muestreadas.

Variables	Puerto Cabuyal	Cabo Pasado	Bajo Santa Martha
Nitrito (mg/L)	0.0	0.08	0.0
Nitrato (mg/L)	10.5	2.67	7.85
Amonio (mg/L)	1.26	0.64	2.11
Fósforo (mg/L)	0.12	0.69	0.59
Vibrios (NMP/100 ml)	12.5	12	11.5
Coliformes (NMP/100 ml)	20	19	18
Estafilococos (NMP/100 ml)	90	89	87

3.2.Relación de la calidad del agua con las especies de octocorales Alcionáceos

La salinidad, amonio, nitrato y pH presentan una relación inversa a la abundancia, el oxígeno es la variable que más relación tiene con la abundancia (1.00), seguido de la temperatura y el nitrito con 0.87 y finalmente el fósforo, los vibrios y coliformes con 0.50. El oxígeno, temperatura, nitrito, fósforo, vibrios, coliformes y estafilococos presentan una relación inversa a

la riqueza, el amonio es la variable que más relación tiene con la riqueza con un valor de 1.00, seguido de la salinidad, pH, amonio y nitrato con 0.50 (figura 10).

Figura 10

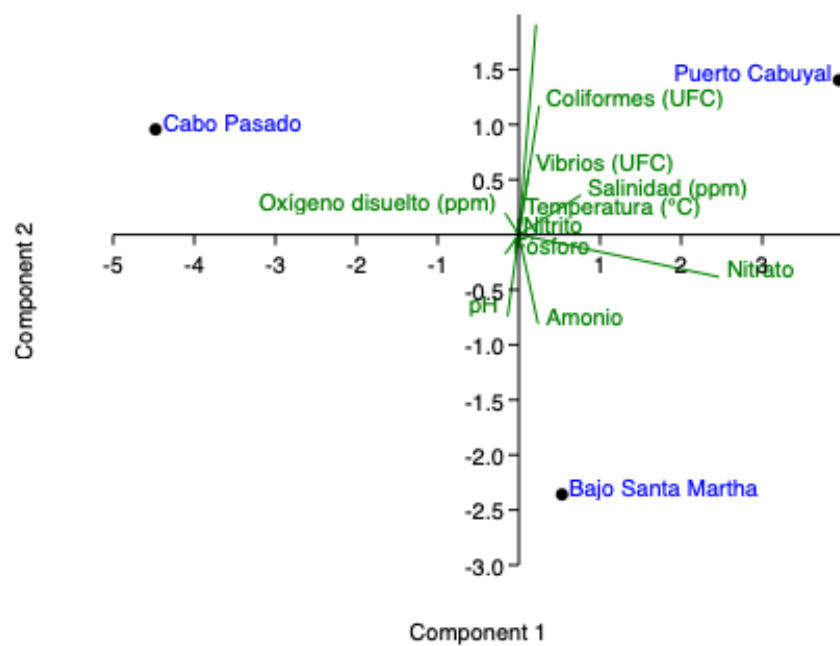
Matriz de correlación de Spearman de las variables físico-químicas y microbiológicas del agua, y la abundancia y riqueza de octocorales.

	Abundancia	Riqueza
Salinidad	-0.50	0.50
Oxígeno	1.00	-1.00
Temperatura	0.87	-0.87
pH	-0.50	0.50
Amonio	-1.00	1.00
Nitrato	-0.50	0.50
Nitrito	0.87	-0.87
Fósforo	0.50	-0.50
Vibrios	0.50	-0.50
Coliformes	0.50	-0.50
Estafilococos	0.50	-0.50

Con respecto a las características por sitio, la varianza fue explicada por los dos primeros componentes. Puerto Cabuyal que presentó una riqueza y abundancia intermedia con 4 especies se encuentra relacionado con los indicadores de contaminación orgánica coliformes y vibrios, así como salinidad, temperatura y nitritos, Cabo Pasado fue el sitio con menos riqueza pero más abundancia y se relacionó con oxígeno disuelto y el Bajo de Santa Martha el cual presentó la mayor riqueza y la menor abundancia, tuvo relación con amonio, nitrato y fósforo (figura 11).

Figura 11

Gráfico de agrupación de componentes principales de las variables físico-químicas y microbiológicas.



4. DISCUSIÓN

Los octocorales son los macroinvertebrados dominantes en biomasa y número de las comunidades bentónicas en el Pacífico Este Tropical, debido a esta característica han sido considerados como un grupo focal, usado como bioindicadores de alteraciones en el ecosistema marino basándose en la ausencia, escasez o abundancia de ciertas especies de este grupo (Olivera Espinosa et al., 2010).

El acelerado crecimiento de las poblaciones humanas en las zonas costeras ha hecho que los niveles de nutrientes en los ecosistemas marinos aumenten de manera considerable, haciendo que el comportamiento de los organismos se altere (Segovia de González et al., 2021). En el caso de los octocorales, estos disminuyen su diversidad (Carlton, 2022). Sin embargo, también se ha evidenciado su resistencia a ambientes contaminados, presentando un aumento en la tasa de crecimiento cuando se presenta una mayor cantidad de aporte de nutrientes (Rey-Villiers et al., 2020).

Los ríos son las principales fuentes de nutrientes para las zonas costeras (Rey-Villiers et al., 2020). En el presente estudio se constató que El Bajo de Santa Martha, la zona más cercana al río Chone, presentó una mayor riqueza, no obstante, también es la zona más alejada de la costa. Por lo tanto, posiblemente no tiene influencia de los desechos directos de la población, haciendo que presente la menor cantidad de contaminación orgánica de las tres zonas (vibrios 11.5 NMP/100ml, coliformes 18 NMP/100ml y estafilococos 87 NMP/100ml), considerándose un ambiente óptimo para el desarrollo de los octocorales. Esto se sustenta con el estudio de Rey-Villiers et al., (2020) en donde se menciona que la riqueza de especies de octocorales disminuye conforme aumentan los niveles de contaminación orgánica.

Los valores de las variables físico-químicas y microbiológicas obtenidos en este estudio se encuentran en los parámetros permitidos a excepción del pH y la temperatura, ya que Puerto Cabuyal (5.36) junto con Cabo Pasado (5.93) presentan valores menores a los establecidos, en cuanto a la temperatura, las tres zonas presentan valores más altos a los permitidos (Puerto Cabuyal y Cabo Pasado 24.5, y Bajo Santa Martha 24.3) (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2021). No obstante, estos valores no son significativos y la literatura no ha reportado problemas en el desarrollo de los octocorales al encontrarse en estas condiciones (Pugh, 2019; Segovia de González, Breedy, & Cortés, 2021). Es así que Enochs et al. (2015), han demostrado que los octocorales son resistentes a la acidificación del mar, en donde se sufre un aumento de la temperatura y una disminución del pH.

Al analizar los resultados de la concentración de nutrientes, es evidente que los valores de nitrato a pesar de encontrarse en los límites establecidos, presentaron diferencias significativas y una relación con la presencia de octocorales. Puerto Cabuyal al tener el valor más alto de nitrato (10.5 mg/L) tiene menos abundancia pero más riqueza, lo contrario a Cabo Pasado que posee el valor más bajo y por lo tanto presenta menor riqueza. De acuerdo con el análisis de componentes principales, se evidencia que Bajo de Santa Martha presentó la mayor cantidad de especies, es decir la mayor riqueza, que tuvo relación con el nitrato.

En el estudio de Pugh (2019) se llevó a cabo un análisis en donde se sometió al octocoral azul hawaino endémico (*Sarcothelia edmondsoni*), a tres niveles de nitrato (0.056 mg/L, 0.113 mg/L y 0.169 mg/L) y se determinó que mientras más aumentaba la concentración de nitrato menor era el crecimiento del octocoral. Esto puede sugerir que el nitrato es uno de los elementos determinantes en la presencia o ausencia de especies, en este caso *M. plantaginea* es la especie que se encuentra ausente cuando se presentan valores altos de nitrato y presenta la mayor

abundancia cuando disminuyen los valores de este nutriente. Finalmente, en el estudio de Rey-Villiers & Sánchez (2018), también se evidencia que el crecimiento de dos octocorales (*Eunicea flexuosa* y *Plexaura kuekenthali*) presenta una correlación negativa con la concentración de nitrato. Finalmente, Pugh (2019) menciona que se puede sugerir como bioindicador potencial de la calidad de agua a la especie que es notablemente abundante en varios lugares cerca de las costas con desarrollo urbanístico.

En cuanto al nitrito, este presentó el mayor valor de correlación (0.87), directamente relacionado con la abundancia e inversamente relacionado a la riqueza. De las tres zonas estudiadas, Cabo Pasado fue la única zona que presentó nitrito (0.08 mg/L), la menor riqueza y la mayor abundancia (77.78% *M. plantaginea*).

5. CONCLUSIÓN

- La variable físico-química más representativa en la abundancia y riqueza de los organismos fue el nitrato, logrando que a mayor cantidad de este, menor sea la abundancia de los octocorales. *M. plantaginea* es la especie que menos abundancia presentó en presencia de este nutriente. Por lo tanto, se puede sugerir como bioindicador potencial de la calidad de agua.
- Los resultados de este estudio constituyen una línea base para investigaciones y monitoreos futuros. Por lo tanto, se hace necesario realizar estudios en donde se someta a *M. plantaginea* a diferentes niveles de nitrato, con el fin de determinar la reacción de esta especie.
- Los valores de las variables físico-químicas y microbiológicas se encontraron dentro de los parámetros permitidos a excepción del pH y la temperatura.
- La riqueza de los corales se ve influenciada por la cantidad de contaminación orgánica, presentando una relación indirecta, es decir mientras más contaminación orgánica exista en el ambiente, menor será la riqueza de los octocorales.
- El nitrito fue la variable con mayor correlación, estando directamente relacionado con la abundancia e inversamente relacionado a la riqueza. Cabo Pasado fue la única zona que presentó nitrito (0.08 mg/L), la menor riqueza y la mayor abundancia (77.78% *M. plantaginea*). Lo que sugiere una vez más que *M. plantaginea* podría ser considerada como bioindicador de ambientes con alta concentración de nitrito.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Abad, R., Jaramillo, K., Castro, D., Sánchez, J., & Rodríguez, J. (2022). Octocoral Distribution Patterns at the Equatorial Front (Tropical Eastern Pacific): *Muricea* and *Leptogorgia*. Ecuador.
- Ayora, E. (2021). *EVALUACION DE LA CONTAMINACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE AGUAS DEL ESTERO SALADO, PUENTE DE GOMEZ RENDÓN, GUAYAQUIL-ECUADOR AÑO 2021*. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/58866/1/BCIEQ-T-%200693%20Ayora%20Villalva%20Elizabeth%20Noemi.pdf>
- Apaéstegui, M. (2021). *CALIDAD DEL AGUA DE MAR EN EL ÁREA CIRCUNDANTE AL DESEMBARCADERO PESQUERO ARTESANAL DE CHIMBOTE EN EL 2019*. Obtenido de <http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/3784/52311.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Andrade, S. (Abril de 2020). “*Distribución vertical de hierro disuelto y su relación con la biomasa fitoplanctónica en la región central del Golfo de California*”. Obtenido de <https://repositorioinstitucional.uabc.mx/bitstream/20.500.12930/9454/1/ENS093211.pdf>
- Azad, A., Ohira, S., Oda, M., & Toda, K. (Octubre de 2005). *On-site measurements of hydrogen sulfide and sulfur dioxide emissions from tidal flat sediments of Ariake Sea, Japan*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1352231005005649>
- Bergman, M. (2022). *IMPACTOS DE LA CONTAMINACIÓN POR PLÁSTICOS EN LOS OCÉANOS SOBRE LAS ESPECIES, LA BIODIVERSIDAD Y LOS ECOSISTEMAS MARINOS*. Obtenido de https://wwflac.awsassets.panda.org/downloads/impactos_de_la_contaminacion_por_plasticos_en_los_oceanos___wwf.pdf
- Bernabé, L. (2016). Sector Camaronero: Evolución y proyección a corto plazo. *Fcshopina*, 87(0), 1–7. <http://www.test.revistas.espol.edu.ec/index.php/fenopina/article/view/100/107>
- Boyd, C. (2009). Consideraciones sobre la calidad del agua y del suelo en cultivos de camarón. *Métodos Para Mejorar La Camaronicultura En Centroamérica*, 1–30. <http://www.cesasin.com.mx/CentroAmerica/1Calidad del agua.pdf>
- Boyd, C. E. (2003). Bottom soil and water quality management in shrimp ponds. *Journal of Applied*

- Aquaculture*, 13(1–2), 11–33. https://doi.org/10.1300/J028v13n01_02
- Boyd, C. E., & Daniels, H. V. (1994). Liming and fertilization of brackishwater shrimp ponds. *Journal of Applied Aquaculture*, 2(3–4), 221–234. https://doi.org/10.1300/J028v02n03_11
- Boyd, C. E., & Munsiri, P. (1996). Phosphorus adsorption capacity and availability of added phosphorus in soils from aquaculture areas in Thailand. *Journal of the World Aquaculture Society*, 27(2), 160–167. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.1996.tb00265>.
- Breedy, O., & Guzman, H. (2011). A revision of the genus *Heterogorgia* Verrill, 1868 (Anthozoa: Octocorallia: Plexauridae).
- Brito, L. O., Costa, W. D. M., Antonio, Í. G., & Gálvez, A. O. (2007). Effect of fertilization on organic matter and pH of soil in ponds for *Litopenaeus vannamei* culture Efeito da fertilização sobre a matéria orgânica e o pH do solo de viveiros. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 2(3), 233–237.
- Casillas-Hernández, R., Magallón-Barajas, F., Portillo-Clarck, G., & Páez-Osuna, F. (2006). Nutrient mass balances in semi-intensive shrimp ponds from Sonora, Mexico using two feeding strategies: Trays and mechanical dispersal. *Aquaculture*, 258(1–4), 289–298. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.03.027>
- Calderón, A. (2017). AISLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE HONGOS EN OCTOCORALES DEL CARIBE DE COSTA RICA DURANTE EL NIÑO 2015-2016.
- Calil, J. (Abril de 2021). *El impacto de la basura marina y la contaminación por plásticos en la justicia ambiental*. Obtenido de https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/35417/EJIPP_SP.pdf
- Carlton, J. (enero de 2022). Endangered Marine Invertebrates.
- Castillo, B., & Velásquez, P. (2021). *Manejo estacional de los sistemas de producción de camarón en el Ecuador*. 447–461. <https://institutojubones.edu.ec/ojs/index.php/societec/article/view/151/439>
- Chithira, M. S., Aishwarya, P. V., Mohan, A. S., & Antony, S. P. (2021). Metagenomic analysis of

- microbial communities in the sediments of a semi-intensive penaeid shrimp culture system. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 19(1), 0–3. <https://doi.org/10.1186/s43141-021-00237-9>
- Corrales, L., Antolinez, D., Bohórquez, J., & Corredor, A. (30 de Diciembre de 2015). *Bacterias anaerobias: procesos que realizan y contribuyen a la sostenibilidad de la vida en el planeta*. Obtenido de <https://revistas.unicolmayor.edu.co/index.php/nova/article/view/309/566>
- Correa, G., & Montero, A. V. (2013). *Visión general del sector acuícola nacional - México*. 1–10. http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_mexico/es
- Cortés-Lara, M. (2003). Importancia de los coliformes fecales como indicadores de contaminación en la Franja Litoral de Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit. México.
- Darwish, D., Basiony, A., & A., M. (7 de Noviembre de 2021). *Mapping heavy metals contamination and eco-risk along Mediterranean Sea coast, Egypt*. Obtenido de https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10106049.2021.2005154?casa_token=dIx6nBBHeFMAAAAA:N6fgjgY2cxMppGU9yCQ-EyJVk2ozMjchzzw-u8wmIFLNKaLLcncv-rI7NoJ7VV6n8F1adV9MJr3gqQ
- Enochs, C., Manzello, D., Wirshing, H. C., & Serafy, J. (2015). Micro-CT analysis of the Caribbean octocoral *Eunicea flexuosa* subjected to elevated pCO₂.
- Fang, H., Huang, K., Yu, J., Ding, C., Wang, Z., Zhao, C., Yuan, H., Wang, Z., Wang, S., Hu, J., & Cui, Y. (2019). Metagenomic analysis of bacterial communities and antibiotic resistance genes in the *Eriocheir sinensis* freshwater aquaculture environment. *Chemosphere*, 224, 202–211. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.02.068>
- FAO. (2018). Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. *Organizacion De Las Naciones Unidas Para La Agricultura Y La Alimentacion*, 136. www.fao.org/publications%0Ahttp://www.fao.org/publications/es%0Ahttp://www.fao.org/3/a-a0822s.pdf%0Ahttp://www.fao.org/publications/es%0Ahttp://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1129811/%0Ahttp://www.fao.org/hunger/es/%0Ahttp://www.fao.org/livestock

-en

- Gonzabay Crespin, Á. N., Vite Cevallos, H. A., Garzón Montealegre, V. J., & Quizhpe Cordero, P. F. (2021). Análisis de la producción de camarón en el Ecuador para su exportación a la Unión Europea en el período 2015-2020. *Polo Del Conocimiento*, 6(9), 1040–1058. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i9.3093>
- Hernández-Ayón, M., Zirino, A., Marinone, S., Canino-Herrera, R., & Galindo-Bect, M. (2003). Relación pH-densidad en el agua de mar.
- Hernandez Gurrola, J. A. (2016). Caracterización de la calidad de agua en un sistema intensivo de cultivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, en condiciones de alta salinidad con recambio de agua limitado. *Centro de Investigaciones Biológicas Del Noreste, S.C.*, 119. [file:///C:/Users/USER/Desktop/Documentos tesis/Caracterizacion de la calidad de agua en el CULTIVO DEL CAMARÓN MARINO Litopenaeus vannamei.pdf](file:///C:/Users/USER/Desktop/Documentos%20tesis/Caracterizacion%20de%20la%20calidad%20de%20agua%20en%20el%20CULTIVO%20DEL%20CAMARÓN%20MARINO%20Litopenaeus%20vannamei.pdf)
- IPEN. (Abril de 2021). *LOS CONTAMINANTES ACUÁTICOS EN OCÉANOS Y PESQUERÍAS*. Obtenido de https://ipen.org/sites/default/files/documents/ipen-fisheries-v1_6aw-es.pdf
- Javier-Intriago, A. J., Quimi-Mujica, J. G., Risco-Cunayque, J. M., Lopez-Parra, J. J., Yalta-Mera, J. E., Bermudez-Basan, M. E., Lindo-Seminario, E. D., Lajones-Ruano, G. V., Sernaque de la Cruz, V. I., Dominguez-Mendoza, L. F., Martinez-Virnes, Z. E., Motte-Darricau, E., Cedeño-Escobar, V. A., & Mialhe-Matonnier, E. L. (2018). Metagenómica de la microbiota de juveniles del *Litopenaeus vannamei* inoculados con bacterias probióticas y patógenas. *Revista AquaTIC*, 51(1578–4541), 16–29.
- Jasinka, A., Burska, D., & Bolalek, J. (19 de Abril de 2012). *Sulfur in the marine environment*. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.2478/s13545-012-0019-x>
- Krebs, L. (2003). Respiración del suelo como herramienta para evaluar calidad de fondos en acuicultura. I. Desarrollo de un protocolo estándar para medir dióxido de carbono. *Tesis de Grado*, 67. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/8666>

- Kerr, D., & Kelleher, B. (20 de Diciembre de 2021). *The influence of organic alkalinity on the carbonate system in coastal waters*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304420321001353>
- Kalkan, S., & Altug, G. (11 de Mayo de 2020). *The composition of cultivable bacteria, bacterial pollution, and environmental variables of the coastal areas: an example from the Southeastern Black Sea, Turkey*. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-020-08310-5>
- Limongi, D., Cárdenas, M., Troccoli, L., & Erazo, J. (Junio de 2018). *COMPUESTOS NITROGENADOS EN LOS SEDIMENTOS DEL ESTERO SAN CAMILO: GUAYAS, ECUADOR Y SU RELACIÓN CON ACTIVIDADES ANTRÓPICAS ADYACENTES*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6768950.pdf>
- Mendoza, S., Merino, J., Barrera, C., & Velásquez, M. (2021). *Tasa de Remoción de Fósforo de Aguas Marinas Mediante el Cultivo de Tetraselmis suecica*. Obtenido de <http://revistas.uns.edu.pe/index.php/PUNKURI/article/view/5/2>
- Monsalve, R. (2018). *ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA DE MAR Y SU RELACIÓN CON LA INFRAESTRUCTURA ASOCIADA A LA ACTIVIDAD MINERA EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA, ENTRE LOS AÑOS 1990-2015*. Obtenido de <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/151966/analisis-de-la-calidad-de-agua-de-mar.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Magnotti, C., Lopes, R., Derner, R., & Vinatea, L. (2016a). Using residual water from a marine shrimp farming BFT system. part I: nutrient removal and marine microalgae biomass production. *Aquaculture Research*, 47(8), 2435–2443. <https://doi.org/10.1111/are.12691>
- Magnotti, C., Lopes, R., Derner, R., & Vinatea, L. (2016b). Using residual water from a marine shrimp farming BFT system. Part II: Artemia franciscana biomass production fed microalgae grown in reused BFT water. *Aquaculture Research*, 47(9), 2716–2722. <https://doi.org/10.1111/are.12720>
- McGraw, W. J., Davis, D. A., Teichert-Coddington, D., & Rouse, D. B. (2002). Acclimation of *Litopenaeus vannamei* postlarvae to low salinity: Influence of age, salinity endpoint, and rate of salinity

- reduction. *Journal of the World Aquaculture Society*, 33(1), 78–84. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2002.tb00481.x>
- McGraw, William J., & Scarpa, J. (2003). Minimum environmental potassium for survival of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) in freshwater. *Journal of Shellfish Research*, 22(1), 263–267.
- McNevin, A. A., Boyd, C. E., Silapajarn, O., & Silapajarn, K. (2004). Ionic supplementation of pond waters for inland culture of marine shrimp. *Journal of the World Aquaculture Society*, 35(4), 460–467. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2004.tb00111.x>.
- Miravet, M., Lugioyo, M., Loza, S., Enríquez, D., Delgado, Y., Carmenate, M., & Pérez, D. (julio de 2009). Procedimientos para el monitoreo de la calidad ambiental en la zona marino costera a partir de microorganismos . Cuba
- Muñoz, G. (2017). Evaluación De La Calidad Del Agua Y Sedimento De Piscinas Camaroneras Durante Un Ciclo Productivo Del Cultivo Semintensivo En La Parroquia Cojimies, Canton Pedernales, Provincia De Manabí, Ecuador. *Psychology Applied to Work: An Introduction to Industrial and Organizational Psychology, Tenth Edition Paul*, 1–35. [file:///C:/Users/USER/Desktop/Documentos tesis/EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA Y SEDIMENTO DE de las piscnas en el ciclo productivo de camaron blanco.pdf](file:///C:/Users/USER/Desktop/Documentos%20tesis/EVALUACIÓN%20DE%20LA%20CALIDAD%20DEL%20AGUA%20Y%20SEDIMENTO%20DE%20de%20las%20piscnas%20en%20el%20ciclo%20productivo%20de%20camaron%20blanco.pdf)
- Novillo Jiménez, C. R. y V. C. (2019). Análisis del pronóstico de las exportaciones del camarón en el Ecuador a partir del año 2019. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 4, 55–61. <http://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/348/368>
- Olivera Espinosa, Y., Hernández-Fernández, L., & Jover Capote, A. (2010). Estructura y daños en las comunidades de octocorales (Octocorallia: Alcyonacea) de la Reserva Ecológica Siboney-Juticí, Santiago de Cuba, Cuba. Cuba.
- Osiroff, A., Kahl, L., & Balestrini, C. (Julio de 2018). *VARIABILIDAD DE LA ALCALINIDAD TOTAL Y SU RELACION CON LA SALINIDAD EN EL OCEANO ATLANTICO SUR Y OCEANO AUSTRAL*.
Obtenido de

https://www.researchgate.net/publication/327039821_VARIABILIDAD_DE_LA_ALCALINIDAD_TOTAL_Y_SU_RELACION_CON_LA_SALINIDAD_EN_EL_OCEANO_ATLANTICO_SUR_Y_OCEANO_AUSTRAL

Pugh, A. (21 de diciembre de 2019). THE GROWTH RESPONSE OF THE HAWAIIAN BLUE OCTOCORAL, *Sarcothelia edmondsoni*, TO VARIOUS NITRATE CONCENTRATIONS.

Park, Y., & Lee, T. (10 de Abril de 2021). *Understanding complete ammonium removal mechanism in single-chamber microbial fuel cells based on microbial ecology*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969720377627>

Ramos, R., Vinatea, L., Santos, J., & Costa, R. Da. (2010). *Treatments of effluents from Litopenaeus vannamei shrimp cultures through sedimentation , filtration and absorption*. 38(3), 188–200. <https://doi.org/10.3856/vol38-issue2-fulltext-3>

Rey-Villiers, N., & Sánchez, A. (2018). ¿Puede la contaminación orgánica afectar la tasa de crecimiento de los octocorales en el Caribe? La Habana, Cuba.

Rey-Villiers, N., Sánchez, A., Caballero-Aragón, H., & González-Díaz, P. (2020). Spatio temporal variation in octocoral assemblages along a water quality gradient in the northwestern region of Cuba. Cuba.

Roy, L. A., Davis, D. A., Saoud, I. P., Boyd, C. A., Pine, H. J., & Boyd, C. E. (2010). Shrimp culture in inland low salinity waters. *Reviews in Aquaculture*, 2(4), 191–208. <https://doi.org/10.1111/j.1753-5131.2010.01036.x>

Sánchez, F., Mayo, G., Hernández, R., Mercado, P., & Restrepo, J. (2 de Septiembre de 2020). *Caracterización fisicoquímica de aguas y sedimentos en puerto de carga de la bahía de Cartagena, Colombia*. Obtenido de <https://ojs.dimar.mil.co/index.php/CIOH/article/view/505/502>.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2012). Normas Oficiales Mexicanas. Mexico.

Segovia de González, J., Breedy, O., & Cortés, J. (diciembre de 2021). Gorgonias (Octocorallia: Alcyonacea) de aguas someras de El Salvador. El Salvador.

- Soler-Hurtado, M., Machordom, A., Muñoz, J., & López-González, P. (2016). New records of the genera *Leptogorgia*, *Pacifigorgia* and *Eugorgia* (Octocorallia Gorgoniidae) from Ecuador, with a description of a new species.
- Sonnenholzner, B. &. (2000). *Propiedades físicas y químicas de los suelos de estanques de camarón*. 31(3), 358–375.
- Soto, D. (2014). PRESENCIA DE ESCHERICHIA COLI Y STAPHYLOCOCCUS AUREUS EN LA OFERTA DE ALIMENTOS DE LOCALES INFORMALES DE COMIDA RÁPIDA UBICADOS EN LA AVENIDA DE LAS AMÉRICAS DE LA CIUDAD CUENCA.
- Summerfelt, R. C. W. quality considerations for aquaculture. (1998). Water quality considerations for aquaculture. *Department of Animal Ecology*, 2–7.
- Vinatea, L., Malpartida, J., & Andreatta, E. R. (2006). CARACTERIZAÇÃO DO pH , CARBONO ORGÂNICO E POTENCIAL REDOX DE SOLOS DE VIVEIROS DE CULTIVO SEMI-INTENSIVO DO CAMARÃO MARINHO *Litopenaeus vannamei*. *Boletim Do Instituto de Pesca*, 32(1), 25–30.
- Wang, H., Wang, G., & Gu, W. (4 de Marzo de 2020). *Macroalgal blooms caused by marine nutrient changes resulting from human activities*. Obtenido de <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1365-2664.13587>
- Xi, X., Wang, M., Chen, Y., Yu, S., Hong, Y., Ma, J., Wu, Q., Lin, Q., & Xu, X. (2015). Adaption of the microbial community to continuous exposures of multiple residual antibiotics in sediments from a salt-water aquacultural farm. *Journal of Hazardous Materials*, 290, 96–105. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2015.02.059>
- Yong, L., Yin, C., Mahmoudi, E., Ong, C. B., & Mohammad, A. W. (2018). A review of the management of inflow water, wastewater and water reuse by membrane technology for a sustainable production in shrimp farming. *Journal of Water Process Engineering*, 23(July 2017), 27–44. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2018.02.020>
- Zhang, M., Pan, L., Huang, F., Gao, S., Su, C., Zhang, M., & He, Z. (2019). Metagenomic analysis of

composition, function and cycling processes of microbial community in water, sediment and effluent of *Litopenaeus vannamei* farming environments under different culture modes. *Aquaculture*, 506(December 2018), 280–293. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.03.038>

Zhang, L., & Okabe, S. (15 de Marzo de 2020). *Ecological niche differentiation among anammox bacteria*.

Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004313542030004X>