



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

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**EVALUACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA EN EL BAJO  
DE SANTA MARTHA, MANABÍ, ECUADOR**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN  
MANEJO SOSTENIBLE DE RECURSOS NATURALES**

**PREVIO AL TÍTULO DE  
BIÓLOGA MARINA**

**AUTORA  
KRISTELL DEYANIRA QUIMI TORRES**

**TUTOR  
MG. FRANCISCO HERNÁN POZO MIRANDA**

**BAHÍA DE CARÁQUEZ, MARZO 2023**

## CERTIFICACIÓN

En mi calidad de tutor 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.

---

Francisco Pozo Miranda, *Blg.*, *M. Sc.*

Director del trabajo de titulación

CI: 0918330952

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

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

---

Evelyn Arias Cedeño, *Blgo., M. Sc.*

Primera Lectora

---

Gabriel Durán Cobo, *Blgo., M. Sc.*

Segundo Lector

---

Francisco Pozo Miranda, *Blgo M. Sc.*

Tercer lector

Bahía de Caráquez, marzo 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.

---

Kristell Deyanira Quimi Torres

CI: 0931898340

Teléfono: 099-028-6931

[kristellquimitorres@gmail.com](mailto:kristellquimitorres@gmail.com)

## **DECLARACIÓN DE DERECHOS DE AUTOR**

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.

---

Kristell Deyanira Quimi Torres

CI: 0931898340

## **DEDICATORIA**

Quisiera dedicar esta tesis a mis padres por todo su esfuerzo y apoyarme en esta carrera tan increíble como lo es la biología marina, además, por siempre dejarme las puertas abiertas a todas las decisiones que tomo fuera y dentro de la universidad. A mi mamá Iris Torres por siempre aconsejarme cuando más lo necesitaba a lo largo de la carrera. A mi papá Antonio Quimi por siempre escucharme y ayudarme en todo momento de la vida. Por último, a mi familia, como a mi abuela, tía y prima por estar todo el tiempo pendiente de mi en todos estos años de estudio, dándome ánimos y ayudándome siempre que podían. Sin ellos todos estos años de dedicación y aprendizaje no habrían sido fácil.

## AGRADECIMIENTO

Quiero empezar agradeciendo a mi mamá Iris Torres por apoyarme, tanto dentro como fuera de la carrera, todos sus consejos han sido útiles para mi vida cuando me siento perdida. Aunque su forma de decirme las cosas a veces sean algo duras, creo que todos necesitamos esas palabras fuertes pero necesarias. Por ella descubrí que existía esta carrera, pudiendo adentrarme a este mundo y descubrir lo mucho que me gustaba como para dedicarme a esto toda mi vida. Siento mucha admiración y respeto por ella, debido a que durante toda su vida tuvo que salir adelante para ser lo que es hoy en día, por lo que siempre trataré de superarme para que se sienta orgullosa, lo cual se merece por ayudarme a enfrentar todos los problemas que se presentaron en el camino y se presentarán en el futuro.

Mi papá Antonio Quimi por estar siempre a mi lado en los momentos más complicados y difíciles que se cruzaron en mi vida, él ha sido un pilar fundamental en mi salud mental por escucharme cuando más lo necesitaba sin juzgarme, por siempre amarme a pesar de todo y sinceramente no pude haber tenido un mejor padre. Todo esto que he logrado ha sido por su apoyo y esfuerzo todo este tiempo, si lees esto, sé que ya te sientes orgulloso de mí, pero prometo que siempre trataré de superarme para poder regresarte todo lo que has podido brindarme. Gracias por siempre ayudarme con lo poco que tenías para seguir adelante con mi carrera, sin duda todo habría sido más difícil sin él en todos estos años de mi vida.

Mi abuela Tirza Betancourt, por cuidarme todos estos años, aunque sea a la distancia, por siempre estar pendiente de mí, haciendo todo lo que está a su alcance para que yo pueda ser una profesional, y a pesar de que mi abuelo no esté aquí para verme con mi título, sé que también estará feliz como tú de poder saber pude subir un escalón de muchos. También a mi tía Norma Quimi por estar presente y cuidarme siempre que me enfermaba, también por ayudarme en la parte económica todos estos años, sé que siempre que la necesite estará para mí. Mi prima Joanne Malta por estar siempre ahí para mí y darme ánimos en todo momento.

A mis amigos de la universidad, Pamela, Robert y Sebastián por compartir todos los momentos buenos y malos que se presentaron a lo largo de la carrera, tendré siempre conmigo muchas anécdotas y risas. Sin ellos la universidad habría sido muy vacía.

Por último, quiero agradecer a Claudia por todo su apoyo estos últimos años de carrera y un sinnúmero de aventuras que vivió conmigo, viéndome crecer día a día en todas mis etapas, haciendo que todo sea más fácil, gracias por estar ahí para mí.

## RESUMEN

Se llevó a cabo un estudio cuantitativo para determinar la calidad del agua en la zona del Bajo de Santa Martha, Manabí, y conocer si ésta se encuentra dentro de los rangos permitidos en las normativas ambientales del Ecuador. Por ello, este estudio exploratorio se desarrolló durante 45 días del año 2022, para lo cual se establecieron cinco zonas: zona uno (Bajo de Santa Martha a), zona dos (Puerto Cabuyal), zona tres (Bajo de Santa Martha b), zona cuatro (El Toro) y zona cinco (La Vaca), a fin de evaluar la concentración de nutrientes (amonio, nitrato, nitrito y fosfato), minerales (hierro y sulfato) y la calidad microbiológica del agua por métodos analíticos. Se usó el método *Tukey* en el análisis de varianza (*ANOVA*) ( $p < 0.05$ ). La calidad microbiana del agua se evaluó mediante la prueba *t-Student*. Los fosfatos presentan diferencias significativas entre zonas para fósforo total y fosfato ( $F=21,817$ ;  $p \leq 0,00$ ) en la concentración de nutrientes. También, se observan diferencias significativas entre las zonas en hierro ( $F=72,923$ ;  $p=0,00$ ) en minerales, así como en los sulfatos ( $F=6,991$ ;  $p=0,006$ ) en óxido de azufre. En cuanto a la calidad microbiana, se encuentran diferencias significativas (Aerobias;  $T=3,341$ ;  $p=0,029$  y Anaerobias  $T=3,087$ ;  $p=0,037$ ). Se concluye que no existen concentraciones elevadas en los minerales o en la calidad microbiana, exceptuando los fosfatos en las zonas tres y cinco, cuyos valores sobrepasan levemente los rangos permitidos por la norma de la calidad ambiental del Ecuador.

*Palabras clave:* calidad del agua, calidad microbiana, eutrofización, ecosistema marino, nutrientes

## ABSTRAC

This quantitative research study was carried out to assess water quality in the area of *Bajo de Santa Martha*, Manabí, to determine as to whether it keeps within the parameters set out by the environmental regulations of Ecuador. Therefore, this exploratory research study was conducted over a forty-five-day period in 2022, so that five zones were established as follows: zone one (*Bajo de Santa Martha a*), zone two (*Puerto Cabuyal*), zone three (*Bajo de Santa Martha b*), zone four (*El Toro*), and zone five (*La Vaca*), in order to test for nitrate concentration in water (ammonium, nitrate, nitrite and phosphate), minerals (iron and sulphate), and microbiological quality using analytical methods. The Tukey test was used for analysis of variance (ANOVA) ( $p < 0.05$ ). Microbiological quality of water was tested using the Student t-test. Phosphates present significant differences among zones for total phosphorus and phosphate ( $F=21.817$ ;  $p \leq 0.00$ ) in nutrient concentration. Likewise, significant differences are observed among the zones in iron ( $F=72.923$ ;  $p=0.00$ ) in minerals, as well as in sulfates ( $F=6.991$ ;  $p=0.006$ ) in sulfur oxide. Regarding microbiological quality of water, there are significant differences (Aerobic;  $T=3.341$ ;  $p=0.029$  and Anaerobic  $T=3.087$ ;  $p=0.037$ ). In conclusion, there are neither high concentrations of minerals nor in microbial water quality, but for phosphates in zones three and five, whose values slightly exceed the ranges set out by the Ecuadorian environmental quality standards.

*Keywords:* quality of water, microbiological quality, eutrophication, marine ecosystem, nutrients

**TABLA DE CONTENIDO**

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>5</b>
Área de estudio.....	5
Sitios de muestreo .....	6
Análisis químico.....	6
Alcalinidad .....	7
Sólidos suspendidos .....	7
Aerobios .....	7
Anaerobios .....	8
Análisis de datos.....	8
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>9</b>
<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>24</b>
<b>CONCLUSIÓN .....</b>	<b>28</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>29</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Evaluación mediante T de Student para alcalinidad y sólidos suspendidos.....	9
<b>Tabla 2:</b> Análisis de varianza entre zonas de estudio para el parámetro Sulfito de Sodio NaSO <sub>3</sub> .....	11
<b>Tabla 3:</b> Análisis de varianza entre zonas de estudio para el parámetro Hierro.....	12
<b>Tabla 4:</b> Análisis de varianza entre zonas de estudio para el parámetro Fósforo y Fosfato.....	14
<b>Tabla 5:</b> Resultados Análisis de varianza entre zonas de estudio para el parámetro Nitrato, Nitrito y Nitrógeno total.....	16
<b>Tabla 6:</b> Análisis de varianza entre zonas de estudio para el parámetro Amonio NH <sub>4</sub> .....	19
<b>Tabla 7:</b> Matriz de correlación de bacterias anaeróbicas de variables de estudio.....	21
<b>Tabla 8:</b> Matriz de correlación de bacterias aeróbicas de variables de estudio.....	22

## ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICOS

<b>Figura 1:</b> Ubicación del arrecife “Bajo Santa Martha”.....	6
<b>Figura 2:</b> Niveles de óxido de azufre en cada zona de muestreo.....	10
<b>Figura 3:</b> Niveles de Sulfito de sodio en cada zona de muestreo.....	11
<b>Figura 4:</b> Niveles de Hierro total en cada zona de muestreo.....	13
<b>Figura 5:</b> Fosfato y Fósforo total en cada zona de muestreo.....	15
<b>Figura 6:</b> Niveles de Nitrato, Nitrito y Nitrógeno total en cada zona de muestreo.....	17
<b>Figura 7:</b> Niveles de Amonio NH <sub>4</sub> en cada zona de muestreo.....	20
<b>Figura 8:</b> Análisis de componentes principales de las variables estudiadas en el Bajo de Santa Martha.....	23

## INTRODUCCIÓN

El agua de mar cumple un papel fundamental para el equilibrio natural en la redistribución del calor y frío de las aguas (Marticorena, 2021). Mientras que la composición química del agua de mar en el ecosistema marino, puede afectar significativamente su biota, provocando la acidificación, perjudicando a su vez la capacidad que tienen distintos organismos para poder alimentarse, originando un efecto negativo en la cadena alimenticia y rompiendo el equilibrio entre las variaciones de dióxido de carbono y oxígeno (Malagón et al., 2021) así como la presencia de derivados de nitrógeno como nitrato, nitritos, fósforo y amonio (Cervantes et al., 2020).

Las características fisicoquímicas del agua como la temperatura, pH, salinidad, oxígeno disuelto, sólidos totales y turbidez son de suma importancia para estudios con respecto a los cuerpos de agua costeros, debido a que suelen ser focos de crianza y reproducción de distintas especies, todas estas características tienen una relación con el crecimiento, maduración y reproducción de los organismos presentes, principalmente en sistemas de arrecifes, por lo cual es relevante conocer el estado trófico y la presencia de los procesos de eutrofización a partir de evaluación de la calidad del agua (Cervantes et al., 2020).

El nitrógeno (N) es un elemento importante para la vida, sin él las algas del plancton no lograrían captar el CO<sub>2</sub> atmosférico mediante la fotosíntesis y habría un desequilibrio en la red trófica de los ecosistemas acuáticos, además, es esencial en entornos con menos cantidad de nutrientes como lo es el océano abierto (Zehr, 2020). El nitrógeno molecular (N<sub>2</sub>) es abundante, sin embargo, debe ser fijado por una cantidad menor de amoníaco, siendo un proceso específico a determinados ambientes y organismos (Caballero, 2021).

El nitrógeno se haya en mayor proporción en el mar, pero no participa en el ciclo biológico de las sustancias nitrogenadas, a pesar de ello se presentan distintas bacterias que

tienen la función de fijarlo y reproducirlo (Altieri et al., 2021). Por otra parte, cuando existe un exceso de nitrógeno puede tener un efecto de crecimiento rápido en algas y plantas acuáticas, causando que se interfiera con el ingreso de agua, además, de el uso del oxígeno disuelto a medida que van muriendo y no permitir el paso de la luz que alcanza hasta las aguas profundas, este exceso puede afectar directamente la respiración de los invertebrados marinos y peces en el medio (Malone & Newton, 2020).

En un estudio realizado por Parra (2020) en la costa de Quintana Roo (México) se encontraron concentraciones de nitrógeno total mínimo de 0.241 y máximo de 3.115 mg/L, presentando así variaciones grandes en la calidad del agua, esto se debió a las actividades que se presentaban, haciendo uso de las normas ambientales de México, concluyendo así que, a mayor concentración de nitrógeno, menor será la calidad del agua (Parra, 2020).

Por otra parte, es importante mencionar al fósforo (P) como otro nutriente clave para el crecimiento de los seres vivos en todos los océanos del mundo, sin embargo, no existe información suficiente sobre el papel fundamental que tiene como limitante de la distribución y crecimiento del fitoplancton marino. El fósforo dependerá de la accesibilidad de otro tipo de nutrientes y otros elementos que se encuentran en menor cantidad como el hierro (Fitzsimons et al., 2020).

El fósforo ingresa a través de los aportes continentales con concentraciones que oscilan entre  $3,00 \times 10^5$  y  $150 \times 10^8$  mol/año. El P llega a la superficie por la difusión y las corrientes verticales que se dan en una zona determinada, todos estos procesos provocan que diferentes áreas pesqueras sean más productivas y los organismos acuáticos tengan una mejor calidad de vida (ONU, 2021). En aguas superficiales el fósforo inorgánico es menor por el crecimiento del fitoplancton y por la incorporación del P a la materia orgánica que sedimenta (Salcedo y otros, 2020).

El fósforo y el nitrógeno son los nutrientes fundamentales que se encuentran en todos los ecosistemas acuáticos, debido a que ambos se complementan para favorecer al hábitat de diversas especies, pero también es importante que exista un equilibrio entre ambos nutrientes, ya que un elevado nivel de ellos puede dar paso al fenómeno conocido como eutrofización, lo cual origina un aumento de la biomasa y pérdida de la biodiversidad del ecosistema (Sánchez, 2021).

Por otra parte, la presencia de metales en el agua como contaminantes conservativos y su daño al medio marino puede incluso ser permanente como el plomo, mercurio, cadmio, entre otros, pero metales como el sodio, calcio y el magnesio se encuentran en el medio de forma natural, aunque algunos se muestran como impurezas en los sedimentos, además pueden ser llevados por el intemperismo de las rocas y ser absorbidos en partículas como la materia orgánica (Cervantes et al., 2020).

No hay estudios que demuestren algún tipo de contaminación en el Bajo de Santa Martha, sin embargo, la zona se encuentra amenazada debido a la cercanía de la desembocadura del río Chone. En ésta se asientan las ciudades de San Vicente (lado norte), Bahía de Caráquez y Leónidas Plaza (lado sur) y otras que integran a los cantones Sucre y San Vicente, cuyas descargas urbanas se pueden observar al recorrer en bote el río, caracterizando lugares con olores fetidos y ofensivos; además de existir granjas acuícolas y otras cuyos vertimientos van directamente al río o a quebradas que vierten sus aguas a éste (*observaciones personales*). Estas descargas constituyen un aporte de materia orgánica y otros contaminantes que afectan la calidad del agua y ponen en riesgo la estructura de la biota local (Garcés et al., 2019) y al tratarse de la desembocadura de un río aportarían contaminantes al mar con afectaciones directas a la calidad del agua del Bajo de Santa Martha.

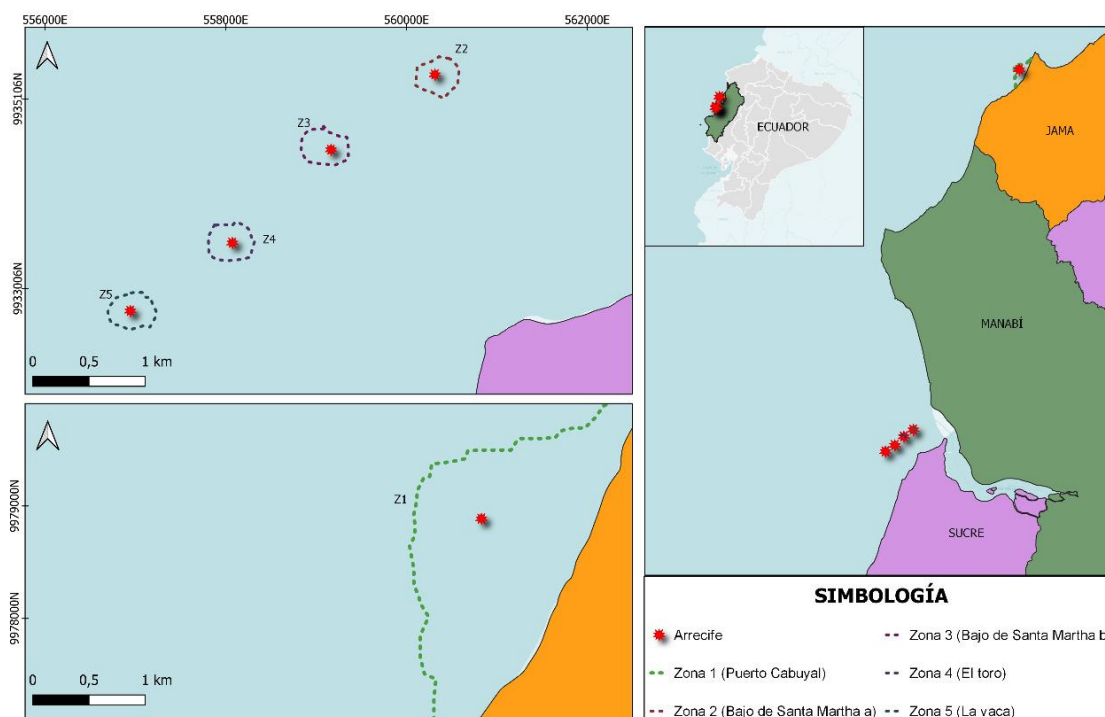
Los estudios relacionados con la calidad del agua son de especial relevancia ya que permiten tomar decisiones sobre el estado del ecosistema, mediante la identificación de

variables que puedan afectar a las especies claves en un ecosistema sensible, como es el arrecife rocoso coralino en el bajo Santa Martha (Bahía de Caráquez, Manabí).

## METODOLOGÍA

### Área de estudio

El estudio se desarrolló en la costa de Manabí, frente a la ciudad de Bahía de Caráquez (cantón de Sucre), a orillas del Océano Pacífico y el río Chone. Las observaciones se realizaron en el Bajo de Santa Martha, ubicado a 5 km al noroeste de Bahía de Caráquez, y una zona se observó en la parte norte, cerca del Municipio de Jama. El sitio se encuentra conformado por zonas rocosas, arenosas y placas de piedra de gran tamaño que se extiende por aproximadamente 3 km. Se establecieron cinco zonas de muestreo: zona 1  $00^{\circ}20'39.9''$  Lat S y  $80^{\circ}34'23''$  Long O; zona 2 a  $00^{\circ}35'05.5''$  Lat S y  $80^{\circ}29'21''$  Long O; zona 3 b  $00^{\circ}35'291''$  Lat S y  $80^{\circ}28'42''$  Long O; zona 4  $00^{\circ}34'591''$  Lat S y  $80^{\circ}27'49''$  Long O y zona 5  $00^{\circ}33'922''$  Lat S y  $80^{\circ}28'55''$  Long O. Las zonas 1, 2 conocidos como Puerto Cabuyal y Bajo de Santa Martha presentaron fondos rocoso-arenoso/coralino; la zona 3 conocida como Bajo de Santa Martha arenoso-rocoso; la zona 4 conocida como El Toro rocosa; mientras la zona 5 conocida como La Vaca es rocoso-coralino.

**Figura 1***Ubicación del arrecife “Bajo Santa Martha”***Sitios de muestreo**

Para la toma de muestras se establecieron cinco estaciones de muestreo determinadas a partir de una salida de campo previa, siguiendo los procedimientos recomendados por Duarte (2017). Las muestras fueron de superficie y mantenidas en una conservadora en donde no les daba la luz; se usaron frascos de plástico que fueron llevadas a la universidad para su respectivo análisis. Para el análisis microbiológico también se usaron botellas de plástico y no se abrieron hasta su llegada al laboratorio en donde se los analizó de forma inmediata. En total se hicieron cinco muestreos, uno solo para cada estación en las fechas de Septiembre-Octubre; en estas fechas las condiciones eran óptimas para la recolección de las muestras.

**Análisis químico**

Los análisis para el estudio se obtuvieron por medio del espectrofotómetro YSI 9500 para la determinación de amonio, nitrato, nitrito, fosfato acorde a la descripción del fabricante (Duarte et al., 2017). El análisis para el Sulfato  $SO_4$  el resultado se expresó como mg/L  $SO_4$

(Palintest, 2019f), en Óxido de azufre SO<sub>3</sub> el resultado se expresó como mg/L SO<sub>3</sub> (Palintest, 2019g), en Sulfito de sodio NaSO<sub>3</sub> el resultado se expresó como mg/L Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> (Palintest, 2019h), en el Hierro el resultado se expresó como mg/L Fe (Palintest, 2019e), en Fosfatos para la obtención de PO<sub>4</sub> y P el resultado se expresó en mg/L (Palintest, 2019d), para el Nitrato se obtuvo el resultado en mg/L NO<sub>2</sub> (Palintest, 2019b), en nitrito también se tomaron los datos de nitrógeno total y se expresaron como mg/L (Palintest, 2019c), en el amonio se obtuvo los resultados de amoníaco en mg/L NH<sub>4</sub> (Palintest, 2019a).

### **Alcalinidad**

Se realizó la alcalinidad en cada una de las zonas mediante titulación de ácido clorhídrico y el resultado se obtuvo con la fórmula (ml de ácido clorhídrico \* 50).

### **Sólidos suspendidos**

La determinación de sólidos suspendidos hizo mediante un vaso de precipitado de un volumen de 250 ml para cada muestra de agua. Primero se llevó el vaso de precipitación a una estufa (Mettler) a 95 °C durante unos 30 minutos para que no contenga humedad, luego se lo colocó en una campana de secado unos 15 minutos, transcurrido el tiempo se pesó el vaso en una balanza analítica (Mettler Germany), tomando el valor del mismo, después se colocó la muestra en la estufa (Mettler) a 95 °C durante 24 h y finalmente se pesó el vaso de precipitación en la balanza analítica (Mettler Germany), tomando el valor para después restar los mismos y obtener el valor total de sólidos en la muestra de agua.

### **Aerobios**

La determinación de aerobios presentes en una muestra de agua se hizo por medio de un frasco de plástico con la muestra obtenida, en donde primero se determinó el número de bacterias para proceder a realizar diluciones decimales, las diluciones se hicieron recolectando 0.5 ml de la muestra de agua y transfiriéndolo a un tubo que comprenda 4.5 ml de solución

salina, con este método se pudo disminuir la cantidad de bacterias 10 veces, obteniendo una dilución de  $10^{-1}$ .

De aquella muestra se tomó 0.5 ml que se llevó a otro tubo con 4.5 ml obteniendo así la dilución  $10^{-2}$ . Se realizó este procedimiento hasta obtener una cantidad de células menor a 100/ml. A lo que se obtuvo la cantidad descrita, se eligieron al menos tres muestras para proceder a realizar la siembra de tres placas con 0.1 ml.

Posteriormente se pasó a una incubadora (Memmert) a 30 °C, a las 48 h de ser incubadas se realizó el recuento de las bacterias mesófilas. Finalmente, se contaron las colonias que hayan crecido en las placas y se eligió la dilución que contenga un número de colonias entre 30 y 300. El resultado fue expresado en unidades formadoras de colonia (UFC) (Granada, 2005).

### **Anaerobios**

En la determinación de anaerobios primero se agitó la muestra de agua, luego se prepararon diluciones 1/10, 1/100, 1/1000 y 1/10.000 haciendo uso de una pipeta estéril. Se sembraron 0,1 ml de la muestra de agua en placas de agar LB.

Luego se incubó en placas invertidas a 30 °C en la incubadora (Memmert) durante 24 h. Finalmente, se contó el número de colonias observadas en la placa y se seleccionó la que presente entre 30 y 300 colonias para la obtención de los resultados el cual se expresó como microorganismos/ml de agua (ULPGC, 2006).

### **Análisis de datos**

Para determinar si existieron diferencias significativas entre las variables que fueron medidas en los distintos puntos, después de evaluar la normalidad y homocedasticidad, se realizó un análisis de varianza (Anova) a los datos de fosfato, amonio, nitrito, nitrato, nitrógeno total, hierro y sulfuros. Mientras que para los datos de alcalinidad, sólidos suspendidos y carga bacteriana se usó t-students a un nivel de significancia de 0.05. Para establecer la correlación se usó una matriz de correlación y un análisis de componentes

## RESULTADOS

### Óxido de azufre

En el agua de los ecosistemas marinos puede afectar la población de peces por la intoxicación con metales tóxicos que provienen de la lluvia ácida, originando problemas en las cadenas tróficas. Al evaluar los datos obtenidos mediante la prueba de anova, se observaron diferencias significativas ( $F=6.991$ ;  $p=0.006$ ) entre las zonas evaluadas (Tabla 1). Según la prueba de Tukey ( $p=0.05$ ) existen diferencias significativas en los niveles de Óxido de azufre en las zonas 4 y 5 comparados con las zonas 1, 2 y 3 (ver figura 2). Los niveles más bajos fueron en la zona 2 con  $74.3\pm 26.6$  mg/L, mientras que la zona 5 presenta mayor concentración  $121.6\pm 7.6$  mg/L.

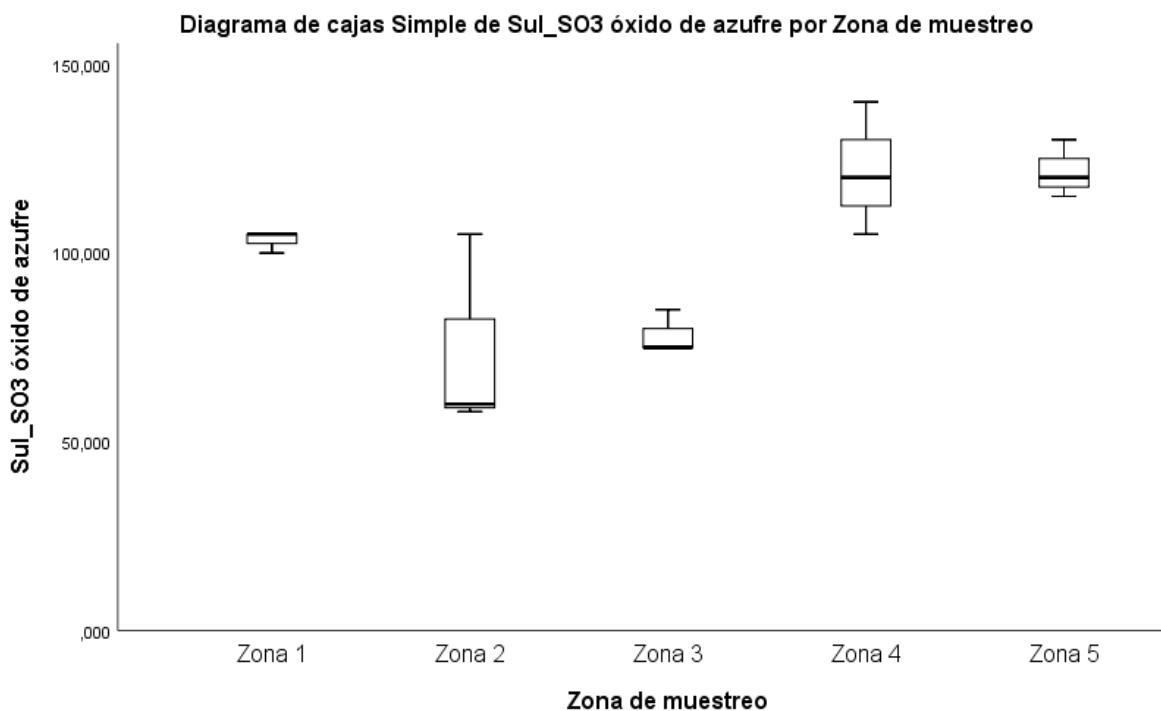
**Tabla 1**

*Análisis de varianza entre zonas de estudio para el parámetro Óxido de Azufre*

ANOVA	Suma de		Media cuadrática F	Sig.	
	cuadrados	gl			
Entre grupos	6234,400	4	1558,600	6,991	0,006
Dentro de grupos	2229,333	10	222,933		
Total	8463,733	14			

## Figura 2

*Niveles de óxido de azufre en cada zona de muestreo*



## Sulfito de sodio NaSO<sub>3</sub>

El sulfito de sodio es una molécula que en ambiente marinos requieren enormes aportes de oxígeno lo cual genera riesgos biológicos al reducir los niveles libres. Al evaluar las concentraciones mediante la prueba de anova ( $p < 0.05$ ), se observa variación significativa entre los puntos muestreados ( $F=6,865$ ;  $p=0,06$ ) (Tabla 2).

Para establecer las diferencias significativas entre zonas, se procedió a evaluar mediante Tukey ( $p=0.05$ ). Donde, se observan dos grupos con niveles diferentes de Sulfito de Sodio (NaSO<sub>3</sub>) en las zonas 2 y 3 en comparación a las zonas 4 y 5 (Fig. 3). Siendo las zonas 2 y 3 las que presentaron niveles más bajos (119.0 - 125.0 mg/L respectivamente), en cambio en las zonas 4 y 5 se observaron valores más altos (193.3 - 196.6 mg/L respectivamente). Por otra parte, la zona 1 los niveles de Sulfito de Sodio no presentó diferencias significativas entre las dos zonas.

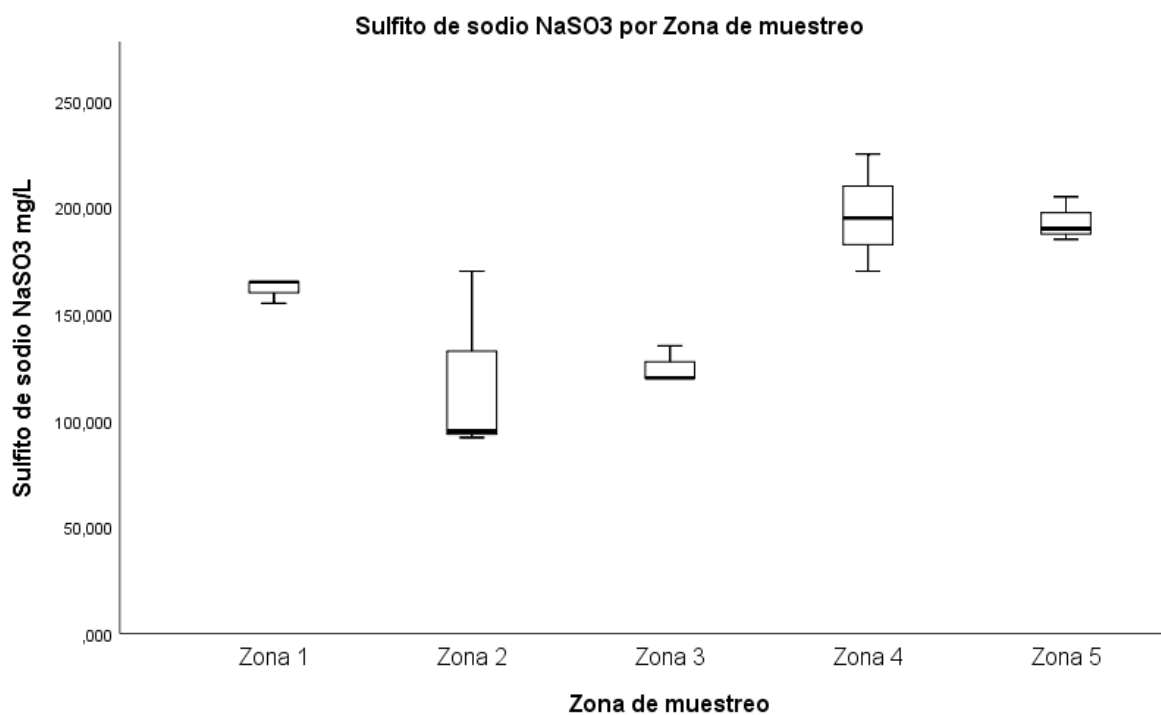
**Tabla 2**

*Análisis de varianza entre zonas de estudio para el parámetro Sulfito de Sodio NaSO<sub>3</sub>*

ANOVA	Suma de		Media		F	Sig.
	cuadrados	gl	cuadrática			
Entre grupos	16081.733	4	4020.433	6.865	0.06	
Dentro de grupos	5856.000	10	585.600			
Total	21937.733	14				

**Figura 3**

*Niveles de Sulfito de sodio en cada zona de muestreo*



## Hierro

El hierro en los ecosistemas marinos juega un rol muy importante al controlar el crecimiento y reproducción de la vida marina a concentraciones bajas (Duarte et al., 2017). La evaluación mediante anova mostro diferencias significativas ( $F=72.923$ ;  $p=0.00$ ) entre las zonas (Tabla 3), en el cual se hallaron diferencias (Turkey  $p=0.05$ ), entre la zona 3 comparado con las zonas 1, 2, 4 y 5 (Figura 4).

En cuanto a los niveles obtenidos, en la zona 1 y 4 no se detectaron niveles de concentración de hierro, mientras que en la zona 2 y 5 presentaron las concentraciones más bajas con  $0.03\pm 0.05$  mg/L, en contraste el nivel más alto fue la zona 3 con 0.06 mg/L.

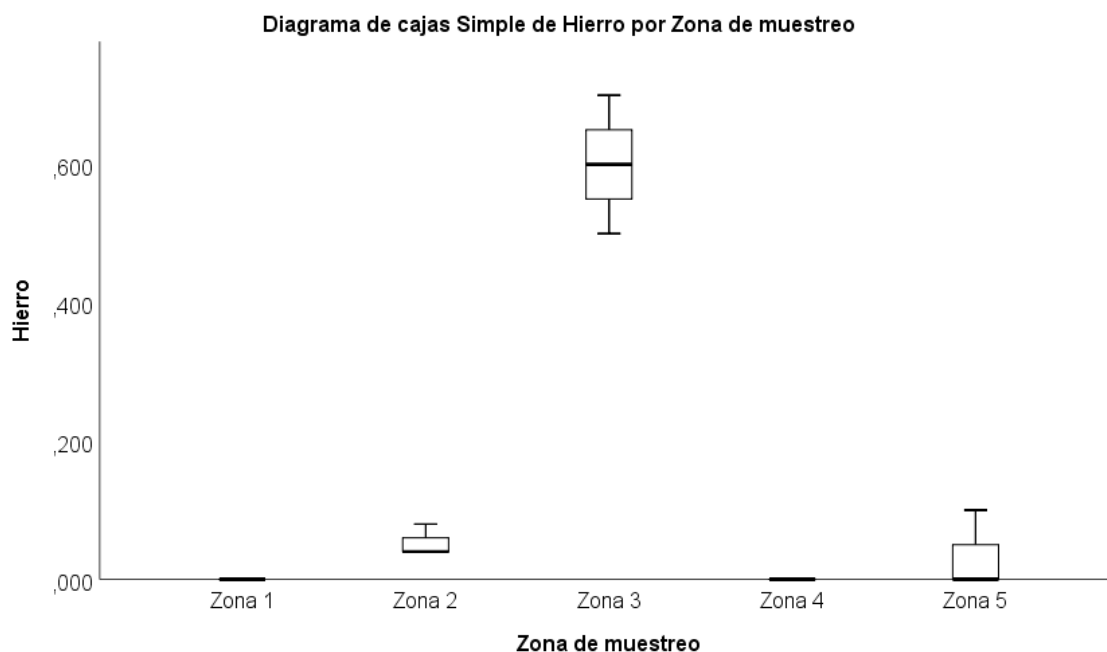
**Tabla 3**

*Análisis de varianza entre zonas de estudio para el parámetro Hierro*

ANOVA	Suma de		Media		F	Sig.
	cuadrados	gl	cuadrática			
Entre grupos	0.809	4	0.202	72.923	0.00	
Dentro de grupos	0.028	10	0.003			
Total	0.837	14				

## Figura 4

*Niveles de Hierro total en cada zona de muestreo*



## Fósforo

Es esencial para el crecimiento de las especies marinas, además, controlan el crecimiento de las algas, sin embargo, en altas concentraciones puede reducir la calidad del agua (CAR, 2021). La evaluación mediante Anova ( $F=21.817$ ;  $p \leq 0.00$ ) se observaron diferencias significativas entre zonas para fosfato y fosforo total (Tabla 4).

Según la prueba de se evidencia diferencias significativas Turkey ( $p \leq 0.05$ ) en los niveles de fosfato, las zonas con concentraciones bajas fueron zona 1 (0.11 mg/L), zona 2 (0.59 mg/L), zona 4 (0.30 mg/L), mientras que la zona 3 (1.40 mg/L) y zona 5 (1.31 mg/L) presentaron las concentraciones más elevadas de fosfato (Fig. 5).

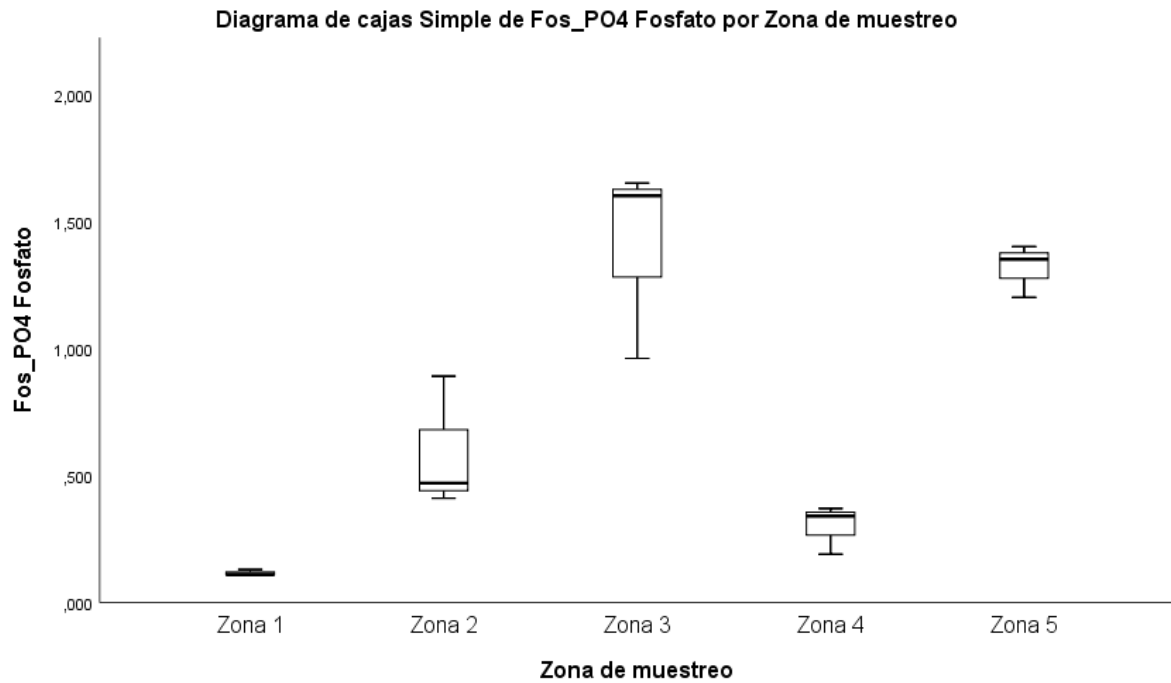
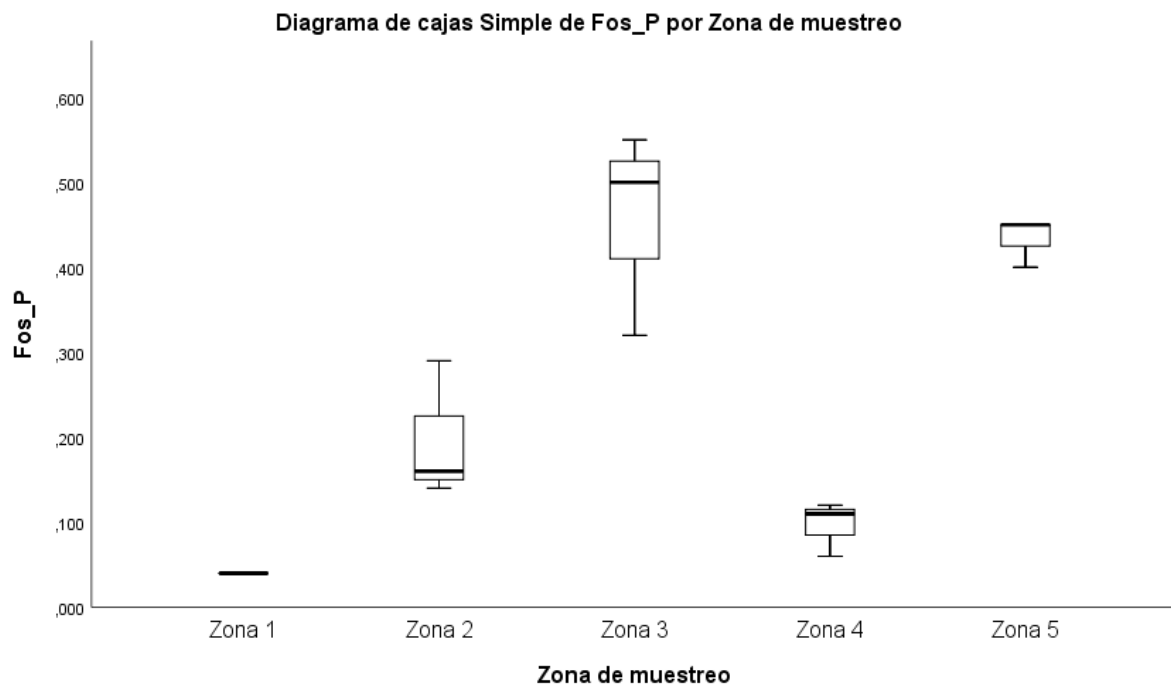
En cuanto a los niveles de fosforo total se observa la misma tendencia. Los niveles bajos se ubican en las zonas 1, 2 y 4, mientras que niveles altos se encontraron en las zonas 3 y 5 (Fig. 4).

**Tabla 4***Análisis de varianza entre zonas de estudio para el parámetro Fósforo y Fosfato*

ANOVA		Suma de	Media			
		cuadrados	gl	cuadrática	F	Sig.
PO4 Fosfato	Entre grupos	4.131	4	1.033	21.817	0.000
	Dentro de grupos	0,473	10	0.047		
	Total	4.605	14			
Fosforo total	Entre grupos	0.440	4	0.110	23.770	0.000
	Dentro de grupos	0.046	10	0.005		
	Total	0.486	14			

**Figura 5**

*Niveles Fosfato y Fósforo total en cada zona de muestreo*

**a)****b)**

## Nitrogenados

Se evaluó los niveles de compuestos nitrogenados presentes en las zonas de muestreos. Los resultados indican la presencia de diferencias significativas entre los sitios para nitrato (Anova;  $F=2556.476$ ;  $p\leq 0.000$ ), nitrito (Anova;  $F=10.214$ ;  $p\leq 0.001$ ) y nitrógeno total (Anova;  $F=2624.619$ ;  $p\leq 0.000$ ) (Tabla 5).

Para Nitrato y nitrógeno total, según el análisis de Tukey ( $p=0.05$ ) se observó que todas las zonas son diferentes entre ellas según el orden descendente de zona  $5<4<3<1<2$  (fig. 6). Mientras que para Nitrito se observaron niveles significativamente (Tukey  $p=0.05$ ) bajos en las zonas 1 (no detectable), 4 (0.004 mg/L), 5 (0.014mg/L) y 2 (0.037 mg/L) mientras que la zona 3 presento niveles altos de nitrito (0.096 mg/L) (Fig 6).

**Tabla 5**

*Análisis de varianza entre zonas de estudio para el parámetro Nitrato, Nitrito y Nitrógeno total*

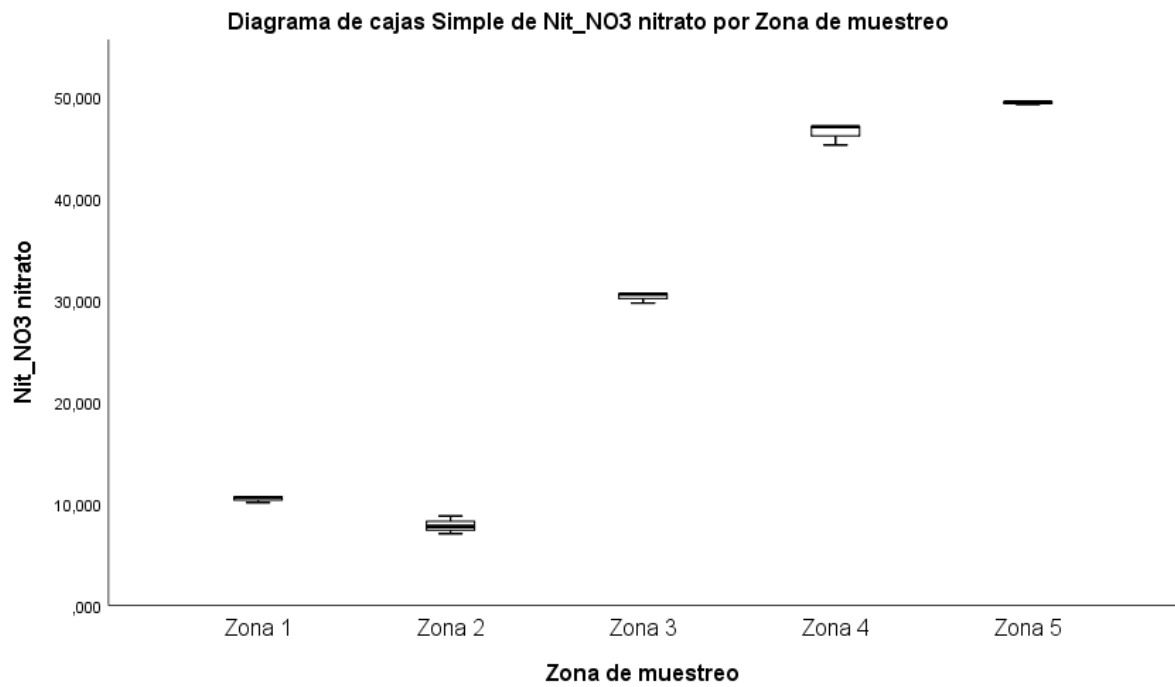
ANOVA		Suma de		Media		
		cuadrados	gl	cuadrática	F	Sig.
Nit_NO3 nitrato	Entre grupos	4530.348	4	1132.587	2556.47	0.000
	Dentro de grupos	4.430	10	0.443		
	Total	4534.778	14			
Nit_NO2 Nitrito dióxido de nitrógeno	Entre grupos	0.019	4	0.005	10.214	0.001
	Dentro de grupos	0.005	10	0.000		
	Total	0.024	14			

Nit_N	Entre grupos	230.407	4	57.602	2624.61	0.000
	Dentro de grupos	0.219	10	0.022		9
	Total	230.626	14			

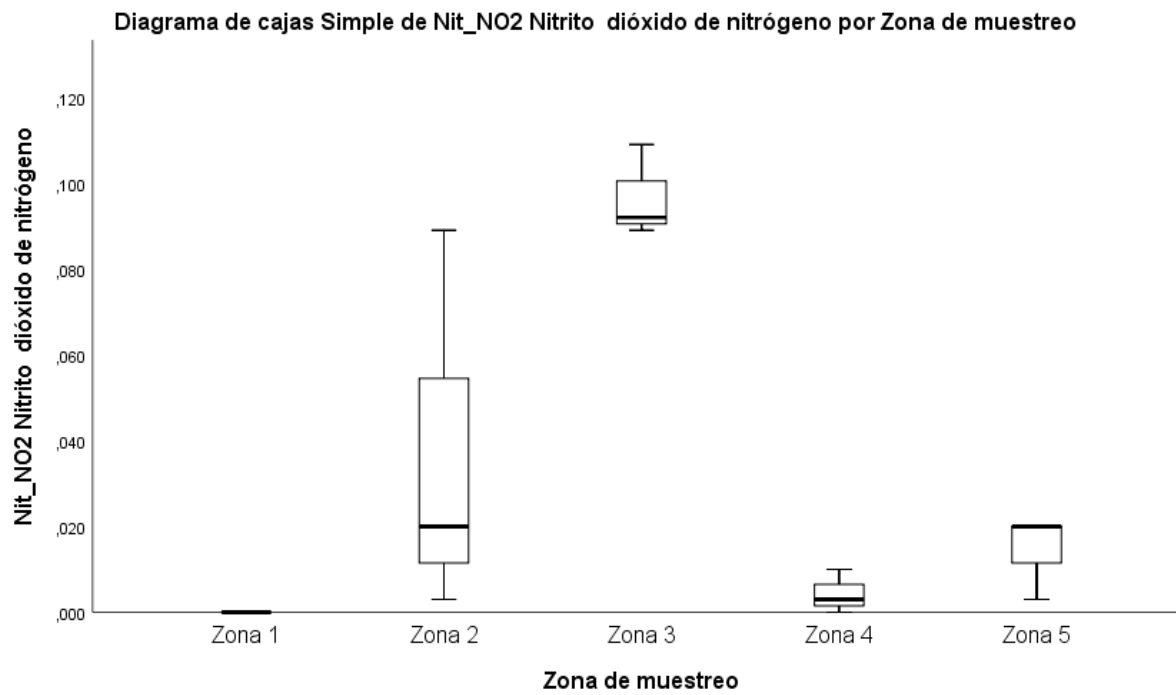
### Figura 6

Niveles de a) Nitrato, b) Nitrito y Nitrógeno total en cada zona de muestreo

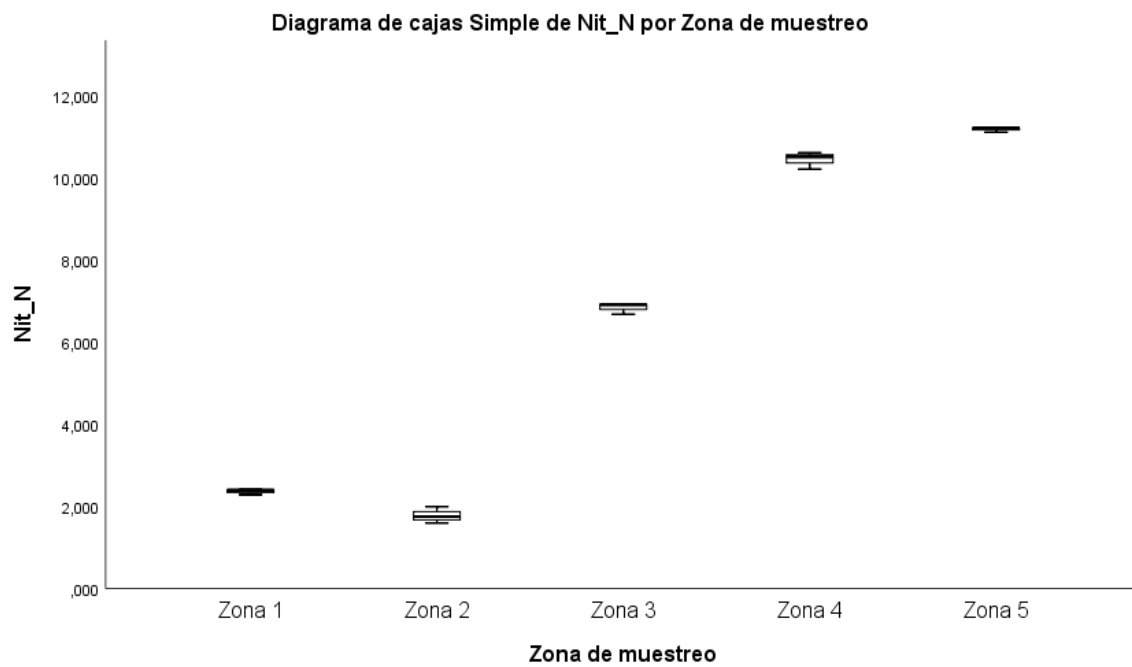
a)



b)



c)



## Amonio NH<sub>4</sub>

Mantener el control del amonio en el agua es importante para mantener un equilibrio y prevenir posibles oxidaciones en el agua. Los niveles observados al evaluarlos mediante la prueba de Anova se muestra diferencias significativas ( $F=19.457$ ;  $p=0.00$ ) entre zonas (Tabla 6). La prueba de Turkey ( $p=0.05$ ) indica que existen diferencias significativas en los niveles entre las zonas 1 y 4. Aunque la zona dos y tres son similares entre ellas, de igual manera la zona cuatro y cinco.

La mayor concentración la presentó la zona 4 con 4.48 mg/L, en cambio, la zona 1 presento menos concentración (1.26 mg/L), por otra parte, las zonas 2, 3 y 5 no presentaron diferencias significativas entre ellas (Fig. 7).

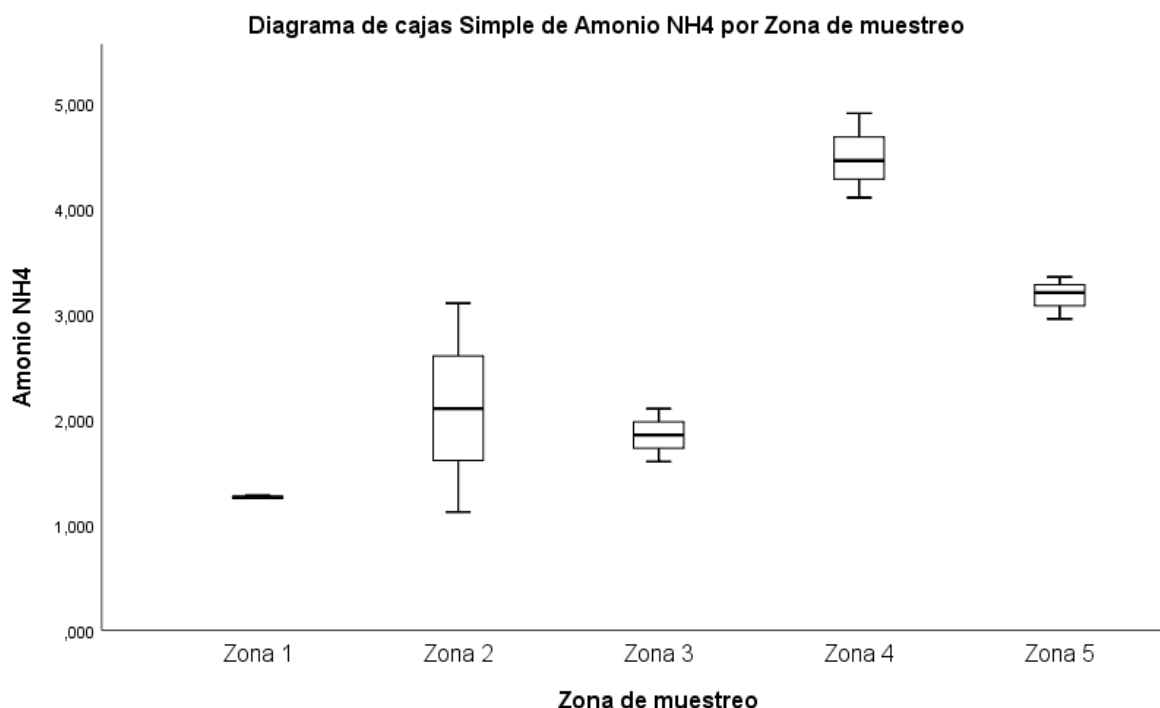
**Tabla 6**

*Análisis de varianza entre zonas de estudio para el parámetro Amonio NH<sub>4</sub>*

ANOVA	Suma de		Media	F	Sig.
	cuadrados	gl	cuadrática		
Entre grupos	19.372	4	4.843	19.457	0.000
Dentro de grupos	2.489	10	0.249		
Total	21.861	14			

## Figura 7

*Niveles de Amonio NH4 en cada zona de muestreo*



## **Análisis de Correlación/Componentes principales CP**

Los resultados del análisis de correlación de Pearson entre el recuento de bacterias anaeróbicas y variables fisicoquímicas del agua se presenta en la tabla 7. En este análisis de encontraron correlaciones directas entre los  $PO_4=$ ,  $NO_2^-$ ,  $N_{total}$ ,  $P_{total}$ , Hierro, Amonio y Sólidos suspendidos; y correlaciones inversas entre Alcalinidad,  $SO_3=$  y  $NaSO_3$ . Se determinó que entre el recuento de bacterias anaeróbicas y el  $NaSO_3$ ,  $SO_3$ ,  $PO_4$ , Existieron correlaciones débiles ( $r < 0,05$ ); moderadas con  $NO_2$ ,  $N_1$ , Hierro,  $NO_3$ ,  $N$ , Alcalinidad, y; ligeramente altas ( $0,5 < r < 0,7$ ) con Amonio y Sólidos suspendidos.

Los análisis de correlación de Pearson entre el recuento de bacterias aeróbicas y variables fisicoquímicas del agua se presenta en la tabla 8. En este análisis de encontraron correlaciones directas entre  $NO_2^-$ ,  $N_{total}$ , Hierro, Alcalinidad y Sólidos suspendidos; y correlaciones inversas entre  $NO_3$ ,  $N_{total}$ , Amonio,  $PO_4=$ ,  $P_{total}$ ,  $NaSO_3$  Y  $SO_3=$ . Se

determinó que entre el recuento de bacterias aeróbicas el Amonio, NO<sub>3</sub>, N y Sólidos suspendidos existieron correlaciones débiles ( $r < 0,05$ ); moderadas con PO<sub>4</sub> y P, y; ligeramente altas ( $0,5 < r < 0,7$ ) con NaSO<sub>3</sub>, SO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, N<sub>1</sub>, Hierro y Alcalinidad.

Al analizar los datos se determinó que en todos los casos fueron mayor a 0,05 siendo correlaciones reales.

**Tabla 7**

*Matriz de correlación de bacterias anaeróbicas de variables de estudio*

<b>Bacterias anaerobias</b>	<b>Coefficiente <i>r</i></b>	<b>Probabilidad</b>
<i>Alcalinidad</i>	-0,44	0,46
<i>Sul_SO3</i>	-0,08	0,9
<i>Sul_NaSO3</i>	-0,01	0,99
<i>Fos_P</i>	0,19	0,76
<i>Fos_PO4</i>	0,2	0,75
<i>Nit_NO2</i>	0,32	0,6
<i>Nit_N1</i>	0,32	0,6
<i>Hierro</i>	0,36	0,56
<i>Nit_NO3</i>	0,55	0,34
<i>Nit_N</i>	0,55	0,34
<i>Amonio</i>	0,61	0,27
<i>Solidos suspendidos</i>	0,63	0,25

		Anaerobias versus NaSO <sub>3</sub> , SO <sub>3</sub> =, PO <sub>4</sub> =, Ptotal,
<b>Correlación</b>	<b>Débiles</b>	Hierro.
<b>Correlación</b>	<b>Moderadas</b>	<b>Alcalinidad</b> , NO <sub>3</sub> = y Ntotal
	<b>Ligeramente</b>	
<b>Correlación</b>	<b>altas</b>	Amonio y Sólidos suspendidos

**Tabla 8**

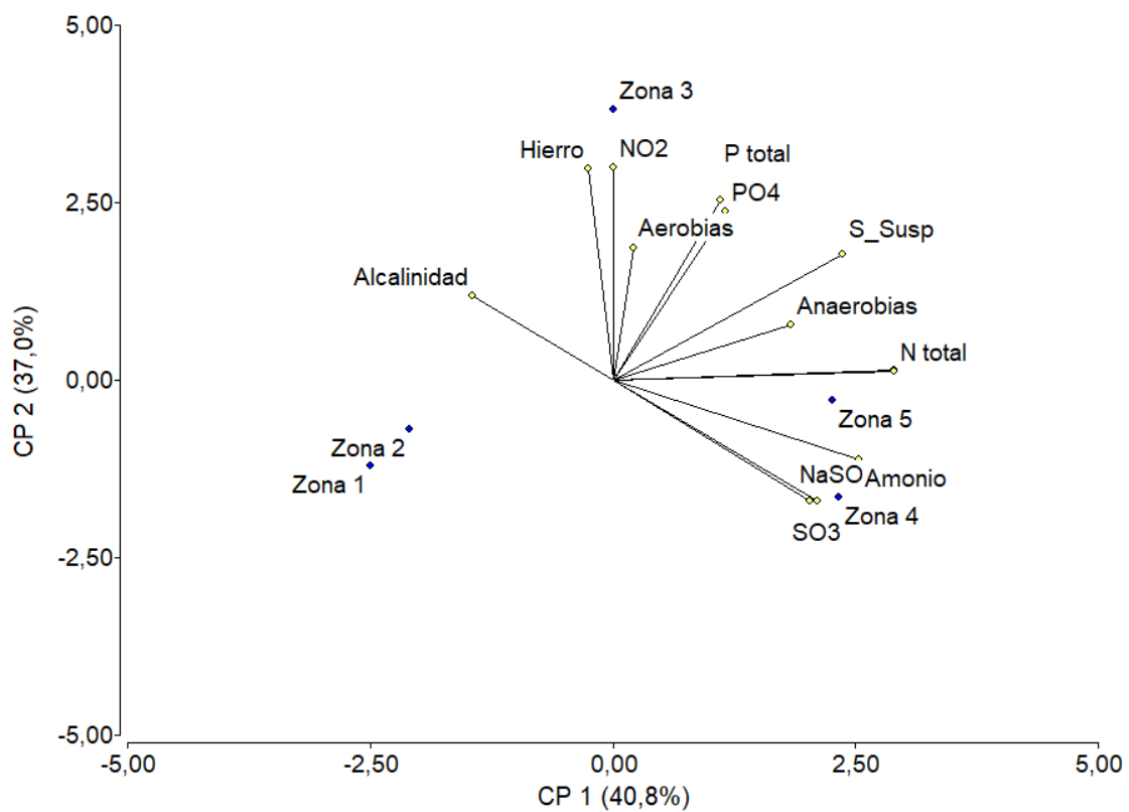
*Matriz de correlación de bacterias aeróbicas de variables de estudio*

<b>Bacterias aerobias</b>	<b>Coefficiente</b>	
	<b><i>r</i></b>	<b>Probabilidad</b>
<i>Sul_NaSO3</i>	-0,74	0,16
<i>Sul_SO3</i>	-0,72	0,17
<i>Fos_PO4</i>	-0,41	0,49
<i>Fos_P</i>	-0,40	0,51
<i>Amonio</i>	-0,26	0,67
<i>Nit_NO3</i>	-0,18	0,78
<i>Nit_N</i>	-0,18	0,78
<i>Solidos</i>		
<i>suspendidos</i>	0,21	0,74
<i>Nit_NO2</i>	0,59	0,29
<i>Nit_NI</i>	0,59	0,29
<i>Hierro</i>	0,67	0,21
<i>Alcalinidad</i>	0,9	0,04

<b>Correlación</b>		<b>NO<sub>3</sub>, Ntotal, Amonio</b> y Sólidos
	<b>Débiles</b>	suspendidos
<b>Correlación</b>	<b>Moderadas</b>	<b>PO<sub>4</sub>= y Ptotal</b>
	<b>Ligeramente</b>	
<b>Correlación</b>	<b>altas</b>	NO <sub>2</sub> -, Ntotal, Hierro
<b>Correlación</b>	<b>Altas</b>	<b>NaSO<sub>3</sub>, SO<sub>3</sub>=, Alcalinidad</b>

**Figura 8**

*Análisis de componentes principales de las variables estudiadas en el Bajo de Santa Martha*



## DISCUSIÓN

La contaminación que existe en el ambiente marino se ha vuelto normal desde hace muchos años atrás, sobrepasando así la capacidad auto-depuradora que tiene el mar. Todas las descargas que se vuelven desfavorable para el ambiente, pudiendo causar un gran peligro en las zonas costeras (Calil, 2021). Se ha descrito que la contaminación química la comprenden los componentes biodegradables tales como los nitratos y fosfatos, y los no biodegradables como los plásticos, metales pesados, entre otros (IPEN, 2021). Por lo que si estas sustancias químicas llegan a los océanos pueden filtrarse en el agua, pudiendo transportar otros contaminantes ambientales por todo el océano (Bergman, 2022).

Uno de los elementos evaluados en el presente estudio es el azufre, esta molécula influye de forma directa en el equilibrio iónico en los sedimentos bentónicos, además, es capaz de determinar la toxicidad de los metales pesados, esto quiere decir, que el conocimiento integral de los procesos mediados por el azufre puede ser de gran ayuda para obtener información sobre el pasado y presente estado del ecosistema (Jasinka, Burska, & Bolalek, 2012). Así, estudios sobre la emisión de óxido de azufre SO<sub>2</sub> junto con H<sub>2</sub>S ácido sulfhídrico en planicies de marea del mar de Ariake en Japón, se estableció que el SO<sub>2</sub> es el gas mayormente emitido en la zona muestreada en Ariake, además, concluyendo que durante el día los sedimentos arenosos emiten mucho óxido de azufre pudiendo ser peligroso en altas concentraciones (Azad et al., 2005) esto contrasta con nuestros resultados que muestran zonas con elevada concentración de compuestos ricos en azufre en la zona 4, que puede ser provocado por la resuspensión de sedimento o por el derrame de combustible por parte de las lanchas de la zona.

Otro elemento evaluado es el hierro, considerado un elemento bioactivo y un micronutriente limitante en la producción primaria, también posee una influencia en el ciclo biogeoquímico de dos elementos igual de importantes como el nitrógeno y el carbono

(Andrade, 2020). El ciclo biogeoquímico del hierro es esencial para distintos procesos ambientales como lo es la productividad de los océanos. Aún cuando la presencia de hierro en el presente estudio fue baja, existió una zona que presentó concentraciones altas (zona 3), lo cual estaría aportando la estabilidad de nutrientes a zonas carentes de hierro (Fe). Este comportamiento se ha observado en zonas caracterizadas por diferentes actividades de uso como sitios industriales o áreas agrícolas, entre otros; en donde las concentraciones de metales pesados están dentro de los límites en el agua, sin embargo, el Fe si está presente en sedimentos (Darwish, Basiony, & A., 2021), y en algunos casos la reducción de hierro podría ser por la importancia que posee para la fisiología y el crecimiento del fitoplancton marino, debido a que es esencial para muchas rutas bioquímicas y procesos celulares.

En cuanto a la presencia de fósforo en el agua, conocemos que ayuda a la proliferación de algas los cuales se desarrollan, se reproducen y mueren, dónde finalmente dejan materia orgánica en descomposición la cual consume altas cantidades, esto origina bajas concentraciones de oxígeno causando hipoxia a los organismos que se encuentran en medio marino. La mayoría de los fosfatos llegan a los ecosistemas marinos y se depositan en sedimentos ya sean estos superficiales o profundos (Ayora, 2021). El ingreso de nutrientes al mar es importante debido a que lo favorece de distintas formas a la vida marina, sin embargo, no debe existir un exceso de nutrientes porque podría generar eutrofización, trayendo consigo un problema de contaminación en el medio acuático. Este fenómeno se encuentra presente más en estuarios o lagos, en cambio en el mar abierto es menos común (Apaéstegui, 2021). En los casos relacionados a estudios en que buscan de la reducción de niveles de fósforo, se ha demostrado que *Tetraselmis suecica* ha logrado remover el fósforo (P) del agua marina (Mendoza et al., 2021), estos muestran la importancia de los microorganismos benéficos en a estabilidad química de fósforo en el mar.

En cuanto a los compuestos nitrogenados en agua marina, los más comunes en los ecosistemas son el nitrito  $\text{NO}_2$ , nitrato  $\text{NO}_3$  y el amonio  $\text{NH}_4$ , los cuales se han señalado para evaluar las diferentes actividades humanas en ecosistemas acuáticos y en zonas costeras. Según estudios, las actividades agrícolas contribuyen con un 34% las actividades con influencia industrial, al igual es aportado por distintas actividades antrópicas, éste constituye al proceso de eutrofización, causando un desequilibrio en los procesos biogeoquímicos en los cuerpos de agua (Limongui et al., 2018). A su vez, se ha demostrado que en los cuerpos de agua ayuda al equilibrio de compuestos nitrogenados la interacción de bacterias heterótrofas facultativas, *Ignavibacteriaceae* y *Brocadiaceae*, también las autótrofas oxidantes de amonio anaeróbica se encuentran involucradas en el ciclo del nitrógeno ayudan a la eliminación completa del amonio (Park & Lee, 2021) (Zhang & Okabe, 2020), así lograría evitar problemas directos sobre los organismos acuáticos (Wang, Wang, & Gu, 2020).

La AT es un indicador de importancia por la capacidad amortiguadora y por su capacidad para resistir la acidificación. Además, se encuentra asociada a componentes inorgánicos del agua de mar como, por ejemplo, el bicarbonato, relacionado al alto consenso de que la materia orgánica disuelta (MOD) tiene la función de contribuir de forma significativa a la alcalinidad total en las aguas costeras (Kerr & Kelleher, 2021). Es considerada una de las variables del sistema de carbonatos y del ciclo del carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), relacionado con la salinidad en el océano, sin embargo, esto varía acorde a la mezcla de masas de agua y la región oceánica (Osiroff, Kahl, & Balestrini, 2018), tal como se muestra en nuestro estudio (figura 7).

En el caso de las concentraciones de sólidos suspendidos totales (SST), los niveles más altos generalmente se encuentran zonas de mayor actividad antropológica, además de cumplir la función de soporte y transporte de otro tipo de contaminantes que se puedan encontrar en el medio (Sánchez et al., 2020). Esto contrastaría con otro factor importante en la salud de un

ecosistema, como es el componente microbiano (Corrales et al., 2015). Aunque es limitada la información respecto microbiología de ambientes marinos, como es el caso de Kalkan & Altug, (2020), el cual se enfoca a la descripción metabólica de bacterias aeróbicas heterótrofas, describiendo así hasta treinta y cinco diferentes tipos de bacterias, además de la evaluación de cada especie para establecer la influencia de la contaminación bacteriológica (Kalkan & Altug, 2020). En general, estos microorganismos son de suma importancia debido al equilibrio químico que generan en el mar y el ambiente marino. Finalmente, acorde con lo analizado en el estudio, se puede determinar que, tanto en nutrientes como en minerales, no existen valores de contaminación, ya que presentaron valores dentro de lo permitido según la norma de calidad del agua de mar de México (Parra, 2020); se hace esta comparación debido a que en Ecuador aún no existe información acerca de la calidad del agua de mar. Aunque los fosfatos se presentaron con valores altos, los rangos obtenidos no representan peligro en la zona de estudio, se deben tomar precauciones para que no exista riesgo de eutrofización, pudiendo disminuir el uso de detergentes, más control en obras de construcción, aguas residuales, entre otros, debido a que estas actividades pueden incrementar el flujo de nutrientes en la zona.

## CONCLUSIÓN

- La concentración de nutrientes el amonio presentó una mayor concentración de 1.26 mg/L lo cual no es índice de contaminación en las zonas muestreadas. En el nitrato no hubo valores altos significativos, sin embargo, en el nitrito el mayor valor fue en la zona 3, pero no pasa el límite permitido para que sea considerado como contaminación de origen no natural.
- Los valores más altos del fosfato fueron en la "Zona 3" con 1.40 mg/L y en la "Zona 5" con 1.31 mg/L lo que permite sospechar de concentraciones contaminantes en el agua
- Las concentraciones de hierro y sulfatos no excedieron los rangos establecidos por la norma ambiental para masas de agua marino-costeras, considerando sus niveles como consecuencia de la dinámica biogeoquímica de la zona.
- La calidad microbiológica del agua registró la mayor carga bacteriana de bacterias aerobias en la zona de "Zona 3", mientras que la mayor concentración de bacterias anaerobias la tuvo la zona de "Zona 5", esta alta concentración de carga anaeróbica da paso a sospechar que hay descomposición incompleta de la materia orgánica haciendo que haya un elevado nivel de amonio lo cual es perjudicial para la calidad ambiental.

## BIBLIOGRAFÍA

- 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](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](http://www.cesasin.com.mx/CentroAmerica/1Calidad%20del%20agua.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](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](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.x>
- 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.
- 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>
- 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>

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](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/35417/EJIPP_SP.pdf)

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>

Correa, G., & Montero, A. V. (2013). *Visión general del sector acuícola nacional - México*. 1–10. [http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso\\_mexico/es](http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_mexico/es)

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=dIx6nBBHeFMAAAA:N6fgjgY2cxMppGU9yCQ-EyJVk2ozMjchzzw-u8wmIFLNKaLLcncv-rI7NoJ7VV6n8F1adV9MJr3gqQ](https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10106049.2021.2005154?casa_token=dIx6nBBHeFMAAAA:N6fgjgY2cxMppGU9yCQ-EyJVk2ozMjchzzw-u8wmIFLNKaLLcncv-rI7NoJ7VV6n8F1adV9MJr3gqQ)

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](http://www.fao.org/publications) <http://www.fao.org/publications/es> <http://www.fao.org>

.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.o  
rg/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>

Garcés, Y., Mosquera, H., Salazar, K., & Yépez, E. (2019). *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA EN FUNCIÓN DE LA CARGA FITOPLANCTÓNICA EN LAS PARROQUIAS ROCAFUERTE Y PALESTINA DEL CANTÓN RIOVERDE*. Obtenido de <https://revistas.pucese.edu.ec/gestion-ambiental/article/download/387/316/847>

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

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](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., Yaltamera, 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>
- 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>

- 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>
- 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](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)
- Park, Y., & Lee, T. (1o 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>
- 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>
- Sonnenholzner, B. &. (2000). *Propiedades físicas y químicas de los suelos de estanques de camarón*. 31(3), 358–375.

- 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>

