

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de COCIBA**

**LÍNEA BASE DE PRESENCIA DE METALES PESADOS EN SITIOS DE  
VISITA CERCANOS DE LAS ISLAS SAN CRISTÓBAL Y SANTA  
CRUZ, GALÁPAGOS**

**Herlinda Viviana Vizuite Coronel**

**Licenciatura en Gestión Ambiental**

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito  
para la obtención del título Licenciatura en Gestión Ambiental

Puerto Baquerizo Moreno, 19 de mayo de 2022

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de COCIBA**

**HOJA DE CALIFICACIÓN  
DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA**

**LÍNEA BASE DE PRESENCIA DE METALES PESADOS EN SITIOS DE  
VISITA CERCANOS DE LAS ISLAS SAN CRISTÓBAL Y SANTA  
CRUZ, GALÁPAGOS**

Herlinda Viviana Vizuite Coronel

**Nombre de la profesora, Título académico**

Susana Cárdenas Díaz, PhD.

Puerto Baquerizo Moreno, 19 de mayo de 2022

## © DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Herlinda Viviana Vizuite Coronel

Código: 00207496

Cédula de identidad: 172158921-4

Lugar y fecha: Puerto Baquerizo Moreno, 19 de mayo de 2022

## **ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN**

**Nota:** El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing in the digital library of the University.

## **UNPUBLISHED DOCUMENT**

**Note:** The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

## AGRADECIMIENTOS

Este proyecto se lo dedico a toda mi familia, en especial a mi esposo Iván Ampudia, por haberme apoyado y motivado cada día para llegar a la meta. Un inmenso ¡Gracias!, no es suficiente, pero es lo mejor que tengo para expresar todo el amor y confianza que depositaste en mí todos estos años. A mi hijo Pedro Ampudia quién fue mi inspiración y alegría para estudiar con dedicación. Gracias hijo por tu paciencia y compañía. A todas mis hermanas que desde lejos me llenaban el corazón con sus llamadas y mensajes. Un agradecimiento sentido a Isabel Iturralde mi amiga, tía, comadre y compañera militante, sin tu apoyo nada de esto habría sido posible.

Agradezco a mi tutora Susana Cárdenas por su acompañamiento, exigencia y paciencia para poder culminar mi proyecto. A mis profesoras Diana Pazmiño y Daniela Proaño por estar pendientes de mí en todo el proceso. A mis amigas Anggy Alvarado y Katherine Mullo, su amistad me ayudó en los momentos difíciles; a todos mis compañeros y compañeras que estuvieron hombro a hombro compartiendo aula estos cuatro años.

Por último, pero no menos importante, un agradecimiento especial a mí misma por terminar mi pregrado pese a toda circunstancia. Hoy tengo la certeza que todo es posible.

## RESUMEN

El agua marina es un componente ambiental fundamental para los organismos y los procesos ecológicos que se desarrollan en las costas y el océano abierto. La línea base de presencia de metales pesados para algunos sitios de visita de las islas Santa Cruz y San Cristóbal es la primera para Galápagos. Este estudio fue realizado en los años 2020 y 2021. Los sitios seleccionados son sitios de visita cercanos donde se realiza la modalidad de tour diario: Bachas, Ninfas y Grietas en Santa Cruz; y, Bahía Rosa Blanca y Puerto Grande en San Cristóbal. Además, se incluyó en el estudio sitios con actividad antropogénica, por su uso de transporte marítimo continuo como son: los muelles de pesca y turismo en San Cristóbal y Bahía Academy en Santa Cruz. Para la determinación de metales pesados en agua se aplicó la técnica de espectrometría de acoplamiento de plasma inductivo, análisis que se llevó a cabo en el Laboratorio de Ingeniería Ambiental-USFQ. Se emplearon los estándares de calidad para agua marina del Texto Unificado de la Legislación Secundaria Ambiental del Ecuador, para evaluar si los sitios presentan, o no, niveles de contaminación. Los resultados indican que no hay contaminación significativa por metales pesados. Sin embargo, pocos resultados muestran valores sobre el límite aceptable; tales como, el Zinc en Grietas, Bahía Academy y Ninfas en el año 2021. En la isla San Cristóbal, el Zinc en muelle de pescadores, muelle de turismo y Puerto Grande durante el año 2020. También, se superó el límite de plomo y cobre en el muelle de turismo, y sólo cobre en el muelle de pescadores. El estudio contribuye con datos preliminares e iniciales para conocer el estado de calidad del agua en estos sitios en términos de presencia de metales pesados, por lo tanto, el monitoreo continuo de estos indicadores es clave para llegar a conclusiones efectivas e identificar potenciales cambios a largo plazo.

**Palabras clave:** Metales pesados, sitios de visita, indicadores de calidad de agua, Galápagos.

## ABSTRACT

Marine water is a fundamental environmental component for organisms and ecological processes in coastal waters and in the open ocean. This study was conducted in 2020 and 2021. We selected the following daily tour sites: Bachas, Ninfas and Grietas on Santa Cruz; and Bahía Rosa Blanca and Puerto Grande on San Cristóbal. In addition, sites with anthropogenic activity were included, due to their use for continuous maritime transport, such as the fishing and tourism docks in San Cristóbal and Bahía Academy in Santa Cruz. For the determination of heavy metals in water, the technique of inductive plasma coupling spectrometry was applied and carried out at the Environmental Engineering Laboratory-USFQ. The quality standards for marine water of the Unified Text of the Secondary Environmental Legislation of Ecuador were used to evaluate whether or not the sites present levels of contamination. The results indicate that there is no significant heavy metal contamination. However, some results show values above the acceptable limit; such as, zinc (Zn) in Grietas, Bahía Academy and Ninfas in Santa Cruz in 2021; and at the fishers' pier, tourism dock and Puerto Grande beach at San Cristobal Island in 2020. Further, lead (Pb) and copper (Cu) exceeded recommended levels at the tourist pier, and copper (Cu) at the fishers' pier. This is the first baseline of heavy metal levels for some visitor sites, at the islands of Santa Cruz and San Cristobal, and highlights the need for continuous monitoring of these indicators to identify potential long-term changes.

**Key words:** Heavy metals, visitor sites, water quality indicators, Galapagos.

**TABLA DE CONTENIDOS**

<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>5</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>6</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>7</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>9</b>
<b>MÉTODOS .....</b>	<b>13</b>
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>16</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>22</b>
<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>23</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>26</b>
<b>ANEXO A: DATOS DE AGUA MARINA DE SAN CRISTÓBAL- MACRONUTRIENTES. ....</b>	<b>28</b>
<b>ANEXO B: DATOS DE AGUA MARINA DE SAN CRISTÓBAL – METALES MAYORES.....</b>	<b>28</b>
<b>ANEXO C: DATOS DE AGUA MARINA DE SANTA CRUZ- MACRONUTRIENTES .....</b>	<b>29</b>
<b>ANEXO D: DATOS DE AGUA MARINA DE SANTA CRUZ – METALES MAYORES .....</b>	<b>29</b>

## INTRODUCCIÓN

El agua marina es un componente ambiental clave para los organismos y los procesos ecológicos que se desarrollan en las costas y mar abierto. El mar se distingue de otros cuerpos de agua por su salinidad, temperatura, densidad y composición química (García et al., 2007). Como es bien sabido, el mar está compuesto esencialmente por cloruro de sodio (NaCl) o sal. No obstante, el agua de mar contiene elementos químicos que enriquecen las aguas tales como; Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Potasio (K) como principales (García et al., 2007). Asimismo, están presentes gases como el Dióxido de Carbono, Oxígeno, Dinitrogeno entre varios más (García et al., 2007). No se puede olvidar que también se encuentran presentes sustancias orgánicas que provienen de procesos naturales o externos.

Teniendo esto presente, el mar es por sí solo de gran importancia, ya sea porque nuestro planeta está compuesto casi en su totalidad por agua marina; como por todos los servicios ecosistémicos que nos ofrece. Del mar se obtienen animales para el consumo y comercialización, y es fuente de varios recursos energéticos (García et al., 2007). Esta estrecha relación que guarda el mar con las personas ha hecho que gradualmente se exploten sus recursos. Lo que más alarma a nivel mundial, es la contaminación vertida sobre el agua marina y las repercusiones en la salud humana y de los animales. Es un hecho, que las actividades productivas están afectando los ecosistemas marinos, ejemplo de ello es el turismo y recreación no regulados. Con todo lo antes expuesto, la calidad del agua de mar se puede ver comprometida, por lo que debe ser monitoreada continuamente.

Para tal fin, existen estándares de calidad de agua marina, nacionales e internacionales, los cuales guían la evaluación e identificación de casos de posibles desbalances, sustancias peligrosas y rutas de contaminación. De igual manera, existen indicadores de calidad de agua; la utilización de cada uno de ellos dependerá del tipo de

análisis que se quiera realizar en los diferentes cuerpos de agua. Entre ellos están, los indicadores físicos químicos; tales como: temperatura, pH, densidad, oxígeno disuelto, salinidad y varios más. Estos indicadores son la forma más elemental de analizar posibles alteraciones en la composición elemental debido a cambios ambientales (Mogollón et al., 1993). Otros indicadores permiten determinar el grado de contaminación orgánica y química de procesos naturales o externos.

El presente análisis se enfoca en el indicador de metales pesados para agua marina. Dicho indicador puede detectar la presencia elevada de metales pesados, como Cadmio, Zinc, Mercurio, Plomo, Cromo, Arsénico por mencionar algunos. La exposición prolongada a metales pesados compromete la salud humana y de las especies presentes en el agua de mar (Reyes et al., 2016). Y, ya que los metales pesados no se biodegradan ni por procesos naturales o artificiales, lo más probable es que ingresen a los organismos vivos (Londoño et al., 2016). Las afectaciones a la salud, dependiendo del tipo de metal, pueden enfermar a los órganos, sistemas inmunológico, nervioso, digestivo y reproductivo, principalmente a las especies más vulnerables (Waisberg, 2003). Por lo resulta muy importante estudiar la posible presencia de metales pesados y determinar sus niveles de contaminación.

### **Estudios de calidad de agua en Galápagos**

El monitoreo de la calidad del agua forma parte de las evaluaciones ambientales (Márquez et al., 2017). Los criterios de calidad de agua permiten identificar si se encuentra en rangos permisibles para la “preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios” (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015). En Galápagos se han desarrollado algunos estudios para evaluar la calidad del agua.

El Reporte del Parque Nacional Galápagos 2009-2010 expone que los monitoreos para la calidad del agua empezaron apenas en el 2005 y dos años después en San Cristóbal e Isabela. Para lograr cumplir los objetivos del reporte, el PNG recibió soporte de la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA) por sus siglas en inglés (López y Rueda, 2009). Los resultados indicaron contaminación para coliformes fecales en el Manzanillo, Colegio San Francisco, Laguna de Ninfas, en Isabela y Santa Cruz respectivamente (López y Rueda, 2009). El único lugar libre de contaminación por coliformes fecales fue la Planta Municipal de San Cristóbal, pero los reservorios de algunos domicilios en esta isla muestran otra situación, en dónde sí se registra contaminación por coliformes fecales (López y Rueda, 2009).

Adicionalmente, el Informe Galápagos 2013-2014 “Monitoreo de indicadores ambientales en la Isla Isabela para prevenir y reducir la contaminación” detectó que el sitio “El Embarcadero”, único muelle de Isabela, presenta datos por encima del límite aceptable para algunos metales mayores como: mercurio, aluminio y cobre (Martin, Haerdter, Poehlmann y Valdés et al., 2015). “El Embarcadero” se utiliza para la limpieza y mantenimiento de los vehículos marítimos.

En el 2015, se realizó el estudio “*Water quality and antibiotics resistance at beaches of the Galápagos Islands*” sus resultados encontraron altas concentraciones de bacterias *Enterococcus* y *Echerichia coli* en las playas cercanas a las desembocaduras de aguas residuales en San Cristóbal. (Overbey et al., 2015). En el 2019 se publicó otro estudio de la situación de agua costera y subterránea en Pelican Bay, Santa Cruz (Mateus et al., 2019). Los resultados indicaron que el agua para uso doméstico y agricultura no es aprovechable debido a la contaminación microbiana, y que los niveles de contaminación han generado problemas de salud como “infecciones parasitarias y gastrointestinales”

(Liu & d'Ozouville 2011 citado en Mateus et al., 2019). A todo esto se le suma, la presión ambiental que ejerce el crecimiento poblacional sobre el ecosistema (Mateus et al., 2019).

A pesar de todo lo antes expuesto, el archipiélago de Galápagos es uno de los lugares mejor conservados y más atractivos, por esa razón es uno de los sitios más requeridos para hacer turismo a nivel mundial. Las aguas que bañan las islas reciben, año tras año, turistas internacionales y nacionales. El registro de ingreso de turistas para el 2019 fue de 271 mil turistas (Parque Nacional Galápagos, 2019). Los sitios de visita cercanos a los lugares poblados de la isla Santa Cruz recibieron más de 400 mil ingresos, por ejemplo “Las Grietas” que tuvo 84.000 visitas. Para la isla San Cristóbal se registran 184 mil visitas en los sitios cercanos a la población. Apenas hace unas décadas atrás era utópico pensar que las islas Galápagos se convertirían en un lugar tan relevante para el turismo local y extranjero. Esta realidad nos plantea algunos escenarios y desafíos que enfrentar a corto y mediano plazo; en términos de calidad de agua específicamente es importante evaluar y monitorear estos sitios cuya demanda turística está creciendo.

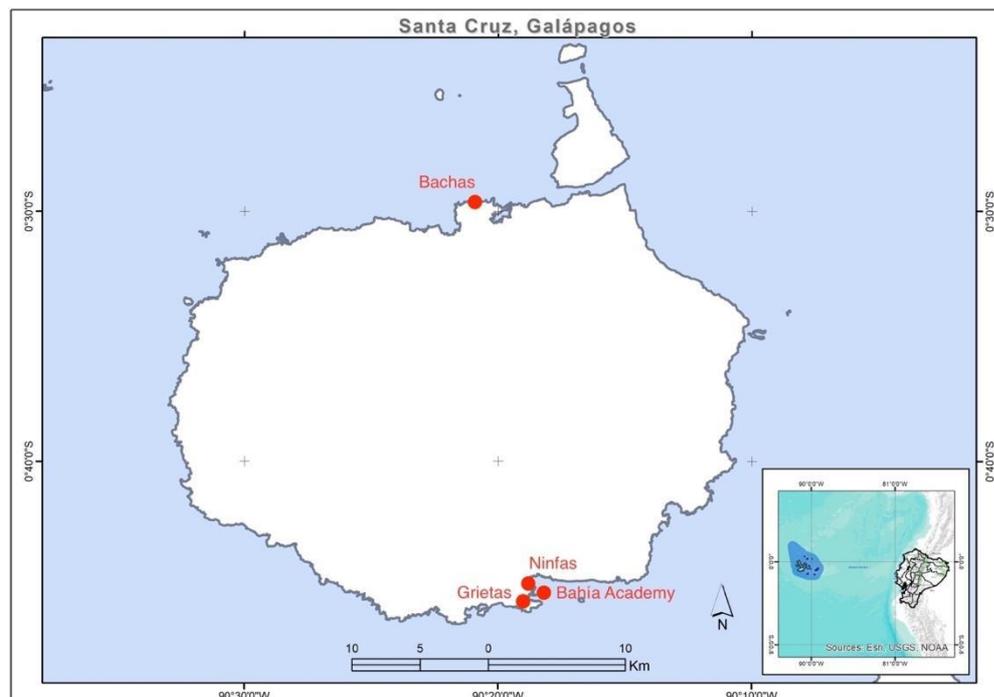
### **Importancia del Estudio**

El estudio de la calidad del agua marina es de interés público. Los estudios anteriores en Galápagos narran escenarios imposibles de obviar, y preocupa la insuficiencia de monitoreos, investigación y proyectos que ayuden a evaluar y mitigar la contaminación en ciertas zonas de los puertos poblados. Es así que los estudios previos se han enfocado en las zonas habitadas y hasta el momento no ha existido una evaluación de indicadores de calidad de agua para sitios de visita cercanos a estos puertos, los mismos que en los últimos años han captado mayor movimiento de embarcaciones por actividades turísticas. Este estudio pretende aportar información relevante al respecto. Este estudio aporta con una línea base de calidad de agua para estos sitios turísticos.

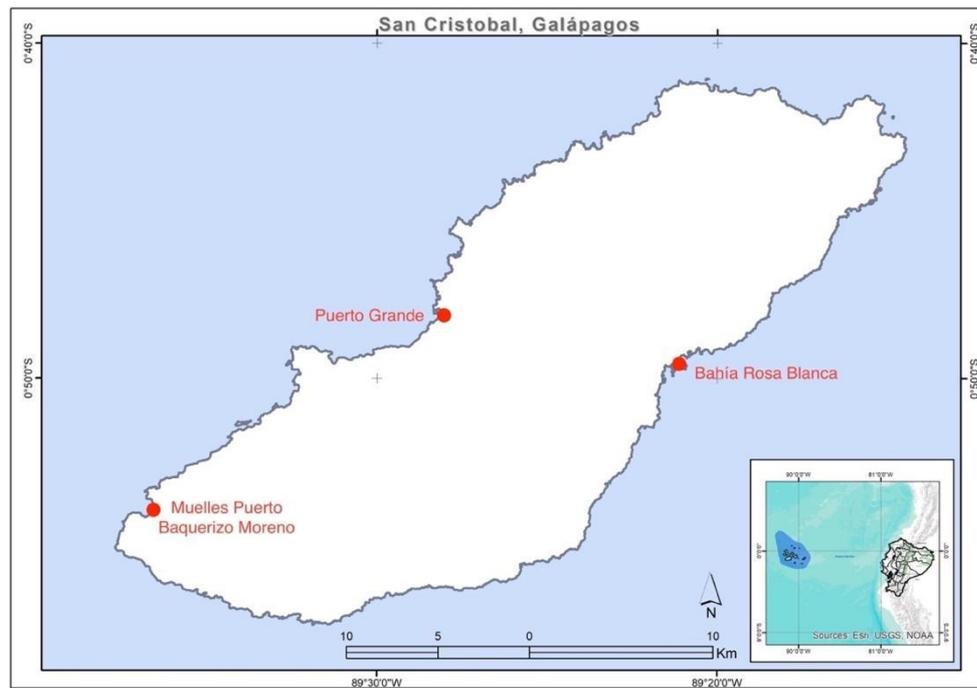
## MÉTODOS

### Área de Estudio

Para el estudio se escogieron sitios de visita cercanos con mayor presencia de tour navegable diario y otros sitios estratégicos en las islas Santa Cruz y San Cristóbal. La priorización de los sitios fue realizada en conjunto con la Dirección del Parque Nacional Galápagos. Para la Isla Santa Cruz, los sitios de visita seleccionados fueron: Ninfas, Grietas y Bachas; el otro sitio seleccionado fue Bahía Academy (mapa 1. NIF, GRI, BACH, BACD). En el caso de la Isla San Cristóbal, los sitios de visita seleccionados fueron: Bahía Rosa Blanca y Puerto Grande; los otros sitios estratégicos fueron: Muelle de Turismo y Muelle de Pescadores (mapa 2. ROB, PG-MAN, PG-PLA, MUT, MUP). Para el caso del sitio de visita Puerto Grande, se identificó dos zonas importantes para el muestreo: el área de playa (PG-PLA) y el área de manglares (PG-MAN) que presentan condiciones distintas ambientales y de uso turístico.



**Mapa 1.** Isla Santa Cruz. Al norte de la isla Bachas, y al sur Ninfas, Grietas, y Bahía Academy.



**Mapa 2.** Isla San Cristóbal con los sitios de vista Puerto Grande (playa y mangle); Bahía Rosa Blanca, y los Muelles de Turismo y Pescadores.

### **Colección y preparación de muestras**

Todas las muestras fueron tomadas de la superficie del agua marina por duplicado para todos los sitios de visita seleccionados. Las muestras se tomaron durante los años 2020 y 2021. Se usaron envases de polietileno, los cuales fueron previamente esterilizados y preparados en el laboratorio. Las muestras colectadas para análisis de metales pesados fueron conservadas a la temperatura de 4 ° C. Posteriormente, las muestras de agua se filtraron y acidificaron usando ácido nítrico diluido a partir de estándares comerciales siguiendo el Protocolo del Laboratorio de Ingeniería Ambiental de la Universidad San Francisco de Quito USFQ (LIA-USFQ MO17, 2020). Las muestras se prepararon hasta conseguir una concentración final del 2%.

### **Análisis de las muestras para detección de metales pesados**

La detección de metales pesados en las muestras de agua colectadas se realizó por Espectrometría de acoplamiento de plasma inductivo (ICP-OES por sus siglas en inglés), usando un equipo Thermo Scientific, modelo iCAP 7400. Los límites de detección y cuantificación se calcularon analizando muestras en blanco con al menos 2 réplicas, añadiendo la media de los valores en blanco con 3 y diez veces la desviación estándar para obtener el límite de detección (LOD) y el límite de cuantificación (LOQ), respectivamente.

### **Evaluación de potencial contaminación por metales pesados**

Los resultados de concentración de metales pesados para los sitios de visita analizados fueron comparados con la normativa ecuatoriana de estándares de calidad de agua marina para identificar si se encuentran bajo límites aceptables. La tabla de descripción para agua marina se encuentra en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente del Ecuador (MAE, 2015). Cabe señalar, que se presentan únicamente los estándares que son de interés para este estudio (Tabla 1) y que la tabla completa se encuentra en la referencia mencionada.

**Tabla 1.** Criterios de calidad de agua para la vida marina y silvestre en aguas dulces, marina y estuarios. Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de efluentes al recurso agua.

ELEMENTO QUÍMICO	ABREVIATURA	CRITERIO DE CALIDAD	UNIDAD
Aluminio	Al	1500	µg/L
Amoníaco	NH3	400	µg/L
Arsénico	As	50	µg/L
Bario	Ba	1000	µg/L
Berilio	Be	1500	µg/L
Boro	B	5000	µg/L
Cadmio	Cd	5	µg/L
Zinc	Zn	15	µg/L
Cobalto	Co	200	µg/L
Cobre	Cu	5	µg/L
Cromo	Cr	50	µg/L
Estaño	Sn	2000	µg/L
Hierro	Fe	300	µg/L
Manganeso	Mn	100	µg/L
Mercurio	Hg	0,1	µg/L
Niquel	Ni	100	µg/L
Plata	Ag	5	µg/L
Plomo	Pb	1	µg/L
Selenio	Se	1	µg/L

## RESULTADOS

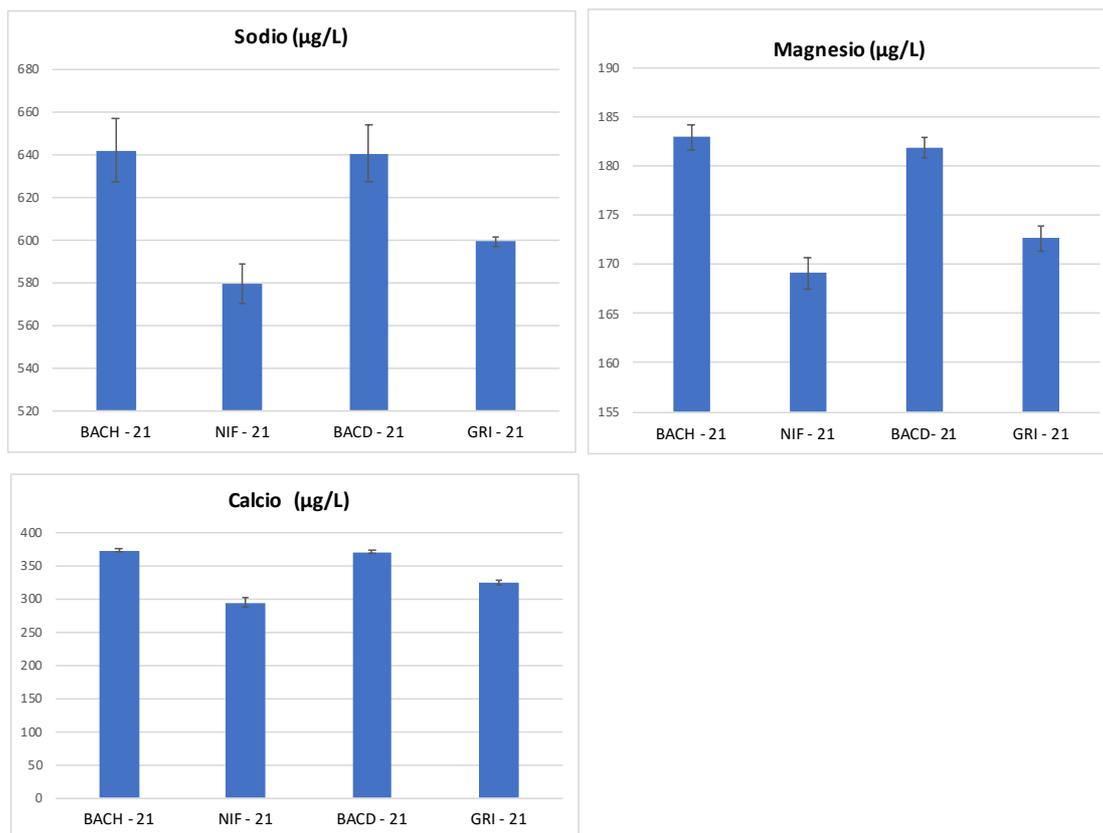
El agua marina está enriquecida por varios elementos químicos. En su mayoría, los elementos químicos no son potenciales peligros, pero en elevadas cantidades se consideran fuente de contaminación. Es por eso que, para identificar cuáles son los elementos que requieren especial atención por sus posibles afectaciones se denominan metales mayores. Mientras que los elementos inherentes al agua marina se ubican como macronutrientes. Los resultados se presentan tomando en cuenta dichas categorías a) macronutrientes y, b) metales mayores.

## Macronutrientes.

Es importante mencionar, que todos los datos presentados son aquellos que pudieron ser cuantificados y detectables. Para los sitios de la isla San Cristóbal se encontraron los siguientes macronutrientes: calcio (Ca), aluminio (Al), magnesio (Mg), potasio (K), sodio (Na), para muestras de los años 2020 y 2021 (Gráfico 1). A diferencia de la isla anterior, las aguas superficiales de todos los sitios de Santa Cruz presentan los siguientes macronutrientes: sodio (Na), magnesio (Mg) y calcio (Ca), estas muestras fueron colectadas para el año 2021 (Gráfico 2).



**Gráfico 1.** Promedio y desviación estándar de concentraciones de macronutrientes en los sitios de estudio de la isla San Cristóbal, años 2020 - 2021. La línea naranja indica el límite aceptable según el estándar de la legislación ambiental ecuatoriana (TULSMA, 2015).



**Gráfico 2.** Promedio y desviación estándar de concentraciones de macronutrientes en los sitios de estudio de la isla Santa Cruz, año 2021.

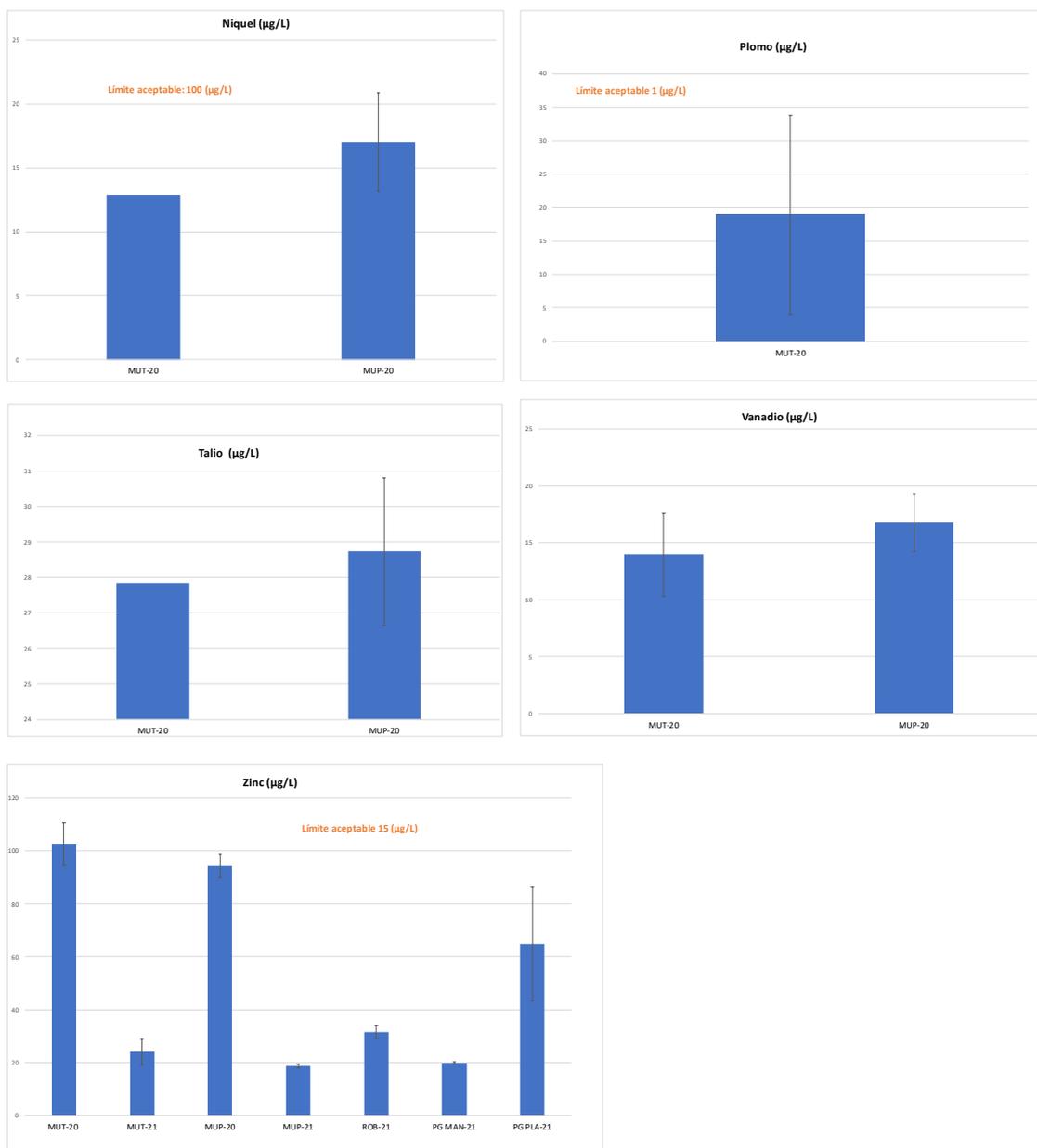
### Metales Mayores.

De la misma manera se presentan sólo los datos que fueron detectables y cuantificables para metales mayores en las dos islas. En los sitios de la isla San Cristóbal no se superan los límites aceptables para los siguientes metales: bario (Ba), cadmio (Cd), níquel (Ni). Sin embargo, los rangos de concentración para cobre (Cu) se supera 22 veces en el muelle de pescadores y 16 veces en el muelle de turismo, ambos en el año 2020. También el plomo (Pb) supera el límite aceptable 19 veces en el muelle de turismo 2020. De la misma manera, se registra altos rangos de concentración para zinc (Zn) superando el límite aceptable en 6.8; 6.3; 4.3 y 2 veces para muelle de turismo, muelle de pescadores año 2020, Puerto Grande playa y Rosa Blanca 2021, respectivamente. La concentración de zinc también se supera en el muelle de turismo año 2021, pero tan sólo de 7 µg/L en relación al año anterior. No se registran límites aceptables para los metales mayores encontrados, como son: manganeso, molibdeno, vanadio y talio (Gráficos 3 y 4).

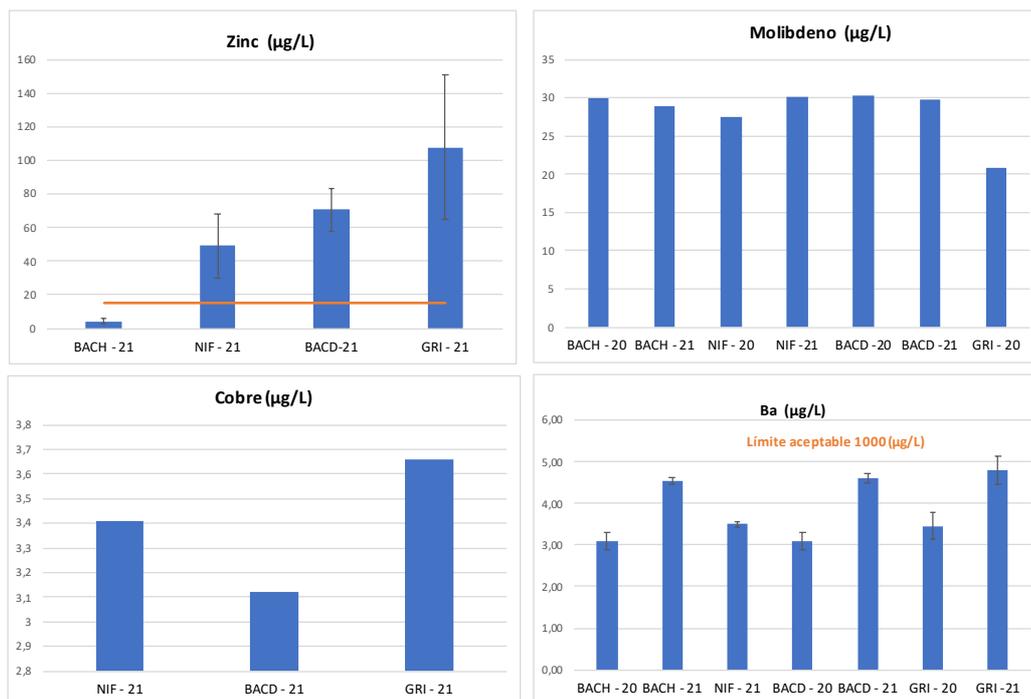
La situación dista en la isla Santa Cruz en donde se registra sólo un rango superior para zinc (Zn). Los datos superan 3.3; 4.6 y 7.3 veces el límite aceptable de este elemento en Ninfas, Bahía Adacemy y Grietas en el 2021, respectivamente (Gráfico 5).



**Gráfico 3.** Promedio y esviación estándar de concentraciones de metales mayores en los sitios de estudio de la isla San Cristóbal. Se indica con la palabra “límite aceptable” el estándar de calidad de la legislación ambiental ecuatoriana (TULSMA, 2015).



**Gráfico 4.** Promedio y esviación estándar de concentraciones de metales mayores en los sitios de estudio de la isla San Cristóbal. Se indica con la palabra “límite aceptable” el estándar de calidad de la legislación ambiental ecuatoriana (TULSMA, 2015).



**Gráfico. 5.** Promedio y desviación estándar de concentración de metales mayores en los sitios de estudio de la isla Santa Cruz, años 2020 – 2021. La línea naranja indica el límite aceptable acorde a la legislación ambiental ecuatoriana (TULSMA, 2015).

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos indican que la calidad del agua en los sitios de estudio se encuentra en buen estado ambiental en función del análisis de presencia de metales pesados. Sin embargo, los muelles de San Cristóbal reflejaron datos sobre el límite aceptable para zinc, cobre, plomo y cromo. Así como algunos datos de zinc y cromo en Rosa Blanca; y zinc en Puerto Grande playa. Para Santa Cruz los sitios Ninfas, Grietas y Bahía Academy superaron el límite aceptable para zinc.

Con todo esto, nos preguntamos, cuáles son las fuentes o rutas de ingreso para los metales pesados. Acorde con algunos estudios, las posibles fuentes de ingreso para metales pesados pueden ser varias: residuos industriales, escorrentía agrícola, desfuegos de crudos, tráfico marítimo, servicios portuarios, limpieza y mantenimiento de embarcaciones (Fu & Wang, 2011 citado en Enguito et al., 2018). Y, ya que, los muelles y sitios de visita estudiados no reciben aguas industriales y mineras, las potenciales causas de presencia de metales pesados podrían ser los servicios portuarios, movimiento marítimo y aguas residuales. Pero lo más evidente es la limpieza y mantenimiento de las embarcaciones en Playa de lo Marinos, San Cristóbal como contaminación directa al agua marina y sus alrededores. De igual manera ocurre con Bahía Academy al tener la presencia permanente de embarcaciones.

Es por esto, que se necesita estudiar parámetros de metales en agua marina tanto en zonas y bahías pobladas como en sitios de vista del Parque Nacional Galápagos. Porque, en definitiva, el crecimiento poblacional, el incremento del turismo y la falta de actualización en los planes y proyectos institucionales permean las frágiles condiciones ambientales de los sitios estudiados, y en general para Galápagos. Mantener en buenas condiciones ambientales el territorio galapagueño depende de todos los sectores, públicos

y privados, academia y sociedad civil en unir sinergias para proteger y conservar el agua marina de las islas.

## **DISCUSIÓN**

Como es bien sabido, el desarrollo antrópico representa un peligro latente para el ambiente en las islas Galápagos, a pesar de sólo ocupar una pequeña porción de todo el territorio. El flujo creciente de turistas (navegables y terrestres) demanda servicios y recursos. No obstante, las islas Galápagos no pueden satisfacer por sí mismas, las demandas que requiere el sector terciario. Es por esto, que muchos de los recursos alimenticios, y de abastecimiento en general, llegan del continente. Y esto, claro está, impacta varios aspectos dentro de lo social, económico, político y ambiental.

Las limitaciones ambientales de las islas se ven comprometidas por estos progresos económicos. Los servicios ecosistémicos que nos ofrece la naturaleza son bienes preciados para toda la vida en Galápagos, y pese a las condiciones extremas para poder vivir, las especies y personas han sabido adaptarse. En cuanto al consumo y acceso de agua es diferente para cada isla. Las Islas Santa Cruz e Isabela utilizan agua desalinizada para el consumo humano y agropecuario. Mientras que San Cristóbal es la única que cuenta con cuerpos de agua dulce para el consumo humano y otras actividades. Es imposible comparar la situación que atraviesan las islas y los retos que enfrentan cada una.

Como se mencionó en la Introducción de este estudio, existen evaluaciones y reportes que identifican algunas falencias compartidas, por ejemplo, la falta de tratamiento de aguas residuales y la desembocadura directa al agua del mar. El estudio de Overbey (2015) expone que las playas de la isla San Cristóbal (Playa Mann, Playa de lo Marinos y Carola) reciben directamente los vertidos de aguas residuales. Los resultados en las muestras de dichas playas superan los límites aceptables para el indicador del

patógeno – *Enterococcus* (Overbey et al., 2015). Otros estudios mencionan que la contaminación por aguas residuales y vertidos sin tratamiento al agua marina, aumentan los índices asociados a la eutrofización y cambios en sus componentes físicos y químicos (Whitehead et al., 2009 y Perkins et al., 2000 citado en Mateus et al., 2019).

Los registros de contaminación presente en el agua marina es un problema de salud pública tanto para los visitantes como para la población local. (Liu y d'Ozouville, 2011 citado en Mateus et al., 2019). Si bien estos estudios han sido importantes para entender las potenciales amenazas de la contaminación del agua para la salud humana y ecosistemas, aún existen muchos vacíos que solo pueden ser completados con investigación científica y monitoreos permanentes.

Por otro lado, los GAD's-Municipales tienen la responsabilidad de actualizar o crear los Planes de Ordenamiento Territorial (PDOT) en función a los cambios que requiera la provincia o parroquia dentro de su administración. Los PDOT son instrumentos técnicos que se encargan del desarrollo local en todas sus dimensiones, por lo que resulta crucial involucrar a todos los cuerpos institucionales. De esta manera se puede promover planes, proyectos o estrategias (Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas, Art. 12., 2019). Los GAD's Municipales al implementar sus PDOT deben gestionar, entre varias cosas, el correcto funcionamiento de los servicios públicos tales como: agua potable, alcantarillado, desechos sólidos, saneamiento ambiental y depuración de aguas residuales. Sin embargo, el cumplimiento y eficaz ejecución de dichos planes no se han cristalizado (Dirección de Parque Nacional Galápagos, 2014). Aún con todos estos avances en materia política y legal, los antagonismos entre conservación y desarrollo social siguen debilitando los ecosistemas sensibles.

Los sectores estratégicos mantienen claras resistencias que responden a intereses institucionales o conservacionistas que retrasan la gestión de los planes de ordenamiento

y manejo (DPNG, 2014). Con todo lo antes mencionado, los nudos críticos institucionales que administran las áreas protegidas y ordenamiento público dejan en desprotección y desatención de los componentes ambientales como el agua marina que nos ocupa en este estudio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas [COPFP]. Art. 12. Registro Oficial Supremo No. 306, de 22 de octubre 2010. Última modificación 6 de mayo de 2019 (Quito, Ecuador).
- Contreras Pérez, J. B., Mendoza Gómez, C. L., & Gómez, A. (2004). Determinación de metales pesados en aguas y sedimentos del Río Haina. *Ciencia y sociedad*.
- Dirección del Parque Nacional Galápagos (2014). Plan de Manejo de las Áreas Protegidas de Galápagos para el Buen Vivir. Puerto Ayora, Galápagos, Ecuador.
- Dirección del Parque Nacional Galápagos (2019). *Informe Anual: Visitantes a la áreas protegidas de Galápagos*. <https://www.galapagos.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/INFORME-ANUAL-DE-VISITANTES-2019.pdf>
- Enguito, M. R. C., Dispo, A. J., Jumawan, K., Mahinay, C., Garvan, E. J., Unsang, D. K., ... & Permano, A. (2018). Analysis of Heavy Metals in Seawater Samples Collected from the Port of Ozamiz, Philippines. *Multidisciplinary Studies*, 32(7), 82-107.
- Gracia-Gasca, A., Gío-Argáez, R., & Caballero, A. G. (2007). El agua marina. *Revista Ciencia. Revista de la Academia Mexicana de Ciencias*, 58(3), 45-54.
- Laboratorio de Ingeniería Ambiental (02 de marzo de 2020). *Procedimiento para la toma de muestras de agua y suelo para análisis físico- químico*. Universidad San Francisco de Quito.
- Londoño-Franco, L. F., Londoño-Muñoz, P. T., & Muñoz-García, F. G. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 145-153.
- López, J., & Rueda, D. (2009). Water quality monitoring system in Santa Cruz, San Cristóbal, and Isabela. Galapagos report, 2010.
- MAE. Acuerdo 097-A, Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua; MAE: Quito, Ecuador, 2015
- Martin, M., Haerdtter, U., Poehlmann, H., & Valdés, A. (2015). Monitoreo de indicadores ambientales en la isla Isabela para prevenir y reducir las fuentes de contaminación. *Informe Galápagos, 2013–2014*, 40-445.
- Mateus, C., Guerrero, C. A., Quezada, G., Lara, D., & Ochoa-Herrera, V. (2019). An integrated approach for evaluating water quality between 2007–2015 in Santa Cruz Island in the Galapagos Archipelago. *Water*, 11(5), 937.
- Ministerio de Turismo Observatorio de Turismo de Galápagos. Available online: <https://www.observatoriogalapagos.gob.ec/> (accessed on 1 April 2019).
- Ministerio para la Transición Ecológica y el reto Demográfico. (s.f.). *CARBONO ORGÁNICO TOTAL (COT)(COMO C TOTAL O DQO/3)*. <https://prtr-es.es/Carbono-organico-total-COTComo-C,15663,11,2007.html>
- Mogollón, J., Ramírez, A., García, B., & Bifano, C. (1993). Uso de los parámetros físico-químicos de las aguas fluviales como indicadores de influencias naturales y antrópicas. *Interciencia*, 18(5), 249-254.

- Ordóñez Díaz, M. C., Bravo Realpe, I., & Figueroa Casas, A. (2014). Flujo de Carbono Orgánico Total (COT) en una cuenca andina: caso subcuenca Río Las Piedras. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 13(24), 29-42.
- Overbey, K. Hatcher, S and Stewart, J. (2015). Water quality and antibiotic resistance at beaches of the Galápagos Islands. *Front. Environ. Sci.* 3:64. doi:10.3389/fenvs.2015.00064
- Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Lagos, M. D., & Jimenez, E. E. G. (2016). Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Ingeniería Investigación y Desarrollo: I2+ D*, 16(2), 66-77.
- Waisberg, M., Joseph, P., Hale, B., & Beyersmann, D. (2003). Molecular and cellular mechanisms of cadmium carcinogenesis. *Toxicology*, 192(2-3), 95-117.

## ANEXO A: DATOS DE AGUA MARINA DE SAN CRISTÓBAL- MACRONUTRIENTES.

CÓDIGO INTERNO	CÓDIGO CLIENTE	Fecha muestras	Sitio	Al (µg/L)		Ca (mg/L)		P (µg/L)		K (mg/L)		Mg (mg/L)		Na (mg/L)	
				promedio	st.dev.	promedio	st.dev.	promedio	st.dev.	promedio	st.dev.	promedio	st.dev.	promedio	st.dev.
CD-201004-4611	MT1.0	ju-20	Muelle-Turismo	<LD		408,85	406,05	3,11126984	<LD	103098844	480,2	13035,75	4,53255447	8484,33	143,924514
CD-201004-4612	MT1.0	ju-20	Muelle-Turismo	<LD		408,85		29,75		504,715	14,2188714	13035,75	4,53255447	8484,33	143,924514
CD-201004-4613	GPS48-1220	dic-20	Muelle-Turismo	455,54	384,685			29,75					8484,33	8484,33	143,924514
CD-201004-4614	GPS44-1220	dic-20	Muelle-Turismo	384,17				425,2					8484,33	8484,33	143,924514
CD-201004-4615	GPS27-0321	mar-21	Muelle-Turismo	<LD		358,30		6,74579869	<LD				4,5042702	1008,07	27,9307179
CD-201004-4616	GPS28-0321	mar-21	Muelle-Turismo	<LD		352,22							23,52	873,60	620,03
CD-201004-4617	GPS-037-0421	abr-21	Muelle-Turismo	<LC		385,21		<LD					188,8	638,78	
CD-201004-4618	GPS-038-0421	abr-21	Muelle-Turismo	<LC		364,79		<LD					182,03	600,38	
CD-201004-4619	MP1.0	ju-20	Muelle-Pesca	<LD		432,8		7,6013979	<LD	18465,528	525,54	14,3553084	10422,22	10084,71	236,120076
CD-201004-4620	GPS47-1220	dic-20	Muelle-Pesca	338,87	318,87	7,31353536	427,385	472,01					182,744	10084,71	
CD-201004-4621	GPS48-1220	dic-20	Muelle-Pesca	333,27				2885,29							
CD-201004-4622	GPS31-0321	mar-21	Muelle-Pesca	<LC		357,20		<LD					250,54	3,42846789	848,39
CD-201004-4623	GPS32-0321	mar-21	Muelle-Pesca	<LC		353,27		<LD					207,23	848,39	26,8307536
CD-201004-4624	GPS-040-0421	abr-21	Muelle-Pesca	<LC		374,58		<LD					183,62	586,3	60545
CD-201004-4625	GPS-040-0421	abr-21	Muelle-Pesca	<LC		387,68		<LD					188,47	629,79	
CD-201004-4626	GPS25-1220	dic-20	Rosál-lanca	309,38	366,675	85,2700067		23,26		114788789					
CD-201004-4627	GPS26-1220	dic-20	Rosál-lanca	429,87				375,03							
CD-201004-4628	GPS-019-0421	abr-21	Rosál-lanca	<LD		411,84	410,63	1,428057	<LD				189,42	3,1538624	639,83
CD-201004-4629	GPS-020-0421	abr-21	Rosál-lanca	<LD		409,82		<LD					184,84	610,51	634,39
CD-201004-4630	GPS11-1220	dic-20	RS-Mangle	<LC				27,54		4,28509704					
CD-201004-4631	GPS12-1220	dic-20	RS-Mangle	<LC				33,8	30,7						
CD-201004-4632	GPS07-0321	mar-21	RS-Mangle	<LD		383,29		395343401	<LC				28,3	10,7197388	1087,87
CD-201004-4633	GPS08-0321	mar-21	RS-Mangle	<LD		389,97		<LD					27,98	1005,48	
CD-201004-4634	GPS-087-0421	abr-21	RS-Mangle	<LD		454,85		<LD					212,88	888,84	6685,36
CD-201004-4635	GPS-088-0421	abr-21	RS-Mangle	<LD		389,72		<LD					187,60	647,13	
CD-201004-4636	GPS03-0321	mar-21	RS-Playa	<LC				9,2186136	<LD				238,88	4,62833369	107,80
CD-201004-4637	GPS04-0321	mar-21	RS-Playa	<LC		384,30	417,725	<LD					238,20	1052,40	237,30536
CD-201004-4638	GPS-003-0421	abr-21	RS-Playa	<LC		434,28		<LD					211,23	103,54	845,64
CD-201004-4639	GPS-004-0421	abr-21	RS-Playa	<LD		411,29		<LD					204,64	877,84	

## ANEXO B: DATOS DE AGUA MARINA DE SAN CRISTÓBAL – METALES MAYORES.

CÓDIGO INTERNO	CÓDIGO CLIENTE	Fecha muestras	Sitio	Fe (µg/L)		Cd (µg/L)		Cr (µg/L)		Cu (µg/L)		Mn (µg/L)		Mo (µg/L)		
				promedio	st.dev.	promedio	st.dev.	promedio	st.dev.	promedio	st.dev.	promedio	st.dev.	promedio	st.dev.	
CD-201004-4611	MT1.0	ju-20	Muelle-Turismo	<LD		4,09414826	<LD	0,60104076	<LD	0,3676553	<LD	1,08894444	<LD	0,5939697	<LC	3,40825469
CD-201004-4612	MT1.0	ju-20	Muelle-Turismo	<LD												
CD-201004-4613	GPS48-1220	dic-20	Muelle-Turismo	38,21	15,315		2,745	5,22	7,664	75,61	4,75	5,17	37,75		35,34	
CD-201004-4614	GPS48-1220	dic-20	Muelle-Turismo	12,47				5,74	77,98			5,17	719,7			
CD-201004-4615	GPS27-0321	mar-21	Muelle-Turismo	<LD				<LD				4,53962594	<LD		0,84145707	
CD-201004-4616	GPS28-0321	mar-21	Muelle-Turismo	<LD				<LD				<LD	<LD			
CD-201004-4617	GPS-037-0421	abr-21	Muelle-Turismo	4,72	4,775			<LD				<LC				
CD-201004-4618	GPS-038-0421	abr-21	Muelle-Turismo	4,83				10,27	7,01			0,82	28,61	274,35		
CD-201004-4619	MP1.0	ju-20	Muelle-Pesca	<LD		57,9261875		<LD				22,5001378	<LD	0,18884776	<LC	2,58801082
CD-201004-4620	GPS47-1220	dic-20	Muelle-Pesca	<LD				<LD				<LD	<LD			
CD-201004-4621	GPS48-1220	dic-20	Muelle-Pesca	10,87	51,43		2,6	4,87	85,07	110,38		5,79	72,84			
CD-201004-4622	GPS48-1220	dic-20	Muelle-Pesca	92,39				4,87	1,988			4,87	5,8	33,97		
CD-201004-4623	GPS31-0321	mar-21	Muelle-Pesca	<LD		0,0636961		<LD				<LD	<LD		1,4785317	
CD-201004-4624	GPS32-0321	mar-21	Muelle-Pesca	<LD				<LD				<LD	<LD			
CD-201004-4625	GPS-040-0421	abr-21	Muelle-Pesca	4,54	4,435			<LD				<LD	<LD		26,94	
CD-201004-4626	GPS25-1220	dic-20	Rosál-lanca	59,87		27,652961	0,86	1,12429978	283	4,3	4,3	88,707269	6,07	1,4074249	27,19	
CD-201004-4627	GPS26-1220	dic-20	Rosál-lanca	17,28	36,975		1,475	9,41	6,12	4,65276262	1742,1		8,08	30,47	1,38259117	
CD-201004-4628	GPS-019-0421	abr-21	Rosál-lanca	4,26		0,31819805	<LD	<LD				<LC	<LC	28,22		
CD-201004-4629	GPS-020-0421	abr-21	Rosál-lanca	4,73	4,505			<LC				<LC	<LC	27,37	28,4625	
CD-201004-4630	GPS11-1220	dic-20	RS-Mangle	1,83		0,1202815	<LD	<LD				<LD	<LD			
CD-201004-4631	GPS12-1220	dic-20	RS-Mangle	7	1,915			<LD				<LD	<LD			
CD-201004-4632	GPS07-0321	mar-21	RS-Mangle	<LD		0,5235302	<LD	<LD				<LD	<LD		0,3635338	
CD-201004-4633	GPS08-0321	mar-21	RS-Mangle	<LD				<LD				<LD	<LD			
CD-201004-4634	GPS-087-0421	abr-21	RS-Mangle	4,82	4,55			<LC				<LC	<LC	28		
CD-201004-4635	GPS-088-0421	abr-21	RS-Mangle	4,88				<LC				<LC	<LC	285	26,25	
CD-201004-4636	GPS03-0321	mar-21	RS-Playa	<LD		0,13038689	<LD	<LD		2,44		<LC	<LC			
CD-201004-4637	GPS04-0321	mar-21	RS-Playa	<LD				<LD				<LD	<LD		1,5202786	
CD-201004-4638	GPS04-0321	mar-21	RS-Playa	<LD				<LD				<LD	<LD			
CD-201004-4639	GPS-003-0421	abr-21	RS-Playa	4,38	4,485			<LC				0,87	29,01			
CD-201004-4640	GPS-004-0421	abr-21	RS-Playa	4,82				<LD				<LC	<LC	28,2	27,08	

CÓDIGO INTERNO	CÓDIGO CLIENTE	Fecha muestras	Sitio	Ni (µg/L)		Pb (µg/L)		Ti (µg/L)		Zn (µg/L)		V (µg/L)		
				promedio	st.dev.	promedio	st.dev.	promedio	st.dev.	promedio	st.dev.	promedio	st.dev.	
CD-201004-4631	MT1.0	ju-20	Muelle-Turismo	<LD		3,85373196	<LD			2,07889294	<LD	7,94788022	<LD	3,65574206
CD-201004-4632	MT1.0	ju-20	Muelle-Turismo	<LD										
CD-201004-4633	GPS48-1220	dic-20	Muelle-Turismo	15,59	12,865			28,71				1,957	11,37	
CD-201004-4634	GPS44-1220	dic-20	Muelle-Turismo	18,14				26,37	27,84			9,786	16,54	13,955
CD-201004-4635	GPS27-0321	mar-21	Muelle-Turismo	<LD				<LD					4,82246825	
CD-201004-4636	GPS28-0321	mar-21	Muelle-Turismo	<LD				<LD					<LD	
CD-201004-4637	GPS-037-0421	abr-21	Muelle-Turismo	<LC				<LD					20,61	
CD-201004-4638	GPS-038-0421	abr-21	Muelle-Turismo	<LC				<LD					27,43	24,02
CD-201004-4639	MP1.0	ju-20	Muelle-Pesca	<LD		7,24784451		14,8945977		1,07480231	<LD		4,37699098	<LD
CD-201004-4640	MP1.0	ju-20	Muelle-Pesca	<LD				<LD					<LD	
CD-201004-4641	GPS47-1220	dic-20	Muelle-Pesca	11,88	17,005			29,49					9,762	16,97
CD-201004-4642	GPS48-1220	dic-20	Muelle-Pesca	22,13				8,39	18,915				91,43	94,525
CD-201004-4643	GPS31-0321	mar-21	Muelle-Pesca	<LD				<LD					<LC	
CD-201004-4644	GPS32-0321	mar-21	Muelle-Pesca	<LD				<LD					<LC	
CD-201004-4645	GPS-041-0421	abr-21	Muelle-Pesca	<LC				<LD	</					

### ANEXO C: DATOS DE AGUA MARINA DE SANTA CRUZ- MACRONUTRIENTES

CÓDIGO INTERNO	CÓDIGO CLIENTE	Fecha muestras	Sitio	Ca (mg/L)		Mg (mg/L)			Na (mg/L)			
				promedio	st.dv.	Promedio	promedio	st.dv.	Promedio	promedio	st.dv.	
CD-210605-AG5	GPS-077-0421	abr-21	Bachas	373,98	372,35	2,30516811	181,99	182,915	1,30814755	631,18	641,76	14,96
CD-210605-AG5	GPS-078-0421	abr-21	Bachas	370,72		183,84	652,33					
CD-210605-AG4	GPS-065-0421	abr-21	Ninfas	298,38	293,695	6,62559054	170,2	169,09	1,56977705	573,10	579,66	9,28
CD-210605-AG4	GPS-066-0421	abr-21	Ninfas	289,01		167,98	586,22					
CD-210605-AG5	GPS-073-0421	abr-21	Bacademy	367,99	369,675	2,38294985	181,04	181,765	1,02530483	649,85	640,38	13,40
CD-210605-AG5	GPS-074-0421	abr-21	Bacademy	371,36		182,49	630,90					
CD-210605-AG4	GPS-069-0421	abr-21	Grietas	325,89	323,415	3,50017857	173,55	172,61	1,32936075	597,60	599,10	2,11
CD-210605-AG4	GPS-070-0421	abr-21	Grietas	320,94		171,67	600,59					

### ANEXO D: DATOS DE AGUA MARINA DE SANTA CRUZ – METALES MAYORES

CÓDIGO INTERNO	CÓDIGO CLIENTE	Fecha muestras	Sitio	Ba (µg/L)		Cu (µg/L)		Mo (µg/L)		Zn (µg/L)		
				promedio	st.dv.	promedio	st.dv.	promedio	st.dv.	promedio	st.dv.	
CD-200602-AG6	GPS-0008-0520	may-20	Bachar	2,95	3,10	0,21420432	<LD	31,06	29,97	1,54648912	<LD	
CD-200602-AG7	GPS-0009-0520	may-20	Bachar	3,25		<LD	28,88					
CD-210605-AG5	GPS-077-0421	abr-21	Bachas	4,47	4,53	0,07778175	<LD	27,53	28,82	1,81726443	3,16	4,255
CD-210605-AG5	GPS-078-0421	abr-21	Bachas	4,58		<LC	30,10	5,35				
CD-200602-AG11	GPS-0013-0520	may-20	Ninfas	<LQ		<LD		18,30	18,76	0,66009645	<LD	
CD-200602-AG11	GPS-0015-0520	may-20	Ninfas	<LQ		<LD		19,23				
CD-210605-AG4	GPS-065-0421	abr-21	Ninfas	3,45	3,50	0,06363961	2,96	3,41	20,93	0,6363961	<LC	49,3
CD-210605-AG4	GPS-066-0421	abr-21	Ninfas	3,54		3,86	20,93					
CD-200602-AG11	GPS-0020-0520	may-20	Bacademy	3,25	3,10	0,21612798	<LD	29,49	30,23	1,05085029	<LD	
CD-200602-AG11	GPS-0023-0520	may-20	Bacademy	2,94		<LD	30,98					
CD-210605-AG5	GPS-073-0421	abr-21	Bacademy	4,51	4,60	0,12020815	2,87	3,12	29,71	0,26870058	61,49	70,63
CD-210605-AG5	GPS-074-0421	abr-21	Bacademy	4,68		3,37	29,90	79,81				
CD-200602-AG21	GPS-0032-0520	may-20	Grietas	3,68	3,45	0,32364569	<LD	21,50	20,82	0,9695341	<LD	
CD-200602-AG21	GPS-0033-0520	may-20	Grietas	3,23		<LD	20,13					
CD-210605-AG4	GPS-069-0421	abr-21	Grietas	5,05	4,805	0,34648232	4,96	3,66	1,83847763	<LC	138,06	43,0557319
CD-210605-AG4	GPS-070-0421	abr-21	Grietas	4,56		2,36	<LC	77,17				