



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL**

CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA

TRABAJO EXPERIMENTAL

**EVALUACIÓN INTEGRAL DE LA CALIDAD AMBIENTAL Y
TOLERANCIAS FÚNGICAS A DIFERENTES CONCENTRACIONES DE
METALES PESADOS (CD, PB Y CR) EN EL SEDIMENTO MARINO DEL
PUERTO EL MORRO**

*Trabajo de titulación previo a la obtención
del título de Ingeniero en Biotecnología*

AUTORES:

FERNANDO DAVID ARCOS ALDAZ

PAULO SEBASTIÁN KUONTAY JAIME

TUTOR:

MSc. JOFFRE RICARDO MEDINA VILLAVICENCIO

GUAYAQUIL - ECUADOR

2024

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Nosotros, Fernando David Arcos Aldaz con documento de identificación No 0957049729 y Paulo Sebastián Kuontay Jaime con documento de identificación No. 0704619519; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 29 de febrero del año 2024.

Atentamente,



Fernando David Arcos Aldaz

C.I. 0957049729



Paulo Sebastián Kuontay Jaime

C.I. 0704619519

**CERTIFICADO DE SESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Fernando David Arcos Aldaz con documento de identificación No. 0957049729 y Paulo Sebastián Kuontay Jaime con documento de identificación No. 0704619519, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud que somos autores del Trabajo Experimental: “EVALUACIÓN INTEGRAL DE LA CALIDAD AMBIENTAL Y TOLERANCIAS FÚNGICAS A DIFERENTES CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS (CD, PB Y CR) EN EL SEDIMENTO MARINO DEL PUERTO EL MORRO”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.


Guayaquil 29 de febrero del año 2024.

Atentamente,



Fernando David Arcos Aldaz

C.I. 0957049729



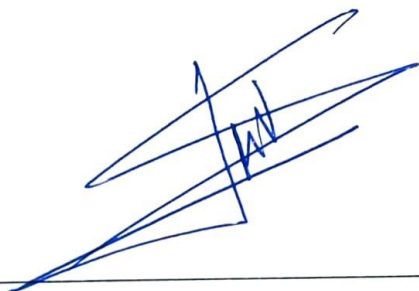
Paulo Sebastián Kuontay Jaime

C.I. 0704619519

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Joffre Ricardo Medina Villavicencio con documento de identificación No. 0917305146, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **EVALUACIÓN INTEGRAL DE LA CALIDAD AMBIENTAL Y TOLERANCIAS FÚNGICAS A DIFERENTES CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS (CD, PB Y CR) EN EL SEDIMENTO MARINO DEL PUERTO EL MORRO**, realizado por Fernando David Arcos Aldaz con documento de identificación No. 0957049729, y por Paulo Sebastián Kuontay Jaime con documento de identificación No. 0704619519, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Trabajo Experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 29 de febrero del año 2024.



Ing. Joffre Ricardo Medina

C.I.0917305146

DEDICATORIA.

Dedico mi tesis a mi Madre Carmen por siempre estar ahí para mí, por su cariño y comprensión, a mi padre Luis todo su amor, apoyo y atención y a mi hermanito Diego, que siempre han estado conmigo y sé que sin importar cualquier cosa que me pase siempre podré contar con ellos, son el pilar y la base fundamental de mi vida. En segundo lugar, a mis familiares, amigos y a toda la gente que ha creído en mí, dándome su apoyo incondicional y motivándome a siempre mejorar y seguir adelante.

Esta tesis es para ustedes al igual que mis futuros logros.

Fernando David Arcos Aldaz

Dedico con mi corazón y alma mi tesis a mi madre, que con su bendición diaria me ha protegido, guiado y amado de manera única, quien con sus consejos y compañía ha formado en mí resiliencia, la cual me ha ayudado a afrontar todas las adversidades. A mis hermanos y tíos, quienes me han acompañado en esta experiencia universitaria, y que, con sus mensajes, apoyo y cariño, han logrado culminar esta etapa de mi vida junto a mí.

IN MEMORIAM.

A ustedes, Chino y Maina, ángeles queridos,

que se me adelantaron, pero sé, que desde arriba

celebran y me acompañan en este logro. Por y para ustedes.

Paulo Sebastián Kuantan Jaime

AGRADECIMIENTO.

Deseo agradecer a toda persona que ha confiado en mi en el transcurso de mi vida profesional. A mis padres, amigos, a mis compañeros de curso que son con los que he pasado todo este proceso Universitario y familiares que han estado para mí en los momentos buenos y malos, a Carla y a Anggie por haber trabajado fuera de su horario para darle atención y asistencia a mi parte experimental, a Douglas, Alison, David, Andrés y Diego por haberme asistido con su conocimiento, a mi tutor de tesis el Ingeniero Joffre por haber sido un gran asesor, por haber sido de gran utilidad con su conocimiento y experiencia para que los resultados hayan sido satisfactorios, a mi mejor amiga Sheylah por su apoyo y amistad sincera; a Martin, Diego y Jorge por haber sido unos grandes amigos que me han apoyado desde el principio. Un agradecimiento especial a mi compañero de tesis Paulo que fue con el que estuve en este proyecto hasta el final, espero lo mejor para él.

Fernando David Arcos Aldaz

El principal agradecimiento a Dios, quien me ha fortalecido con su fe y me ha brindado la sabiduría para lograr culminar mis estudios. A mis padres, quienes, a pesar de las dificultades, nunca dejaron de creer en mí y buscaron la manera de brindarme el estudio; a ustedes hermanos, por ser mis compañeros, a mis sobrinas por enseñarme el significado del amor, y a toda mi familia por ser mi mayor tesoro.

A mi psicóloga, por ser un pilar fundamental en mi vida, quien ha ido construyendo una mejor versión de mí y nunca me ha dejado rendirme, a todas las personas quienes conforman CrossFit Machala, por abrirme sus puertas y hacerme parte de su comunidad, pero sobre todo, por permitirme encontrar un propósito de vida y a quienes les voy a seguir dedicando una parte de mi vida; mis compañeros de aula y profesores, por brindarme su comprensión y enseñanzas, y en especial, a mi

compañero de tesis, Fernando, por ser un amigo en todo el sentido de la palabra, y a todas las personas que han estado y quienes se han ido, pues son parte del aprendizaje y experiencia de la vida.

¡Gracias a ti, pequeño Pauli, por nunca dejar de creer y siempre esforzarte, lo hicimos!

Paulo Sebastián Kuantan Jaime

Resumen

La investigación abarca la evaluación integral de parámetros ambientales de puerto El Morro en 50 muestras de sedimento marino y 50 muestras de agua tomadas en dos profundidades, en base a criterios de establecidos en Ohio EPA Sediment Sampling Guide and Methodologies y el muestreo de sedimentos del fondo de ríos, lagos y zonas estuarinas, ISO 5667-12. Se determinó la tolerancia de los hongos *Aspergillus spp*, *Penicillium*, *Cunninghamella* y *Paecilomyces* expuestos a dos concentraciones de metales pesados (Cd, Cr, Pb) a 45ppm y 70ppm establecidos por estudios antecedentes que evalúan concentraciones dentro de estos rangos y en base a los límites de la Norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados. Se determinó un índice de salinidad de 2,96 uS/cm, los resultados de la toma de pH fueron de 7,69 para muestras de agua y 7,40 para sedimentos, los valores de TDS fueron de 3,83mg/L, En las pruebas de serie de sólidos se registraron valores específicos para sólidos disueltos (1.95g), sólidos totales (1.41g), sólidos suspendidos (1.01g) y sólidos sedimentales (0,69mg/L). En el test de jarras, la dosis óptima de sulfato de aluminio se determinó en 16mL, lo que indica niveles moderados de contaminación en el punto de extracción. En ion cloruro, se obtuvo una media de 414,49 mg/L que es una cifra regular para un estuario, los índices de conductividad eléctrica tuvieron una media de 49.645 μ S/cm. La prueba ICP-OES encontró la presencia de varios metales en las muestras, como Cu, As, Ni, Pb, Cd y Cr. La mayoría estuvo dentro de los límites normativos, pero se destacó una alta concentración de Cu, superando el valor máximo permitido, indicando una contaminación significativa por este metal.

PALABRAS CLAVE: hongos, biorremediación, metales, análisis medioambiental, meso trófica

Abstract

The research covers the integral evaluation of environmental parameters of Puerto El Morro in 50 marine sediment samples and 50 water samples taken at two depths, based on criteria established in the Ohio EPA Sediment Sampling Guide and Methodologies and the sampling of sediments from the bottom of rivers, lakes and estuarine zones, ISO 5667-12. The tolerance of fungi *Aspergillus spp*, *Penicillium*, *Cunninghamella* and *Paecilomyces* exposed to two concentrations of heavy metals (Cd, Cr, Pb) was determined at 45ppm and 70ppm established by previous studies that evaluate concentrations within these ranges and based on the limits of the Environmental Quality Standard for soil resources and remediation criteria for contaminated soils. A salinity index of 2.96 uS/cm was determined; the pH results were 7.69 for water samples and 7.40 for sediments; the TDS values were 3.83 mg/L. In the solids series tests, specific values were recorded for dissolved solids (1.95g), total solids (1.41g), suspended solids (1.01g), and sediment solids (0.69 mg/L). In the jar test, the optimum dose of aluminum sulfate was determined at 16mL, indicating moderate levels of contamination at the point of extraction. In chloride ion, a mean of 414.49 mg/L was obtained which is a regular figure for an estuary, the electrical conductivity indices had a mean of 49.645 μ S/cm. The ICP-OES test found the presence of several metals in the samples, such as Cu, As, Ni, Pb, Cd and Cr. Most were within the regulatory limits, but a high concentration of Cu stood out, exceeding the maximum allowable value, indicating a significant contamination by this metal.

KEY WORDS: fungi, bioremediation, metals, environmental analysis, meso trophic.

Índice de contenido

| | |
|---|-----------|
| Capítulo I..... | 1 |
| 1 Introducción..... | 1 |
| 1.1 Tema | 1 |
| 1.2 Antecedentes | 1 |
| 1.3 Planteamiento del problema..... | 6 |
| 1.4 Justificación | 7 |
| 1.5 Objetivos..... | 11 |
| 1.5.1 Objetivo general..... | 11 |
| 1.5.2 Objetivos específicos | 11 |
| 1.6 Hipótesis | 11 |
| Capítulo 2..... | 12 |
| 2 Marco Teórico..... | 12 |
| 2.1 Sedimentos marinos..... | 12 |
| 2.2 Comunidad Bentónica..... | 13 |
| 2.3 Actividades Antropogénicas | 15 |
| 2.4 Efectos de la contaminación en comunidades bentónicas | 15 |
| 2.5 Contaminación de sedimentos marinos | 16 |
| 2.6 Hongos marinos | 18 |
| 2.7 <i>Aspergillus spp.</i> | 19 |
| 2.8 <i>Penicillium sp</i> | 20 |
| 2.9 <i>Cunninghamella sp. Y Paecilomyces sp.</i> | 20 |
| 2.10 Bioindicadores de calidad ambiental | 21 |
| 2.11 Análisis microbiológico..... | 22 |
| Capítulo 3..... | 23 |
| 3 Materiales y Métodos | 23 |
| 3.1 Marco Legal..... | 23 |
| 3.2 Diseño experimental | 25 |
| 3.3 Población y Muestra | 25 |
| 3.4 Variables | 26 |
| 3.4.1 Variable dependiente | 26 |
| 3.4.2 Variable independiente | 26 |
| 3.4.3 Procesamiento y análisis de datos..... | 26 |
| 3.5 Procedimientos..... | 27 |
| 3.6 Sedimento Marino..... | 27 |
| 3.6.1 Recolección de muestras de sedimento Marino..... | 27 |

| | | |
|-------------------|---|-----------|
| 3.6.2 | Preparación previa de muestras de sedimento para la digestión ácida | 28 |
| 3.6.3 | Determinación de metales pesados por ICP-OES | 29 |
| 3.7 | Análisis fisicoquímico de las muestras | 31 |
| 3.8 | TDS | 31 |
| 3.8.1 | Procedimiento de uso oficial de para la medición TDS: | 32 |
| 3.9 | pH | 32 |
| 3.9.1 | Conductividad | 33 |
| 3.10 | Aislamiento y aclimatación de microorganismos | 34 |
| 3.11 | Siembra y purificación de colonias de hongos | 34 |
| 3.11.1 | Métodos de cultivo | 36 |
| 3.11.2 | Identificación de taxones de hongos | 36 |
| 3.12 | Muestras de Agua | 37 |
| 3.12.1 | Recolección de muestras de agua | 37 |
| 3.12.2 | Serie de Sólidos | 37 |
| 3.12.3 | Salinidad | 39 |
| 3.12.4 | pH | 40 |
| 3.13 | Conductividad eléctrica | 41 |
| 3.13.1 | Test de Jarras | 41 |
| 3.13.2 | Ion Cloruro | 43 |
| 3.13.3 | Modelo de Cálculos | 45 |
| Capítulo 4 | | 46 |
| 4 | Resultados y discusión | 46 |
| 4.1 | Ubicación de puntos de muestreo | 46 |
| 4.2 | Características de hongos aislados | 48 |
| 4.2.1 | Desarrollo de Taxones de Hongos en metales pesados | 52 |
| 4.3 | Interpretación de Resultados de Toma de Muestras de Agua | 54 |
| 4.4 | ICP-OES | 55 |
| 4.5 | TDS | 57 |
| 4.5.1 | Muestras Superficiales (s): | 59 |
| 4.5.2 | Muestras de Profundidad (p): | 59 |
| 4.5.3 | Comparación entre muestras superficiales y de profundidad: | 60 |
| 4.6 | pH de muestras de agua | 60 |
| 4.6.1 | Muestras Superficiales (s): | 62 |
| 4.6.2 | Muestras de Profundidad (p): | 62 |
| 4.6.3 | Comparación entre muestras superficiales y de profundidad: | 63 |
| 4.7 | pH de muestras de sedimento | 63 |

| | | |
|---|--|----|
| 4.8 | Conductividad..... | 66 |
| 4.8.1 | Muestras Superficiales (s):..... | 68 |
| 4.8.2 | Muestras de Profundidad (p): | 68 |
| 4.9 | Salinidad | 69 |
| 4.9.1 | Muestras Superficiales (s):..... | 71 |
| 4.9.2 | Muestras de Profundidad (p): | 71 |
| 4.9.3 | Comparación entre muestras superficiales y de profundidad: | 72 |
| 4.10 | Serie de Sólidos | 73 |
| 4.10.1 | Sólidos Sedimentales: | 73 |
| 4.10.2 | Sólidos Disueltos (SD): | 74 |
| 4.10.3 | Sólidos Totales (ST): | 74 |
| 4.10.4 | Sólidos Suspendedos (SS): | 74 |
| 4.11 | Test de Jarras | 75 |
| 4.12 | Ion Cloruro..... | 76 |
| Capítulo 5..... | 80 | |
| 5 Conclusiones y Recomendaciones | 80 | |
| 5.1 | Conclusiones | 80 |
| 5.2 | Recomendaciones | 82 |
| Bibliografía | 83 | |

Índice de Figuras

| | |
|-----------------------|-----------|
| Figura 1..... | 4 |
| Figura 2..... | 5 |
| Figura 3..... | 6 |
| Figura 4..... | 38 |
| Figura 5..... | 45 |
| Figura 6..... | 48 |
| Figura 7..... | 57 |
| Figura 10..... | 60 |
| Figura 12..... | 63 |
| Figura 14..... | 66 |
| Figura 15..... | 69 |
| Figura 18..... | 72 |
| Figura 19..... | 75 |
| Figura 21..... | 76 |
| Figura 22..... | 80 |

Índice de Tablas

| | |
|------------------------|----|
| Tabla 1. | 30 |
| Tabla 2. | 35 |
| Tabla 3. | 46 |
| Tabla 4. | 49 |
| Tabla 5 | 50 |
| Tabla 6 | 51 |
| Tabla 7. | 52 |
| Tabla 8. | 55 |
| Tabla 9. | 58 |
| Tabla 10. | 61 |
| Tabla 11. | 64 |
| Tabla 12. | 67 |
| Tabla 13. | 70 |
| Tabla 14. | 73 |
| Tabla 15. | 77 |

Capítulo I

1 Introducción

1.1 Tema

Evaluación integral de la calidad ambiental y tolerancias fúngicas a diferentes concentraciones de metales pesados (Cd, Pb y Cr) en el sedimento marino del Puerto El Morro

1.2 Antecedentes

Investigaciones previas han documentado la presencia de metales pesados en entornos marinos, en especial en sedimentos portuarios. La actividad antropogénica, como la descarga de desechos industriales, puede introducir metales pesados en estos ecosistemas, afectando la calidad ambiental (Villón, 2022).

El estudio de Alexakis, (2021) subraya la importancia de abordar la evaluación de la calidad y contaminación del agua desde una perspectiva integral, que comprenda análisis físicos, químicos y biológicos. Estos autores enfatizan que los parámetros físico-químicos son cruciales para comprender las propiedades de las especies químicas presentes en el agua y su influencia en la vida acuática y la salud humana. Además, destacan la relevancia de los métodos biológicos, los cuales se centran en la observación de las comunidades acuáticas, para determinar el grado de alteración o conservación del ecosistema y para identificar los contaminantes responsables.

Esta integración de enfoques, tal como plantean Samboni et al., proporciona una visión completa del estado del agua, lo que a su vez facilita la toma de decisiones en materia de gestión y conservación. Esta idea se ve respaldada por la postura de Padilla (2019), quien resalta la necesidad de considerar tanto parámetros físicos, químicos y biológicos en la evaluación de la calidad ambiental. Padilla recalca que esta evaluación integral es esencial para comprender la salud y biodiversidad de un ecosistema, así como para identificar las fuentes de contaminación y sus impactos en la biodiversidad marina.

Ambos autores coinciden en la importancia de adoptar un enfoque multidisciplinario en la evaluación ambiental, donde se combinen diferentes herramientas y métodos de análisis para obtener una comprensión más completa y precisa de la calidad del agua y su entorno. Esta sinergia entre los aspectos físicos, químicos y biológicos resulta fundamental para la gestión efectiva y la conservación sostenible de los recursos hídricos y marinos.

El trabajo de Domínguez-Zúñiga (2021) ha revelado la sorprendente capacidad de ciertos hongos, incluyendo especies como *Agaricus sp*, *Chlorophyllum molybdites*, *Coprinellus truncorum*, *Ganoderma sp* y *Podaxis pistillaris*, para tolerar y acumular metales pesados como el Cd, Cu, Pb y Zinc. Esta adaptación fúngica constituye un indicador biológico valioso en la evaluación de la contaminación ambiental, tal como lo sugieren Rojas & Sosa (2019), en particular en lo que respecta a su impacto en los organismos marinos.

Por otro lado, Benito et al. (2003) proponen un enfoque diferente centrado en el análisis multiparamétrico, el cual abarca una serie de técnicas analíticas aplicadas a

muestras de aguas, sedimentos y organismos marinos. Este análisis busca determinar parámetros fisicoquímicos y contaminantes con el fin de evaluar la calidad ambiental marina y costera, así como medir el impacto de las actividades humanas en los ecosistemas marinos. Entre las variables consideradas se encuentran la temperatura, el pH, la salinidad y la transparencia, las cuales desempeñan roles críticos en la composición y funcionalidad de los ecosistemas marinos, como lo señalan Núñez & Cinto (2018).

Ambos enfoques, el estudio detallado de la capacidad de los hongos para acumular metales pesados y el análisis multiparamétrico de la calidad ambiental marina, ofrecen perspectivas complementarias y fundamentales para comprender la complejidad de las interacciones entre los diferentes componentes del ecosistema marino. Estas investigaciones destacan la importancia de abordar la evaluación ambiental desde diversas disciplinas y utilizando una variedad de herramientas analíticas para obtener una comprensión más completa y precisa de la salud de los ecosistemas marinos y su respuesta a las presiones ambientales.

Con referencia a estudios previos, se ha llevado a cabo un análisis de la base de datos Scopus, utilizando las etiquetas de búsqueda "fungi, bioremediation, metals, environmental analysis". Este análisis ha permitido una interpretación detallada de la información pertinente a estudios realizados desde el año 2001 hasta el presente año, 2024.

Figura 1.*Publicaciones por Año*

Documents by year

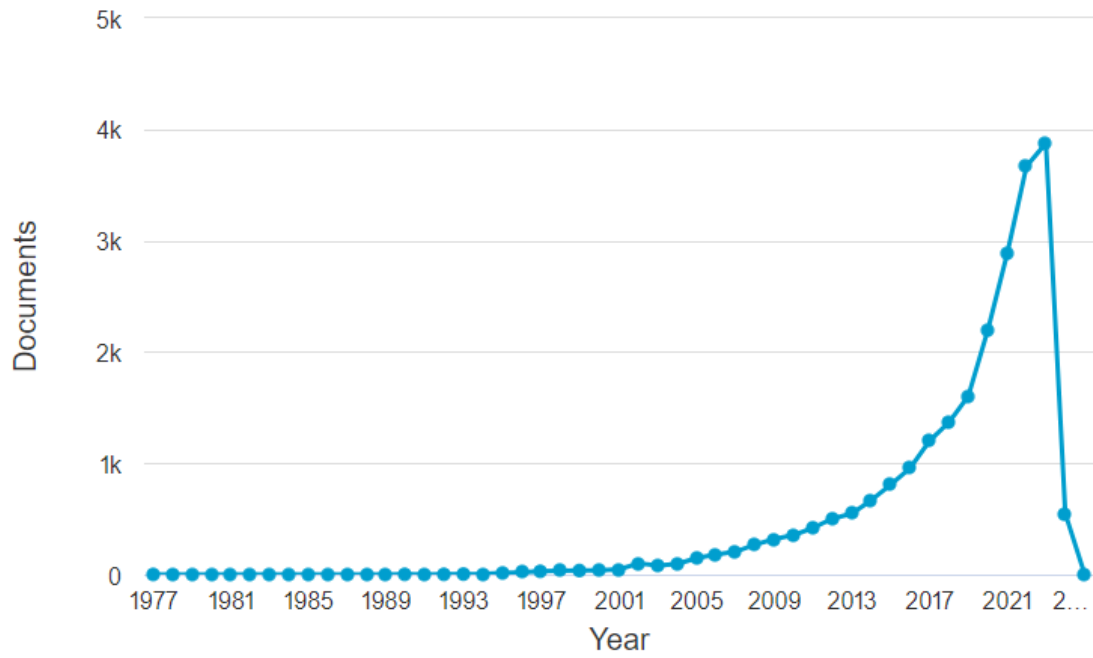
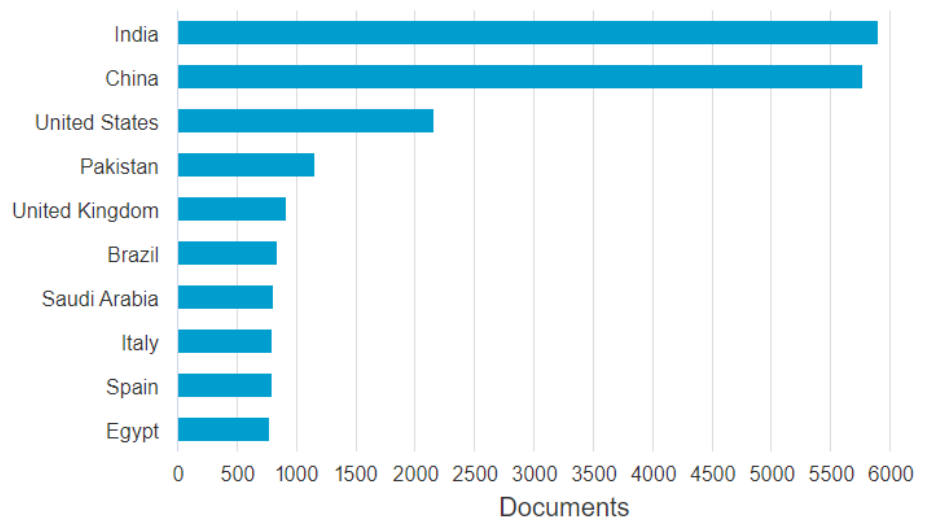
**Tomado de** Base de Datos Scopus (2024).

Figura 2.

Países que más publicaciones realizan

Documents by country or territory

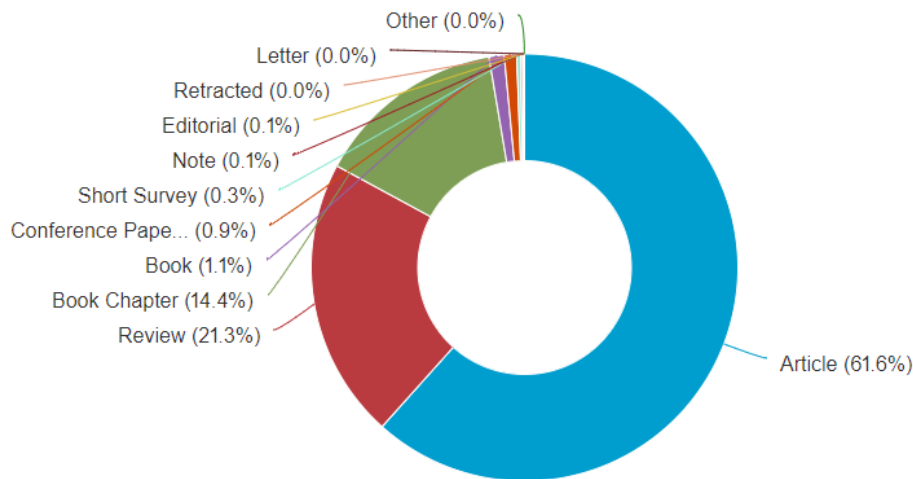
Compare the document counts for up to 15 countries/territories.



Tomado de Base de Datos Scopus (2024).

Figura 3.*Tipos de Documentos*

Documents by type



Nota. Se puede considerar que las mayores publicaciones de este ámbito son artículos, Scopus (2024).

1.3 Planteamiento del problema

En base a un estudio del 2022 por (Mendoza, 2022) existe una problemática debido a la ejecución de alcantarillado sanitario, lo que ha presentado diversas inquietudes entre los pobladores debido a que las aguas negras de esta obra sean evacuadas en las piscinas de extracción del sector, este es un factor preocupante ya que el área de las piscinas recibe el 70% de las aguas de la población y no cuenta con un cerramiento lo que podría inducir a que el sistema colapse (Expreso, 2022).

Asimismo, en el año 2017, el sector de El Morro experimentó problemas significativos derivados de la falta de infraestructuras de alcantarillado, generando graves

problemas de salud para los residentes y afectando la salubridad del área con la presencia de desechos y animales muertos. Muchos habitantes optan por desechar sus residuos en canales de agua, impactando de forma directa a las comunidades betónicas marinas (Orellana, 2017). El crecimiento poblacional del sector también es un factor que puede incurrir a las actividades antropogénicas que contaminen la zona ambiental, según datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), la población de El Morro pasó de 5,019 habitantes en 2010 a 6,502 habitantes en 2022, reflejando un aumento de 1,483 residentes en un periodo de 12 años.

1.4 Justificación

La presente investigación, centrada en la "Evaluación Integral de la Calidad Ambiental y Respuestas Fúngicas a Metales Pesados en el Sedimento Marino del Puerto 'El Morro'", responde a la imperante necesidad de abordar los desafíos ambientales asociados con la contaminación por metales pesados en los ecosistemas marinos. La presencia de metales como Cd, Cr y As en el sedimento marino, y de forma específica en entornos portuarios como el Puerto 'El Morro', plantea un impacto significativo en la salud de estos ecosistemas acuáticos y, por ende, en la salud humana que depende de ellos.

El estudio de Casilla et al. (2017) abordó una evaluación ambiental en la zona costera de Puerto El Morro, priorizando una inspección de campo y la evaluación de evidencias objetivas del proceso. En este contexto, se dio especial relevancia a la capacidad de carga turística y al cumplimiento de la gestión ambiental del área de influencia. El estudio de Navarrete et al. (2019) aplicó diversas técnicas para evaluar la

calidad ambiental en el Golfo de Guayaquil. Realizaron análisis de metales pesados en sedimentos utilizando ICP-EOS, evaluando concentraciones de Cd, Cu, Cr, hierro, manganeso, níquel, Pb y zinc. Se emplearon índices de calidad de sedimentos (ICS) como EF, Igeo, PI y SQI. Además, se analizaron los tejidos de peces con GFAAS, evaluando especies como *Anchoa nasus*, *Cynoscion phoxocephalus*, *Lutjanus guttatus* y *Scomber japonicus*. Se utilizaron índices de calidad de tejidos de peces (ICT) como FHI y HRI para evaluar el riesgo potencial de metales pesados. En conjunto, estas metodologías proporcionaron una evaluación integral de la calidad ambiental en la región. Los estudios concluyeron que el Golfo de Guayaquil está contaminado por metales pesados debido a la actividad humana, como la minería y la agricultura. Los resultados del análisis de sedimentos y tejidos de peces indican que los niveles de metales pesados en el agua y los sedimentos son de alta peligrosidad.

Según el estudio de Paz (2021), Se estimó el comportamiento geoquímico de los metales pesados en el golfo de Guayaquil durante 2019-2021. Utilizando reportes químicos mensuales de muestras de sedimentos de la empresa CGU S.A., se identificaron zonas de acumulación y niveles de contaminación mediante indexación. Se observó acumulación de Cu y Cr en la zona norte, en particular en tres esteros de Guayaquil. El año 2020 mostró el mayor grado de contaminación. Aunque las áreas con mayor acumulación coincidieron con alta carga de contaminación de sedimentos, el riesgo ecológico se mantuvo bajo en todos los períodos. Las posibles fuentes de contaminación se asociaron a la actividad antropogénica de diversos sectores productivos cercanos al golfo.

En base al estudio de Tamayo (2020) sobre hongos marinos lignícolas (HML) en ecosistemas de manglar en Ecuador, se han registrado 29 especies de HML, y en mayor proporción del filo Ascomycota. Estas especies se encuentran en las islas Galápagos, la provincia de Santa Elena y la reserva ecológica Manglares Churute, en el Golfo de Guayaquil. Los HML muestran adaptaciones morfológicas y fisiológicas a las condiciones específicas de los manglares, incluyendo salinidad, temperatura y humedad. Además, presentan una diversidad de metabolitos secundarios con potencial biotecnológico. En base a las investigaciones de Romero & Bustamante (2023), se examinan los efectos de los metales pesados, como Cd, Cr y As, en el ecosistema y la salud humana. Estos metales se acumulan en los sedimentos marinos, afectando la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas bentónicos, hábitat clave para especies marinas de importancia ecológica y económica. Además, pueden ingresar a la cadena trófica, causando efectos tóxicos en organismos superiores, incluyendo a los humanos que consumen productos del mar, generando efectos adversos como náuseas, vómitos, problemas gastrointestinales, alteraciones genéticas y problemas de salud graves.

En el estudio de Altamirano (2022) sobre la diversidad y abundancia de fitoplancton en el Golfo de Guayaquil, realizado por una estudiante de biología marina, se utilizaron parámetros fisicoquímicos, como temperatura y oxígeno disuelto, medidos con un equipo multiparámetro (YSI) en cada estación de muestreo. La recolección de fitoplancton se realizó mediante arrastres verticales y horizontales con una red cónica de 60 μm de poro de malla, y las muestras se preservaron con formalina al 4%. El análisis

del fitoplancton se llevó a cabo mediante la técnica de goteo propuesta por Semina (1978), utilizando índices biológicos como el de Shannon-Weaver y el de equidad de Pielou para estimar diversidad y abundancia. A nivel estadístico, se aplicaron análisis de varianza no paramétricos Kruskal-Wallis, análisis de correspondencia canónica para evaluar la relación entre variables ambientales y abundancia fitoplanctónica, y análisis de escalamiento multidimensional para determinar similitudes entre estaciones y distribución de grupos fitoplanctónicos. Los programas Minitab, R y Canoco se utilizaron en estos análisis.

En el estudio de Troccoli & Prado (2017) sobre el microfitoplancton en la zona sur del golfo de Guayaquil, se realizaron pruebas fisicoquímicas como temperatura, salinidad y oxígeno disuelto con un CTD, además de medir la transparencia con un disco Secchi y un oxímetro portátil. La determinación de nutrientes (nitrito, nitrato, fosfato y silicato) se hizo mediante métodos colorimétricos. El análisis cualitativo y cuantitativo del microfitoplancton se efectuó con cámaras de sedimentación, un microscopio invertido y claves taxonómicas. Se calcularon índices tróficos de Karydis y se aplicaron técnicas de análisis multivariado como ACP, DCA, ADR, MDSAnosim y SIMPER con Statistica 7.0 y PRIMER 6. La conclusión fue que la zona costera es mesotrófica, pero con diferencias notables entre las tres áreas estudiadas, siendo la zona A la más influenciada por actividades humanas, presentando un mayor nivel trófico y menor diversidad de microfitoplancton.

1.5 Objetivos

1.5.1 *Objetivo general*

Efectuar la evaluación de la calidad ambiental y la respuesta fúngica ante la presencia de metales pesados en el sedimento marino del Puerto "El Morro" mediante el empleo de análisis multiparamétricos y la investigación de hongos con tolerancia a Cd, Cr y Pb.

1.5.2 *Objetivos específicos*

- Determinar la capacidad de crecimiento de hongos aislados de muestras ambientales en un cultivo de agar Sabouraud (SDA) con dos niveles de concentraciones variables de metales pesados Cd, Cr y Pb.
- Cuantificar mediante la técnica de ICP-OES la concentración de metales pesados en el sedimento marino de los sectores del Puerto El Morro.
- Evaluar la calidad fisicoquímica de sedimento marino y agua en Puerto El Morro mediante análisis multiparamétricos.

1.6 Hipótesis

Hipótesis nula (H0): No existen diferencias significativas en el crecimiento de los hongos aislados al ser expuestos a diferentes concentraciones de metales pesados (Cd, Cr y Pb) en el cultivo de agar Sabouraud.

Hipótesis alternativa (H1): Existen diferencias significativas en el crecimiento de los hongos aislados al ser expuestos a diferentes concentraciones de metales pesados (Cd, Cr y Pb) en el cultivo de agar Sabouraud.

Capítulo 2

2 Marco Teórico

2.1 Sedimentos marinos

Los sedimentos marinos, constituyentes fundamentales de los lechos oceánicos, exhiben una rica diversidad de características que reflejan su compleja formación. Comprenden fragmentos de rocas, materiales orgánicos y microorganismos, otorgándoles una composición variada que va desde minerales hasta restos de organismos marinos en descomposición. Esta heterogeneidad se manifiesta también en la textura de los sedimentos, que puede oscilar entre fina y gruesa, influenciada por factores como las corrientes oceánicas y la topografía del lecho marino (González et al., 2018).

El hábitat que proporcionan los sedimentos marinos es de vital importancia para la biodiversidad marina. Actúan como refugio para una variedad de organismos, desde pequeños gusanos hasta moluscos, generando microambientes cruciales para su supervivencia. La interacción entre los sedimentos y la vida marina es compleja y dinámica, afectando la distribución y diversidad de especies que dependen de estos sustratos para alimentarse, reproducirse y refugiarse (Ferrández et al., 2018).

Las propiedades de retención de agua de los sedimentos marinos añaden otra dimensión a su importancia ecológica. Esta capacidad de retención tiene impactos significativos en la química del agua circundante, afectando la disponibilidad de nutrientes y creando condiciones óptimas para ciertos organismos marinos. Además, los sedimentos marinos albergan una gran cantidad de microorganismos que desempeñan un papel crucial en los ciclos biogeoquímicos del océano (González et al., 2021).

Desde el punto de vista de las aplicaciones, la investigación sobre sedimentos marinos es esencial para comprender los procesos geológicos, biológicos y químicos en el océano. La exploración de estos depósitos no solo contribuye al conocimiento científico, sino que también tiene implicaciones en áreas como la prospección de recursos minerales y la gestión sostenible de ecosistemas marinos, los sedimentos marinos, con sus características únicas, desempeñan un papel central en la dinámica oceánica y en la sustentabilidad de la vida marina (Viera & Morales, 2020).

2.2 Comunidad bentónica

Una comunidad bentónica es un conjunto de seres vivos que se relaciona con el lecho de un cuerpo de agua, ya sea en entornos marinos, dulceacuícolas o estuarinos. El término "bentónico" proviene del griego "bentos", que significa profundidad. Estas comunidades abarcan diversos grupos biológicos, como animales, plantas, algas, bacterias o protistas (Cuello, 2019).

Algunas características generales que se pueden destacar es que estas comunidades se pueden encontrar sobre la superficie, enterrados en ella o en proximidad, pueden ser sedentarios, sin capacidad de movimiento, o móviles, aunque de manera limitada y en su mayoría, poseen estructuras pesadas como conchas o esqueletos que no requieren flotación.

La zona de puerto el Morro se dedica de forma general a la pesca artesanal por lo que se lleva un registro de ciertas especies como corvina, (*Cynoscion albus*), lisas, (*Mugil curema*), bagres, (*Arius kesslei*), cazón (*Nasolamia velox*), roncadores (*Anisotremus caesius*) además de crustaceos como el cangrejo rojo (*Ucides occidentales*) y conchas

(*Anadara tuberculosa*) .(Jiménez y Bearez, 2004 en Duarte y Soto, 2006). En la entrada del Canal del Morro existe una cuantiosa cantidad poblacional de fragatas (*Fregata magnificens*) y una población importante de delfines buefos (*Tursiops truncatus*). Entre su flora se pueden encontrar especies como Algarrobo (*Ceratonia siliqua*), Muyuyo: *Cordia lutea*, Aromo (*Acacia dealbata*).

La gran influencia que tiene el metabolismo de las comunidades bentónicas sobre el ciclo de nutrientes en general de los ecosistemas costeros de poca profundidad, le da el protagonismo de ser quien mantiene el equilibrio del medio ambiente en estas zonas en específico, ya que la actividad macro fáunica que genera esta comunidad contribuye al flujo de oxígeno y nutrientes que producen un cambio en la porosidad de sumideros temporales, así como enriquecer de materia orgánica los procesos de respiración, excreción y alimentación que generan modificaciones en las propiedades fisicoquímicas del sedimento (Cardenas, 2018).

La comunidad bentónica que existe en puerto el Morro ubicado, en una parroquia rural de la ciudad de Guayaquil es de amplia variedad por lo que sus habitantes en su mayoría pescadores viven de la pesca y recolección de cangrejos o conchas para venta y consumo, haciendo de este procedimiento un diario vivir, la manipulación del hombre en este tipo de ecosistemas ha generado contaminación por desechos de pescadores y camarónicas que están alrededor y envían hacia el río sus residuos (Aguirre, 2019).

2.3 Actividades antropogénicas

El concepto de la palabra antropogénico se refiere a las actividades que provienen o son el resultado de las acciones desarrolladas por humanos, que interactúan con el entorno y lo modifica de cierta manera, la contaminación generada por el ser humano al agua, suelo y aire afectan o perturban el medio ambiente (Mora, 2021).

Puerto el Morro cuenta con un clima tropical su relieve irregular y la asentacion de población a las riberas del estero, constituyen a esta zona en un punto importante y principal de sustento para su población, el 80% de la poblacion del recinto puerto el Morro se dedica a la pesca, artesanal de corvinas, bagres, lisas, roncadores y a la recolección de cangrejos y conchas, asi mismo un ramal de este canal alimenta a varias camaroneras, este el tipo de actividades antropogénicas que contaminan el ecosistema en el que se están desarrollando, al utilizar químicos y procedimientos sin control que tienen los pobladores de estas zonas para recolectar su pesca (Freire, 2021).

2.4 Efectos de la contaminación en comunidades bentónicas

La incidencia de metales pesados encontrados en los sedimentos de diferentes de Ecuador, efluentes de industrias, atentan contra las comunidades biológicas y el ecosistema, según (Herrera, 2021) la estructura y composición de las comunidades bentónicas se puede medir usando parámetros ambientales y la concentración de metales pesados como el Cr, Tb, Cu y Pb, en sedimentos del fondo de un rio contaminado en la ciudad de Cuenca, donde determino que los metales pesados actúan como factores perturbadores, dando una notable diferencia entre el desarrollo de peces de ríos contaminados con diferentes concentraciones presentes en el agua.

Algunos estudios han determinado que los ambientes bentónicos sometidos a estrés por exceso de materiales pesados tienden a tener menos cantidad de peces y menor valor de diversidad o biomasa que un ambiente no estresado.

2.5 Contaminación de sedimentos marinos

La contaminación de sedimentos marinos es un fenómeno grave que afecta los ecosistemas acuáticos y tiene consecuencias significativas para la salud humana y la biodiversidad marina. Este proceso se inicia con la descarga de desechos industriales, aguas residuales urbanas, productos químicos agrícolas y vertidos de petróleo que contienen una variedad de contaminantes. Las causas de la contaminación de sedimentos son diversas, y van desde la actividad industrial hasta la escorrentía urbana y agrícola.

Estos elementos son introducidos al medio ambiente acuático a través de diversas fuentes, contribuyendo al deterioro de la calidad de los sedimentos marinos. Las consecuencias de la contaminación de sedimentos son múltiples desde el punto de vista biotecnológico la exposición a metales pesados en especies marinas ha sido asociada con una serie de impactos biológicos significativos, entre los cuales se destacan el daño oxidativo al ADN, proteínas y lípidos. Los metales, al actuar como pro-oxidantes ambientales, tienen la capacidad de generar especies reactivas de oxígeno, desencadenando así estrés oxidativo a nivel celular. Este fenómeno puede desencadenar una serie de consecuencias adversas, tales como mutaciones genéticas, roturas de cadena, metilación anormal del ADN y alteraciones en la expresión génica.

El daño oxidativo al ADN, proteínas y lípidos es un fenómeno multifacético que puede tener repercusiones graves en la salud y la función biológica de las especies

marinas expuestas a metales pesados. Por ejemplo, las mutaciones genéticas derivadas del daño al ADN pueden alterar la información genética y afectar diversos procesos celulares y fisiológicos.

Además, se ha observado que algunos metales pueden influir en la metilación del ADN, un mecanismo epigenético crucial para la regulación de la actividad génica. Esta alteración puede ocurrir tanto de manera directa como indirecta, modificando el equilibrio de los donantes de grupos metilo o interfiriendo con las enzimas involucradas en el proceso de metilación. Como resultado, se pueden producir cambios significativos en el desarrollo, la diferenciación celular, la respuesta inmune y la carcinogénesis de las especies marinas expuestas.

Otro efecto importante de la exposición a metales pesados es la alteración en la expresión génica. Estos metales tienen la capacidad de interferir con procesos clave como la transcripción, la traducción y la estabilidad de los ARN mensajeros, lo que conduce a cambios en la expresión de genes relacionados con importantes funciones biológicas. Por ejemplo, la respuesta al estrés, la inflamación, el ciclo celular, la apoptosis y la reparación del ADN pueden verse comprometidos debido a la interferencia de los metales pesados en estos procesos fundamentales. Los organismos bentónicos, como moluscos y crustáceos, absorben contaminantes a través de su proceso de alimentación, la biotecnología se encarga de analizar la biodegradación de compuestos contaminantes que pueden afectar el equilibrio de un ecosistema, identifica la actividad metabólica de los microorganismos presentes en ecosistemas naturales, con el fin de disminuir el impacto contaminante y manejarlo de manera adecuada (Alvarez, 2020).

Los contaminantes pueden acumularse a lo largo de la cadena alimentaria, afectando a los organismos marinos más grandes y a los humanos que consumen productos marinos contaminados (Rosas et al., 2023).

Los mecanismos de mitigación involucran la reducción de vertidos contaminantes, la implementación de tecnologías más limpias en la industria y la mejora de las infraestructuras de tratamiento de aguas residuales. La restauración de hábitats afectados y la aplicación de enfoques de gestión integrada también son clave para mitigar los impactos (Hernández et al., 2019).

Así mismo, la contaminación de sedimentos marinos es un problema complejo con ramificaciones extensas. La comprensión de sus causas, consecuencias y la implementación de medidas de mitigación son esenciales para preservar la salud de los ecosistemas marinos como diferentes especies de pescados, cangrejos y conchas, analizando la calidad de vida de las comunidades humanas que dependen de forma económica de estos entornos (Álvarez et al., 2019).

2.6 Hongos marinos

Los hongos marinos representan una fascinante categoría de organismos que exhiben adaptaciones únicas para sobrevivir en ambientes acuáticos. Caracterizados por su diversidad, estos hongos presentan adaptaciones específicas a su hábitat marino. Su estructura es micelial, y algunas especies forman estructuras especializadas llamadas conidióforos para la reproducción asexual. El hábitat de los hongos marinos abarca desde ambientes intermareales hasta profundidades considerables, y se encuentran asociados con sustratos como madera sumergida, algas, etc (Bustamante & Romero, 2023).

Algunos hongos marinos son conocidos por su capacidad para degradar compuestos orgánicos complejos presentes en estos sustratos, contribuyendo así a los ciclos biogeoquímicos marinos. En cuanto a su alimentación, los hongos marinos obtienen nutrientes a través de la descomposición de materia orgánica y la absorción de nutrientes solubilizados. Al descomponer compuestos recalcitrantes, desempeñan un papel fundamental en el reciclaje de materia orgánica marina (Sánchez et al., 2019).

Sin embargo, los hongos marinos también pueden ser vulnerables a cambios en las condiciones ambientales, como la contaminación del agua y la pérdida de hábitat. La acidificación oceánica y el aumento de las temperaturas pueden afectar de manera negativa su desarrollo y función ecológica, comprometiendo su papel en los procesos biogeoquímicos marinos. A pesar de sus vulnerabilidades, los hongos marinos ofrecen diversas aplicaciones potenciales (Cadavid et al., 2019).

Algunas especies producen compuestos bioactivos con propiedades medicinales, anticancerígenas y antimicrobianas, lo que suscita interés en la investigación farmacéutica y biotecnológica. Asimismo, su capacidad para degradar materia orgánica los convierte en candidatos valiosos para la biorremediación de ambientes marinos contaminados. Varios investigadores indican que los hongos marinos desempeñan un papel importante en la ecología marina, contribuyendo a la descomposición de materia orgánica y ofreciendo posibles aplicaciones beneficiosas para la salud humana y la gestión ambiental (García et al., 2021).

2.7 *Aspergillus spp.*

Es un hongo de tipo filamentoso, que se encuentra en vegetales, materia orgánica en descomposición y alimentos, se encuentra formando hifas septadas de reproducción sexual y asexual, este hongo es termo tolerable ya que puede vivir en temperaturas oscilantes entre 12°C y 57 °, es un contaminante habitual de conductos de ventilación y también se hallan en el polvo (Erazo, 2018).

2.8 *Penicillium sp.*

La *penicillium* es un hongo saprofito perteneciente al filo ascomycota, las colonias macroscópicas de este hongo crecen de manera rápida al principio son de color blanco y luego se van tornando azul verdoso, tonos rosados con reverso amarillo verdoso, presenta hifas hialinas de tipo septadas presentan metulas de forma cilíndrica con paredes lisas, se encuentran en suelos, y alimentos vegetales y compost, la temperatura optima de crecimiento de este hongo es de 20 – 30 °C aunque dependiendo de la especie puede crecer en temperaturas de 7 – 37°C por lo que podría producir la alteración de alimentos refrigerados, también tolera variaciones de pH de 3.5 – 10 (Gimenez, 2018).

2.9 *Cunninghamella sp.* y *Paecilomyces sp.*

La *Cunninghamella* es un hongo del tipo saprofitas que es encuentran en el suelo, restos vegetales y animales, este género de hongos contiene una importancia clínica que puede provocar mucormicosis en pacientes con leucemia, es una especie termo tolerante que puede crecer hasta los 45°C (Vieille, 2019).

La *Paecilomyces* es un hongo del género hematófagos, que mata a los nematodos, este hongo suele ser utilizado como un nematocida biológico, que es utilizado para controlar los nematodos (Santana, 2021).

2.10 Bioindicadores de calidad ambiental

Los bioindicadores de calidad ambiental en medios acuáticos son organismos vivos que proporcionan información valiosa sobre el estado del entorno acuático. Estos indicadores biológicos reflejan las condiciones del agua y los sedimentos, siendo cruciales para evaluar la salud y la calidad de los ecosistemas acuáticos. Entre los bioindicadores más importantes se encuentran los macroinvertebrados bentónicos, como insectos acuáticos, crustáceos y moluscos. Estos organismos son sensibles a cambios en la calidad del agua y su presencia o ausencia, así como su diversidad y abundancia, ofrecen señales claras sobre la salud del ecosistema (Bances, 2019).

La importancia de los bioindicadores radica en su capacidad para detectar alteraciones ambientales antes de que los cambios sean evidentes a través de métodos químicos o físicos. Son indicadores sensibles y tempranos de contaminación, cambios en la disponibilidad de nutrientes y alteraciones en el hábitat acuático. Además, su uso proporciona una evaluación integral de la calidad del agua, considerando aspectos biológicos y ecológicos (Elías et al., 2021).

En sedimentos, los bioindicadores son fundamentales para evaluar la calidad y la contaminación de estos sustratos. Organismos como los oligoquetos y los organismos bentónicos pueden acumular contaminantes, proporcionando información valiosa sobre la presencia y la concentración de sustancias tóxicas en el lecho marino. Este enfoque

integrado, utilizando bioindicadores en sedimentos, permite una evaluación más completa de los impactos ambientales, identificando áreas específicas que requieren atención y medidas de gestión (Pernía et al., 2018).

Según investigaciones, los bioindicadores de calidad ambiental en medios acuáticos desempeñan un papel crucial en la monitorización y preservación de la salud de los ecosistemas acuáticos. Su capacidad para reflejar cambios sutiles en la calidad del agua y los sedimentos los convierte en herramientas valiosas para la toma de decisiones en la gestión ambiental y la conservación de los recursos hídricos (Barraza, 2019).

2.11 Análisis microbiológico

El análisis microbiológico en medios acuáticos, incluyendo sedimentos, desempeña un papel crucial en la evaluación de la calidad del agua y la detección de posibles contaminantes, ya que los microorganismos presentes son indicadores sensibles de la salud ambiental. Estos análisis son esenciales para monitorear la presencia de patógenos, bacterias fecales y otros microorganismos que podrían representar riesgos para la salud humana y la biodiversidad acuática (Peressutti & Zorzoli, 2023).

En ambientes acuáticos, los contaminantes microbiológicos pueden provenir de fuentes diversas, como vertidos de aguas residuales, escorrentía agrícola y efluentes industriales. Los microorganismos, como *Escherichia coli* y enterococos, son analizados para evaluar la contaminación fecal y la posible presencia de agentes patógenos. La detección de estos indicadores microbiológicos proporciona información valiosa sobre la seguridad del agua para actividades recreativas, consumo humano y la preservación de ecosistemas acuáticos (Moreano, 2023).

En el análisis de sedimentos, se evalúa la presencia y concentración de microorganismos asociados, así como su capacidad para degradar contaminantes. Algunos microorganismos presentes en los sedimentos participan en procesos de descomposición de materia orgánica y pueden ser indicadores de la calidad biológica de los sedimentos (Aguirre et al., 2021).

Los métodos analíticos incluyen técnicas de cultivo para la identificación y cuantificación de microorganismos específicos, así como técnicas moleculares como la PCR para detectar material genético de organismos indicadores. Estos análisis son fundamentales para la evaluación de riesgos ambientales y la implementación de medidas de gestión adecuadas, contribuyendo a la preservación de ecosistemas acuáticos saludables y al suministro de agua segura para diversos usos. En resumen, el análisis microbiológico en medios acuáticos y sedimentos es esencial para salvaguardar la salud pública y mantener la integridad ambiental de los ecosistemas acuáticos (Loaiza, 2021).

Capítulo 3

3 Materiales y Métodos

3.1 Marco legal

En el desarrollo de la metodología para el análisis ambiental, se establecieron y siguieron una serie de parámetros legales fundamentales. Entre estos, el **Acuerdo Ministerial 097**, publicado en el Registro Oficial Suplemento 387 el 4 de noviembre de 2015, se erige como un pilar importante. Este acuerdo, enmarcado dentro del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente en Ecuador,

proporciona directrices y regulaciones esenciales para la gestión ambiental, siendo una referencia clave en el diseño de la metodología.

Las normas emanadas por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (**EPA**) también desempeñaron un papel crucial en la metodología, se emplearon normas como el **EPA 3010A**, **EPA 3015A**, **EPA 3050B**, **EPA 3051A** y La normativa china **HJ 832-2017**, las cuales establecen los estándares y procedimientos para el análisis de muestras ambientales. Estas normativas, reconocidas internacionalmente, fueron adoptadas como parte integral de la metodología de análisis.

A nivel nacional, **la NTE INEN 1105:1983** fue un referente fundamental. Esta norma ecuatoriana establece los requisitos para la calidad del agua destinada al consumo humano, proporcionando los parámetros y límites permitidos que guiaron el análisis de muestras acuáticas en el contexto de la investigación.

Además, la **ISO 5667-12:2017** se utilizó como guía para la toma de muestras de aguas superficiales y subterráneas. Esta norma internacional proporciona directrices reconocidas a nivel global para la planificación y ejecución de programas de muestreo, garantizando la precisión y consistencia en el proceso de recolección de datos.

Estos parámetros legales, que incluyen tanto normativas nacionales como internacionales, fueron los pilares sobre los cuales se fundamentó la metodología de análisis ambiental, asegurando así la rigurosidad y validez de los resultados obtenidos en el estudio.

3.2 Diseño experimental

El diseño experimental se enfocó en la evaluación de hipótesis, buscando determinar los niveles óptimos de concentración de Cd, Pb y Cr, así como comprender las respuestas de las especies de hongos *Penicillium* y *Aspergillus* frente a estos metales. La investigación incluyó una evaluación exhaustiva de la presencia de metales en el sedimento marino del puerto El Morro, contribuyendo a una comprensión integral de la calidad ambiental en el ecosistema marino estudiado.

3.3 Población y muestra

La población muestral de la investigación se ha delimitado a sedimentos marinos y muestras de agua que podrían estar expuestas a diversas fuentes de contaminación, como industrias alimentarias, áreas de desembarque y factores poblacionales. Estas fuentes representan entornos potenciales de exposición a distintos metales pesados.

Las muestras de sedimento fueron recolectadas mediante la metodología de Muestreo sistemático (Casal & Mateu, 2003) la cual nos permite elegir el punto de partida de recolección de muestra y condicionar nuestros intervalos que en este caso fueron de 10 metros entre cada muestra, hasta culminar con 50 muestras. Por otro lado, como fue especificado en el estudio de (Cupul-Magaña et al., 2006) las muestras de agua se obtuvieron triangulando la posición de dos puntos seleccionados en el sedimento, y colocando un punto intermedio en el mar a una distancia aproximada de 40 metros entre ambos puntos de referencia.

3.4 Variables

3.4.1 Variable dependiente

La variable dependiente en el presente estudio se define como el nivel de presencia de contaminación en el agua y en el sedimento marino, así como las condiciones óptimas del crecimiento de hongos específicos en medios de cultivo SDA (Sabouraud Dextrose Agar). Este componente es crítico para evaluar la respuesta de las especies de hongos pertenecientes a la familia *Penicillium* y *Aspergillus* ante las condiciones ambientales y la concentración de metales pesados presentes en el entorno marino del puerto El Morro.

3.4.2 Variable independiente

La variable independiente, por otro lado, se define como el nivel de contaminación provocado por metales pesados. Esta variable estará sujeta a parámetros establecidos por los límites permisibles en Ecuador, asegurando que la investigación se ajuste a las normativas ambientales pertinentes.

3.4.3 Procesamiento y análisis de datos

Se utilizaron medidas de tendencia central con el propósito de representar los promedios de cada parámetro evaluado. Asimismo, se implementó un test paramétrico de estadística, para analizar la información recopilada respecto a los niveles de metales presentes en las muestras, tanto antes como después del tratamiento. Este enfoque metodológico riguroso permite realizar comparaciones estadísticas significativas y

evaluar la eficacia del tratamiento en la modificación de los niveles de metales en las muestras analizadas.

3.5 Procedimientos

3.6 Sedimento marino

3.6.1 Recolección de muestras de sedimento Marino

Los puntos de muestreo fueron delimitados considerando las características pertinentes relacionadas con posibles rangos de contaminación, tomando en cuenta factores industriales y zonas turísticas. La estrategia de recolección de muestras se fundamenta en los principios establecidos por Otzen & Manterola (2017).

Para la colecta de muestras de sedimento, se siguieron criterios de establecidos por Taft & Jones (2001) en Ohio EPA Sediment Sampling Guide and Methodologies. Se llevó a cabo la recolección de nuestra muestra a una distancia de 20 metros desde la orilla del manglar el Morro, utilizando la técnica zig-zag con intervalos de 10 metros entre puntos consecutivos. Cada muestra, de aproximadamente 350g, fue preservada a temperatura ambiente. Las coordenadas geográficas precisas de los puntos de muestreo fueron registradas utilizando la herramienta de Google Maps, garantizando una localización exacta y detallada de cada sitio de muestreo en el estudio.

3.6.2 Preparación previa de muestras de sedimento para la digestión ácida

La preparación de muestras de sedimento marino para digestión ácida se llevó a cabo siguiendo las directrices del "Instructivo de Preparación de Suelos y Sedimentos para Análisis" elaborado por Giralda, A. en 2020

Durante el proceso de secado se prepararon 10 bandejas de aluminio identificadas con los datos de las zonas de muestreo. El sedimento marino se distribuyó en estas bandejas, las cuales fueron colocadas en charolas. Se introdujeron en la estufa Memmert UUSS a 110°C durante 3 días para llevar a cabo el proceso de secado. Una vez que han transcurrido los tres días se procede al proceso de molienda, las muestras de sedimento seco se sometieron a trituración y molienda en morteros de porcelana. Esta acción tuvo como objetivo la eliminación de material grueso, incluyendo rocas, basura y plantas, entre otros elementos presentes en las muestras.

Como siguiente parte del procedimiento el material molido se sometió a tamizaje para el cual se utilizó como material un tamiz Pinzuar Granotest ASTM-11 con apertura de 75 µm para llevar a cabo el tamizaje. Con agitación manual, se garantizó la ausencia de material innecesario en las muestras. Después, las muestras tamizadas se almacenaron en fundas ziplock rotuladas y se conservaron a temperatura ambiente para su posterior análisis.

3.6.2.1 Digestión Ácida por Microondas conforme a la Norma EPA 3051

Para llevar a cabo la digestión ácida, se determinó un peso de 0,5 g para cada muestra mediante la balanza analítica. La cantidad resultante se depositó en vasos de

digestión, a los cuales se les añadieron 9 ml de ácido nítrico concentrado libre de metales, junto con 3 ml de ácido clorhídrico concentrado. Es importante destacar que esta operación se desarrolló dentro de una cabina de flujo laminar BIOBASE – BBSH1800.

Los vasos digestores, conteniendo tanto las muestras como el blanco, fueron sellados de forma hermética y dispuestos en el tambor del equipo digestor CEM MARS 6. Se programó el equipo siguiendo las regulaciones de la EPA 3051, estableciendo condiciones de reacción específicas. Estas condiciones incluyeron una temperatura de 175°C durante una rampa de tiempo de 5 minutos y 30 segundos, a una presión de 800 psi, con potencia fluctuante entre 900 y 1800 W, manteniéndose a 175°C durante 4 minutos y 30 segundos sin agitación.

Al concluir el proceso, los vasos digestores fueron permitidos enfriarse en la cabina de flujo laminar. Se llevó a cabo la filtración al vacío de las muestras mediante el uso de la bomba Gast DOA-P704-AA. Finalmente, se procedió al aforado en matraces de 50 ml con ácido nítrico libre de metales al 2%. Las muestras resultantes fueron almacenadas en envases PET de 60 ml a una temperatura constante de 4°C hasta el día del análisis.

3.6.3 Determinación de metales pesados por ICP-OES

Para llevar a cabo el análisis de metales en sedimentos, se implementaron los procedimientos de preparación de muestras recomendados por el manual de técnicas específicas para AAS, ICP-OES e ICP-MS en laboratorios de ensayo regulados. Estas técnicas abarcan la digestión ácida mediante placa caliente o microondas, adaptándose a

las características y matriz de cada muestra. Se utilizó ácido de grado traza o de alta pureza, así como agua ultrapura, con el fin de prevenir cualquier tipo de contaminación en las muestras.

El ajuste del volumen final y la concentración de ácido en las muestras digeridas fue realizado, procediendo a la filtración o centrifugación en caso necesario para eliminar partículas insolubles que pudieran afectar el nebulizador o interferir en la inyección de la muestra en el instrumento. Este enfoque garantiza la confiabilidad y validez de los resultados obtenidos, asegurando la precisión en la determinación de metales en las diversas muestras analizadas.

La fase de determinación de metales pesados comenzó con la preparación y ajuste del equipo ICP-OES Thermo Fisher iCAP 7000 Plus. Se procedió a la elaboración de disoluciones que contenían los estándares correspondientes a trazas de metales como Pb, Cd y Cr, los cuales fueron utilizados para configurar la recta de calibrado. Se registraron secuencias que especificaban la disposición de las muestras en el automuestreador, facilitando así la detección de las cantidades de metal presentes en cada muestra.

Tabla 1.

Comparativa de la presencia de metales en el golfo de guayaquil con los límites para la preservación de vida acuática

| Presencia de metales pesados (ppm) | | |
|---|---|--|
| Metales | Presencia de metales Golfo de Guayaquil (2021) | Normas de calidad del ministerio del ambiente para la vida acuática |
| Cd | 0,004 | 0,01 |

| | | |
|--------|-------|-------|
| Cu | 0,027 | 0,02 |
| Níquel | 0,02 | 0,005 |
| Pb | 0,032 | 0,01 |
| Zinc | 0,07 | 0,018 |

Nota. En la tabla comparativa con datos de la investigación realizada según (Vera, 2021) se analiza la presencia de metales pesados hallados en el golfo de la ciudad de Guayaquil y se los compara con la norma de calidad que el medio ambiente del Ecuador presenta par protección y cuidado del medio ambiente en la vida acuática. De acuerdo con sus datos y experimentaciones en el golfo de Guayaquil se encontró presencia de Cd, Cu inferiores a lo permitido, pero Zinc, Níquel, Pb un poco más elevados de la norma permitida.

3.7 Análisis fisicoquímico de las muestras

La obtención y registro de información relativa a los parámetros fisicoquímicos se llevó a cabo siguiendo las pautas establecidas en los manuales de operación de cada instrumento utilizado.

3.8 TDS

Para la medición de TDS, se empleó el OAKTON PCTSTestr 50™, un medidor de bolsillo diseñado para la cuantificación de sólidos disueltos totales (TDS). Este dispositivo, apto para aplicaciones en acondicionamiento de agua, control ambiental y laboratorio, garantizó la precisión y confiabilidad en la determinación de la

concentración de sólidos disueltos totales en las muestras analizadas en ppm (Sarmiento, 2023).

3.8.1 Procedimiento de uso oficial de para la medición TDS:

Antes de iniciar con el procedimiento se debe calibrar el medidor TDS (Total Dissolved Solids) con una solución estándar de conductividad antes de cada uso, siguiendo las instrucciones del fabricante. A continuación, se llena un recipiente limpio con el agua a medir y dejar que se estabilice a temperatura ambiente. Luego se procede a sumergir el sensor del medidor en el agua, sin tocar el fondo ni las paredes del recipiente. Agitar el medidor para eliminar posibles burbujas de aire o cargas eléctricas.

Se debe esperar a que el medidor muestre una lectura estable (puede tardar hasta 5 segundos, dependiendo de la calidad del agua).se procede anotar el valor de TDS en PPM y la temperatura del agua en °C. Repetir el proceso con otras muestras de agua si se desea comparar los resultados.

3.9 pH

Se efectuó la medición en triplicado de la concentración de Sólidos Totales Disueltos (TDS) utilizando el equipo METTLER TOLEDO SevenCompact pH meter S220. Este análisis se llevó a cabo en suspensiones con una proporción de 20:200 de sedimento a agua, abordando cada punto de muestreo específico del estudio. El procedimiento para seguir según las indicaciones del manual operativo del equipo se describe de la siguiente manera:

Para calibrar el medidor de pH, primero seleccione el canal adecuado utilizando la tecla "Canal" y cambie al modo de visualización uFocus™ presionando la tecla "Read". Luego, en el menú pH/Ion, elija el grupo de soluciones tampón correspondiente y sumerja el sensor en la solución tampón de calibración, presionando la tecla "Cal". Espere a que el medidor reconozca el valor de la solución tampón y muestre el mensaje "Calibración OK". Repita este proceso para cada punto de calibración adicional, utilizando soluciones tampón diferentes cada vez.

Una vez completada la calibración, coloque el sensor en la muestra cuyo pH desea medir y presione la tecla "Read". Espere a que el medidor muestre el valor de pH y la temperatura de la muestra. Finalmente, registre o almacene el resultado de la medición para su posterior análisis o referencia. Este procedimiento garantiza mediciones precisas y confiables del pH en diversas muestras.

3.9.1 Conductividad

La medición de la conductividad de las muestras fue realizada en triplicado mediante el uso del equipo OAKTON PCTSTestr 50™, utilizando suspensiones de sedimento y agua en una proporción de 20:200. Este procedimiento se llevó a cabo con el fin de obtener lecturas precisas y replicables de la conductividad en las muestras analizadas.

A continuación, presenta el procedimiento para la medición de la conductividad, tal como se detalla en el manual oficial del equipo:

Primero se retira el tapón y activa el medidor presionando ON/OFF, a continuación, se sumerge el sensor al menos 30 mm en la solución estándar de calibración, luego con un movimiento suave y presiona CAL/ESC para iniciar el proceso de calibración.

En la pantalla, se visualizará CAL seguido del valor predeterminado, indicando que se encuentra en el modo de calibración, si la lectura se sitúa dentro del rango de calibración de los estándares reconocidos, se mostrará un icono indicando que se ha detectado el valor del estándar de calibración automática, se presiona HOLD para aceptar el estándar de conductividad automático y concluir el proceso de calibración.

3.10 Aislamiento y aclimatación de microorganismos

Para aislar taxones fúngicos a partir del sedimento marino del Golfo de Guayaquil, se llevaron a cabo los siguientes procedimientos en un lapso de 24 horas después de la recolección de las muestras.

3.11 Siembra y purificación de colonias de hongos

Se sembró una alícuota de 1 ml de una suspensión de la muestra madre, preparada para cada punto de muestreo (100 g de sedimento marino disueltos en 900 ml de agua estéril). Estas siembras se realizaron en condiciones estériles, duplicándose en concentraciones de 45 ppm y 70 ppm en medios de cultivo SDA. Estos medios fueron suplementados con los metales pesados en estudio, cada uno a concentraciones de 0,5 ppm. Por último, las cajas sembradas fueron incubadas a 24°C durante 7 días en la incubadora Elos Breed B055N. Este proceso garantizó un ambiente propicio para el desarrollo y aislamiento de taxones fúngicos en las condiciones especificadas (Franz Ruiz et al., 2017).

Los rangos fundamentados para las exposiciones de metal están sustentadas en base a las consideraciones de (Aquise et al.,2019) en su estudio de Biosorción de metales pesados por hongos filamentosos donde determinaron que los hongos tolerantes a metales pesados pueden alcanzar a soportar entre 200ppm y 800ppm y los niveles de concentración fueron establecidos bajo los criterios de los límites permisibles de Cd, Cr y Pb de la Norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados en donde Pb tiene un límite de 25ppm lo cual fue aumentado 1.8 para 45ppm y 2.8 para 70ppm, Cd tiene un límite de 0.5ppm lo cual fue aumentado 90 veces para 45ppm y 140 veces para 70ppm, Cr tiene un límite de 20ppm y fue aumentado 2.25 veces para 45ppm y 3.5 veces para 70ppm.

Tabla 2.

Concentraciones de los metales en los medios de cultivo en concentraciones máxima y mínima

| Metal | Cd | Pb | Cr | Mix (3 metales en partes iguales) | Control |
|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------|--|----------------|
| SDA (concentración mínima) | 45ppm | 45ppm | 45ppm | 45ppm | X |
| SDA (concentración máxima) | 70ppm | 70ppm | 70ppm | 70ppm | X |

Nota. Los metales fueron implementados en los agares por medio de sales metálicas las cuales fueron cromato de potasio (K_2CrO_4), sulfato de Cd ($CdSO_4$) y Nitrato de Pb ($Pb(NO_3)_2$).

3.11.1 Métodos de cultivo

Bajo las consideraciones metodológicas de Calvillo-Medina, R. P (2021). Se inocularon aislados fúngicos en SDA con suplementación de metales pesados e incubaron durante 14 días a $28^\circ C$ para inducir la conidiación (estado pre-crecimiento).

Extraer bloques de agar de micelio fresco desde el borde de la colonia utilizando un punzón estéril de acero inoxidable de 5 mm después del primer período de incubación (estado pre-crecimiento). Este paso se realizó en la campana de seguridad microbiológica.

Se inocularon las placas con diferentes concentraciones de metales pesados y el control en el centro con un tapón por placa e incubar a $28^\circ C$ durante 14 días. Se realizaron dos repeticiones para cada hongo y concentración de metal pesado, así como para los cultivos de control.

3.11.2 Identificación de taxones de hongos

Para la identificación taxonómica de hongos, las muestras de sedimento marino del Golfo de Guayaquil fueron sometidas a un proceso de aislamiento y siembra en condiciones asépticas utilizando medios de cultivo SDA suplementados con metales pesados (Cd, Pb, Cr) además de la gentamicina a concentraciones de 45 ppm y 70 ppm. Durante la incubación a $24^\circ C$ durante 7 días, se realizó una observación detallada de las

colonias, destacando características morfológicas distintivas para diferenciar sus estructuras. Este análisis meticuloso permitió discernir con precisión las especies de hongos presentes, proporcionando información valiosa sobre su respuesta a las condiciones ambientales y a la presencia de metales pesados en el sedimento marino.

3.12 Muestras de Agua

3.12.1 Recolección de muestras de agua

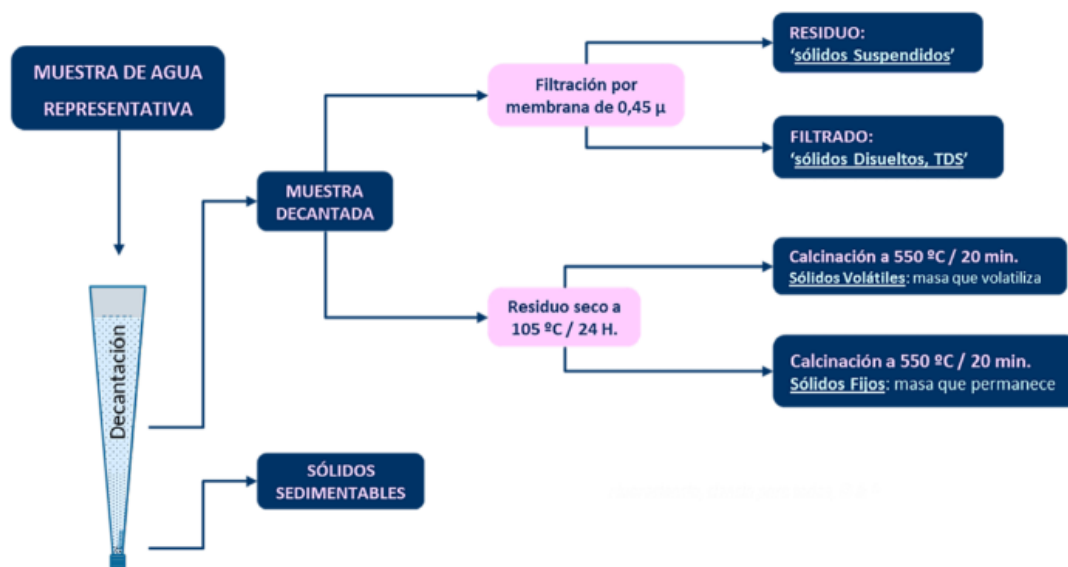
La recolección de muestras de agua fue llevada a cabo mediante los protocolos establecidos del estudio sobre muestreo de sedimentos del fondo de ríos, lagos y zonas estuarinas, ISO 5667-12, tomando en consideración los 25 puntos establecidos y con una botella Van Dorn extraer las muestras puntuales de agua para almacenarlas en galones de 4,6 litros de capacidad.

3.12.2 Serie de sólidos

Como explica Jorge Cárdenas (2022), La serie de sólidos se llevó a cabo para evaluar las fracciones sedimentales, suspendidas, disueltas y volátiles en las muestras de agua. Este análisis implicó la utilización de un cono Imhoff, filtración por membrana y secado mediante una placa calentadora. Durante el proceso, se logró separar y determinar de manera general las diferentes formas de sólidos presentes en las muestras, proporcionando una comprensión más amplia de su composición y calidad.

Figura 4.

Serie de sólidos de una muestra de agua



Tomado de Cárdenas (2005).

3.12.2.1 Procedimiento

Para analizar las muestras, se inicia vertiendo un litro de muestra homogenizada en el cono Imhoff y se deja reposar durante una hora. Se registran los sólidos sedimentables en ml/l en la escala inferior del cono. Luego, se toman 100 ml de la muestra decantada y se evapora y seca a 105 °C durante 24 horas, registrando la diferencia de peso para obtener la concentración de sólidos totales en mg/l.

Para determinar la concentración de sólidos disueltos, se filtran 150 ml de la muestra decantada sobre una membrana de 0,45 µm. Después, se evapora y seca a 105 °C durante 24 horas, y se registra la diferencia de peso para obtener la concentración de sólidos disueltos en mg/l. Restando la concentración de sólidos disueltos de la de

sólidos totales, se obtiene la concentración de sólidos suspendidos en cada litro de muestra.

Luego, se colocan 25 ml de muestra homogenizada en una cápsula de porcelana y se repite el proceso hasta alcanzar el volumen deseado. Después de secar durante 24 horas y enfriar en un desecador con CaCl_2 , se pesa nuevamente para calcular la concentración de sólidos totales. La cápsula se lleva a una mufla precalentada a $550\text{ }^\circ\text{C}$ durante 20 minutos y se enfría. Se pesa otra vez para determinar la pérdida de masa durante la calcinación, expresando el resultado en mg/l como concentración de sólidos volátiles, mientras que la masa remanente se expresa en mg/l como la concentración de sólidos fijos.

3.12.3 Salinidad

La medición de salinidad se llevó a cabo in situ en cada una de las muestras utilizando el multiparámetro OAKTON PCTSTestr 50™. Este dispositivo multiparámetro permitió obtener lecturas precisas de salinidad, asegurando la exactitud y fiabilidad de los resultados obtenidos.

Para configurar el parámetro de medición de salinidad, primero se debe acceder al menú de configuración presionando MENU/v. Una vez dentro, se utiliza la función HOLD para seleccionar "Measure" y luego se navega por las opciones disponibles (pH, Cond, TDS y Salinidad) usando MENU/v. Luego se selecciona "Salinidad" una vez más con la función HOLD.

Para calibrar el tester con una solución estándar de salinidad, es necesario sumergir el sensor en al menos 30 mm de la solución estándar. Después, se agita y se presiona CAL/ESC para iniciar el proceso de calibración. Se ajusta el valor deseado utilizando MENU/v y se acepta la calibración con HOLD.

Cuando se está listo para medir la salinidad de la muestra, se sumerge el sensor en 2 cm a 3 cm de la muestra. Se agita la muestra y se espera a que la lectura se estabilice. Para culminar, se registra el valor o se congela la lectura utilizando la función HOLD.

3.12.4 pH

La determinación del pH en las muestras de agua se llevó a cabo in situ mediante el empleo del multiparámetro OAKTON PCTSTestr 50™. Este dispositivo permitió realizar mediciones precisas y en tiempo real de la acidez o alcalinidad de las muestras de agua recolectadas. El proceso consistió en sumergir el electrodo del potenciómetro en la muestra de agua, evitando así posibles alteraciones en las lecturas debido a la exposición al aire. La utilización de este instrumento portátil garantizó una evaluación rápida y directa del pH, ofreciendo datos inmediatos y confiables que contribuyeron al análisis de la calidad del agua en el área de estudio.

3.12.4.1 Procedimiento

Encienda tanto el potenciómetro como el transmisor, y elija el modo de calibración. Sumerja el sensor en la primera solución tampón y realice movimientos suaves para eliminar posibles burbujas de aire. Aguarde a que el valor de pH se estabilice

y ajuste el potenciómetro al valor correcto de la solución. Repita este procedimiento con las restantes soluciones tampón, asegurándose de enjuagar y secar el sensor entre cada una.

Una vez que el sensor esté calibrado, seleccione el modo de medición y sumerja el sensor en el vaso de precipitación con la solución de medición. Agite el sensor y espere a que el valor de pH se estabilice. Tome nota del valor de pH y de la temperatura de la solución. Posteriormente, enjuague y seque el sensor, y guarde tanto el potenciómetro como el transmisor en un lugar limpio y seguro.

3.13 Conductividad eléctrica

La evaluación de la conductividad eléctrica en las muestras de agua se llevó a cabo mediante el uso de un conductímetro. Este instrumento permitió medir la capacidad del agua para conducir corriente eléctrica, proporcionando información valiosa sobre la concentración de sales y otros componentes iónicos presentes en la muestra. El proceso consistió en sumergir las sondas del conductímetro en la muestra de agua, asegurando un contacto adecuado para una medición precisa. La utilización de este dispositivo facilitó la obtención de datos rápidos y fiables sobre la conductividad eléctrica de las muestras, contribuyendo así a la comprensión de la calidad y composición del agua en el área de estudio.

3.13.1 Test de jarras

A través de los procedimientos normalizados descritos en la literatura "Calidad del agua para estudiantes de ciencias ambientales" de Cárdenas (2022), se llevó a cabo

la técnica de ensayo de jarras con el propósito de evaluar la eficacia del coagulante y su óptima dosificación para la remoción de sólidos suspendidos presentes en un efluente acuoso.

3.13.1.1 Procedimiento

Para evaluar la calidad del agua, se deben seguir varios pasos. Primero, se obtiene una muestra representativa del cuerpo de agua y se llena el equipo de jarras con un litro de esta muestra, ajustando la velocidad de rotación a 20 rpm. Luego, se extrae un pequeño volumen de la muestra para evaluar su color y turbidez. A continuación, se mide el pH de las muestras y se ajusta, si es necesario, a un valor de pH 7 mediante la adición controlada de ácido o base. Se activan las lámparas del equipo y se ajusta la velocidad de rotación a 100 rpm.

El siguiente paso implica la adición de coagulante en los primeros cinco recipientes en incrementos graduales, de forma simultánea en todos los recipientes. Por ejemplo, se añaden 4, 8, 12, 16 y 20 mililitros de una solución de sulfato de aluminio con una concentración de 1,000 ppm. Después de agregar el coagulante, se mantiene la agitación a 100 rpm durante un minuto (mezcla rápida o coagulación), seguido por una reducción de la velocidad de agitación a 40 rpm durante 20 minutos adicionales (mezcla lenta o floculación).

Una vez transcurridos los 20 minutos de agitación lenta, se detiene la agitación, se elevan las hélices de los recipientes y se deja el sistema en reposo durante 15 minutos. Durante este período, se observa la apariencia y la consistencia de los

flóculos, así como la velocidad de decantación. Finalmente, se determina la dosis óptima seleccionando el recipiente con los valores más bajos de color y turbidez, y la mejor velocidad de decantación y consistencia de los flóculos. El recipiente número seis se puede utilizar como control para facilitar las comparaciones.

3.13.2 Ion cloruro

La cuantificación de iones cloruro en las muestras se llevó a cabo mediante un proceso de titulación con nitrato de plata (AgNO_3), utilizando cromato de potasio como indicador visual. Este método de análisis químico permite determinar la concentración de cloruros en la muestra mediante la reacción de formación de un precipitado de cloruro de plata (AgCl), observable por cambios en el color del indicador (Cárdenas, 2005).

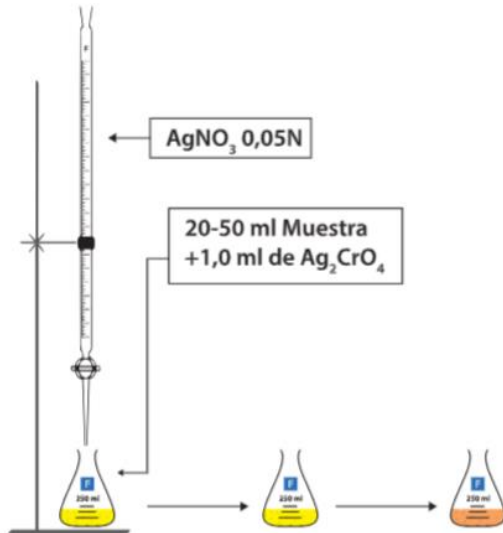
El ion cloruro se encuentra en aguas residuales y naturales, en condiciones que varían los ppm de concentración, este ion ingresa al agua durante el proceso de arrastre desde el suelo por aguas de lluvia, el sabor del agua salada en el mar se debe a la presencia de altas cantidades del compuesto cloruro de sodio que es detectable a una concentración de 250 ppm de NaCl , esta concentración se establece como el máximo permisible por razones sanitarias, el cloruro más conocido es la sal marina presentes en el agua con una concentración de 3 – 3.5% de forma aproximada, por lo que se conoce que los océanos son una fuente prácticamente inagotable de iones cloruro (Rodríguez A. , 2018).

3.13.2.1 Procedimiento Titulación por Nitrato de Plata

En caso de que la muestra exhiba una elevada turbidez, es recomendable someterla a filtración mediante una membrana de 0,45 μm , procediendo luego con el

trabajo sobre el filtrado. En situaciones donde se sospeche la presencia de sulfuros, sulfitos o tiosulfatos, se añadirá 1,0 ml de peróxido de hidrógeno al 30% por cada 100 ml de muestra. En presencia de coloración, se utilizará un volumen equivalente de la muestra como blanco de referencia con el fin de mejorar la detección del punto final de la titulación.

La elección del volumen de muestra para la titulación debe asegurar que su conductividad eléctrica se encuentre en el rango de 100-2.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y que el volumen de nitrato de plata consumido durante la titulación esté comprendido entre 2,0-10,0 ml. En situaciones donde la conductividad natural de la muestra sea elevada, se procederá a su dilución hasta alcanzar 2.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Previo al inicio de la titulación, es imperativo verificar que el pH de la muestra se sitúe en el rango de 6-9; de no ser así, se realizarán ajustes correspondientes mediante soluciones de NaOH o H₂SO₄ 0,1 N. Asimismo, se agregará 1,0 ml de indicador cromato de potasio al 5%, y se titulará con solución patrón de nitrato de plata hasta la aparición de una leve tonalidad rojiza sostenible.

Figura 5.*Titulación de Ion Cloruro*

Tomado de Cárdenas (2005).

3.13.3 Modelo de cálculos

Para concluir con el cálculo preciso de concentración de Iones cloruro se toma en cuenta la ecuación general de titulación:

$$V_1 * C_1 = V_2 * C_2$$

$$(100ml M) * C_m = (ml AgNO_3) * (0,05N)$$

$$C_m = \frac{(ml AgNO_3)(0,05)(35,450)(1000)}{ml M} = mg \text{ de Ion Cl/L}$$

Se debe tener en consideración que 35,45 es el peso atómico del cloro y 1000 el factor de conversión para pasar de miliequivalente a gramo

Capítulo 4

4 Resultados y discusión

4.1 Ubicación de puntos de muestreo

Tabla 3.

Puntos de muestreo específicos

| Puntos de sedimento | | Muestras de agua |
|---------------------|----------------------|----------------------|
| Punto 1 | 2°41'11"S 80°15'02"W | 2°41'11"S 80°15'03"W |
| Punto 2 | 2°41'11"S 80°15'04"W | |
| Punto 3 | 2°41'10"S 80°15'06"W | 2°41'10"S 80°15'07"W |
| Punto 4 | 2°41'05"S 80°15'08"W | |
| Punto 5 | 2°41'05"S 80°16'10"W | 2°41'10"S 80°17'12"W |
| Punto 6 | 2°41'11"S 80°15'02"W | |
| Punto 7 | 2°41'11"S 80°15'04"W | 2°41'11"S 80°15'03"W |
| Punto 8 | 2°41'10"S 80°15'06"W | |
| Punto 9 | 2°41'05"S 80°15'08"W | 2°41'10"S 80°15'07"W |
| Punto 10 | 2°41'05"S 80°15'10"W | |
| Punto 11 | 2°41'11"S 80°15'02"W | 2°41'10"S 80°17'12"W |
| Punto 12 | 2°41'11"S 80°15'04"W | |
| Punto 13 | 2°41'10"S 80°15'06"W | 2°41'11"S 80°15'03"W |
| Punto 14 | 2°41'05"S 80°15'08"W | |
| Punto 15 | 2°41'05"S 80°15'10"W | 2°41'10"S 80°15'07"W |
| Punto 16 | 2°41'11"S 80°15'02"W | |
| Punto 17 | 2°41'11"S 80°15'04"W | 2°41'10"S 80°17'12"W |
| Punto 18 | 2°41'10"S 80°15'06"W | |

| | | |
|-----------------|----------------------|----------------------|
| Punto 19 | 2°41'05"S 80°15'08"W | 2°41'11"S 80°15'03"W |
| Punto 20 | 2°41'05"S 80°15'10"W | |
| Punto 21 | 2°41'11"S 80°15'02"W | 2°41'10"S 80°15'07"W |
| Punto 22 | 2°41'11"S 80°15'04"W | |
| Punto 23 | 2°41'10"S 80°15'06"W | 2°41'10"S 80°17'12"W |
| Punto 24 | 2°41'05"S 80°15'08"W | |
| Punto 25 | 2°41'05"S 80°15'10"W | 2°41'11"S 80°15'03"W |
| Punto 26 | 2°41'11"S 80°15'02"W | |
| Punto 27 | 2°41'11"S 80°15'04"W | 2°41'10"S 80°15'07"W |
| Punto 28 | 2°41'10"S 80°15'06"W | |
| Punto 29 | 2°41'05"S 80°15'08"W | 2°41'10"S 80°17'12"W |
| Punto 30 | 2°41'05"S 80°15'10"W | |
| Punto 31 | 2°41'11"S 80°15'02"W | 2°41'11"S 80°15'03"W |
| Punto 32 | 2°41'11"S 80°15'04"W | |
| Punto 33 | 2°41'10"S 80°15'06"W | 2°41'10"S 80°15'07"W |
| Punto 34 | 2°41'05"S 80°15'08"W | |
| Punto 35 | 2°41'05"S 80°15'10"W | 2°41'10"S 80°17'12"W |
| Punto 36 | 2°41'11"S 80°15'02"W | |
| Punto 37 | 2°41'11"S 80°15'04"W | 2°41'11"S 80°15'03"W |
| Punto 38 | 2°41'10"S 80°15'06"W | |
| Punto 39 | 2°41'05"S 80°15'08"W | 2°41'10"S 80°15'07"W |
| Punto 40 | 2°41'05"S 80°15'10"W | |
| Punto 41 | 2°41'11"S 80°15'02"W | 2°41'10"S 80°17'12"W |
| Punto 42 | 2°41'11"S 80°15'04"W | |
| Punto 43 | 2°41'10"S 80°15'06"W | 2°41'11"S 80°15'03"W |
| Punto 44 | 2°41'05"S 80°15'08"W | |
| Punto 45 | 2°41'05"S 80°15'10"W | 2°41'10"S 80°15'07"W |
| Punto 46 | 2°41'11"S 80°15'02"W | |
| Punto 47 | 2°41'11"S 80°15'04"W | 2°41'10"S 80°17'12"W |

| | | |
|-----------------|----------------------|----------------------|
| Punto 48 | 2°41'10"S 80°15'06"W | |
| Punto 49 | 2°41'05"S 80°15'08"W | 2°41'11"S 80°15'03"W |
| Punto 50 | 2°41'05"S 80°15'10"W | |

Nota. Se especifica cada punto con su respectiva coordenada y relación entre muestra agua-sedimento

Figura 6.

Puntos de muestreo específicos



Tomado de Google Earth (2024)

4.2 Características de hongos aislados


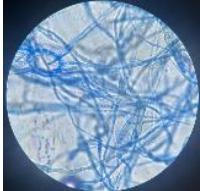




Mediante la aplicación de un Muestreo Estratificado Aleatorio utilizando el software Excel, se seleccionaron 10 muestras únicas de un total de 50 muestras de sedimento marino. Estas muestras fueron utilizadas para realizar un total de 100 siembras. Durante un período de 14 días, se observó el crecimiento de 25 muestras, de las cuales se seleccionaron 10 siguiendo las consideraciones establecidas en los enfoques morfológicos para el estudio de hongos, según lo discutido por Senanayake et al. (2020).

Este estudio señala que las características morfológicas suelen ser más evidentes en función del tamaño del hongo, por lo tanto, se llevó a cabo una discriminación basada en los hongos que presentaron un diámetro de halo superior a los 10 mm.

Se presenta una tabla detallada que resume las características de los hongos aislados en el estudio. La tabla proporciona una descripción completa de las características de los hongos, incluyendo el enfoque microscópico x100 para una mejor visualización de las estructuras, el enfoque macroscópico, diámetro de halo, el microorganismo identificado y la muestra.

Tabla 4.

Enfoques de Hongos aislados expuestos Cd

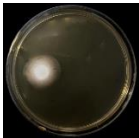
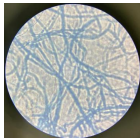
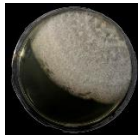
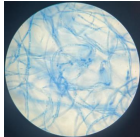
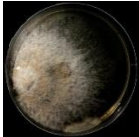
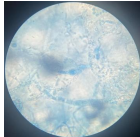
| Muestra | Diámetro del Halo | Microorganismo identificado | Enfoque macroscópico | Enfoque microscópico |
|--------------|-------------------|-----------------------------|--|---|
| Cd 45ppm #10 | 39,12mm | <i>Aspergillus spp.</i> |  |  |
| Cd 70ppm #46 | 12,65mm | <i>Penicillium sp.</i> |  |  |
| Cd 45ppm #46 | 11,94mm | <i>Penicillium sp.</i> |  |  |

Fuente: Arcos F. & Kuontay P.

En la tabla 4 se muestran los resultados obtenidos de las exposiciones de las 3 muestras realizadas por estriado en un ambiente específico y presencia de Cd para observar que familia fúngica tiene la capacidad de desarrollarse y generar un hongo tolerante en el Agar. Se identificó el crecimiento de *Aspergillus spp.* con una concentración de 45 ppm en la muestra número 10, a 70 ppm y se observó el crecimiento de *Penicillium sp* de la muestra número 46, así mismo a 45 ppm en la muestra 46 de *Penicillium* a esta concentración también pudo observar crecimiento.

Tabla 5

Enfoques de concentraciones de hongos expuestos al Pb




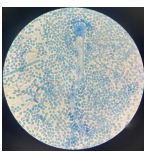



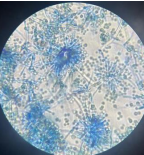
| Muestra | Diámetro del Halo | Microorganismo identificado | Enfoque macroscópico | Enfoque microscópico |
|----------------|--------------------------|------------------------------------|---|---|
| Pb 45ppm #7 | 15,34mm | <i>Cunninghamella sp.</i> |  |  |
| Pb 70ppm #10 | 46,13mm | <i>Paecilomyces sp.</i> |  |  |
| Pb 45ppm #33 | 56,14mm | <i>Cunningomella sp</i> |  |  |

Fuente: Arcos F. & Kuontay P.

En la tabla 5 se muestran los enfoques macroscópicos y microscópicos de los hongos expuestos al Pb en exposición al agar con Pb y el crecimiento del hongo en el que se observó que la muestra número 7 con una concentración de 45 ppm del hongo de tipo *Penicillium sp* permitió el crecimiento de hongo en el agar así como la muestra 33 del hongo *Cunningomella sp* y la muestra número 10 de *Cunningomella sp* también permitió crecimiento de hongo como se observa en el enfoque macro y microscópico.

Tabla 6

Enfoque de hongos expuestos a diferentes concentraciones de Cr

| Muestra | Diámetro del Halo | Microorganismo identificado | Enfoque macroscópico | Enfoque microscópico |
|--------------|-------------------|-----------------------------|---|---|
| Cr 70ppm #8 | 17,23mm | <i>Penicillium sp</i> |  |  |
| Cr 45ppm #9 | 41,32mm | <i>Aspergillus spp.</i> |  |  |
| Cr 70ppm #11 | 12,75mm | <i>Aspergillus sp</i> |  |  |
| Cr 70ppm #9 | 12,62mm | <i>Aspergillus sp</i> |  |  |

Fuente: Arcos F. & Kuontay P.

En la tabla número 6 se identifica el enfoque micro y macroscópico de formación de los hongos expuestos en un agar a concentraciones diferentes de Cr se observa y analiza que la muestra número 8 de *Penicillium sp* ha presentado crecimiento de hongo a una exposición de 70 ppm, a una concentración de 45 ppm de Cr la muestra número 9 de *Aspergillus spp.* ha permitido notar un crecimiento bastante grande a diferencia de las otras muestras, pero en concentración de 70 ppm la muestra 9 y 11 de *Aspergillus spp* presenta la formación de un pequeño hongo, en dimensión muy inferior a la exposición del mismo hongo en concentración 45 ppm

4.2.1 Desarrollo de taxones de hongos en metales pesados

En este informe, se presenta una tabla que resume la respuesta de diversos hongos ante la presencia de metales en muestras de sedimento. La tabla muestra la capacidad de crecimiento de los hongos en concentraciones bajas y altas de los metales Cr (Cr), Pb (Pb), Cd (Cd) y el Mix de los 3 metales.

Tabla 7.

Crecimiento de Hongos seleccionados en distintas concentraciones de metal

| Metal | Muestra | Concentraciones ppm | |
|-------|---------|-------------------------------|-------------------------------|
| | | Baja concentración (45ppm) | Alta concentración (70ppm) |
| Cr | 9 | x | x |
| | 11 | | x |
| | 8 | | x |
| | 46 | x | |
| | 8 | | x |

| | | | |
|------------|-----------|---|---|
| | 70 | | x |
| | 33 | | x |
| | 10 | x | |
| | 7 | | x |
| | 33 | x | |
| | 7 | x | |
| | 10 | x | x |
| Pb | 11 | x | x |
| | 9 | | x |
| | 4 | x | |
| | 13 | x | |
| | 46 | x | x |
| | 10 | x | |
| Cd | 9 | x | |
| | 7 | | x |
| Mix | 10 | | x |

Nota. Los resultados de la investigación muestran cómo diferentes hongos reaccionan ante la presencia de metales en las muestras de sedimento. Cada "x" en la tabla representa un hongo distinto y su respuesta frente a concentraciones bajas o altas de los metales Cr (Cr), Pb (Pb) y Cd (Cd).

En cuanto al Cr, la mayoría de los hongos exhiben un crecimiento significativo en presencia de altas concentraciones, aunque algunos muestran un crecimiento limitado en concentraciones bajas. Respecto al Pb, se destaca una mayor presencia de hongos en concentraciones bajas en comparación con las altas concentraciones, lo que sugiere una mayor tolerancia a las bajas concentraciones de Pb, Mientras que en el mix la muestra presentada creció en alta concentración. En contraste, con el Cd, se observa una

preferencia de los hongos por las concentraciones bajas en comparación con las altas concentraciones, indicando una adaptación a estas condiciones ambientales.

4.3 Interpretación de resultados de toma de muestras de agua

El estudio actual involucra la recolección y análisis de un extenso conjunto de muestras de agua, con un total de 50 muestras, cada una con un volumen de 4.6 litros. Estas muestras fueron obtenidas de 25 lugares diferentes, tomando una muestra en la superficie y otra en profundidad en cada punto, lo que brinda una visión completa de las propiedades del agua en cada ubicación.

La recolección de muestras se realizó el 2 de febrero de 2024, comenzando a las 10:30 a.m. y finalizando a las 3:00 p.m. Es importante mencionar que a las 2:00 p.m., se observó una disminución en el nivel del agua, aspecto tenido en cuenta al recolectar las últimas 20 muestras. Este fenómeno natural podría tener consecuencias significativas en la composición y distribución de los elementos presentes en el agua, por lo que su consideración resulta esencial para interpretar los resultados.

Las características organolépticas de las muestras eran similares, mostrando un color amarillo verdoso, olor vegetal y marino, presencia de materia vegetal, biota y leve turbidez, estas características según (Silva, 2018) se deben a la proliferación de algas microscópicas, que crecen a causa de las elevadas temperaturas y la acumulación de grandes cantidades de agua, El detallado método utilizado para recolectar las muestras garantiza su representatividad y proporciona una base sólida para el análisis posterior. La distinción entre las muestras tomadas en la superficie y en profundidad permite evaluar tanto las condiciones superficiales como aquellas más profundas del cuerpo acuático

presente en cada ubicación, así como identificar color y olor característico en cada muestra, (Freire, 2021) analiza en su investigación que el olor proveniente de manglares que lo identifican o caracterizan se debe a la liberación de altas cantidades de sulfuro de hidrogeno que producen ciertos crustáceos que habitan en estas zonas, de igual manera las transformaciones como la des nitrificación generada por el suelo del mangle, libera amoniaco N y metano CH₄, que le aportan a este olor característico que presenta el ecosistema manglar.

4.4 ICP-OES

En el contexto de este estudio, se analizó la presencia de metales en 10 muestras de sedimentos recogidas en un medio acuático específico. Entre los metales evaluados figuran el Cu, As, Ni, Pb, Cd y el Cr, que se consideran de gran importancia debido a sus posibles repercusiones en la calidad del medio ambiente y la salud humana

Tabla 8.

Presencia de metales encontrados en muestras seleccionadas

| Presencia de metales (ppm) | Cu | As | Ni | Pb | Cd | Cr |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados | 30,0 | 5,0 | 20,0 | 25,0 | 0,5 | 20,0 |
| <i>Muestra 21</i> | 103,1 | 1,8 | 7 | 23,4 | 0,1 | 17,9 |
| <i>Muestra 20</i> | 86,5 | 4,3 | 8,2 | 25,3 | 0,1 | 22,3 |

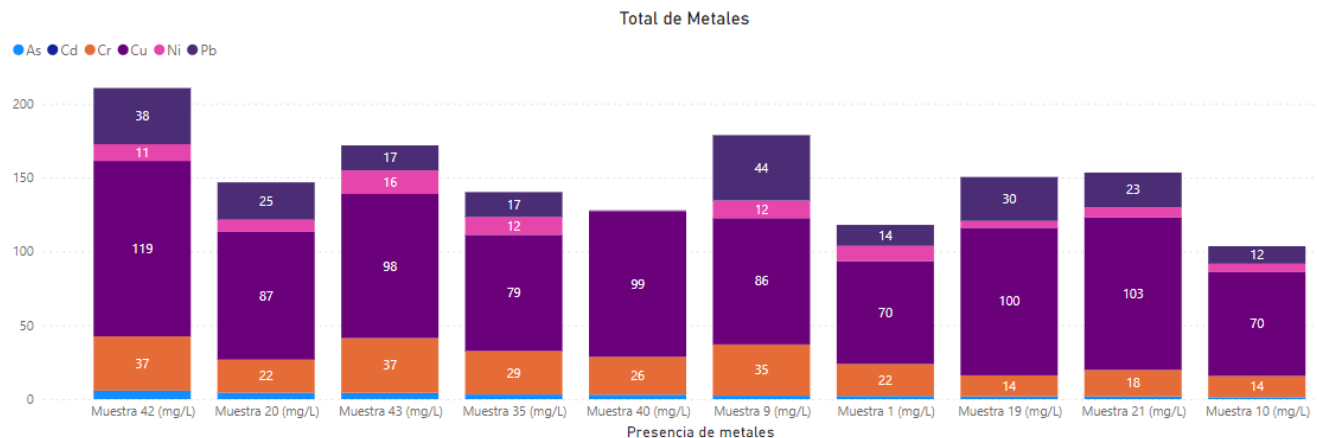
| | | | | | | |
|-------------------|-------|-----|------|------|-----|------|
| <i>Muestra 42</i> | 118,8 | 5,6 | 11,3 | 38 | 0,1 | 36,7 |
| <i>Muestra 35</i> | 78,7 | 3,1 | 12 | 16,9 | 0,1 | 29,3 |
| <i>Muestra 19</i> | 99,9 | 1,8 | 4,6 | 29,7 | 0,1 | 14,2 |
| <i>Muestra 40</i> | 98,7 | 2,9 | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 25,6 |
| <i>Muestra 43</i> | 97,5 | 4 | 15,9 | 17 | 0,3 | 37 |
| <i>Muestra 9</i> | 85,5 | 2,3 | 11,9 | 44,2 | 0,1 | 34,6 |
| <i>Muestra 1</i> | 69,6 | 2,2 | 10,3 | 14,2 | 0 | 21,6 |
| <i>Muestra 10</i> | 70,2 | 1,2 | 5,7 | 11,9 | 0,1 | 14,4 |

De acuerdo a los parámetros establecidos por el acuerdo de norma de calidad ambiental del recurso de suelos y criterios de remediación de suelos contaminados del ministerio de ambiente del Ecuador (ambiente, 2023) se establece como límite permitido de presencia de Cu es de 30 mg/L por lo que en muestras aleatorias se puede observar que sobrepasa el límite permitido de Cu al suelo tomada de puerto el Morro, en niveles de As de acuerdo a el muestreo aleatorio mantenemos un nivel bajo o inferior al límite permitido que es de 5.0 mg/L, en cuanto a la presencia de Níquel en las muestras aleatorias cuando el límite permitido de Ni en el suelo es de 20 mg/L nos encontramos con muestras que presentan niveles inferiores a este parámetro, el límite de concentración de Pb que podemos encontrar en este ecosistema es de 25 mg/L por lo que nuestro panel de muestreo indica una variabilidad baja o limitantes, los valores de oscilación varían de acuerdo a las muestras tomadas a diferentes distancias, el valor límite del Cd es de 0.5 mg/L podemos observar en el muestreo que las cantidades están por debajo del límite permitido y final el Cr con un valor límite permitido de 20 mg/L presento valores variados por zonas de muestreo pero 5 de 10 muestras tienen valores elevados por lo que

este es uno de los materiales pesados que encontramos en puerto el Morro que sobrepasa los límites permitidos por la norma para protección del ecosistema

Figura 7.

Comparación entre los resultados de metales presentes en las muestras



Fuente: Propia Autoría

4.5 TDS

Se realizaron mediciones de Sólidos Disueltos Totales (TDS) en muestras de agua recolectadas de un sistema acuático específico. Los TDS representan la cantidad total de materiales disueltos en el agua, incluyendo sales, minerales y otros compuestos. A continuación, se presentan los resultados de estas mediciones, que permiten una evaluación detallada de la concentración de materiales disueltos en el sistema acuático analizado.

De acuerdo con los parámetros de calidad del agua establecidos por la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU (EPA, 2018), Se fijan los niveles aceptables de TDS

en rangos de <150mg/L hasta 1000mg/L siendo esta última la indicación de una tasa muy alta de TDS.

Tabla 9.

Resultados de TDS

| Número de muestra | TDS mg/L | Número de muestra | TDS mg/L |
|------------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------|
| 1s | 3,89 | 13p | 3,76 |
| 1p | 3,95 | 14s | 3,63 |
| 2s | 4,01 | 14p | 3,88 |
| 2p | 3,98 | 15s | 3,75 |
| 3s | 3,78 | 15p | 3,70 |
| 3p | 3,72 | 16s | 3,74 |
| 4s | 3,93 | 16p | 3,64 |
| 4p | 4,07 | 17s | 3,91 |
| 5s | 4,03 | 17p | 3,82 |
| 5p | 3,89 | 18s | 3,90 |
| 6s | 3,82 | 18p | 3,81 |
| 6p | 3,93 | 19s | 3,93 |
| 7s | 3,85 | 19p | 3,89 |
| 7p | 3,90 | 20s | 3,64 |
| 8s | 3,95 | 20p | 3,99 |
| 8p | 3,88 | 21s | 3,92 |
| 9s | 3,75 | 21p | 4,11 |
| 9p | 3,71 | 22s | 3,90 |
| 10s | 3,84 | 22p | 3,76 |
| 10p | 3,94 | 23s | 3,92 |
| 11s | 3,74 | 23p | 4,07 |
| 11p | 3,87 | 24s | 3,66 |

| | | | |
|----------|------|------|------|
| 12s | 3,69 | 24p | 3,60 |
| 12p | 3,95 | 25s | 3,68 |
| 13s | 3,89 | 25p | 3,85 |
| Promedio | | 3,83 | |

Nota. No hubo una gran diferencia entre las muestras

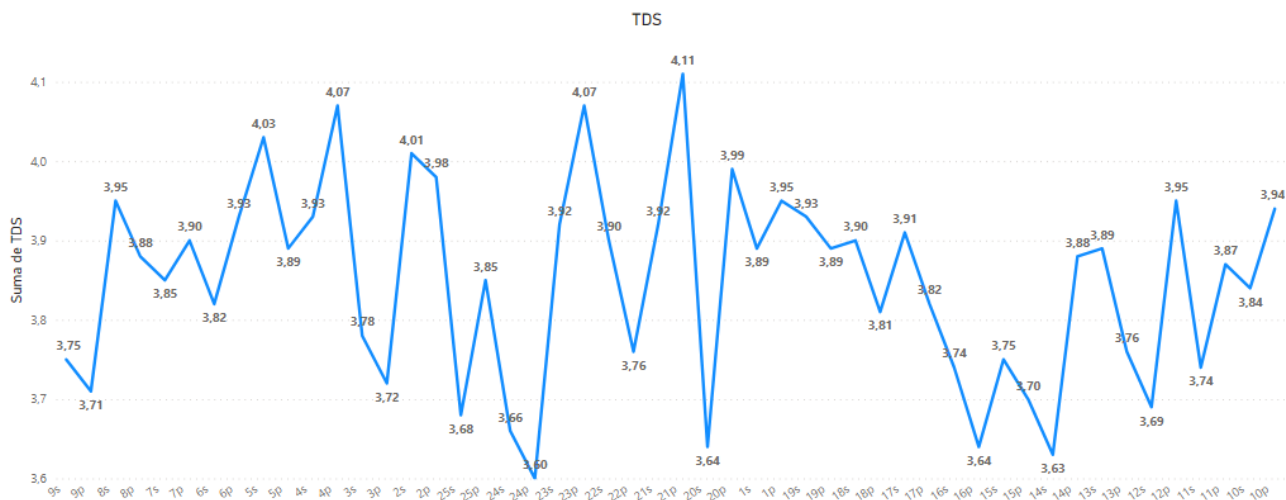
Por lo que según el promedio de TDS y de acuerdo con el límite de calidad que autoriza la EPA observamos que nuestras muestras se mantienen por debajo del límite permitido para considerar la calidad del agua.

4.5.1 Muestras superficiales (s):

- **Rango de TDS:** Los valores de TDS varían entre 3.63 y 4.03 en las muestras superficiales.
- **Promedio:** El promedio de TDS parece estar alrededor de 3.81.
- **Tendencia general:** Hay una variabilidad en los valores de TDS, pero en general, los valores están dentro de un rango estrecho.

4.5.2 Muestras de profundidad (p):

- **Rango de TDS:** Los valores de TDS varían entre 3.60 y 4.11 en las muestras de profundidad.
- **Promedio:** El promedio de TDS parece estar alrededor de 3.87.
- **Tendencia general:** Al igual que en las muestras superficiales, hay una variabilidad en los valores de TDS en las muestras de profundidad.

Figura 8.*Gráfica de Líneas TDS***Fuente:** Propia Autoría

4.5.3 Comparación entre muestras superficiales y de profundidad:

- **Variabilidad:** Parece que hay una variabilidad similar en los valores de TDS tanto en las muestras superficiales como en las de profundidad.
- **Tendencia general:** Ambos grupos muestran valores de TDS que varían dentro de un rango estrecho, pero los valores promedio pueden diferir entre los dos grupos.

4.6 pH de muestras de agua

Se llevaron a cabo las mediciones del PH de una serie muestras de aguas recolectadas de un sistema ecológico específico. El PH es una medida que nos da el grado de acidez o de alcalinidad de un cuerpo de agua. A continuación, se muestran los resultados de estas mediciones y la discusión sobre el estado de estas aguas.

Tabla 10.*Resultados de pH*

| Número de muestra | pH | Número de muestra | pH |
|------------------------------|-----------|------------------------------|-----------|
| 1s | 8,50 | 13p | 7,63 |
| 1p | 7,75 | 14s | 7,74 |
| 2s | 7,92 | 14p | 7,60 |
| 2p | 7,89 | 15s | 7,59 |
| 3s | 7,69 | 15p | 7,65 |
| 3p | 7,71 | 16s | 7,72 |
| 4s | 7,65 | 16p | 7,76 |
| 4p | 7,76 | 17s | 7,61 |
| 5s | 7,59 | 17p | 7,53 |
| 5p | 7,63 | 18s | 7,85 |
| 6s | 7,80 | 18p | 7,62 |
| 6p | 7,67 | 19s | 7,59 |
| 7s | 7,70 | 19p | 7,64 |
| 7p | 7,82 | 20s | 7,79 |
| 8s | 7,72 | 20p | 7,58 |
| 8p | 7,79 | 21s | 7,73 |
| 9s | 7,54 | 21p | 7,69 |
| 9p | 7,71 | 22s | 7,62 |
| 10s | 7,59 | 22p | 7,75 |
| 10p | 7,64 | 23s | 7,60 |
| 11s | 7,68 | 23p | 7,49 |
| 11p | 7,62 | 24s | 7,49 |
| 12s | 7,75 | 24p | 7,58 |
| 12p | 7,69 | 25s | 7,39 |
| 13s | 7,83 | 25p | 7,56 |

| | |
|-----------------|------|
| Promedio | 7,69 |
|-----------------|------|

Nota. Los datos no tienen una gran variación a excepción del 1s

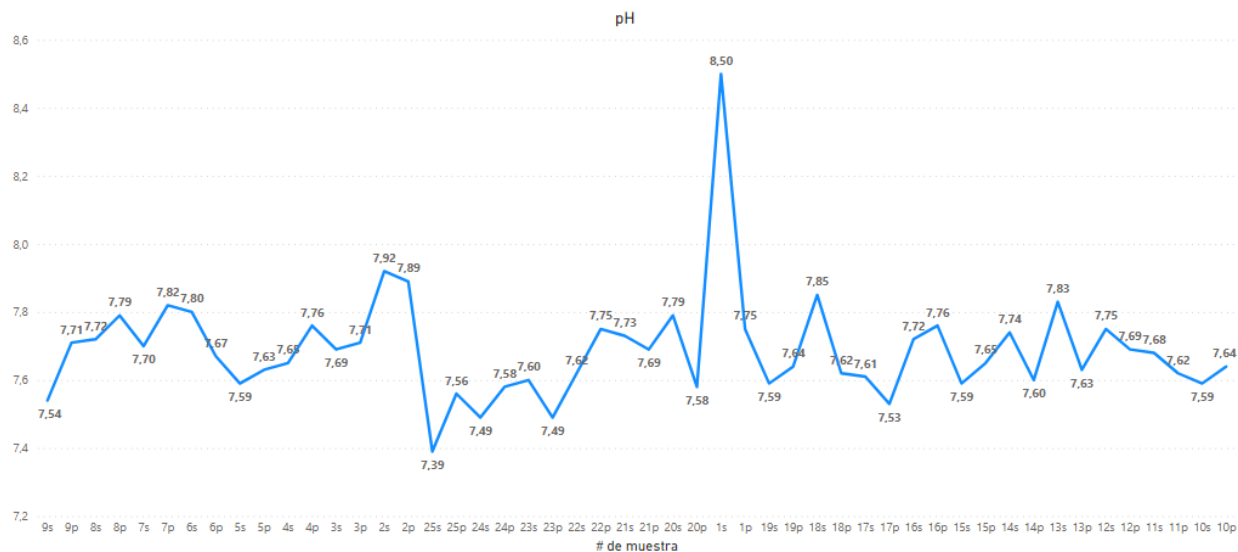
Según la resolución 883 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible Colombiano (Ministerio del ambiente, 2018), los valores de pH aceptables y que se encuentran dentro del rango permisible, oscila entre 6.5 y 8.5, mientras que, en nuestra experimentación, se obtuvo un valor promedio de 7.69. Por lo tanto, podemos concluir que el valor obtenido de nuestra experimentación se encuentra dentro de los rangos permisibles y aceptados en normativas especificadas, como la antes mencionada.

4.6.1 Muestras superficiales (s):

- **Rango de pH:** El pH varía entre 7.39 y 7.92 en las muestras superficiales.
- **Promedio:** El promedio de pH parece estar alrededor de 7.66.
- **Tendencia general:** Parece que hay una ligera variabilidad en el pH superficial, pero en general, los valores están bastante cercanos al neutro (pH 7).

4.6.2 Muestras de profundidad (p):

- **Rango de pH:** El pH varía entre 7.49 y 7.89 en las muestras de profundidad.
- **Promedio:** El promedio de pH parece estar alrededor de 7.70.
- **Tendencia general:** Al igual que en las muestras superficiales, los valores de pH en las muestras de profundidad también están cerca del neutro, pero parece haber una variabilidad ligeramente mayor en estos valores.

Figura 9.*Gráfica de líneas pH*

Nota. Se puede apreciar una escala mayor en la muestra 1s debido a su pH superior al resto.

4.6.3 Comparación entre muestras superficiales y de profundidad:

- **Variabilidad:** Parece que hay una variabilidad ligeramente mayor en el pH de las muestras de profundidad en comparación con las muestras superficiales.
- **Tendencia general:** Ambos grupos muestran valores de pH cercanos al neutro, lo que sugiere una condición relativamente neutral en el entorno de muestreo.
- **Diferencias específicas:** No parece haber una diferencia drástica en los valores de pH entre las muestras superficiales y de profundidad, aunque hay algunas diferencias individuales en los valores medidos.

4.7 pH de muestras de sedimento

Las mediciones de pH en sedimento marino se realizaron bajo la intención de tener una medida específica sobre los grados de acidez y alcalinidad del ambiente en

este cuerpo sedimentado de puerto el morro. A continuación, se presentan los resultados y discusiones de las mediciones.

Tabla 11.

Resultados de pH de muestras de sedimento marino

| Muestra | pH | Muestra | pH |
|----------------|-----------|----------------|-----------|
| 1 | 8,64 | 26 | 7,08 |
| 2 | 7,2 | 27 | 7,1 |
| 3 | 7,04 | 28 | 7,26 |
| 4 | 7,16 | 29 | 7,08 |
| 5 | 7,78 | 30 | 6,92 |
| 6 | 7,2 | 31 | 7,66 |
| 7 | 7,4 | 32 | 7,12 |
| 8 | 7,79 | 33 | 7,4 |
| 9 | 7,8 | 34 | 7,2 |
| 10 | 7,62 | 35 | 7,05 |
| 11 | 7,26 | 36 | 7,77 |
| 12 | 7,62 | 37 | 6,95 |
| 13 | 7,62 | 38 | 7,7 |
| 14 | 7,77 | 39 | 7,3 |
| 15 | 7,4 | 40 | 7,21 |
| 16 | 6,63 | 41 | 8 |
| 17 | 7,26 | 42 | 7,1 |
| 18 | 8,5 | 43 | 8,09 |
| 19 | 7,22 | 44 | 7,6 |
| 20 | 7,2 | 45 | 6,9 |
| 21 | 7,15 | 46 | 7,05 |
| 22 | 7,7 | 47 | 6,92 |
| 23 | 7,02 | 48 | 7,77 |

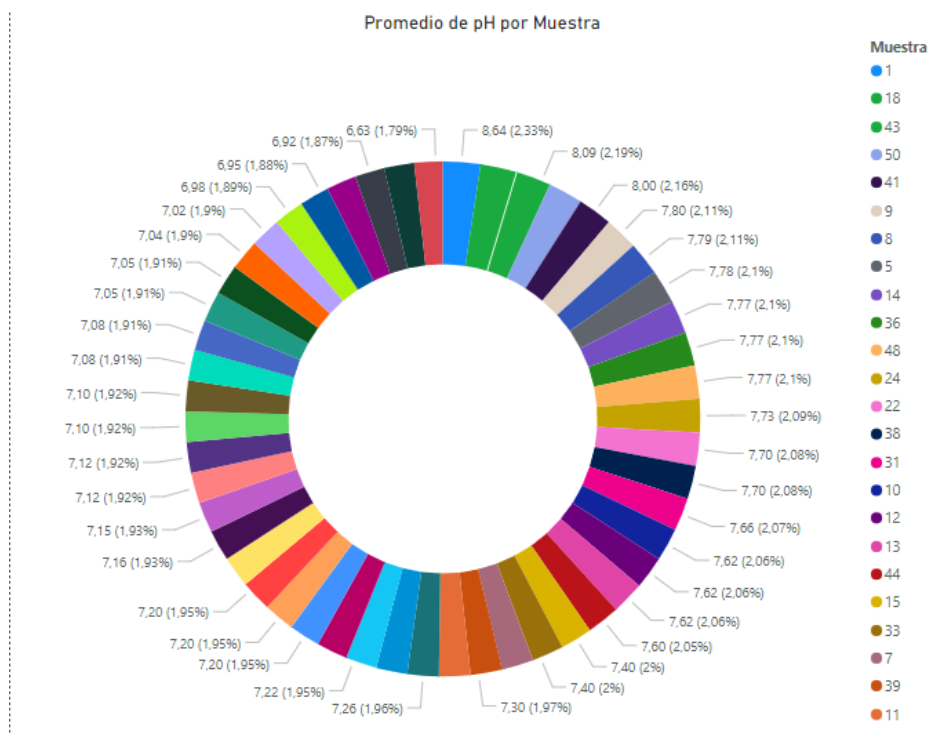
| | | | |
|-----------------|------|------|------|
| 24 | 7,73 | 49 | 6,98 |
| 25 | 7,12 | 50 | 8,03 |
| Promedio | | 7,40 | |

Nota. Pocas muestras tienen variaciones significativas

Los resultados de la de las muestras de sedimento marino con relación a su medición de pH muestran una media de 7,40 con muy ligeras variaciones de pH entre muestras y comparándolas con el pH de las muestras de agua que fueron de 7,69 se puede deducir que el entorno marino de Puerto el morro tiene un índice de pH ligeramente alcalino y dentro de los parámetros permisibles de la Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-127-SSA1-2017 (2019) que indica que los índices aptos de pH para sanidad del agua es de 6.5 a 8.5.

Figura 10.

Gráfica de anillo de promedios de pH por muestra



Nota. Pese a la extensa cantidad de muestras se puede distinguir la poca variación entre ellas

4.8 Conductividad

A continuación, se presentan los resultados de las mediciones de conductividad eléctrica de muestra de agua de un sistema acuático específico. La conductividad eléctrica es una indicación importante de la salinidad del agua, que se relaciona con el nivel de sales disueltas en las muestras de agua.

Tabla 12.*Resultados de Conductividad*

| Número de muestra | Conductividad $\mu\text{S/cm}$ | Número de muestra | Conductividad $\mu\text{S/cm}$ |
|---|--|--------------------------|--|
| 1s | 36540 | 13p | 50040 |
| 1p | 50130 | 14s | 50310 |
| 2s | 51210 | 14p | 50400 |
| 2p | 51300 | 15s | 50580 |
| 3s | 50310 | 15p | 49770 |
| 3p | 48870 | 16s | 50220 |
| 4s | 51750 | 16p | 49140 |
| 4p | 50490 | 17s | 49410 |
| 5s | 51120 | 17p | 50490 |
| 5p | 50580 | 18s | 51030 |
| 6s | 48510 | 18p | 50580 |
| 6p | 48690 | 19s | 50130 |
| 7s | 50940 | 19p | 51210 |
| 7p | 49590 | 20s | 49680 |
| 8s | 49950 | 20p | 51390 |
| 8p | 48600 | 21s | 50670 |
| 9s | 48870 | 21p | 50940 |
| 9p | 48150 | 22s | 47970 |
| 10s | 50400 | 22p | 50040 |
| 10p | 50310 | 23s | 49590 |
| 11s | 49230 | 23p | 50940 |
| 11p | 49680 | 24s | 51210 |
| 12s | 50580 | 24p | 47340 |
| 12p | 49590 | 25s | 45450 |
| 13s | 49500 | 25p | 48870 |
| Promedio ($\mu\text{S/cm}$) | | | 49645,80 |

Nota. Se logra apreciar que todas las muestras presentan altos índices de conductividad.

En base a los parámetros del Mary River Catchment Coordinating Committee (Mary River, 2013) con relación a los estándares de calidad de agua los índices de

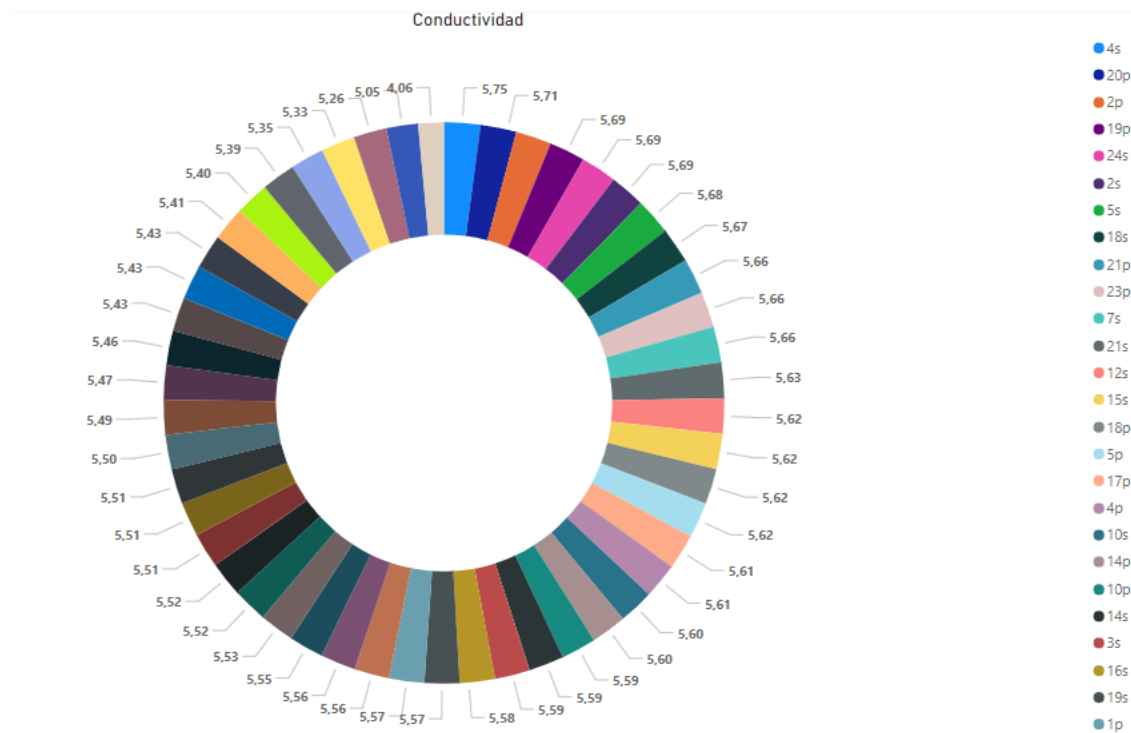
conductividad de una muestra de agua puede variar dependiendo de las condiciones al momento de la toma debido a diversos factores externos como la temperatura, y el pH de las muestras las cuales son condiciones poco controlables al momento de hacer una medición in situ en un estuario y la valoración media de de conductividad eléctrica en agua salada es de 50,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, dado que nuestra toma de mediciones en las muestras seleccionadas fueron de un estuario, que está conectado al mar y nuestra media total es de 49,645, se puede concluir que está dentro de los parámetros normales de conductividad.

4.8.1 Muestras superficiales (s):

- **Rango de Conductividad:** Los valores de conductividad varían entre 5.05 y 5.76 en las muestras superficiales.
- **Promedio:** El promedio de conductividad parece estar alrededor de 5.54.
- **Tendencia general:** Existe una variabilidad en los valores de conductividad, pero en general, los valores están dentro de un rango estrecho.

4.8.2 Muestras de profundidad (p):

- **Rango de Conductividad:** Los valores de conductividad varían entre 5.26 y 5.71 en las muestras de profundidad.
- **Promedio:** El promedio de conductividad parece estar alrededor de 5.54.
- **Tendencia general:** Al igual que en las muestras superficiales, hay una variabilidad en los valores de conductividad en las muestras de profundidad.

Figura 11.*Gráfica de Anillos de conductividad*

Nota. Se observa la poca variabilidad entre las muestras. Comparación entre muestras superficiales y de profundidad:

- **Variabilidad:** Parece que hay una variabilidad similar en los valores de conductividad tanto en las muestras superficiales como en las de profundidad.
- **Tendencia general:** Ambos grupos muestran valores de conductividad que varían dentro de un rango estrecho, y los valores promedio son comparables entre los dos grupos.

4.9 Salinidad

En esta actividad se llevó a cabo para poner a prueba con un medidor de conductividad la salinidad de las muestras de agua recogidas de un sistema acuático específico.

Tabla 13.*Resultados de salinidad*

| Número de muestra | Salinidad (µS/cm) | Número de muestra | Salinidad (µS/cm) |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1s | 2,20 | 13p | 2,98 |
| 1p | 3,00 | 14s | 3,05 |
| 2s | 3,09 | 14p | 2,90 |
| 2p | 2,95 | 15s | 2,98 |
| 3s | 2,98 | 15p | 3,05 |
| 3p | 3,06 | 16s | 2,96 |
| 4s | 3,10 | 16p | 2,89 |
| 4p | 3,12 | 17s | 3,01 |
| 5s | 3,02 | 17p | 2,92 |
| 5p | 2,91 | 18s | 2,91 |
| 6s | 2,98 | 18p | 2,90 |
| 6p | 2,95 | 19s | 3,00 |
| 7s | 3,09 | 19p | 3,05 |
| 7p | 3,11 | 20s | 2,87 |
| 8s | 2,89 | 20p | 2,96 |
| 8p | 2,87 | 21s | 3,07 |
| 9s | 2,94 | 21p | 2,98 |
| 9p | 2,98 | 22s | 2,88 |
| 10s | 2,87 | 22p | 2,94 |
| 10p | 3,01 | 23s | 3,00 |
| 11s | 3,05 | 23p | 3,10 |
| 11p | 2,96 | 24s | 2,92 |
| 12s | 2,90 | 24p | 2,84 |
| 12p | 2,87 | 25s | 2,80 |
| 13s | 3,02 | 25p | 2,97 |
| Promedio | | | 2,96 |

Nota. Poco indicio de variabilidad.

Tomando en cuenta los parámetros de Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua del ministerio del ambiente (ambiente, 2018) en el contexto de índices de salinidad permisibles se toma en cuenta que los parámetros de restricción

son: 0,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ son los grados de restricción nulos; de 0,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 3,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ son grados de restricción moderados y mayores a 0,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ son grados de restricción severos. Haciendo una comparativa con el análisis de nuestros resultados podemos considerar que la salinidad del agua está muy cerca de los grados de restricción severos con un 2,96 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de media, pero sigue siendo un medio apto para el desarrollo de comunidades bentónicas, estos no se consideran rangos alarmantes ya que en este estuario hay flujo de agua mar y agua dulce, condiciones como pH, temperatura y acciones antropogénicas podrían ser factores que afecten la medición de resultados pero no son indicadores de una variabilidad considerable.

4.9.1 Muestras superficiales (s):

- **Rango de salinidad:** Los valores de salinidad varían entre 2.80 y 3.10 en las muestras superficiales.
- **Promedio:** El promedio de salinidad parece estar alrededor de 2.96.
- **Tendencia general:** Existe una variabilidad en los valores de salinidad, pero en general, los valores están dentro de un rango estrecho.

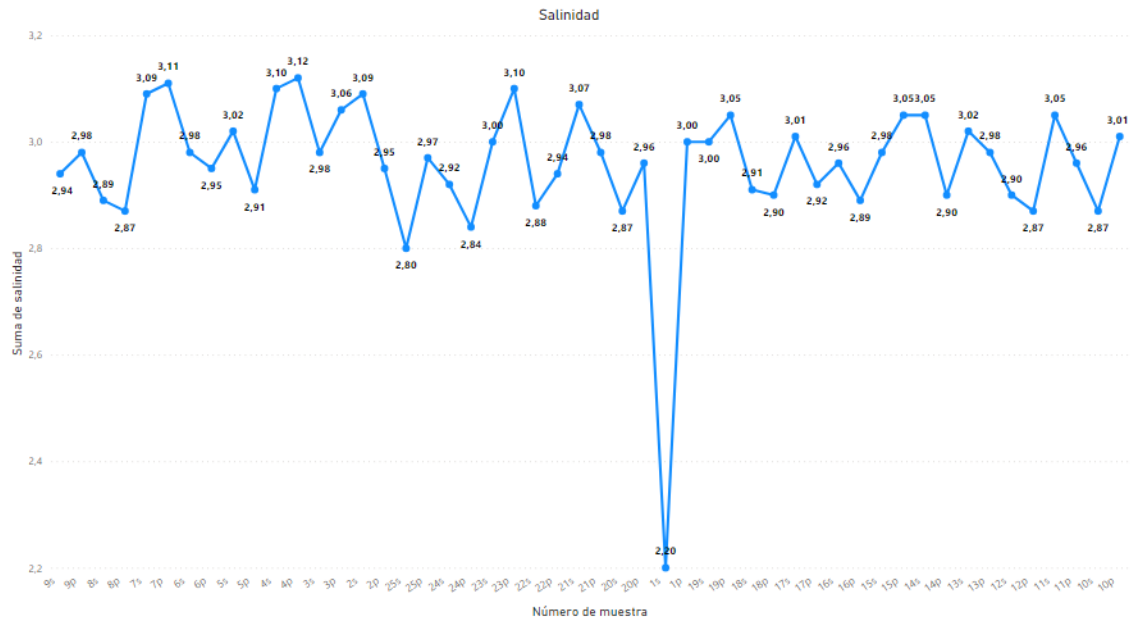
4.9.2 Muestras de profundidad (p):

- **Rango de salinidad:** Los valores de salinidad varían entre 2.84 y 3.12 en las muestras de profundidad.
- **Promedio:** El promedio de salinidad parece estar alrededor de 2.97.

- **Tendencia general:** Al igual que en las muestras superficiales, hay una variabilidad en los valores de salinidad en las muestras de profundidad.

Figura 12.

Gráfica de Líneas Salinidad



Nota. Se puede apreciar una baja concentración de la muestra 1s

Fuente: Propia Autoría

4.9.3 Comparación entre muestras superficiales y de profundidad:

- **Variabilidad:** Parece que hay una variabilidad similar en los valores de salinidad tanto en las muestras superficiales como en las de profundidad.
- **Tendencia general:** Ambos grupos muestran valores de salinidad que varían dentro de un rango estrecho, y los valores promedio son comparables entre los dos grupos.

4.10 Serie de sólidos

Por medio de la técnica de muestreo aleatorio estratificado fueron seleccionadas 10 de las 50 muestras recolectadas para hacer el análisis de serie de sólidos de las muestras de Agua de puerto el morro.

Después de analizar los datos de la serie de sólidos, podemos observar varios parámetros medidos, incluidos los sólidos disueltos, los sólidos totales y los sólidos suspendidos, para diferentes muestras.

Tabla 14.

Resultado de Serie de Sólidos

| Número de muestra | Sólidos sedimentales (ml/L) | Sólidos disueltos (g) | Sólidos Totales (g) | Sólidos Suspendidos (g) |
|-------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------------|-------------------------|
| 3p | 0,5 | 1,88 | 1,11 | 0,77 |
| 6p | 0,5 | 2,02 | 1,43 | 0,59 |
| 6s | 0,7 | 1,91 | 1,23 | 0,68 |
| 7p | 1,5 | 2,46 | 0,28 | 2,18 |
| 11s | 0,6 | 4,65 | 1,72 | 2,93 |
| 14p | 0,5 | 1,22 | 2,71 | 1,49 |
| 17p | 1,2 | 1,01 | 1,27 | 0,26 |
| 23s | 0,4 | 0,81 | 1,39 | 0,58 |
| 8s | 0,5 | 1,7 | 1,49 | 0,21 |
| 22s | 0,5 | 1,86 | 1,5 | 0,36 |

4.10.1 Sólidos sedimentales:

- La concentración de sólidos sedimentales tiene un rango de 0,4ml/L a 1,5 ml/L

- La muestra 23s tiene la menor cantidad de sólidos sedimentales con 0,4 ml/L mientras que la muestra 7p tiene la mayor cantidad de muestra de sólido sedimentado con 1,5 ml/L
- La media de concentración de sólido sedimentado es de 0,69 ml/l

4.10.2 Sólidos disueltos (SD):

- La concentración de sólidos disueltos varía entre 0,81 y 4,65.
- La muestra 11s muestra la concentración más alta de sólidos disueltos, con un valor de 4,65, mientras que la muestra 23s tiene la concentración más baja, con 0,81.
- El promedio de sólidos disueltos para todas las muestras es de aproximadamente 1,95.

4.10.3 Sólidos totales (ST):

- La concentración de sólidos totales varía entre 0,28 y 2,71.
- La muestra 7p muestra la concentración más alta de sólidos totales, con un valor de 2,71, mientras que la muestra 23s tiene la concentración más baja, con 0,28.
- El promedio de sólidos totales para todas las muestras es de aproximadamente 1,41.

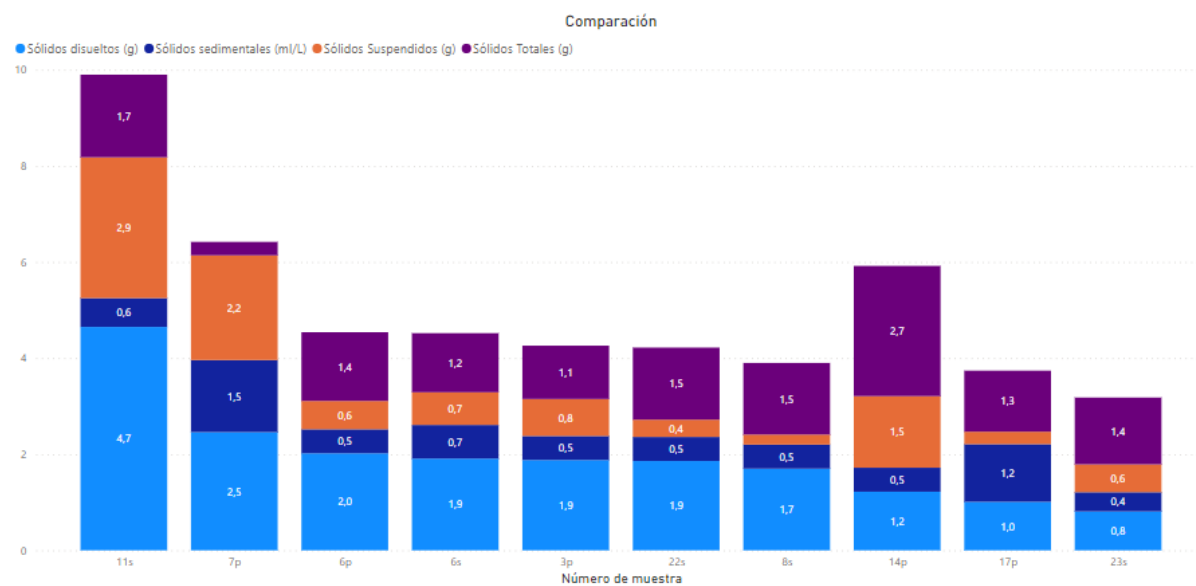
4.10.4 Sólidos suspendidos (SS):

- La concentración de sólidos suspendidos varía entre 0,21 y 2,93.

- La muestra 11s muestra la concentración más alta de sólidos suspendidos, con un valor de 2,93, mientras que la muestra 17p tiene la concentración más baja, con 0,26.
- El promedio de sólidos suspendidos para todas las muestras es de aproximadamente 1,01.

Figura 13.

Comparación de Serie de Sólidos



Nota. Se aprecia una mayor concentración de sólidos en la muestra 11s

Fuente: Propia Autoría

4.11 Test de jarras

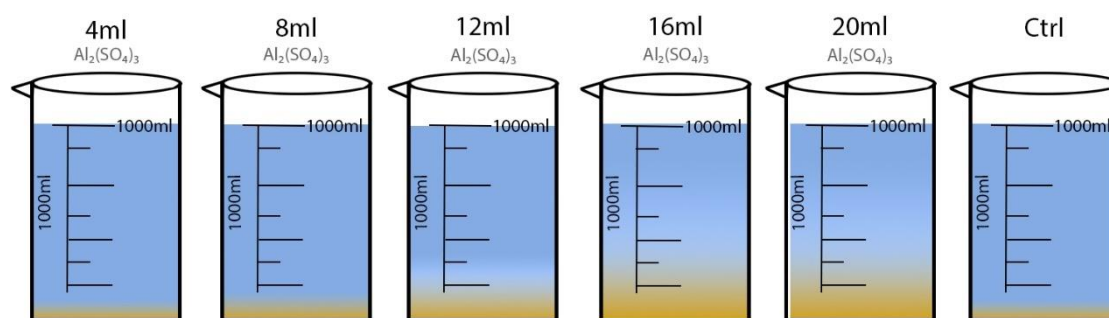
Se puede interpretar en los resultados que el coagulante, en este caso el sulfato de aluminio mostró una mayor efectividad en términos de floculación en las muestras 16 y 20 en comparación con las otras muestras que utilizaron dosis diferentes del mismo

coagulante (4, 8 y 12 ml). Además, se observa que el control, que no recibió el coagulante, no mostró ninguna reacción de floculación, lo cual era de esperarse.

Esto sugiere que la dosis óptima del sulfato de aluminio para lograr una adecuada floculación en este experimento fue de 16 ml. Las muestras con esta dosis mostraron una mayor presencia de floculación, lo que indica que esta cantidad específica del coagulante es la más efectiva para el tratamiento de las muestras analizadas.

Figura 14.

Test de Jarras



Fuente: Propia Autoría

4.12 Ion cloruro

Por medio de la técnica de discriminación de muestreo aleatorio estratificado se seleccionaron 13 muestras de agua para la determinación de concentración de Ion Cloruro en mg/L.

Se demostraron los resultados obtenidos en la prueba, los cuales incluyen el volumen de inicio y final de la titulación, el índice de consumo de AgNO_3 y la

concentración de ion cloruro calculada para cada muestra. Estos datos son de gran importancia para entender cómo se distribuye de forma vertical la salinidad en el sistema que se ha estudiado, y nos ayudarán a comprender mejor los procesos que influyen en la variabilidad de la salinidad en ambientes acuáticos.

Tabla 15.

Resultados de Ion Cloruro

| # Muestra | Volumen Inicial (ml) | Volumen Final (ml) | Índice de | Concentración | Concentración |
|-----------|----------------------|--------------------|-----------------------------------|-----------------------|----------------------|
| | | | consumo de AgNO ₃ (ml) | de Ion cloruro (mg/L) | de Ion cloruro (g/L) |
| 5s | 16 | 1 | 15 | 265,88 | 0,27 |
| 5p | 26 | 2 | 24 | 425,40 | 0,43 |
| 9s | 69 | 84 | 15 | 265,88 | 0,27 |
| 10s | 39 | 66 | 27 | 478,58 | 0,48 |
| 11s | 38 | 24 | 14 | 248,15 | 0,25 |
| 12p | 22 | 39 | 17 | 301,33 | 0,30 |
| 14s | 69 | 81 | 12 | 212,70 | 0,21 |
| 14p | 16 | 38 | 22 | 389,95 | 0,39 |
| 19p | 66 | 90 | 24 | 425,40 | 0,43 |
| 22s | 3 | 22 | 19 | 336,78 | 0,34 |
| 22p | 43 | 67 | 24 | 425,40 | 0,43 |
| 23s | 86 | 19 | 67 | 1187,58 | 1,19 |
| 23p | 62 | 86 | 24 | 425,40 | 0,43 |

Como se puede observar en la tabla, se realizó un número de muestras de superficie y profundidad de forma aleatoria que han sido utilizadas para determinar la concentración de iones cloruro en mg/L. de acuerdo a la norma ministerial el 250 mg/L es el límite permitido para criterios de calidad del agua (ambiente, 2023), según las pruebas a las que fueron sometidas nuestras muestras la concentración de iones cloruro supera el límite permitido por la normativa ministerial para determinar la calidad del agua que podría ser tratada, las altas concentraciones de iones cloruros al agua aportan un sabor salado y desagradable al consumo humano, es difícil de potabilizar e incrementa el potencial corrosivo del agua es decir aumenta su capacidad de deteriorar tuberías y estructuras (Rodríguez A. , 2018)

De acuerdo, a la normativa ambiental del Ministerio de ambiente Ecuador, (ambiente, 2023) los límites permitidos de iones cloruro en agua para uso de consumo y que para su consumo solo necesita desinfección es de 250 mg/L

En base a los parámetros establecidos por estudios recientes basados en las normativas de calidad de agua en China, (Hong et al., 2023) se determina que los índices de Ion cloruro en un estuario tiene una alta variabilidad que oscila entre los 10 a 20 mg/L en agua dulce y hasta 19.000 mg/L en agua salada, tomando en consideración que las

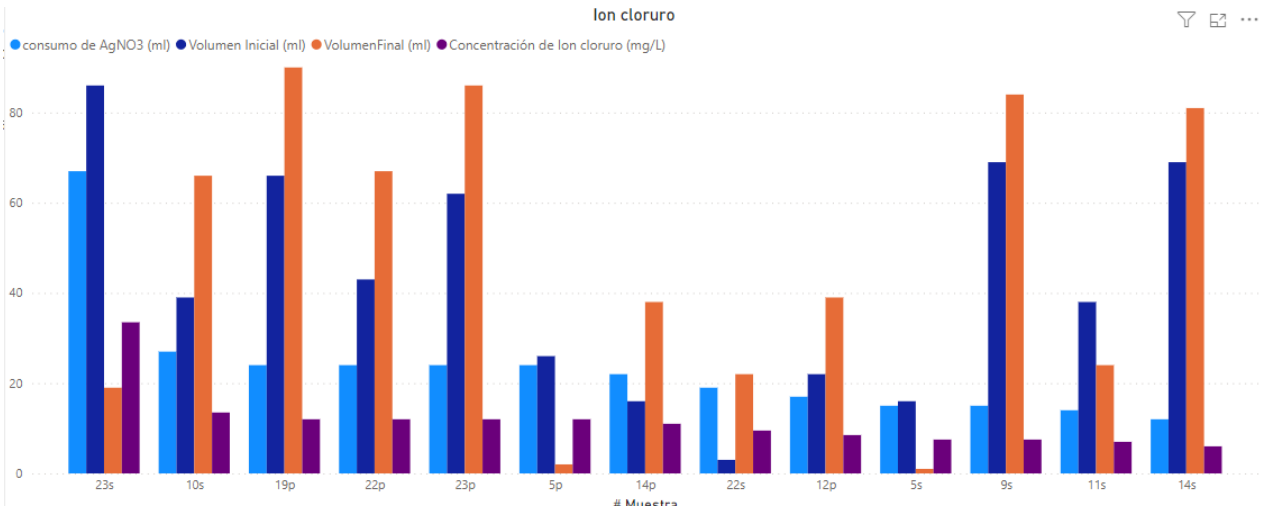
muestras tomadas fueron de un estuario se puede concluir que se encuentra en la media normal de porcentaje de Iones cloruro.

Después de analizar los datos obtenidos en la prueba de ion cloruro de nuestras muestras, se ha observado una marcada variación en los volúmenes inicial y final, así

como en el índice de consumo de AgNO_3 y la concentración de ion cloruro entre las muestras superficiales (s) y profundas (p). Las muestras superficiales (s) presentan un índice de consumo de AgNO_3 que oscila entre 12 y 27 ml, mientras que las muestras profundas (p) muestran un rango más amplio, con valores entre 16 y 67 ml. Esto sugiere que podría existir una diferencia en la cantidad de ion cloruro presente en las capas superficiales y profundas del sistema o medio analizado.

En cuanto a la concentración de ion cloruro, las muestras superficiales exhiben valores que varían entre 6 y 13.5 mg/L, mientras que las muestras profundas presentan concentraciones que oscilan entre 8.5 y 33.5 mg/L. Esta disparidad en las concentraciones indica una posible variabilidad en la salinidad entre las capas superficiales y profundas del sistema estudiado.

Es importante destacar que las diferencias en las condiciones de las muestras superficiales y profundas pueden deberse a factores como la exposición a la luz solar, la actividad biológica o la interacción con el sedimento, los cuales podrían influir en la concentración de ion cloruro.

Figura 15.*Gráfica de Barras Ion Cloruro*

Nota. Comparativa de los resultados de Ion cloruro de las muestras

Capítulo 5

5 Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

- Se logró identificar y clasificar morfológicamente los hongos aislados, así como conocer sus características propias.
- Los estudios de salinidad revelaron que los resultados se aproximan a los grados de restricción, con un valor promedio de 2,96 uS/cm. Esto sugiere que el agua no es adecuada para el riego, aunque se encuentra dentro del límite permitido de 3,0 uS/cm.

- Las pruebas de pH para muestras de agua y sedimento marino arrojaron resultados favorables, dentro del rango establecido (6.5 a 8.5), con medias de 7,69 y 7,40 respectivamente, indicando ligeros niveles de alcalinidad.
- Los valores obtenidos en las pruebas de TDS están por debajo del límite establecido.
- Los valores de sólidos disueltos, totales, suspendidos y sedimentales están dentro de los parámetros esperados.
- Según los resultados de la prueba de jarras, la dosis óptima de sulfato de aluminio es de 16mL, indicando niveles moderados de contaminación en el punto de extracción.
- Los valores de ion cloruro (300-400 mg/L) exceden el rango óptimo para la potabilización (máximo de 250mg/L), sugiriendo dificultades para su potabilización y un índice parcial alto de salinidad.
- Los índices de conductividad fueron de 49.645 $\mu\text{S}/\text{cm}$ que es demasiado alto para un estuario y llega a alcanzar la conductividad media del agua salada.
- La prueba ICP-OES identificó la presencia de metales en las muestras, donde la mayoría se encontraba dentro de los rangos establecidos, aunque destaca una alta concentración de Cu, que supera de manera parcial el valor máximo permitido, indicando un índice de contaminación por este metal.
- La evidente presencia predominante de Cu es sustentada por los altos índices que tuvo la conductividad eléctrica, el Cu es considerado el mejor conductor de electricidad, tiene la característica de tener una conductividad del 100% y sin

presencia de oxígeno puede llegar hasta el 101%, esto sería un argumento que explicaría los altos índices de conductividad en el agua del estuario.

- El análisis de la tolerancia fúngica de las especies *Aspergillus spp*, *Penicillium*, *Cunninghamella* y *Paecilomyces*, junto con la interpretación de los resultados concernientes al crecimiento de los hongos cultivados, proporciona una base sólida para respaldar futuros proyectos de identificación de hongos con potencial biorremediador.

- El potencial de biorremediación de este estudio radica en la capacidad de las especies fúngicas mencionadas (*Aspergillus spp*, *Penicillium*, *Cunninghamella* y *Paecilomyces*) para tolerar y metabolizar contaminantes ambientales. Al comprender su tolerancia y capacidad de crecimiento en presencia de ciertos contaminantes, se puede identificar qué especies son más eficaces para degradar o transformar compuestos contaminantes en formas menos tóxicas o incluso inofensivas.

5.2 Recomendaciones

- **Seguimiento continuo:** se recomienda un seguimiento continuo de la calidad del agua y los sedimentos en la zona de estudio, en particular en lo que respecta a la presencia de metales y otros contaminantes.
- **Evaluación de riesgos:** es importante llevar a cabo evaluaciones de riesgos específicas para determinar el impacto de los metales presentes en la salud humana, la vida acuática y el medio ambiente circundante.

- **Aplicación de medidas paliativas:** En particular en las zonas en las que se hayan detectado concentraciones elevadas, deben aplicarse medidas paliativas adecuadas para minimizar el nivel de contaminación por metales, por ejemplo, el tratamiento de los sedimentos contaminados.
- **Realizar más investigaciones:** se sugiere realizar más investigaciones para comprender mejor los mecanismos por los que los metales se acumulan en el agua y los sedimentos y su impacto en los ecosistemas acuáticos.
- **Promover prácticas sostenibles:** se recomienda promover prácticas sostenibles en las actividades industriales y agrícolas en las proximidades de la zona de estudio para minimizar la contaminación por metales y otros contaminantes.
- **Educación y concienciación:** es importante poner en marcha programas de educación y concienciación para informar a la población local de los riesgos asociados a la contaminación por metales y de la importancia de la protección de los recursos hídricos.

Bibliografía

- Aguirre, S. E., Piraneque, N. V., & Linero-Cueto, J. (2021). Concentración de metales pesados y calidad físico-química del agua de la Ciénaga Grande de Santa Marta. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 24(1).
- Álvarez, O. Q., Pascual, J. L. G., La Rosa, T. E., & Clemente, A. C. N. (2019). Estudio de la contaminación por metales en sedimentos marinos de la Bahía de Santiago de Cuba. *TECNOCIENCIA Chihuahua*, 13(3), 181-190.

- Bances Ugaz, S. R. G. (2019). Método de battelle-columbus para valorar la calidad ambiental de la zona marina costera de Lambayeque, entre los años 2009-2016.
- Barraza Quiroz, D. R. (2019). *Calidad ambiental marina costera de la bahía de Cartagena asociada con elementos traza en sedimentos* (Master's thesis, Universidad de Cartagena).
- Bustamante Salazar, E. A., & Romero Menoscal, K. J. (2023). *Evaluación de la capacidad removedora de metales pesados (CR, CD, AS) empleando Taxones de Hongos Filamentosos aislados de sedimentos marinos del Golfo de Guayaquil, Ecuador* (Bachelor's thesis).
- Cadavid-Velásquez, E., del Socorro Pérez-Vásquez, N., & Marrugo-Negrete, J. (2019). Contaminación por metales pesados en la bahía Cispatá en Córdoba-Colombia y su bioacumulación en macromicetos. *Gestión y Ambiente*, 22(1), 43-53.
- Elías, R., Méndez, N., Muniz, P., Cabanillas, R., Rojas, C. G., Rozbaczyló, N., ... & Díaz, Ó. D. (2021). Los poliquetos como indicadores biológicos en Latinoamérica y el Caribe. *Marine & Fishery Sciences (MAFIS)*, 34(1), 37-107.
- Ferrández, B., Bordehore, C., Sanchez Sanchez, A., Fonfría, E. S., & Cerdán, M. (2018). Remediación de sedimentos marinos anóxicos.
- García-Martínez, Y. A., Heredia Abarca, G., Guzmán-Guillermo, J., Valenzuela, R., & Raymundo, T. (2021). Hongos asociados al mangle rojo *Rhizophora mangle* (Rhizophoraceae) en la Reserva de la Biosfera Isla Cozumel, Quintana Roo, México. *Acta botánica mexicana*, (128).

- González, V., Benítez, L. T., & Tamayo, J. C. P. (2021). Evaluación toxicológica de los sedimentos marinos del estero Huaylá, usando como bioindicador al nematodo *C. elegans*. *Revista Ciencia y Tecnología*, 14(1), 61-69.
- González, V., Valle, S., Nirchio, M., Olivero, J., Tejeda, L., Valdelamar, J., ... & González, K. (2018). Evaluación del riesgo de contaminación por metales pesados (Hg y Pb) en sedimentos marinos del Estero Huaylá, Puerto Bolívar, Ecuador. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, 21(41), 75-82.
- Hernández, M. V. F., Gamboa, O. A. S., & De Astudillo, L. L. R. (2019). Evaluación del riesgo ambiental de metales pesados en los sedimentos superficiales del saco del Golfo de Cariaco. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35(1), 101-114.
- Loaiza Naranjo, I. W. (2021). *Análisis de parámetros físico-químicos en agua y sedimentos en el área de restauración de manglares ubicada junto a la ciudadela Las Garzas Guayaquil-Ecuador* (Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias Naturales. Universidad de Guayaquil).
- Moreano Panchi, A. B. (2023). *Evaluación de la calidad del agua y determinación de metales pesados en sedimentos de la microcuenca del río Alajua* (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Carrera de Biotecnología).

- Peressutti, S. R., & Zorzoli, P. A. (2023). Monitoreo de contaminantes y detección de genes *alkb* en la Zona Común de Pesca Argentino-Uruguaya. *Marine & Fishery Sciences (MAFIS)*, 36(1), 75-89.
- Pernía, B., Mero, M., Cornejo, X., Ramírez, N., Ramírez, L., Bravo, K., ... & Zambrano, J. (2018). Determinación de Cd y Pb en agua, sedimento y organismos bioindicadores en el Estero Salado, Ecuador. *Enfoque UTE*, 9(2), 89-105.
- Quevedo-Álvarez, O. D. A. L. Y. S., Gómez-Pascual, J. L., Estrada-La Rosa, T. A. M. A. R. A., & Núñez-Clemente, A. C. (2020). Estudio de la contaminación por metales en sedimentos marinos de la Bahía de Santiago de Cuba. *TECNOCENCIA Chihuahua*, 13(3).
- Rosas, J., Alvariño, L., Guabloche, A., Romero, S., Castañeda, L., & Iannacone, J. (2023). Contaminación por elementos trazas en sedimentos superficiales marinos de la bahía del Callao, Perú. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 52(1), 27-44.
- Sánchez-Aburto, G., Vargas-Castillo, E., Yañez-Apam, J., Zambrano-Carrasco, J., Carreño-López, R., Vázquez-Pineros, M. A., & Marín-Cevada, V. (2019). Biorremediación del bisfenol A (BPA) y su potencial para el mejoramiento de la calidad de cuerpos de agua afectados por este contaminante industrial.
- Viera Ribot, O. M., & Morales Fernández, S. (2020). Comparación de los métodos de extracción para hidrocarburos aromáticos policíclicos en sedimentos marinos empleando Soxhlet y baño ultrasónico. *Centro Azúcar*, 47(3), 14-23.

Alva Saldaña, G. S., Chacón Gonzales, A. T., & Morales López, R. J. (2019). Efecto biorremediador con *Trichoderma Sp* en suelos contaminados con glifosato, Distrito de

Casa Grande-Provincia de Ascope-Departamento la Libertad, semestre 2018.

Banguera Garcés, T. M. (2021). Análisis de metales pesados Cd, Pb y mercurio Cd, Pb, Hg en bivalvos de la familia Mytilidae y Ostreidae, en la provincia del

Guayas y El Oro, 2010–2020 (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2021.).

Barrozo Monar, J. A., & Cruz Santana, E. M. (2021). Determinación de coliformes totales y *E. coli* en *Anadara tuberculosa* (concha negra) y sedimento en la Comuna Puerto del Morro (Doctoral dissertation, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Químicas).

Bucio-Sistos, C., López-Sosa, L. B., & Morales-Máximo, M. (2022). Análisis multiparamétrico de tres sistemas constructivos considerando indicadores de sustentabilidad: ambientales, económicos y energético-funcionales. Informes de la Construcción, 74(567), e461-e461.

Bustamante Salazar, E. A., & Romero Menoscal, K. J. (2023). Evaluación de la

capacidad removedora de metales pesados (CR, CD, AS) empleando Taxones de Hongos Filamentosos aislados de sedimentos marinos del Golfo de Guayaquil, Ecuador (Bachelor's thesis).

Castebianco, J. A. (2018). Técnicas de remediación de metales pesados con potencial aplicación en el cultivo de cacao. LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida, 27(1),21-35.

González, V., Valle, S., Nirchio, M., Olivero, J., Tejeda, L., Valdelamar, J., ... &

González, K. (2018). Evaluación del riesgo de contaminación por metales pesados (Hg y Pb) en sedimentos marinos del Estero Huaylá, Puerto Bolívar, Ecuador. Revista del

Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas, 21(41), 75-82.

Heinert, M. E. J., Endara, A. D. L. M. G., & Solórzano, H. X. P. (2020). Plasma acoplado inductivamente en espectroscopia de emisión óptica (ICP-OES). Recimundo, 4(4), 4-12.

Moreno, X., Ventura, M., Panizo, M. M., & Garcés, M. F. (2023). Evaluación de la formación de biopelículas en aislamientos bacterianos y fúngicos por el método semicuantitativo de microtitulación con cristal violeta y el cualitativo de agar con rojo Congo. Biomédica, 43, 77-88.

- Navarro, L. E., Levin, L., & Rosenfeldt, S. (2022). Evaluación de los micromicetes asociados a la corteza de fresno en Buenos Aires (Argentina): su capacidad para degradar madera y tolerancia a metales pesados. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 57(4), 1-10.
- Núñez, M. D. P., & Cinto, I. E. (2018). Bioprospección de hongos de pudrición blanca como posibles biorremediadores para colillas de cigarrillo.
- Orozco, I., Lara, R., Quiroga, V., & Villafañe, G. (2018). Cuantificación de metales pesados en aguas de minas, mediante la técnica de espectrometría de emisión óptica por plasma inductivamente acoplado (icp-oes).
- Pabón, S. E., Benítez, R., Sarria, R. A., & Gallo, J. A. (2020). Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión.
- Padilla Zhucuzhañay, J. V. (2019). Caracterización morfo molecular de aislados fúngicos con capacidad de biosorción de metales pesados (Bachelor's thesis).
- Rojas, E. A. F., & Sosa, L. B. L. (2019). Análisis multiparamétrico de una vivienda ecológica con indicadores de sustentabilidad y eficiencia energética. *International Energy Conference*.
- Rotundo, P., & Francisco, A. (2018). Evaluación de la contaminación por metales

pesados entre las costas del Estado Anzoátegui (Píritu) y Parque Nacional Mochima, Venezuela, empleando esponjas y algas como biomonitores y sedimentos (Doctoral dissertation).

Talledo Mera, M. I. (2021). Eficacia de la microscopía directa con hidróxido de potasio y el cultivo con agar sabouraud en el diagnóstico de onicomicosis (Doctoral dissertation, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Médicas. Escuela de Graduados).

Villón Navas, B. T. (2022). Determinación de concentraciones de Cd y mercurio en concha prieta, *Anadara tuberculosa* Sowerby, 1833, agua y sedimento del refugio de vida silvestre manglares El Morro (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2022.).

Cárdenas León, J. A. (2005). Calidad de agua para estudiantes de Ciencias Ambientales. Bogota, Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas Arcos, V., Mero Valarezo, M., Machuca De la Torre, M., & Vera Sari, L. (2009). Contaminación por metales pesados e incidencia en organismos bentónicos en “Cerrito de los Morreños”, golfo de Guayaquil, Ecuador. *Investigación, Tecnología e Innovación*, 1(1), 113–127. <https://doi.org/10.53591/ITI.V1I1.31>

Orellana, W. (2017). *La falta de alcantarillado genera un lado feo en Puerto El Morro*. <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/38/10/la-falta-de-alcantarillado-genera-un-lado-feo-en-puerto-el-morro>

USAID. (1993). *Programa de Manejo de Recursos Costeros*. <http://www.crc.uri.edu>

Domínguez-Zúñiga, L. I., Puente-Valenzuela, C. O., Estrada-Arellano, J. R., Aguirre-Acosta, E., Aguillón-Gutiérrez, D. R., Domínguez-Zúñiga, L. I., Puente-Valenzuela, C. O., Estrada-Arellano, J. R., Aguirre-Acosta, E., & Aguillón-Gutiérrez, D. R. (2021). Concentración de metales pesados en hongos de la zona metropolitana de la Comarca Lagunera, México. *Scientia Fungorum*, 52, e1389. <https://doi.org/10.33885/SF.2021.52.1389>

Ortiz, S., Cremades, J., Serrano, M., & Carbajal, R. (2003). *El efecto de la marea negra originada por el Prestige sobre la flora de las costas de Galicia. Conservación vegetal*. https://www.researchgate.net/publication/340931092_El_efecto_de_la_marea_negra_originada_por_el_Prestige_sobre_la_flora_de_las_costas_de_Galicia_Conservacion_vegetal_8_12

Samboni Ruiz, N. E., Carvajal Escobar, Y., & Carlos Escobar, J. (2007). *Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua*. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092007000300019

Vives De Andrés, J. B. (2003). *INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MARINAS Y COSTERAS José Benito Vives De Andrés-INVEMAR Vinculado al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial Programa CALIDAD AMBIENTAL MARINA-CAM*.

Zilli, F., & Gagneten, A. M. (2005). Efectos de la contaminación por metales pesados sobre la comunidad bentónica de la cuenca del arroyo cululú (río salado del norte, Argentina). *Interciencia*, 30(3), 159–165.
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442005000300009&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Altamirano Vera, K. E. (2022). *UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR CARRERA DE BIOLOGÍA MARINA.*

Hernandez, F. (2019). *Análisis fúngico marino y potencial patógeno sobre el delfín mular Tursiops truncatus en el estero El Morro, Guayas-Ecuador.*

Tamallo Cevallos, R. (2020). Hongos marinos lignícolas en ecosistemas de manglar. *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas*, 41(2), 95–106.
<https://doi.org/10.26807/remcb.v41i2.880>

Trocchi-Ghinaglia, L., & Prado España, M. (2018). Estado trófico y estructura comunitaria del microfitoplancton en un sector del golfo de Guayaquil, Ecuador. *Biota Colombiana*, 18(2), 146–164. <https://doi.org/10.21068/C2017.V18N02A09>

Giralda, A. (2020). INSTRUCTIVO PREPARACIÓN DE SUELOS Y SEDIMENTOS PARA ANÁLISIS.
<http://www.geologia.unam.mx/igl/deptos/edafo/lfs/MANUAL%20DEL%20LABORATORIO%20DE%20FISICA%20DE%2>

Alexakis, D. E. (2021). Water Quality Indices: Current and Future Trends in Evaluating Contamination of Groundwater Resources. *Water*, 13(4), 401.

<https://doi.org/10.3390/w13040401>

Arcos, V., Mero Valarezo, M., Machuca De la Torre, M., & Vera Sari, L. (2009).

Contaminación por metales pesados e incidencia en organismos bentónicos en “Cerrito de los Morreños”, golfo de Guayaquil, Ecuador. *Investigación, Tecnología e Innovación*, 1(1), 113–127. <https://doi.org/10.53591/ITI.V1I1.31>

Cupul-Magaña, L., Mösso-Aranda, C., Sierra, J., Martí, E., Ferman-Almada, J., Rodilla,

M., González del Río, J., & Sánchez-Arcilla, A. (2006). Caracterización y patrones de distribución de los sedimentos superficiales en Bahía Cullera, España. *Ciencias Marinas*, 32(4), 617–629.

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-38802006000700002&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Franz Ruiz, W., Nuñez, R. A., & Flores, J. P. (2017). *Aislamiento, propagación y crecimiento de hongos comestibles nativos en residuos agroindustriales.*

<https://www.redalyc.org/pdf/3576/357653912004.pdf>

Orellana, W. (2017). *La falta de alcantarillado genera un lado feo en Puerto El Morro.*

<https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/38/10/la-falta-de-alcantarillado-genera-un-lado-feo-en-puerto-el-morro>

Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227–232.

<https://doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>

USAID. (1993). *Programa de Manejo de Recursos Costeros*. <http://www.crc.uri.edu>

Aguirre, G. (2019). El turismo sostenible comunitario en Puerto el Morro: análisis de su aplicación e incidencia económica. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202019000100289&script=sci_arttext

Alfredo Jiménez González, Á. F. (2019). *Indicadores de sostenibilidad con énfasis en el estado de conservación del bosque seco tropical*. Manabí, Ecuador.: Revista Cubana de Ciencias Forestales.

Alvarez, D. (2020). *Biodegradación de plástico con larvas del coleóptero tenebrio molitor como un aporte interdisciplinar a la biotecnología ambiental*. Obtenido de

http://repository.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/12205/Biodegradacion_de_Plastico_con_Larvas_Tm%20%282%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ambiente, M. d. (2023). *REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LA NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES : RECURSO AGUA*. Obtenido

de <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-097.pdf>

Arias, M. (2018). *Evaluación de la composición fisicoquímica de sedimentos de fondo en el Río Tempisque, Guanacaste*. Obtenido de <http://179.0.219.172/items/895e100c-9d91-4364-8f76-7e4bf22e0700>

Cardenas, M. (2018). *Comunidades bentónicas presentes en sitios de buceo en la reserva marina El Pelado*. Obtenido de revistas.uees.edu.ec: <https://revistas.uees.edu.ec/index.php/IRR/article/view/199/171>

Cuello, G. (2019). *¿Cómo impactó su construcción en la comunidad bentónica intermareal?* Obtenido de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1667-782X2019000100004&script=sci_arttext

Dugarte, C. d. (2016). *FORMATO DE GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO*. Guayaquil, Ecuador: Universidad Politecnica Salesiana.

Erazo, M. (2018). *Evaluación del comportamiento de Aspergillus niger y Penicillium spp en la degradación de bioplástico elaborado a partir de almidón de cáscara de plátano*. Obtenido de ESCUELA SUPERIOR POLIT. DE CHIMBORAZO REPOSITORIO: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/10554/1/236T0413.pdf>

Espín, H. &. (2023).

- Freire, J. (Marzo de 2021). *Composición y estructura de los manglares de borde, Puerto El Morro, provincia del Guayas, Ecuador*. Obtenido de <https://repositorio.ug.edu.ec/server/api/core/bitstreams/609cf454-efd2-40ea-958a-3bc7cad51d16/content>
- Gimenez, M. (2018). *ESTRATEGIAS DE MANEJO DE Aspergillus flavus Y Penicillium spp . PARA LA REDUCCIÓN DE LOS NIVELES DE MICOTOXINAS EN MAÍZ*. Obtenido de <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/92372?show=full>
- Helou & Espín. (2023).
- Herrera, N. (2021). *Interacciones alelopáticas de dinoflagelados epibentónicos de los géneros Amphidinium y Coolia en condiciones de cultivo*. Obtenido de <https://repositoriodigital.ipn.mx/jspui/handle/123456789/26442>
- Ivar Jines Lavado Morales, D. E. (2021). *Evaluación preliminar de 10 plantas medicinales del Valle del Mantaro mediante el método cualitativo (fitoquímico) para usofarmacéutico*. Huancayo, Perú: Visionarios en ciencia y tecnología.
- Lizett V. Cáceres Bolaños, L. A. (2021). *Herbario Virtual como Mediación Pedagógica*. Antioquia, Colombia: Universidad Católica del Oriente.
- Mora, J. C. (2021). *Fuentes antropogénicas y naturales de contaminación atmosférica: estado del arte de su impacto en la calidad fisicoquímica del agua de lluvia y de niebla*. Obtenido de Escuela la Química: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0379-39822021000100092&script=sci_arttext

- Pernia, B. (Junio de 2018). *Determinación de Cd y Pb en agua, sedimento y organismos bioindicadores en el Estero Salado, Ecuador*. Obtenido de http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S1390-65422018000200089&script=sci_arttext
- Rodríguez Landa, H. L. (2020). *Manual de prácticas de farmacognosia*. Xalapa, Veracruz.
- Rodriguez, A. (Noviembre de 2018). *Estudio del efecto del ion cloruro en la extracción de Cu con el extractante LIX 860N-IC utilizando agua de mar*. Obtenido de http://repositorio.udec.cl/bitstream/11594/331/1/Tesis_Estudio_del_efecto_del_Ion_Cloruro.Image.Marked.pdf
- Rodriguez, V. (Junio de 2019). *Estructura de la comunidad de insectos acuáticos en la deriva y su relación con la estructura bentónica de la comunidad de insectos, en un tramo del río Santa María, provincia de Veraguas, República de Panamá*. Obtenido de <https://revistas.up.ac.pa/index.php/antataura/article/view/498>
- Santana, D. (2021). *Control de Meloidogyne sp. en Plukenetia volubilis L. mediante Paecilomyces lilacinus, extracto de microorganismo y materia orgánica en Satipo*. Obtenido de https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7700/T010_72455611_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Sarmiento, J. (2023). *Sistema de medición remota TDS (total de sólidos disueltos) para la supervisión del tanque de salmuera en la empresa fresenius medical care*.

Obtenido de
<https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/handle/001/2560/Velasco%20Molina%2c%20Diana%20Carolina-2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Silva, M. (2018). *Diferentes maneras de uso de un clarificante natural en procesos de potabilización de aguas turbias*. Obtenido de http://38.43.142.130/bitstream/handle/20.500.12672/7155/Silva_cm.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Vera, J. (2021). *Determinar concentraciones de Cd, mercurio y Pb en agua, en las concesiones de manglares de Puerto Roma y Santa Rosa Golfo de Guayaquil – Ecuador*. Obtenido de <file:///C:/Users/User/Desktop/3-alcivar-et-al-2011-51-28-40.pdf>

Vieille, P. (Julio de 2019). *Diagnóstico de Cunninghamella bertholletiae Stadel*. Obtenido de <http://www.scielo.org.ar/pdf/ram/v52n4/1851-7617-ram-52-04-1.pdf>

Hong Y, Zhu Z, Liao W, Yan Z, Feng C, Xu D. Freshwater Water-Quality Criteria for Chloride and Guidance for the Revision of the Water-Quality Standard in China. *Int J Environ Res Public Health*. 2023 Feb 7;20(4):2875. doi: 10.3390/ijerph20042875. PMID: 36833571; PMCID: PMC9956284.

Alexakis, D. E. (2021). Water Quality Indices: Current and Future Trends in Evaluating Contamination of Groundwater Resources. *Water*, 13(4), 401.
<https://doi.org/10.3390/w13040401>

- Arcos, V., Mero Valarezo, M., Machuca De la Torre, M., & Vera Sari, L. (2009). Contaminación por metales pesados e incidencia en organismos bentónicos en “Cerrito de los Morreños”, golfo de Guayaquil, Ecuador. *Investigación, Tecnología e Innovación*, 1(1), 113–127. <https://doi.org/10.53591/ITI.V1I1.31>
- Cupul-Magaña, L., Mösso-Aranda, C., Sierra, J., Martí, E., Ferman-Almada, J., Rodilla, M., González del Río, J., & Sánchez-Arcilla, A. (2006). Caracterización y patrones de distribución de los sedimentos superficiales en Bahía Cullera, España. *Ciencias Marinas*, 32(4), 617–629. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-38802006000700002&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Franz Ruiz, W., Nuñez, R. A., & Flores, J. P. (2017). *Aislamiento, propagación y crecimiento de hongos comestibles nativos en residuos agroindustriales*. <https://www.redalyc.org/pdf/3576/357653912004.pdf>
- Orellana, W. (2017). *La falta de alcantarillado genera un lado feo en Puerto El Morro*. <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/38/10/la-falta-de-alcantarillado-genera-un-lado-feo-en-puerto-el-morro>
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227–232. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>
- USAID. (1993). *Programa de Manejo de Recursos Costeros*. <http://www.crc.uri.edu>

JIMÉNEZ PRADO y Bearez (2004). "Peces Marinos del Ecuador continental".


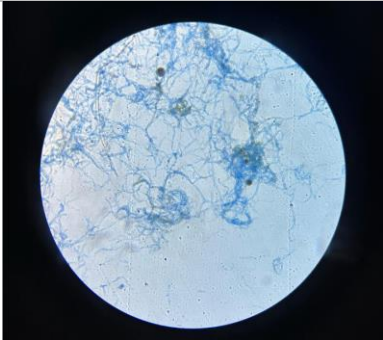

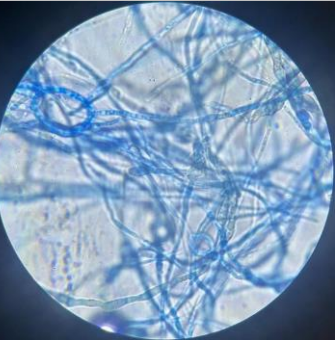


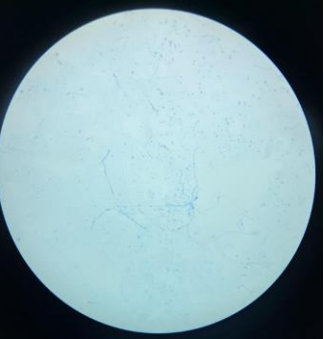
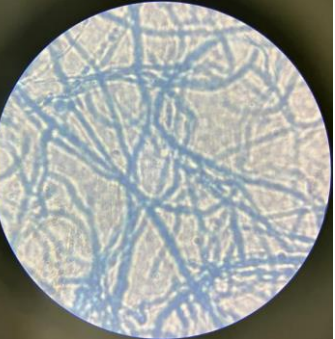
SIMBIO, NAZCA, IFEA. Quito.


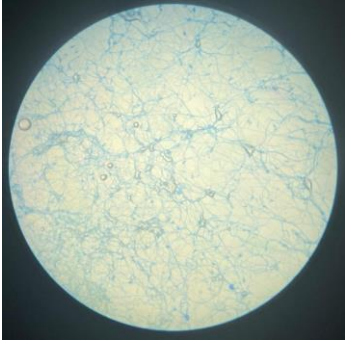
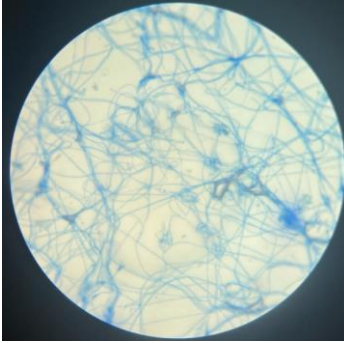


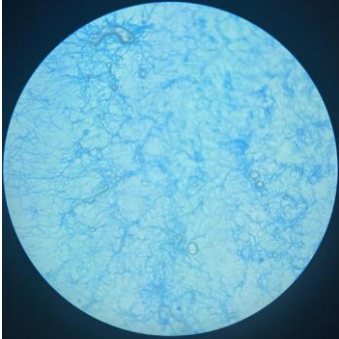



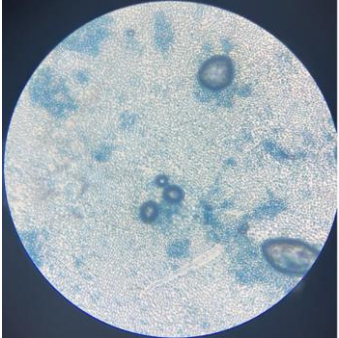
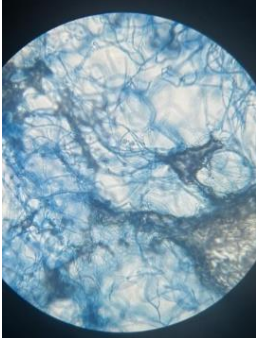
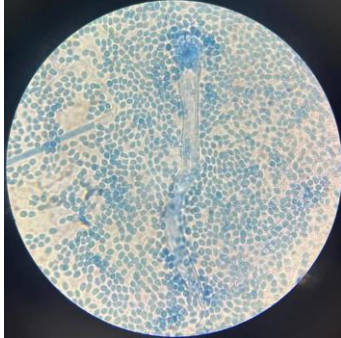
Casal, J., & Mateu, E. (2003). TIPOS DE MUESTREO. Rev. Epidem. Med.



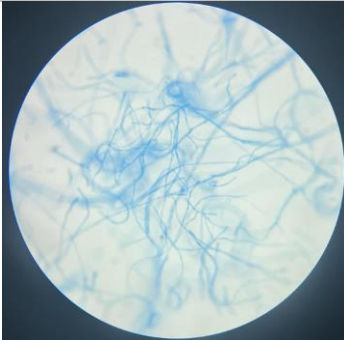
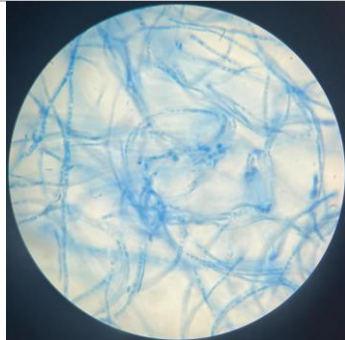

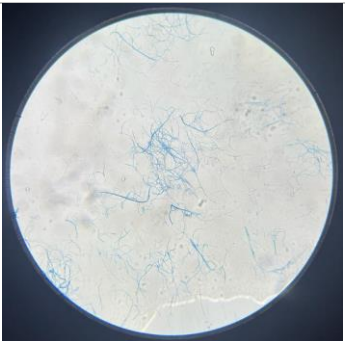
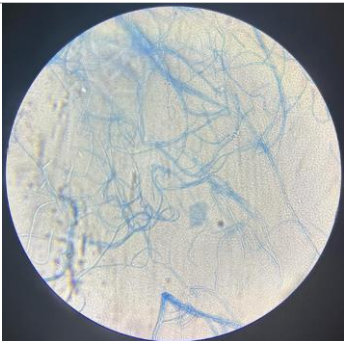


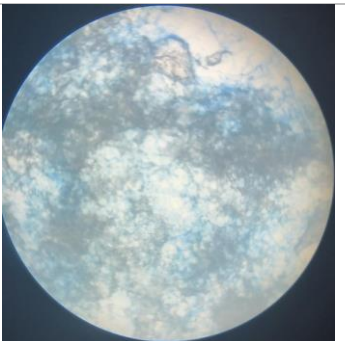
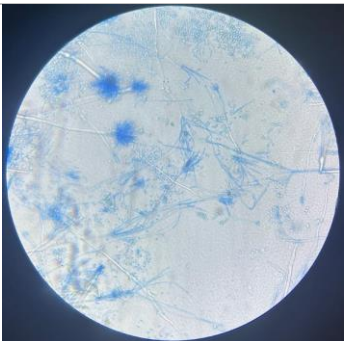
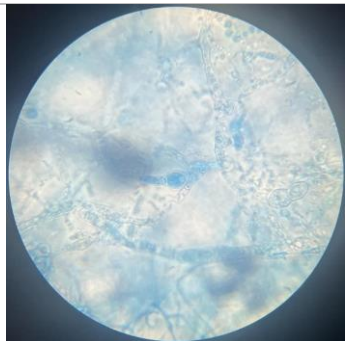
Prev, 1, 3-7


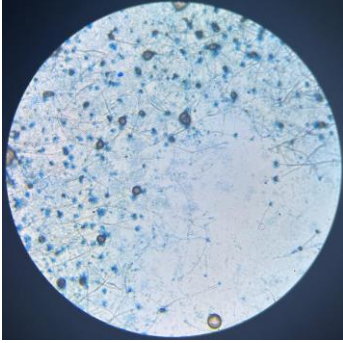
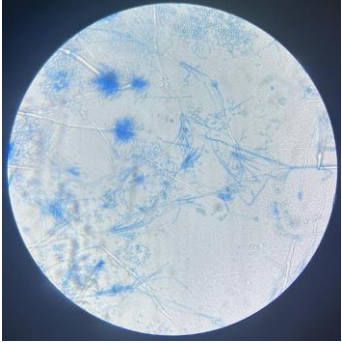


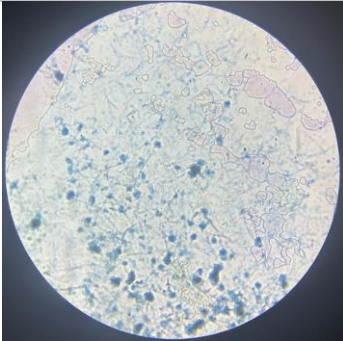
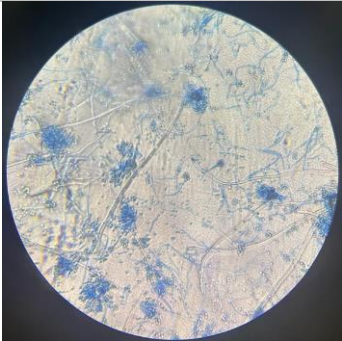
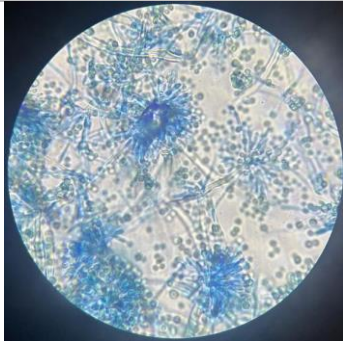
ANEXOS

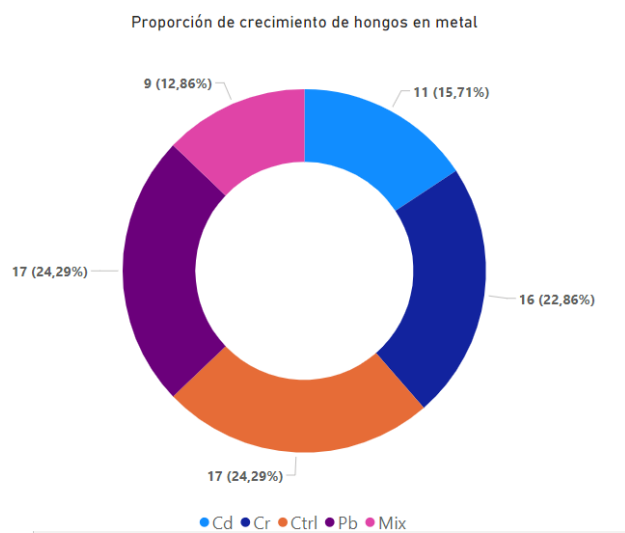
*Anexo 1**Perspectivas de los hongos seleccionados para la identificación*

| Metal | Concentración | Número de muestra | Foto macroscópica | X10 | X40 | X100 |
|--------------|----------------------|--------------------------|--|---|--|--|
| Cd | 45ppm | 10 |  |  |  |  |
| Pb | 45ppm | 7 |  |  |  |  |

| | | | | | | |
|-----------|-------|----|--|---|--|--|
| Cr | 70ppm | 8 |  |  |  |  |
| Cd | 70ppm | 46 |  |  |  |  |
| Cr | 45ppm | 9 |  |  |  |  |

| | | | | | | |
|-----------|-------|----|--|---|--|--|
| Pb | 70ppm | 10 |  |  |  |  |
| Cd | 45ppm | 46 |  |  |  |  |
| Pb | 45ppm | 33 |  |  |  |  |

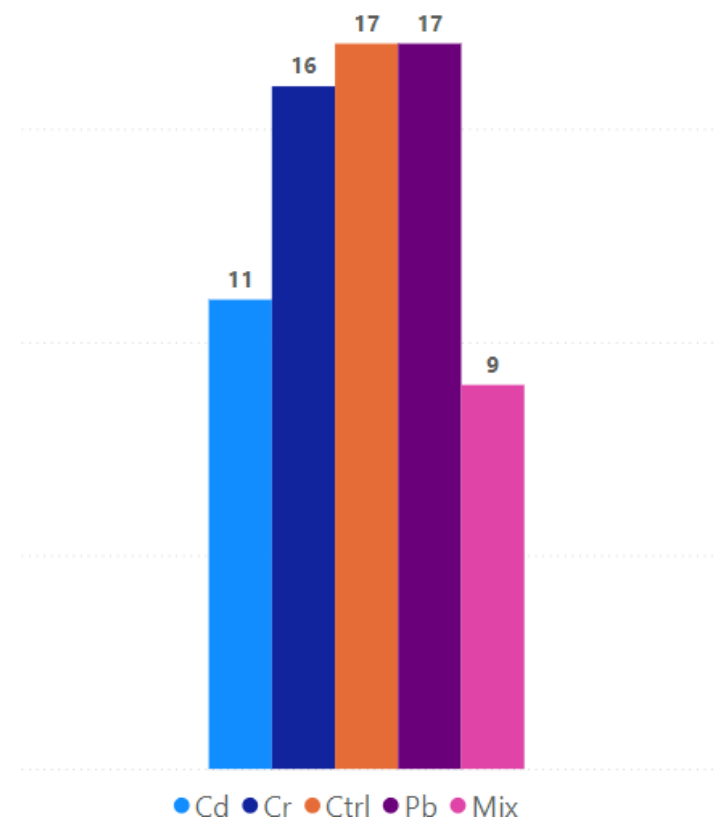
| | | | | | | |
|----|-------|----|---|--|---|---|
| Cr | 70ppm | 11 |  |  |  |  |
| Cr | 70ppm | 9 |  |  |  |  |

Anexo 2.**Proporción de los hongos totales crecidos en Metal**

Anexo 3.

Gráfica de Barras de la proporción de los hongos totales crecidos en metal

Proporción de crecimiento de hongos en metal

**Anexo 4**

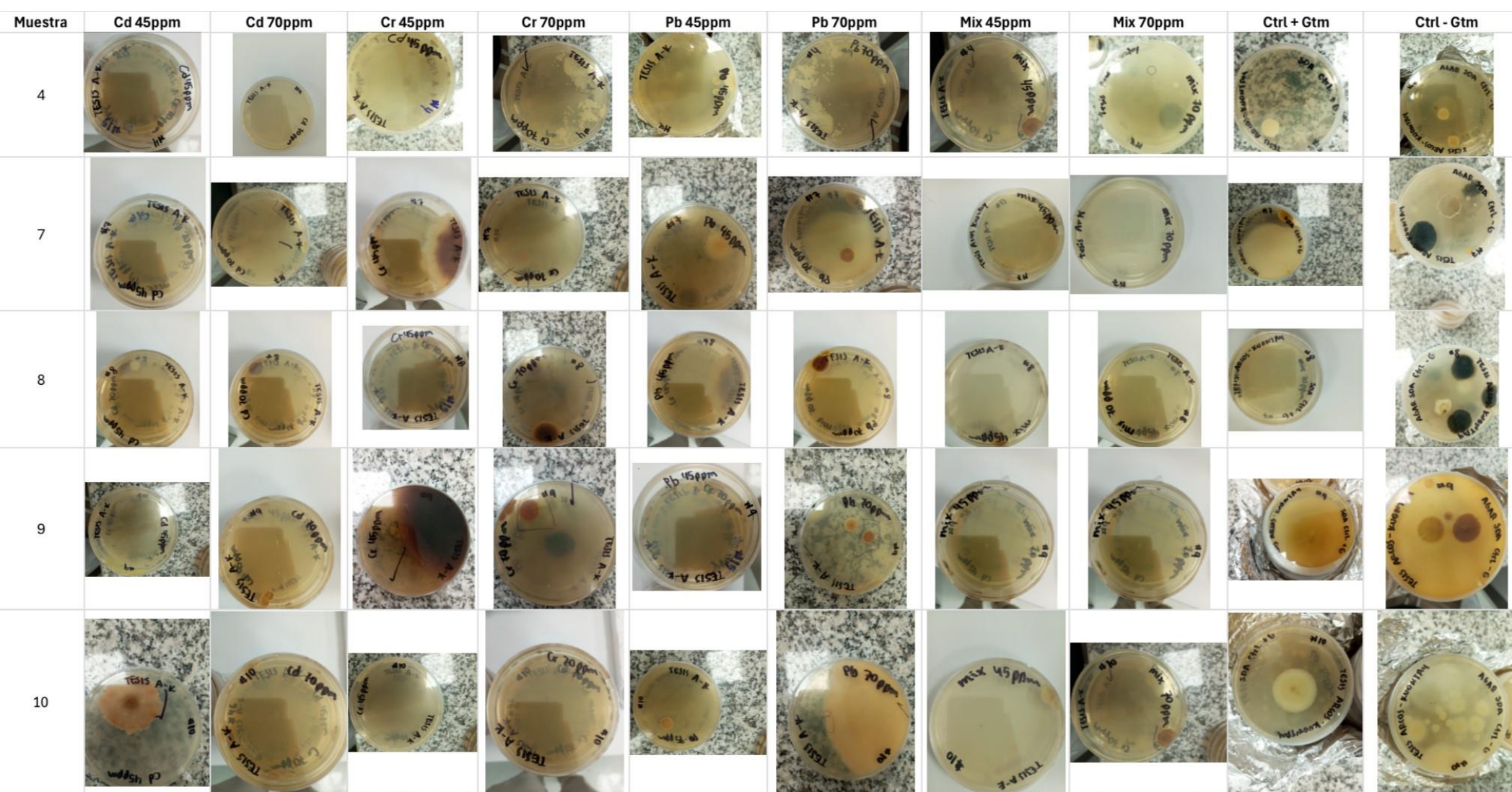
Formato de Ficha de características organolépticas de agua

FORMATO DE FICHA

| Numero de muestra | Fecha | Hora | Sitio | |
|--------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| COLOR | | | | |
| Incoloro | Grisáceo | Amarillo con turbidez | Amarillo verdoso | Café-pardo |
| OLOR | | | | |
| inodoro | metálico | vegetal | pítrico | Olor a pescado |
| ASPECTO | | | | |
| uniforme | Transparente | Uniforme turbio | Con material vegetal | Presencia de biota |
| | Materiales antrópicos | | espumado | |
| TURBIDEZ | | | | |
| muy turbia | turbia | poco turbia | transparente | |

Anexo 5.

Imagen 1 de las 100 siembras realizadas



Anexo 6.

Imagen 2 de las 100 siembras realizadas

