UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

TESIS

"VARIABILIDAD ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (Cd, Cu, Pb y Zn) EN SEDIMENTOS MARINOS DEL PUERTO DE ILO, 2023"

PRESENTADO POR:

Bach. MIGUEL EFRAIN HACHA VASQUEZ

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

ILO – PERU

2024

UNAM
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA UNAM FEDATARIO

Folio Nº 051

ACTA DE SUSTENTACIÓN

I. Modalidad:

Tesis : [X]
Trabajo de Suficiencia Profesional : [ ]
Otro: ..... : [ ]

II. Documento de aprobación para la sustentación:

RESOLUCIÓN DE FACULTAD N°134-2024-FACIA-UNAM

Fecha: MIERCOLES 31 JULIO 2024

III. El jurado ha dictaminado la (el) TESIS, TITULADO:

VARIABILIDAD ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (Cd, Cu, Pb y Zn) EN SEDIMENTOS MARINOS DEL PUERTO DE ILO, 2023

Bachiller: MIGUEL EFRAIN HACHA VASQUEZ

Asesor Principal: M.Sc. RODOLFO RAFAEL SÁNCHEZ VALENCIA

Co-Asesor: Mg. RENEE MAURICIO CONDORI APAZA

IV. Se dictamina:

Como: APROBADO por UNANIMIDAD la sustentación de manera:

Presencial [X] Virtual [ ]

Con nota: CATORCE (14) por lo que; Sí [X] No [ ]

Opta el Título Profesional de INGENIERO AMBIENTAL.

Siendo las 13:01 horas, del 31 de JULIO del año 2024 se procede con la firma en conformidad de lo dictaminado por el Jurado.

Dr. EDUARDO L. FLORES QUISPE
Presidente

Primer Miembro
Dr. Hebert H. Soto Gonzales

Segundo Miembro
Lic. JORGE ANTONIO MORALES

Bach. MIGUEL HACHA VASQUEZ
Bachiller

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

"VARIABILIDAD ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (Cd, Cu, Pb y Zn) EN SEDIMENTOS MARINOS DEL PUERTO DE ILO, 2023"

Tesis sustentada y aprobada el 31 de julio del 2024, estando el jurado calificador y asesor, integrado por:

PRESIDENTE: _____

Dr. Eduardo Luis Flores Quispe

1er MIEMBRO: _____

Dr. Hebert Hernán Soto Gonzales

2do MIEMBRO: _____

Lic. Jorge Antonio Morales Carazas

ASESOR: _____

M.Sc. Rodolfo Rafael Sánchez Valencia

COASESOR: _____

Mgr. Renee Mauricio Condori Apaza

DEDICATORIA

A Dios por ser mi guía.

A mi familia por ser mi mayor soporte y fortaleza en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Nacional de Moquegua y a la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, por proporcionarme formación profesional esencial para seguir alcanzando mis objetivos.

A mis asesores el Mgr. Renee Condori Apaza y M.Sc. Rodolfo Sánchez Valencia, por su tiempo, acompañamiento y asesoramiento en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

A mis padres Efraín y Rosa por ser mi mayor soporte, fortaleza y aliento en cada etapa de mi formación personal y profesional. A mis hermanos Milton y Josué por su motivación y superación personal.

RESUMEN

Las zonas costeras son una interfaz importante para las interacciones entre la tierra y el mar, por ende, son sensibles a los cambios ambientales y a las actividades humanas. De tal manera, los sedimentos son un componente crucial de los ambientes acuáticos costeros considerados indicadores ambientales valiosos para evaluar la contaminación por metales pesados, ya que estos se acumulan progresivamente en el tiempo y pueden ser extremadamente dañinos para los ecosistemas marinos y la salud humana debido a su toxicidad, persistencia, y bioacumulación. La presente investigación tiene como objetivo evaluar la variabilidad espacial y temporal de la concentración de metales pesados (Cd, Cu, Pb y Zn) en sedimentos marinos en el Puerto de Ilo, en las tres zonas de muestreo de interés: Playa Tres Hermanas, Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo y Playa Boca del Rio. Las muestras se recolectaron entre los meses de septiembre (invierno) y noviembre (primavera) del año 2023 y se analizaron en un laboratorio acreditado mediante la metodología de espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS). Los resultados mostraron que existe variabilidad espacial de las concentraciones de metales pesados ($p < 0.05$), estas diferencias están asociadas a la dinámica de los océanos influenciadas por las corrientes marinas, tráfico de embarcaciones de menor y gran tamaño, embarque de minerales y el aporte del rio Osmore. Mientras que, en la dimensión temporal, los resultados mostraron que no existe variabilidad de las concentraciones de metales pesados ($p > 0.05$) en las dos temporalidades evaluadas (Invierno – Primavera).

Las concentraciones de Cadmio (Cd), Cobre (Cu) y Plomo (Pb), no cumplen con los valores del ISQG y PEL de los estándares internacionales canadienses de calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática en la zona del Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo, esto nos indica que la zona presenta “efectos biológicos adversos ocasionales y con frecuencia”, mientras que para Cobre (Cu) solo supero el valor del ISQG en la zona de Playa Boca del Rio.

Palabras clave: ecosistema marino, metales pesados, sedimentos.

ABSTRACT

Coastal zones are an important interface for land-sea interactions and are therefore sensitive to environmental changes and human activities. Thus, sediments are a crucial component of coastal aquatic environments and are considered valuable environmental indicators to assess heavy metal pollution, as they accumulate progressively over time and can be extremely harmful to marine ecosystems and human health due to their toxicity, persistence, and bioaccumulation. The present research aims to evaluate the spatial and temporal variability of the concentration of heavy metals (Cd, Cu, Pb and Zn) in marine sediments in the Port of Ilo, in the three sampling zones of interest: Tres Hermanas Beach, Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo and Boca del Rio Beach. Samples were collected between September (winter) and November (spring) 2023 and analyzed in an accredited laboratory using inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) methodology. The results showed that there is spatial variability in heavy metal concentrations ($p < 0.05$), these differences are associated with ocean dynamics influenced by ocean currents, small and large vessel traffic, mineral shipments and the contribution of the Osmore River. Meanwhile, in the temporal dimension, the results showed that there is no variability in the concentrations of heavy metals ($p > 0.05$) in the two time periods evaluated (winter - spring).

The concentrations of Cadmium (Cd), Copper (Cu) and Lead (Pb) do not meet the ISQG and PEL values of the Canadian international sediment quality standards for the protection of aquatic life in the Ilo Artisanal Fishing Landing area, indicating that the area has "occasional and frequent adverse biological effects", while Copper (Cu) only exceeds the ISQG value in the Boca del Rio Beach area.

Key words: marine ecosystem, heavy metals, sediments.

INTRODUCCION

Con la rápida industrialización y urbanización en los últimos años, las concentraciones de metales pesados en diversos entornos naturales han aumentado sustancialmente (Ahmed et al., 2015). Los ecosistemas acuáticos marinos reciben cantidades considerables de metales pesados procedentes de los ríos, precipitaciones atmosféricas y de las actividades antropogénicas como el vertimiento de aguas residuales domésticas e industriales, la navegación y el transporte marítimo, el desarrollo del turismo, el uso de plaguicidas, la minería, etc. (Svavarsson et al., 2021).

Los metales se encuentran entre los contaminantes ambientales más importantes, debido a su estabilidad en el ecosistema, capacidad de acumularse en la biota y su transporte a través de la cadena trófica (Sarmiento et al., 2016). Estos elementos tienen persistencia a largo plazo en el medio ambiente, biodisponibilidad y capacidad de sufrir procesos de bioacumulación y/o biomagnificación, lo que representa un peligro potencial para los organismos vivos y la salud pública (Z. Sun et al., 2018).

Así, estos metales pesados pueden acumularse en los sedimentos marinos superficiales, que actúan como sumideros de contaminación. Por lo tanto, son indicadores ambientales valiosos para evaluar el impacto espacial y temporal de los metales en los ambientes acuáticos (Romano et al., 2021).

En ese sentido, la presente investigación tiene como finalidad evaluar la variabilidad espacial y temporal de las concentraciones de metales pesados (Cd, Cu, Pb y Zn) en sedimentos marinos en el puerto de Ilo.

Para evaluar las concentraciones de metales pesados en los sedimentos marinos en el Puerto de Ilo, se seleccionaron tres zonas de interés y estas son; Playa Tres Hermanas caracterizada por ser un balneario concurrido por la población, colindante con Patio Puerto SPCC y Muelle SPCC donde ser realizan actividades industriales y portuarias como el embarque de cobre. El Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo caracterizado por desempeñar actividades portuarias como el embarque y desembarque de recursos hidrobiológicos, combustible, materiales e insumos de pesca, etc., además colinda con el Muelle de ENAPU donde se realiza

el embarque de minerales. Por último, la Playa Boca del Rio caracterizado por ser un balneario muy concurrido por la población, donde desemboca el Rio Osmore. También se evalúa en las temporalidades del mes de septiembre (estación de invierno) y noviembre (estación de primavera) del año 2023.

INDICE

RESUMEN **2**

ABSTRACT **3**

INTRODUCCION **4**

I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA **13**

1.1 DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 13

1.2 OBJETIVOS 15

1.2.1 Objetivo general *15*

1.2.2 Objetivos específicos *15*

1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA 15

1.3.1 Justificación ambiental *16*

1.3.2 Justificación social *16*

1.3.3 Justificación económica *17*

1.3.4 Justificación metodológica *17*

1.4 HIPÓTESIS 17

1.4.1 Hipótesis general *17*

1.4.2 Hipótesis especificas *17*

1.5 VARIABLES 18

1.5.1 Variable 1 (Independiente) *18*

1.5.2 Variable 2 (Dependiente) *18*

II MARCO TEORICO **20**

2.1 ANTECEDENTES 20

2.1.1 Internacionales *20*

2.1.2 Nacionales *23*

2.1.3 Locales *25*

2.2 BASES TEÓRICAS 26

2.2.1 Sedimentos marinos *26*

2.2.2 Metales pesados *27*

2.2.3 Fuentes de metales pesados en el medio ambiente *27*

2.2.4 Directrices canadienses sobre la calidad de los sedimentos para la protección de la vida acuática *28*

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS 29

2.3.1 Sedimento *29*
2.3.2 Contaminación *30*
2.3.3 Contaminante *30*
2.3.4 Concentración Total *30*
2.3.5 Cadena de custodia *30*
2.3.6 Metales pesados *30*
2.3.7 Cadmio *30*
2.3.8 Cobre *31*
2.3.9 Plomo *31*
2.3.10 Zinc *31*

III METODOLOGIA 32

3.1 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN 32
3.1.1 Tipo de investigación *32*
3.1.2 Nivel de investigación *32*
3.2 ÁMBITO ESPACIAL Y TEMPORAL 33
3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA 34
3.3.1 Población *34*
3.3.2 Muestra *34*
3.4 INSTRUMENTOS 36
3.5 PROCEDIMIENTOS 36
3.6 ANÁLISIS DE DATOS 40

IV RESULTADOS Y DISUSION 41

4.1 RESULTADOS 41
4.1.1 Comparación de las concentraciones de metales pesados en sedimentos marinos respecto a las zonas de muestreo y con los estándares canadienses de calidad de sedimentos *41*
4.1.2 Estadísticos descriptivos de las concentraciones de metales pesados según zonas de muestreo *52*
4.1.3 Estadísticos descriptivos de las concentraciones de metales pesados en las temporalidades (invierno – primavera) *57*
4.1.4 Prueba de normalidad y homogeneidad de varianzas para las concentraciones de metales pesados en las diferentes zonas de muestreo *62*
4.1.5 Prueba de Kruskall Wallis para determinar la variabilidad espacial de las concentraciones de metales pesados en sedimentos marinos *67*

4.1.6 Prueba Post Hoc para determinar la variabilidad en cada grupo de las concentraciones de metales pesados en sedimentos marinos 68

4.1.7 Prueba U de Mann-Whitney para determinar la variabilidad temporal de las concentraciones de metales pesados en sedimentos marinos..... 74

4.2 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS 76

4.2.1 Variabilidad espacial de las concentraciones de metales pesados en sedimentos marinos según zonas de muestreo 76

4.2.2 Variabilidad temporal de las concentraciones de metales pesados en sedimentos marinos..... 79

4.2.3 Comparación de las concentraciones de metales pesados en sedimentos marinos con los estándares internacionales canadienses..... 79

V CONCLUSIONES..... 82

VI RECOMENDACIONES..... 83

VII REFERENCIAS 84

VIIIANEXOS 90

ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA..... 91

ANEXO 2. MAPA DE UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO 93

ANEXO 3. GALERIA FOTOGRAFICA 94

ANEXO 4. INFORMES DE ENSAYO DE LABORATORIO – ESTACION DE INVIERNO 104

ANEXO 5. INFORMES DE ENSAYO DE LABORATORIO – ESTACION DE PRIMAVERA..... 108

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables de estudio 19

Tabla 2 Estándares canadienses de calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática 29

Tabla 3 Ubicación de los puntos de muestreo de sedimentos marinos 35

Tabla 4 Metodología de análisis de metales pesados en sedimentos 39

Tabla 5 Estadísticos descriptivos de las concentraciones de metales pesados (mg/kg) según zonas de muestreo 52

Tabla 6 Estadísticos descriptivos de las concentraciones de metales pesados (mg/kg) según la temporalidad (invierno – primavera) 57

Tabla 7 Prueba de Shapiro-Wilk para comprobar la normalidad de la concentración de metales pesados 64

Tabla 8 Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas para la concentración de metales pesados 66

Tabla 9 Prueba de Kruskall Wallis para las concentraciones de metales pesados según zonas de muestreo 67

Tabla 10 Prueba Post Hoc de Games-Howell para comparaciones múltiples para cadmio según zonas de muestreo 69

Tabla 11 Prueba Post Hoc de Games-Howell para comparaciones múltiples para cobre según zonas de muestreo 70

Tabla 12 Prueba Post Hoc de Games-Howell para comparaciones múltiples para plomo según zonas de muestreo 71

Tabla 13 Prueba Post Hoc de Games-Howell para comparaciones múltiples para zinc según zonas de muestreo 72

Tabla 14 Prueba U de Mann-Whitney para la concentración de metales pesados según la temporalidad (invierno – primavera) 74

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Concentración de Cadmio en la estación de invierno en las zonas de muestreo 41

Figura 2 Concentración de Cadmio en la estación de primavera en las zonas de muestreo 42

Figura 3 Concentración de Cobre en la estación de invierno en las zonas de muestreo 43

Figura 4 Concentración de Cobre en la estación de primavera en las zonas de muestreo 45

Figura 5 Concentración de Plomo en la estación de invierno en las zonas de muestreo 46

Figura 6 Concentración de Plomo en la estación de primavera en las zonas de muestreo 47

Figura 7 Concentración de Zinc en la estación de invierno en las zonas de muestreo 49

Figura 8 Concentración de Zinc en la estación de primavera en las zonas de muestreo 50

Figura 9 Diagrama de cajas y bigotes para Cadmio en las diferentes zonas de muestreo 53

Figura 10 Diagrama de cajas y bigotes para Cobre en las diferentes zonas de muestreo 54

Figura 11 Diagrama de cajas y bigotes para Plomo en las diferentes zonas de muestreo 55

Figura 12 Diagrama de cajas y bigotes para Zinc en las diferentes zonas de muestreo 56

Figura 13 Diagrama de cajas y bigotes para Cadmio en las diferentes temporalidades (invierno – primavera) 58

Figura 14 Diagrama de cajas y bigotes para Cobre en las diferentes temporalidades (invierno – primavera) 59

Figura 15 Diagrama de cajas y bigotes para Plomo en las diferentes temporalidades (invierno – primavera) 60

Figura 16 Diagrama de cajas y bigotes para Zinc en las diferentes temporalidades (invierno – primavera) 61

Figura 17 Zona de muestreo Playa Tres Hermanas 94

Figura 18 Zona de muestreo Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo 95

Figura 19 Zona de muestreo Playa Boca del Rio 96

Figura 20 Georreferenciación del punto de muestreo 97

Figura 21 Toma de muestra de la zona Playa Tres Hermanas 98

Figura 22 Toma de muestra de la zona del Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo 99

Figura 23 Toma de muestra de la zona de la Playa Boca del Rio 100

Figura 24 Homogenización de la muestra y llenado en frascos 101

Figura 25 Etiquetado, rotulado y sellado de las muestras en las dos temporalidades 102

Figura 26 Equipo de trabajo 103

LISTA DE ABREVIATURAS

ANOVA: Análisis de varianza

Cd: Cadmio

CERPER: Certificaciones del Perú

Cu: Cobre

ENAPU: Empresa Nacional de Puertos

GPS: Sistema de Posicionamiento Global

ICP-MS: Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente

IMARPE: Instituto del Mar del Perú

INACAL: Instituto Nacional de Calidad

ISQG: Guía interina de calidad de sedimentos

NOAA: Administración Nacional Oceanográfica y Atmosférica de los Estados Unidos

Pb: Plomo

PEL: Nivel de efecto probable

SM: Sedimento marino

SPCC: Southern Peru Copper Corporation

TEL: Nivel de efecto umbral

USEPA: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos

UTM: Sistema de coordenadas universal transversal de Mercator

Zn: Zinc

I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción y formulación del problema

Las zonas costeras, son regiones clave que conectan el mar y la tierra, desempeñando un papel muy importante en el desarrollo económico, social y ecológico. En los últimos años, con el rápido crecimiento de la población y el desarrollo industrial en las zonas costeras, los metales pesados vertidos en los sistemas marinos han aumentado continuamente, estos metales pesados se descargan en las aguas costeras a través de migración fluvial y la deposición atmosférica (Wang et al., 2022).

En las últimas décadas muchos estudios han indicado que los metales pesados representan una amenaza para la salud humana, los organismos vivos y los ecosistemas naturales debido a su ubicuidad, alta toxicidad, bioacumulación y no degradabilidad (Zhai et al., 2020).

Estos metales pesados pueden llegar a las zonas costeras a través de procesos naturales y/o a través de numerosas actividades antropogénicas, como el transporte marítimo, actividades mineras e industriales, la generación y utilización de energía, la pesca, la exploración petrolera, la agricultura, el desarrollo de infraestructuras, los servicios de transporte y la deposición atmosférica de partículas en el aire (Tunde & Oluwagbenga, 2020).

Las concentraciones de metales pesados en el agua de mar se rigen por las partículas en suspensión (Karuppasamy et al., 2019). Debido a los efectos de adsorción, floculación y precipitación, una cantidad considerable de metales pesados vertidos en el agua de mar se transfiere al sedimento, mientras que sólo una pequeña parte permanece disuelta en el agua (de Souza Machado et al., 2016).

Así, estos pueden acumularse en los sedimentos marinos, que actúan como sumidero natural de contaminación. Sin embargo, los metales pesados no pueden estar adheridos permanentemente a los sedimentos, por lo que pueden actuar como fuente de contaminación, estos pueden liberarse en la columna de agua suprayacente en forma biodisponible bajo ciertas condiciones fisicoquímicas (X. Sun et al., 2020).

De modo que, la acumulación en los sedimentos marinos provoca la reducción del crecimiento, la muerte y una menor diversidad de especies, lo que tiene implicaciones potenciales para los ecosistemas acuáticos y la salud humana a través de los procesos de bioacumulación y la biomagnificación en la cadena trófica (Hu et al., 2013).

El Perú cuenta con 3080 kilómetros de litoral costero, siendo de particular importancia las zonas costeras para el desarrollo económico, social y ecológico debido a que poseen recursos energéticos, hidrobiológicos y servicios ecosistémicos. Sin embargo, en la actualidad las bahías, estuarios y lagunas costeras del país presentan problemas de contaminación debido al crecimiento poblacional e industrial (Ibárcena, 2011).

Los vertidos domésticos y mineros son los que más contaminan las aguas receptoras, los primeros por el volumen de sus vertidos y los mineros por el vertido de sustancias tóxicas. Las operaciones mineras y metalúrgicas en Toquepala, Cuajone e Ilo por más de 40 años han tenido y siguen teniendo impactos negativos en el medio ambiente, comprometiendo el ecosistema marino costero (Cárdenas et al., 2015).

Actualmente no existen estudios específicos respecto a la concentración de metales pesados en sedimentos marinos en el puerto de Ilo, es por ello que existe la necesidad de profundizar en investigaciones que nos permitan conocer si las concentraciones de metales pesados en sedimentos marinos cumplen con los estándares internacionales, ya que, si esto no fuera así, estaríamos ante un serio problema, el cual no solo traería repercusiones fisiológicas en los organismos acuáticos, sino que también estaría amenazando la salud de las personas.

Por lo tanto, los sedimentos marinos costeros han atraído una considerable atención a la investigación por ser un indicador y registrador vital para proporcionar información invaluable sobre la condición ambiental del ecosistema acuático. Con la finalidad de identificar y clasificar el grado de contaminación, con estudios centrados principalmente en los niveles de contaminación por metales pesados (Mondal et al., 2018; Saddik et al., 2019; Zhai et al., 2021).

Por lo cual la presente investigación busca determinar las concentraciones de metales pesados para evaluar su variabilidad espacio temporal en los sedimentos marinos y comparar los resultados con los estándares internacionales canadienses de calidad de sedimentos marinos en el puerto de Ilo.

De tal modo, surge la siguiente interrogante ¿Cuál es la variabilidad espacial y temporal de la concentración de metales pesados (Cd, Cu, Pb, y Zn) en sedimentos marinos en el puerto de Ilo?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Evaluar la variabilidad espacial y temporal de la concentración de metales pesados (Cd, Cu, Pb, y Zn) en sedimentos marinos en el puerto de Ilo.

1.2.2 Objetivos específicos

Determinar la variabilidad espacial de la concentración de metales pesados (Cd, Cu, Pb, y Zn) en sedimentos marinos en el puerto de Ilo.

Determinar la variabilidad temporal de la concentración de metales pesados (Cd, Cu, Pb, y Zn) en sedimentos marinos en el puerto de Ilo.

Comparar las concentraciones de metales pesados (Cd, Cu, Pb, y Zn) en los sedimentos marinos con los estándares internacionales canadienses sobre la calidad de los sedimentos marinos.

1.3 Justificación e importancia

Las zonas costeras tienen ventajas significativas para los seres humanos en términos de recursos alimentarios y servicios ecosistémicos. Asimismo, las actividades humanas pueden tener importantes impactos negativos en la salud de los ecosistemas y la viabilidad de los recursos a futuro.

De tal modo el control y la gestión de la contaminación costera y marina son necesarios para la conservación de los organismos acuáticos y el medio ambiente marino. Dado que los sedimentos son un depósito de acumulación de

metales, el análisis de sedimentos y la evaluación de la contaminación de metales tóxicos utilizando estándares internacionales de calidad es imprescindible para seguimiento de los ambientes acuáticos.

La presente investigación contribuye a la generación de información científica en relación con los niveles de concentración de metales pesados en sedimentos marinos en el puerto de Ilo, dado que en la actualidad no se cuenta con dicha información. Asimismo, los resultados del estudio ayudaran a crear una mayor conciencia a la población en general y a las autoridades locales para una mejor toma de decisiones. Por otro lado, los resultados de la presente investigación serán contrastados con normativa internacional a fin de determinar si los niveles de concentración de metales pesados cumplen con los estándares de calidad de sedimentos.

Por consiguiente, investigar los contenidos de metales pesados en los sedimentos marinos proporciona información valiosa de registros de contaminación y denotaría la posible carga antropogénica, como también la evaluación de sus niveles de contaminación podría proporcionar un apoyo teórico efectivo para la contaminación marina.

1.3.1 Justificación ambiental

En la actualidad, las diferentes actividades antropogénicas tienen un impacto ambiental en zonas colindantes a ecosistemas marino-costeros. Por lo que, es imprescindible realizar el seguimiento de la contaminación marina en la calidad del sedimento debido a que son necesarios para la conservación de los organismos acuáticos en el medio ambiente marino.

1.3.2 Justificación social

En el aspecto social, la evaluación de calidad de sedimentos marinos permite identificar y prevenir problemas de contaminación, proteger y mejorar la gestión del ecosistema marino y su interacción con la cadena trófica, reduciendo posibles riesgos a la salud pública, con el fin de garantizar el bienestar y la participación de la sociedad del puerto de Ilo, ya que son de interés económico, social y ambiental.

1.3.3 Justificación económica

Una de las actividades económicas importantes en el puerto de Ilo es la extracción de recursos hidrobiológicos, por ende, si la calidad del sedimento marino no es el adecuado afectaría directamente al ciclo de vida de los organismos acuáticos inclusive la desaparición de los mismos. Asimismo, la actividad económica a través de la pesca artesanal disminuirá progresivamente y la población realizaría gastos económicos para los tratamientos de su salud que fueron influenciados por la ingesta de los recursos hidrobiológicos contaminados.

1.3.4 Justificación metodológica

Por otro lado, la presente investigación se desarrolló mediante el protocolo de muestreo de sedimentos de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), el cual establece la metodología para la toma de muestra, inocuidad y la minimización en la alteración negativa al medio ambiente. Cabe mencionar que actualmente en el Perú no se cuenta con protocolo de muestreo de sedimentos marinos y los respectivos estándares de calidad de sedimentos. Por lo cual servirá como línea base para próximos estudios a mayor profundidad.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis general

Si existe variabilidad espacial y temporal de la concentración de metales pesados (Cd, Cu, Pb, y Zn) en sedimentos marinos en el puerto de Ilo.

1.4.2 Hipótesis especificas

Si existe variabilidad espacial de la concentración de metales pesados (Cd, Cu, Pb, y Zn) en sedimentos marinos en el puerto de Ilo.

Si existe variabilidad temporal de la concentración de metales pesados (Cd, Cu, Pb, y Zn) en sedimentos marinos en el puerto de Ilo.

Las concentraciones de metales pesados de Cd, Cu, Pb, y Zn en los sedimentos marinos sobrepasan los estándares internacionales canadienses sobre la calidad de los sedimentos marinos.

1.5 Variables

1.5.1 Variable 1 (Independiente)

Espacio:

- Zona Playa Tres Hermanas.
  249919E 8046390N
  250122E 8046523N
- Zona del Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo.
  250964E 8047831N
  251152E 8047978N
- Zona Playa Boca del Rio.
  251092E 8049947N
  251084E 8050178N

Tiempo:

- Estación de invierno (septiembre).
  Fecha: 05-09-2023
- Estación de primavera (noviembre).
  Fecha: 08-11-2023

1.5.2 Variable 2 (Dependiente)

- Concentración de metales pesados (Cd, Cu, Pb y Zn) en sedimentos marinos en mg/kg.

En la **Tabla 1** se muestra la operacionalización de variables del presente estudio:

Tabla 1

Operacionalización de variables de estudio

VARIABLE	NOMBRE	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDICIÓN	TIPO DE VARIABLE
VARIABLE INDEPENDIENTE	Espacio	Zona Playa Tres Hermanas	-	249919E 8046390N 250122E 8046523N	Numérica discreta
		Zona Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo	-	250964E 8047831N 251152E 8047978N	
		Zona Playa Boca del Rio	-	251092E 8049947N 251084E 8050178N	
	Tiempo	Invierno (septiembre)	-	05-09-2023	Numérica discreta
		Primavera (noviembre)	-	08-11-2023	
VARIABLE DEPENDIENTE	Concentración de metales pesados en sedimentos	Metales	Niveles de concentración de metales pesados (Cd, Cu, Pb, y Zn)	mg/kg	Numérica continua

II MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 Internacionales

Halawani et al., (2022) Evaluaron la contaminación por metales pesados en los sedimentos a lo largo de la costa de Jeddah, Arabia Saudita. Se recolectaron un total de 80 muestras de sedimentos superficiales de las aguas poco profundas a lo largo de la costa este del Mar Rojo cerca de Jeddah, Arabia Saudita. Se establecieron tres lugares para la recolección de las muestras, designados como norte, centro y sur de Jeddah, para evaluar las concentraciones de seis metales pesados; cromo (Cr), manganeso (Mn), níquel (Ni), cobre (Cu), zinc (Zn), y plomo (Pb). Los resultados mostraron que las concentraciones (mg/kg) de estos metales en los sedimentos estudiados siguen este orden: Pb (77,34 ± 150,59) > Mn (36,52 ± 37,72) > Zn (18,02 ± 23,94) > Cr (9,56 ± 5,81) > Cu (9,18 ± 13,67) > Ni (3,68 ± 4,54). La mayoría de los sedimentos contaminados se registraron en las localidades Centro y Sur.

Yang et al., (2022) Estudiaron los niveles, la distribución espacial y los riesgos ecológicos de los metales pesados en los sedimentos de las áreas marinas circundantes de Pearl Bay, Mar de China Meridional. Por lo tanto, se recolectaron muestras de sedimentos superficiales y se midieron los elementos traza utilizando un espectrómetro de masas de plasma acoplado inductivamente (ICP-MS). Se analizaron seis metales pesados (As, Cu, Cd, Zn, Cr y Pb) en veinte sitios seleccionados de la costa de Pearl Bay para evaluar el patrón de distribución y el potencial de riesgo ecológico. Las concentraciones generales en mg/kg en las muestras de sedimento fueron: As (10,88 ± 6,50), Cu (24,16 ± 18,63), Cd (0,55 ± 0,78), Zn (48,53 ± 30,06), Cr (35,78 ± 28,66) y Pb (31,28 ± 18,50). Los resultados mostraron que los valores medios generales de las concentraciones de Cd excedieron el estándar de calidad de sedimentos marinos de China, causado por niveles significativamente altos de contenido de Cd en cinco sitios en el área costa afuera de Pearl Bay. En general, las concentraciones de metales mostraron una tendencia decreciente desde el área costa afuera hacia el interior de la bahía. Los índices de calidad de sedimentos demostraron que la costa de Pearl Bay no fue

contaminada por metales pesados examinados excepto por Cd, que podría causar contaminación y riesgo ecológico en la región.

Yehdhih et al., (2022) Evaluaron la contaminación por metales pesados en los sedimentos marinos de la bahía de Lévrier mediante ICP-MS. Por lo cual se evaluaron once metales pesados (Pb, Zn, Cu, Ni, V, Cr, Co, Hg, Cd, As y Mo) y se recogieron un total de veinticuatro muestras de sedimentos marinos a lo largo de la bahía de estudio. Los valores medios de las concentraciones respectivamente fueron para Pb (5,08 $mg.kg^{-1}$), Zn (19.02 $mg.kg^{-1}$), Cu (5.55 $mg.kg^{-1}$), Ni (2.15 $mg.kg^{-1}$), V (3.23 $mg.kg^{-1}$), Cr (13.03 $mg.kg^{-1}$), Co (0.49 $mg.kg^{-1}$), Hg (0.02 $mg.kg^{-1}$), Cd (0.16 $mg.kg^{-1}$), As (1,01 $mg.kg^{-1}$) y Mo (0,33 $mg.kg^{-1}$). La media de las concentraciones de metales pesados disminuye según el siguiente orden Zn > Cr > Cu > Pb > V > Ni > As > Co > Mo > Cd > Hg.

Quevedo-Álvarez et al., (2019) Evaluaron la contaminación por metales pesados (Cu, Zn, Ni, Cd y Pb) en los sedimentos superficiales de la bahía de Santiago de Cuba en 9 estaciones de muestreo. Los objetivos principales de la investigación fue determinar de la concentración total de metales pesados, comparar las concentraciones totales de metales pesados en sedimentos marinos con la Guía Internacional de Calidad de sedimentos adoptada por la Administración Nacional Oceanográfica y Atmosférica de los Estados Unidos (NOAA) y la aplicación de los índices de enriquecimiento y riesgo ecológico. Por ende, obtuvo resultados de las concentraciones medias de metales pesados en el siguiente orden; Cu (169 $\mu g.\ g^{-1}$) > Zn (162.2 $\mu g.\ g^{-1}$) > Ni (72.4 $\mu g.\ g^{-1}$) > Pb (15.7 $\mu g.\ g^{-1}$) > Cd (4.2 $\mu g.\ g^{-1}$). De todos los metales analizados el Cobre (Cu) presento elevadas concentraciones y máxima variabilidad (43-409 $\mu g.\ g^{-1}$), mientras que el Ni, Zn y Pb presentaron distribuciones más uniformes. El índice de geoacumulación mostró que los sedimentos marinos se encontraban fuertemente contaminados con Cobre, moderadamente contaminados con Zinc y tres de las estaciones presentaban contaminación moderada a fuerte con Níquel (Ni).

Baggio (2019) Evaluó las concentraciones de metales pesados (Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb y Zn) en sedimentos marinos en la zona de El Rincón, Argentina y en la plataforma, comparando diferentes sitios de muestreo y campañas de los años 2015, 2016 y 2017.. Se obtuvieron los siguientes rangos de concentraciones de metales pesados para Cd (ND-0,193 mg/kg), Cr (2,5-20,98 mg/kg), Cu (1,60-13,9 mg/kg), Hg (ND-2,58 mg/kg), Fe (8932-43895 mg/kg), Mn (91,4-637,6 mg/kg), Ni (2,02-13,43 mg/kg), Pb (1,41-5,91 mg/kg) y Zn (5,85-36,05 mg/kg) en la Zona el Rincón, mientras que para la Plataforma Media-Externa (PM-E) se obtuvieron valores de Cd (0,019-0,650 mg/kg), Cr (11,99-26,9 mg/kg), Cu (0,44-6,96 mg/kg), Hg (ND), Fe (8320-12960 mg/kg), Mn (24,1- 143,5 mg/kg), Ni (5,29-9,54 mg/kg), Pb (2,54-6,47 mg/kg) y Zn (14,33-24,09 mg/kg). Las concentraciones de metales pesados mostraron variaciones espaciales y temporales, con niveles más altos en la última campaña de muestreo de 2017. Esto se atribuye al crecimiento demográfico, la descarga de efluentes y las actividades portuarias, ya que el aumento del número de buques en la zona podría estar incrementando el aporte de metales año tras año en la zona de estudio.

2.1.2 Nacionales

K. Condori (2021) Evaluó las concentraciones de cinco elementos ecotóxicos en muestras de sedimentos marinos en el Puerto de Matarani. Para ello, estableció cuatro estaciones de monitoreo para los meses de febrero y agosto de 2018 y 2019 y una muestra en febrero de 2020. Las concentraciones medias obtenidas fueron: 20.84 mg/kg para Cu, 17.51 mg/kg para Cr, 17.68 mg/kg para Ni, 11.93 mg/kg para Pb y 21.21 mg/kg para Zn. Los resultados se analizaron mediante espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS) en un laboratorio acreditado por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) para garantizar la confiabilidad de los datos. Además, se estimó que el factor de enriquecimiento para Pb varía entre grave y moderado-grave, mientras que para Cu es moderado-grave. Según el Índice de Geoacumulación, el Cu mostró un nivel de contaminación moderado en los sedimentos, mientras que los índices de riesgo ecológico indicaron que las cuatro estaciones de monitoreo presentaron baja toxicidad para Cu, Cr, Ni, Pb y Zn.

Bernal (2019) Determino las concentraciones de metales pesados presentes en el sedimento marino del puerto de Salaverry, para tal propósito estableció 5 estaciones de muestreo, 4 estaciones cerca del desembarcadero y 1 estación alejado de la zona considerado como blanco, en 3 fechas distintas respectivamente. Los metales pesados en estudio fueron; As, Cd, Cu, Hg y Pb. Respectivamente, obtuvo las siguientes concentraciones que estuvieron en el rango de 0.64-29.3 mg/kg para Arsénico (As), 0.01-0.8 mg/kg para Cadmio (Cd), 4.9-62.4 mg/kg para Cobre (Cu), 0.0084-0.342 mg/kg para Mercurio (Hg) y 9-43 mg/kg para Plomo (Pb) presentes en el sedimento marino del puerto de Salaverry. Las concentraciones mencionadas excedieron los límites establecidos por la Guía Provisional de Calidad del Sedimento que forma parte de la Guía de Calidad Ambiental Canadiense.

Ibárcena (2011) Estudió los niveles de contaminación de los elementos ecotóxicos; Cu, Cd, Cd, As, Hg, Pb y Fe en sedimentos marinos en la bahía de Ite, Distrito de Ite, Provincia de Jorge Basadre Grohmann de Tacna, como consecuencia del vertimiento por más de 35 años de los relaves mineros provenientes de Toquepala y Cuajone. Para lo cual se ubicaron nueve estaciones de muestreo en la Bahía de Ite. Los resultados del estudio fueron en orden decreciente; Fe > Cu > Zn > As > Pb > Cd > Hg. Los valores promedios fueron los siguientes para Fe (33078.63 mg/kg), Cu (608.063 mg/kg), Zn (39.923 mg/kg), As (8.66 mg/kg), Pb (8.472 mg/kg), Cd (0.41 mg/kg) y Hg (0.01 mg/kg). Se registraron concentraciones superiores a los límites máximos permisibles por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) para Cu (608,063 mg/kg), Fe (33 078.63 mg/kg) y As (8.66 mg/kg). En contraste, los niveles de Zn (39.923 mg/kg), Pb (8.472 mg/kg) y Cd (0.41 mg/kg) no excedieron los límites máximos permitidos para áreas contaminadas según la USEPA.

2.1.3 Locales

Condori et al., (2022) Evaluaron las concentraciones de metales pesados y aceites y grasas en agua de mar en el puerto de Ilo. para tal propósito se estableció tres estaciones de muestreo; Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo, Playa Media Luna y Playa frente a fundicion de Southern Peru, en la estacion de invierno, primavera y verano mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica (AAS) y el método AWWA para la determinación de aceites y grasas. Las concentraciones de plomo y de aceites y grasas excedieron los límites establecidos en todas las estaciones de muestreo, especialmente en primavera de 0,74 mg/l para Pb y 108,5 mg/l para aceites y grasas. En verano para cobre se aproxima a los niveles permitidos por la normatividad ambiental peruana con 0,048 mg/l y el arsénico es el más cercano con 0,0042 mg/L en la misma estacion.

Cárdenas et al., (2015) Evaluaron el contenido de metales trazas en agua, sedimento y organismos bentonicos en los bancos naturales de Meca-Lozas (Tacna), Tancona y Punta Coles (Moquegua). Este estudio fue realizado por el área de Oceanografia e Hidroquímica, área de Investigación de Recursos Bentónicos y el Laboratorio de Investigación de Moluscos del Instituto del Mar de Perú (IMARPE) de Ilo. Se ubicaron 9 estaciones oceanográficas en los tres perfiles de cada banco natural. Se obtuvo las siguienes concentraciones de metales trazas en sedimentos para el banco natural Tancona; 22.38 – 48.09 µg/g para Cu, 0.30– 2.11 µg/g para Pb, 0.08 – 0.21 µg/g para Cd, 57.16 – 232.08 µg/g para Mn, 55.56 – 75.48 µg/g para Zn y 0.75 – 2.20 % para Fe. Para el banco natural Punta Coles se obtuvo las siguientes concentraciones; 20.25 – 31.86 µg/g para Cu, 0.45 – 3.43 µg/g para Pb, 0.06 – 0.33 µg/g para Cd, 11.69 – 39.47 µg/g para Mn, 53.85 – 62.65 µg/g para Zn y 0.13 – 0.78 % para Fe. Las concentraciones de metales trazas para Cu, Pb, Cd y Zn para sedimentos, no excedió el Nivel de Efecto Probable estipulado en los estándares de calidad de sedimentos de la EPA., a excepción del Cu que excedió el estándar con una concentración de 136.99 µg/g en una estación de La Meca-Las Lozas.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Sedimentos marinos

Los sedimentos marinos constituyen un eslabón vital en el ciclo de varios elementos dentro del medio ambiente acuático, debido a que transportan una cantidad sustancial de contaminantes, así como de nutrientes. Además, facilitan su absorción, almacenamiento, liberación y transferencia entre compartimentos ecológicos, liberando potencialmente los contaminantes ligados a los sedimentos a la columna de agua suprayacente, afectando negativamente a los organismos acuáticos (Alshuiael et al., 2022).

Cuando los metales pesados se liberan en la columna de agua, pueden transferirse rápidamente a la fase de sedimento por adsorción como material particulado en suspensión, seguido de sedimentación (Abrahim et al., 2007).

Además de ser considerados como reservorios para especies químicas nocivas que causan efectos negativos en el sistema acuático, también actúan como fuente de metales para los organismos acuáticos a través de varias vías, incluida la eliminación de líquidos. efluentes, escorrentía terrestre y lixiviados que transportan productos químicos procedentes de numerosas actividades urbanas, industriales y agrícolas, como, así como la deposición atmosférica.

En el medio acuático los sedimentos son indicadores sensibles para la evaluación y el seguimiento de los contaminantes de metales pesados, porque representan un sumidero para una variedad de contaminantes durante un período de tiempo, que puede utilizarse como un indicador valiosos para el monitoreo de contaminantes (Pelikan et al., 2022; Zhai et al., 2021).

2.2.2 Metales pesados

Los metales pesados generalmente se denominan aquellos elementos químicos que poseen una densidad específica igual o mayor a 5 g/cm^3 y que afectan negativamente al medio ambiente y a los organismos vivos (Järup, 2003).

Según Sfakianakis et al., (2015) los metales se clasifican como biológicamente esenciales y no esenciales:

Esenciales: Son aquellos que desempeñan un papel biológico, mostrando deficiencias metabólicas o efectos tóxicos en concentraciones elevadas como el cobre (Cu), el cromo (Cr), el cobalto (Co), el hierro (Fe), el molibdeno (Mo), el níquel (Ni) y el zinc (Zn).

No esenciales: Son aquellos que no tienen ninguna función biológica conocida pero que aumentan la toxicidad en concentraciones elevadas como el aluminio (Al), el cadmio (Cd), el mercurio (Hg), el estaño (Sn) y el plomo (Pb).

2.2.3 Fuentes de metales pesados en el medio ambiente

Las fuentes de metales pesados pueden ser tanto naturales como antropogénicas, por un lado, las fuentes naturales o geológicas de metales pesados en el medio ambiente incluye la erosión de las rocas y las erupciones volcánicas. Mientras que, las tendencias globales de industrialización y urbanización en la tierra han llevado a un aumento en la proporción antropogénica de metales pesados en el medio ambiente (Nagajyoti et al., 2010).

En este sentido, las actividades antropogénicas es una fuente de metales pesados que incluyen por ejemplo la minería, actividades industriales, agrícolas. etc. En la minería los metales pesados son liberados al medio ambiente durante los procesos de extracción, fundición y otros procesos industriales por lo cual regresan a la tierra a través de la deposición seca y húmeda. La descarga de aguas residuales, como efluentes industriales y aguas residuales domésticas, incrementa los metales pesados al medio ambiente, debido a que estos en su mayoría son vertidos al mar sin previo tratamiento. Por otro lado la aplicación de fertilizantes químicos y la combustión de combustibles fósiles también contribuyen a la entrada antropogénica de metales pesados en el medio ambiente (Ali et al., 2019).

2.2.4 Directrices canadienses sobre la calidad de los sedimentos para la protección de la vida acuática

Las directrices canadienses de calidad de sedimentos fueron desarrolladas por el Consejo Canadiense de Ministros de Medio Ambiente como instrumentos de protección integral para respaldar el funcionamiento de ecosistemas acuáticos saludables. La comparación de las concentraciones medidas de varios contaminantes dentro de los sedimentos con estos valores guía, por lo tanto, proporcionará una indicación preliminar sobre el nivel de contaminación y el posible impacto ecológico. Las directrices incluyen niveles de efecto umbral (TEL) y niveles de efecto probable (PEL), que se utilizan para identificar las concentraciones totales con respecto a los efectos biológicos. Es probable que los TEL se adopten como ISQG (Canadian Council of Ministers of the Environment, 2001).

Si las concentraciones de metales pesados en sedimentos marinos se encuentran por debajo del valor de ISQG nos indica que no presenta "efectos biológicos adversos", mientras que, si las concentraciones superan los valores de ISQG, pero no del PEL nos indica que presenta "efectos biológicos adversos ocasionales" y si las concentraciones supera el PEL nos indica que presenta "efectos biológicos adversos con frecuencia. Los valores se muestran en la **Tabla 2**.

Tabla 2

Estándares canadienses de calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática

Parámetro	ISQG* ($mg.kg^{-1}$)	PEL** ($mg.kg^{-1}$)
Cadmio (Cd)	0.7	4.2
Cobre (Cu)	18.7	108
Plomo (Pb)	30.2	112
Zinc (Zn)	124	271

Nota. *Valor guía interino de la calidad de sedimento donde la concentración por debajo no presenta efecto biológico adverso. ** Nivel de efecto probable donde la concentración sobre la cual se encuentran efectos biológicos adversos con frecuencia. Fue recopilado de "Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life", por Canadian Council of Ministers of the Environment (2001, p. 3).

2.3 Definición de términos

2.3.1 Sedimento

Material sedimentario depositado o acumulado por arrastre mecánico de las aguas superficiales o por el viento, que se encuentran en los fondos marinos depositados en los fondos marinos, fluviales, lacustres y en depresiones continentales (Ministerio del Ambiente, 2016).

2.3.2 Contaminación

Distribución de una sustancia química o una combinación de sustancias en un lugar indeseable (aire, agua, suelo), que pueda causar efectos negativos para el medio ambiente o la salud humana (Ministerio del Ambiente, 2016).

2.3.3 Contaminante

Cualquier sustancia química que no sea propia del aire, agua, suelo o cuya concentración supere los niveles naturales, pudiendo causar efectos perjudiciales para la salud humana o al medio ambiente (Ministerio del Ambiente, 2016).

2.3.4 Concentración Total

Es la cantidad del elemento químico regulado por unidad de masa del suelo o sedimento estudiado, expresada según el Sistema Internacional de Unidades, obtenida del suelo mediante digestión ácida (agua regia) o alcalina (Ministerio del Ambiente, 2016).

2.3.5 Cadena de custodia

Documento que registra el procedimiento de la obtención de muestras, transporte, almacenamiento y entrega al laboratorio para las pruebas de análisis físico-químico, llevado a cabo por el personal responsable (Ministerio del Ambiente, 2016).

2.3.6 Metales pesados

Los metales pesados se caracterizan por tener una densidad elemental mayor a 5 g/cm^3 o número atómico superior a 20 (Ali & Khan, 2018).

2.3.7 Cadmio

El cadmio está ubicado al final de la segunda fila de elementos de transición de la tabla periódica con número atómico 48, peso atómico 112,4 y densidad 8,65 $g\ cm^{-3}$. El cadmio se libera al medio ambiente a través de actividades naturales como las erupciones volcánicas, la meteorización, el transporte fluvial y algunas actividades humanas como la minería, la fundición, el tabaquismo, la incineración

de desechos municipales y la fabricación baterías y fertilizantes (Wuana & Okieimen, 2011).

2.3.8 Cobre

El cobre es un metal de transición que pertenece al grupo IB de la tabla periódica con número atómico 29, peso atómico 63,5 y densidad 8,96 g cm^{-3}. El cobre es el tercer metal más empleado a nivel mundial. Es un micronutriente vital necesario para el crecimiento de animales y plantas. En dosis altas puede provocar anemia, daño en el hígado y los riñones, así como irritación en el estómago y los intestinos. El cobre normalmente se encuentra en el agua potable de las tuberías de cobre, así como en los aditivos utilizados para controlar el crecimiento de algas (Wuana & Okieimen, 2011).

2.3.9 Plomo

El plomo es un metal del grupo IV de la tabla periódica con número atómico 82, una masa atómica de 207,2 y una densidad de 11,4 g cm^{-3}, es un metal color gris azulado que se encuentra de forma natural en pequeñas cantidades en la corteza terrestre. Aunque está presente de manera natural en el medio ambiente, las actividades humanas, como la quema de combustibles fósiles, la minería y la manufactura, contribuyen al aumento significativamente en sus concentraciones. Hoy en día, se emplea en la fabricación de baterías de plomo-ácido, municiones y productos metálicos (soldadura y tuberías) (Tchounwou et al., 2012).

2.3.10 Zinc

El zinc es un metal de transición del grupo IIB de la tabla periódica con número atómico 30, masa atómica 65.4, densidad 7,14 g cm^{-3}. El zinc es un oligoelemento esencial para la salud humana, pero las concentraciones de Zn están aumentando de forma poco natural, debido a las adiciones antropogénicas. El zinc se introduce al medio ambiente a través de actividades industriales como la minería, la quema de carbón y residuos y el procesamiento del acero (Wuana & Okieimen, 2011).

III METODOLOGIA

3.1 Tipo y nivel de investigación

3.1.1 Tipo de investigación

- Según la intervención del investigador: Es ***observacional*** ya que no se manipularán las variables de estudio.
- Según la planificación de las mediciones: Es ***prospectivo***, porque hay una planificación, por lo tanto, los datos son primarios.
- Según el número de mediciones: Es ***longitudinal*** porque se va a realizar dos mediciones en distintos tiempos.
- Es ***comparativo*** porque los datos se compararon entre las zonas de estudio y la temporalidad para observar su variabilidad.

3.1.2 Nivel de investigación

El nivel de investigación según el grado de profundidad con que se aborda el objeto de estudio corresponde al tipo ***descriptivo*** debido a que pretende medir o recoger información de la concentración de metales pesados en sedimentos marinos y comparar sus variaciones en espacio y tiempo (Arias, 2012).

El diseño de investigación es ***tipo descriptivo - no experimental y longitudinal***, debido a que las variables no se manipularán, se recopilara información cuantitativa y se observara la variabilidad en el espacio y tiempo (Hernández et al., 2014).

3.2 Ámbito espacial y temporal

La ubicación del presente estudio se encuentra en la zona costera del Sur del Perú, específicamente en el Distrito de Ilo, Provincia de Ilo, Departamento Moquegua, con coordenadas geográficas de longitud 71°21’ y latitud 17°38’ (ver **ANEXO 2.** MAPA DE UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO).

Para lo cual se consideró 03 zonas para el ámbito espacial:

- Playa Tres Hermanas: Es una playa concurrida donde se realizan actividades recreativas, ubicada más al lado Sur de la parte central de Ilo, colinda con las instalaciones industriales de Patio Puerto y el Terminal portuario de SPCC, donde se realiza el embarque de cobre y subproductos para su exportación.

- Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo: Es una infraestructura portuaria, ubicada más al Centro del Puerto de Ilo donde se llevan a cabo actividades como embarque y desembarque de hielo industrial, petróleo, gasolina, agua potable, etc., para embarcaciones pesqueras de menor y gran tamaño, como también la comercialización de recursos hidrobiológicos, colinda con el Terminal Portuario de Ilo – ENAPU, donde se embarca el hierro y se movilizan otros productos como productos de acero, trigo a granel, entre otros.

- Playa Boca del Rio: Es una playa muy concurrida por la población local y del exterior donde se realizan actividades recreativas, ubicada más al Norte del puerto de Ilo, colinda con la desembocadura el rio Osmore e infraestructuras turísticas.

Para el ámbito temporal, se consideró la estación de invierno (septiembre) y primavera (noviembre).

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

Es todo el material sedimentario, depositado en el fondo marino del puerto de Ilo aproximadamente entre 10-20 metros de profundidad los cuales se extraerán en las zonas de muestreo seleccionadas. La población de estudio comprende la zona de Playa Tres Hermanas, Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo y la Playa Boca del Rio en el Puerto de Ilo.

3.3.2 Muestra

Se llevo a cabo un ***muestreo no probabilístico, del tipo de conveniencia***, porque está en función a la accesibilidad, en función a los riesgos, la peligrosidad y el acceso a los puntos para la toma de muestras (Hernández et al., 2014).

El procedimiento de muestreo que se empleo es multietapa de acuerdo con la EPA-823-B-01-002 (U.S. EPA, 2001). Este método permitió ubicar estaciones al azar dentro de cada subárea para obtener estimaciones medias. Para lo cual se tomó seis muestras en la estación de invierno y seis muestras en la estación de primavera en las zonas descritas en la **Tabla 3**.

Se considero según protocolo 1 kg de muestra de sedimento marino para la aplicación del método de cuarteo para lo homogenización de la muestra según lo especifica el Protocolo de Muestreo de Sedimentos de la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (USEPA, 2020).

Tabla 3

Ubicación de los puntos de muestreo de sedimentos marinos

UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO				
ZONAS DE MUESTREO	**PUNTOS DE MUESTREO**	**COORDENADAS UTM**		
		ESTE	**NORTE**	**ZONA**
PLAYA TRES HERMANAS	SM-01	249919	8046390	19S
	SM-02	250122	8046523	
DESEMBARCADERO PESQUERO ARTESANAL DE ILO	SM-03	250964	8047831	
	SM-04	251152	8047978	
PLAYA BOCA DEL RIO	SM-05	251092	8049947	
	SM-06	251084	8050178	

Nota. Georreferenciación de los 6 puntos de muestreo para la determinación de metales pesados en sedimentos marinos, donde; SM = sedimento marino.

3.4 Instrumentos

Con el objetivo de obtener datos precisos y fiables, se empleó la técnica instrumental de Espectrometría de masas con Plasma acoplado inductivamente (ICP-MS), equipo del Laboratorio de Ensayo "CERTIFICACIONES DEL PERÚ S.A.- CERPER" Acreditado por INACAL (Instituto Nacional de Calidad) con Registro N.º LE-003, asimismo, se tomó como referencia el Protocolo de Muestreo de Sedimentos LSASDPROC-200-R4 de la USEPA, para efectuar el muestreo en campo.

Los equipos y materiales:

a) Equipos
   - ✓ Equipo de navegación (embarcación, GPS y equipo de buceo).
   - ✓ Equipo de escritorio (laptop y cámara fotográfica).

b) Materiales
   - ✓ Frascos de plástico y bolsas ziploc.
   - ✓ Cuchara de acero inoxidable y plástico.
   - ✓ Bandeja de plástico.
   - ✓ Caja de tecnopor.
   - ✓ Ice packs y gel packs.
   - ✓ Cadena de custodia.
   - ✓ Etiquetas y plumón indeleble.

3.5 Procedimientos

a) Etapa de gabinete

Se utilizó el método multietapa para determinar la ubicación de los 6 puntos de muestreo en referencia con la EPA-823-B-01-002 (U.S. EPA, 2001). Este método permite ubicar estaciones al azar dentro de cada subárea para obtener estimaciones medias. con el propósito de identificar las áreas más vulnerables y comparar estadísticamente las partes específicas de un área de estudio.

b) Etapa de campo para la toma de muestra de sedimentos marinos

Para la toma de la muestra, se empleó el método de buceo según lo describe el Protocolo de Muestreo de Sedimentos (LSASDPROC-200-R4) en su versión más actualizada de la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos en donde indica que los buzos con el equipamiento adecuado, pueden obtener muestras de sedimentos en ambientes oceánicos abiertos, dado que pueden acceder directamente al sustrato y recolectar muestras de sedimentos marinos de forma manual (USEPA, 2020).

Mientras que los muestreadores de cuchara (dragas) son propensas al lavado, lo que provoca la perdida de sedimento superficial de grano fino que suele ser importante para evaluar los contaminantes y suelen tener la desventaja de ser menos estables durante la penetración en el sedimento por lo que tienden a caer hacia un lado debido a una penetración inadecuada o incompleta (U.S. EPA, 2001).

Para la preservación, almacenamiento y el transporte de las muestras se utilizó como referencia la guía técnica EPA-823-B-01-002 de la Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos (U.S. EPA, 2001),

A continuación, se detalla el procedimiento a seguir:

- ✓ Se navego en una embarcación mar adentro para la ubicación de los puntos de muestreo con ayuda del GPS.
- ✓ El buzo con guantes orgánicos recolecto la muestra de sedimento marino con una cuchara de acero inoxidable a nivel superficial de 0 – 10 cm.
- ✓ La muestra se recolecto en bolsas ziplocs con cierre hermético por cada punto de muestreo, para su posterior homogenización de la misma.

- ✓ Para la aplicación del método del cuarteo la muestra se depositó en una bandeja de plástico. Por lo que se dividió en cuatro partes, dos cuartos se mezclaron con un cucharon de plástico para formar mitades. Las dos mitades se mezclaron para formar una matriz homogénea y esta fue depositada en frascos de plástico.
- ✓ Entre cada evento de muestreo, los materiales de muestreo se lavaron por dentro y por fuera con agua del lugar donde se tomó la muestra.
- ✓ Se taparon y sellaron herméticamente los frascos de plástico con las muestras de sedimentos, debidamente etiquetadas y rotuladas en la caja de tecnopor, en posición vertical, con sus respectivos refrigerantes (icepack y/o gelpack).
- ✓ Además, se colocaron burbupack, para proteger los frascos y evitar que se dañen, agrieten o se rompan durante el transporte.

c) Etapa de laboratorio para la cuantificación de la concentración de metales en sedimentos marinos

Una vez recolectadas las 06 muestras de sedimento marino en frascos de plástico de 250 g, en septiembre y noviembre del 2023, las muestras se transportaron al Laboratorio de Ensayo “Certificaciones del Perú”, para su respectivo análisis químico mediante la técnica instrumental de Espectrometría de masas con Plasma acoplado inductivamente (ICP-MS) con la finalidad de cuantificar las concentraciones de metales Cd, Cu, Zn y Pb en sedimentos marinos.

Tabla 4

Metodología de análisis de metales pesados en sedimentos

Parámetros	Técnica	Unidad
Metales Totales (Cadmio, Cobre, Plomo y Zinc)	EPA Method 6020B (Preparación de muestra: EPA Method 3051A, 2007). 2014. Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils)	mg/kg

d) Preparación de la muestra para digestión ácida asistida por microondas de sedimentos, lodos, suelos y aceites para la determinación de elementos traza por ICP-MS (EPA Method 3051A, 2007)

- La muestra recepcionada se mezcló homogéneamente tal como se recibe, y pasa a secarse en una estufa a 60 °C, para triturar, tamizar, moler y mezclar según sea necesario para homogenizar la muestra seca.
- Se peso 0,5 g de muestra en un beaker.
- Para la digestión acida se utilizó 9 ml de HNO_3 (ácido nítrico) y 3 ml de HCl (ácido clorhídrico) concentrado en un matraz.
- La temperatura de la muestra se aumentó hasta 175 ˚C y la digestión acida aplicada a la muestra tuvo un tiempo de 10 - 20 minutos.
- Al final del tratamiento de la muestra, se enfrió durante al menos 5 minutos para proceder a filtrar (papel de filtro cuantitativo Whatman™, sin cenizas, grado 41).
- Una vez filtrada la muestra, se derivó a un matraz aforado de 50 ml para enrasar con agua ultrapura.

- Luego la muestra fue introducida al equipo para el análisis de los elementos de interés.

3.6 Análisis de datos

Para el análisis y presentación de los datos, se usó programas informáticos como Microsoft Excel e IBM SPSS. Además, se calculó estadísticos descriptivos y se aplicó la prueba de normalidad de los datos previo a la aplicación del análisis de la varianza (ANOVA) al 95% de confianza y 5% de significancia y con la finalidad de comparar grupos también se usó la prueba de rangos múltiples o post hoc de Games-Howell. Asimismo, para la evaluación de los resultados se compararon con los estándares internacionales canadienses de calidad de sedimentos marinos.

IV RESULTADOS Y DISUSION

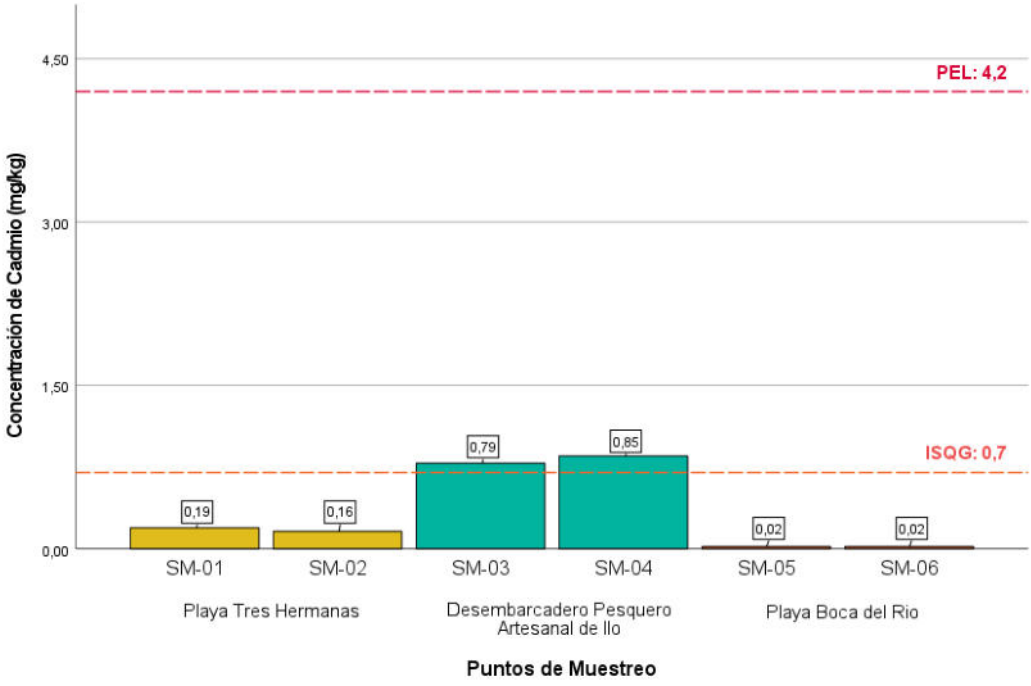
4.1 RESULTADOS

4.1.1 Comparación de las concentraciones de metales pesados en sedimentos marinos respecto a las zonas de muestreo y con los estándares canadienses de calidad de sedimentos

4.1.1.1 Cadmio

Figura 1

Concentración de Cadmio en la estación de invierno en las zonas de muestreo



Nota. ISQG "Guía interina de calidad de sedimentos", PEL "Nivel de efecto probable".

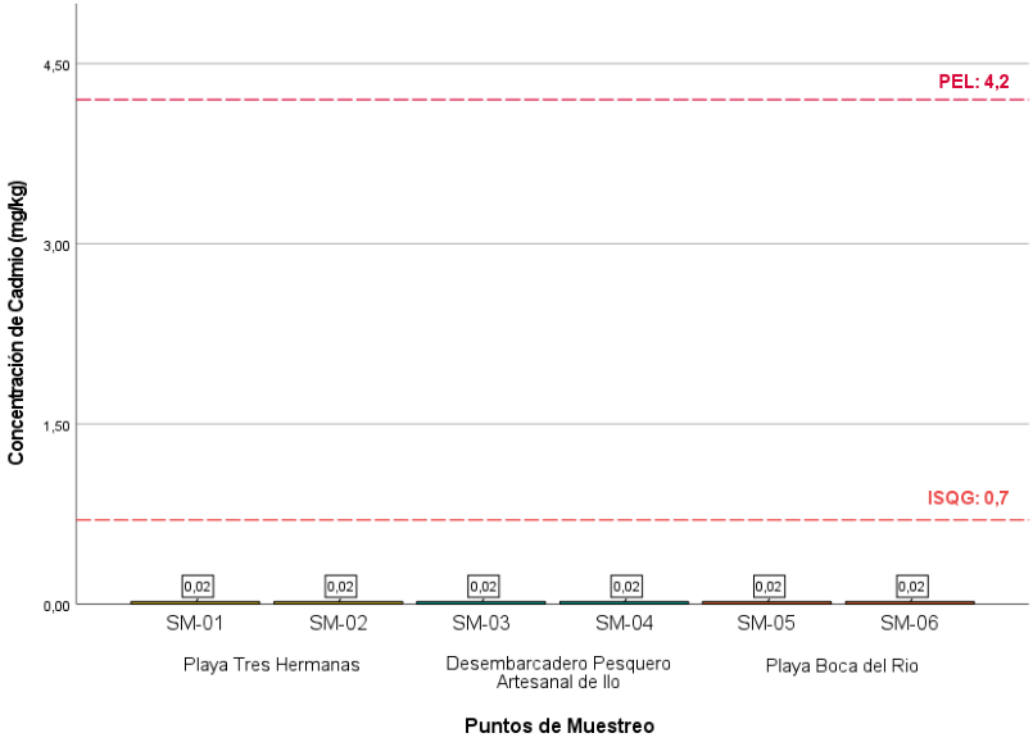
En la **Figura 1** se observa las concentraciones para Cadmio (Cd) en la estación de invierno, en donde los puntos de muestreo SM-01 y SM-02 pertenecientes a la zona Playa Tres Hermanas no superaron los valores de 0.7 mg/kg (ISQG) y 4.2 mg/kg (PEL), de los estándares canadienses de calidad de sedimentos marinos, con un valor mínimo de 0.16 mg/kg, y un valor máximo de 0.19 mg/kg, esto nos indica que la zona evaluada "no presenta efectos biológicos adversos".

Mientras que, los puntos de muestreo SM-03 y SM-04 pertenecientes a la zona del Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo solo superó el valor de 0.7 mg/kg (ISQG), pero no el valor de 4.2 mg/kg (PEL), de los estándares canadienses de calidad de sedimentos marinos, con un valor mínimo de 0.79 mg/kg, y un valor máximo de 0.85 mg/kg, esto nos indica que la zona evaluada "presenta efectos biológicos adversos ocasionales".

Por otro lado, los puntos de muestreo SM-05 y SM-06 pertenecientes a la zona de Playa Boca del Rio no superaron los valores de 0.7 mg/kg (ISQG) y 4.2 mg/kg (PEL), de los estándares canadienses de calidad de sedimentos marinos, con un valor mínimo y máximo de 0.02 mg/kg, esto nos indica que la zona evaluada "no presenta efectos biológicos adversos".

Figura 2

Concentración de Cadmio en la estación de primavera en las zonas de muestreo



Nota. ISQG "Guía interina de calidad de sedimentos", PEL "Nivel de efecto probable".

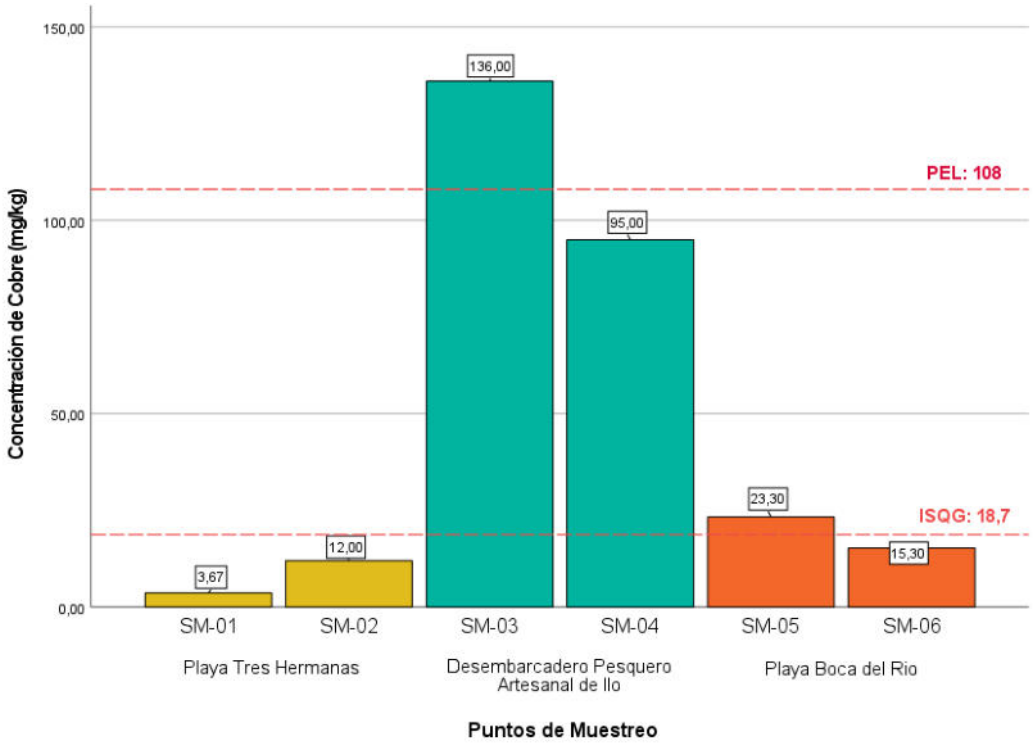
En la **Figura 2** se observa las concentraciones para Cadmio (Cd) en la estación de primavera, en donde los puntos de muestreo SM-01, SM-02, SM-03,

SM-04, SM-05 y SM-06 de las zonas de Playa Tres Hermanas, Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo y Playa Boca del Rio no superaron los valores de 0.7 mg/kg (ISQG) y 4.2 mg/kg (PEL), de los estándares canadienses de calidad de sedimentos marinos, con un valor mínimo y máximo de 0.02 mg/kg, esto nos indica que la zona evaluada “no presenta efectos biológicos adversos”.

4.1.1.2 Cobre

Figura 3

Concentración de Cobre en la estación de invierno en las zonas de muestreo



Nota. ISQG “Guía interina de calidad de sedimentos”, PEL “Nivel de efecto probable”.

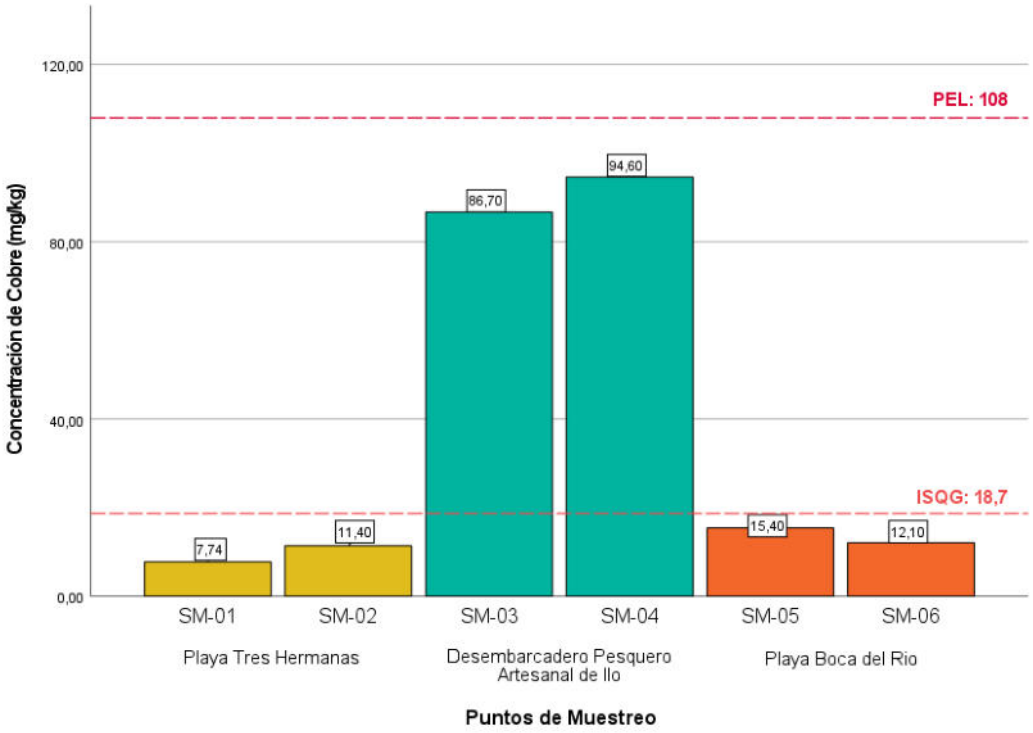
En la **Figura 3** se observa las concentraciones para Cobre (Cu) en la estación de invierno, en donde los puntos de muestreo SM-01 y SM-02 de la zona de Playa Tres Hermanas no superaron los valores de 18.7 mg/kg (ISQG) y 108 mg/kg (PEL), de los estándares canadienses de calidad de sedimentos marinos, con un valor mínimo de 3.67 mg/kg, y un valor máximo de 12.00 mg/kg, esto nos indica que la zona evaluada “no presenta efectos biológicos adversos”.

En la zona del Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo el punto de muestreo SM-03 superó los valores de 18.7 mg/kg (ISQG) y 108 mg/kg (PEL), mientras que el punto SM-04 solo superó el valor de 18.7 mg/kg (ISQG) de los estándares canadienses de calidad de sedimentos marinos, con un valor mínimo de 95 mg/kg, y un valor máximo de 136 mg/kg, esto nos indica que la zona evaluada "presenta efectos biológicos adversos ocasionales y con frecuencia".

En la zona de la Playa Boca del Rio, el punto de muestreo SM-05 solo superó el valor de 18.7 mg/kg (ISQG), mientras que el punto SM-06 no superó los valores de 18.7 mg/kg (ISQG) y 108 mg/kg (PEL) de los estándares canadienses de calidad de sedimentos marinos, con un valor mínimo de 15.30 mg/kg, y un valor máximo de 23.30 mg/kg, esto nos indica que la zona evaluada "presenta efectos biológicos adversos ocasionales".

Figura 4

Concentración de Cobre en la estación de primavera en las zonas de muestreo



Nota. ISQG "Guía interina de calidad de sedimentos", PEL "Nivel de efecto probable".

En la **Figura 4** se observa las concentraciones para Cobre (Cu) en la estación de primavera, donde los puntos de muestreo SM-01 y SM-02 de la zona Playa Tres Hermanas no superaron los valores de 18.7 mg/kg (ISQG) y 108 mg/kg (PEL), de los estándares canadienses de calidad de sedimentos marinos, con un valor mínimo de 7.74 mg/kg, y un valor máximo de 11.40 mg/kg, esto nos indica que la zona evaluada "no presenta efectos biológicos adversos".

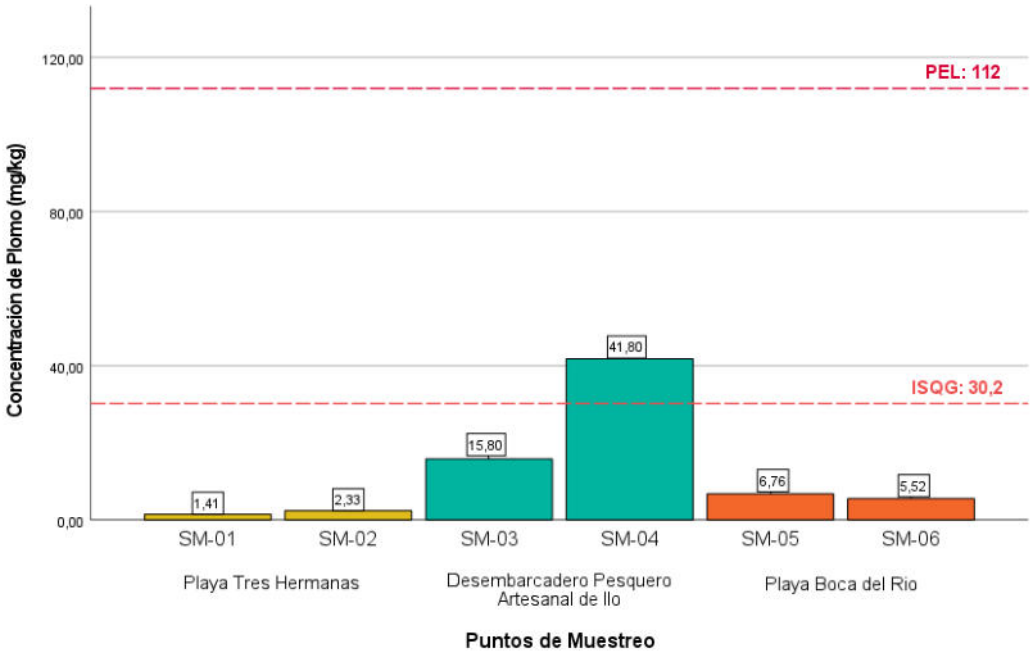
En la zona del Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo los puntos de muestreo SM-03 y SM-04 solo superaron el valor 18.7 mg/kg (ISQG), pero no el valor de 108 mg/kg (PEL), de los estándares canadienses de calidad de sedimentos marinos, con un valor mínimo de 86.70 mg/kg, y un valor máximo de 94.60 mg/kg, esto nos indica que la zona evaluada "presenta efectos biológicos adversos ocasionales".

En la zona de Playa Boca del Rio los puntos de muestreo SM-05 y SM-06 no superaron los valores del ISQG (18.7 mg/kg) y PEL (108 mg/kg), de los estándares canadienses de calidad de sedimentos marinos, con un valor mínimo de 12.10 mg/kg, y un valor máximo de 15.40 mg/kg, esto nos indica que la zona evaluada “no presenta efectos biológicos adversos”.

4.1.1.3 Plomo

Figura 5

Concentración de Plomo en la estación de invierno en las zonas de muestreo



Nota. ISQG “Guía interina de calidad de sedimentos”, PEL “Nivel de efecto probable”.

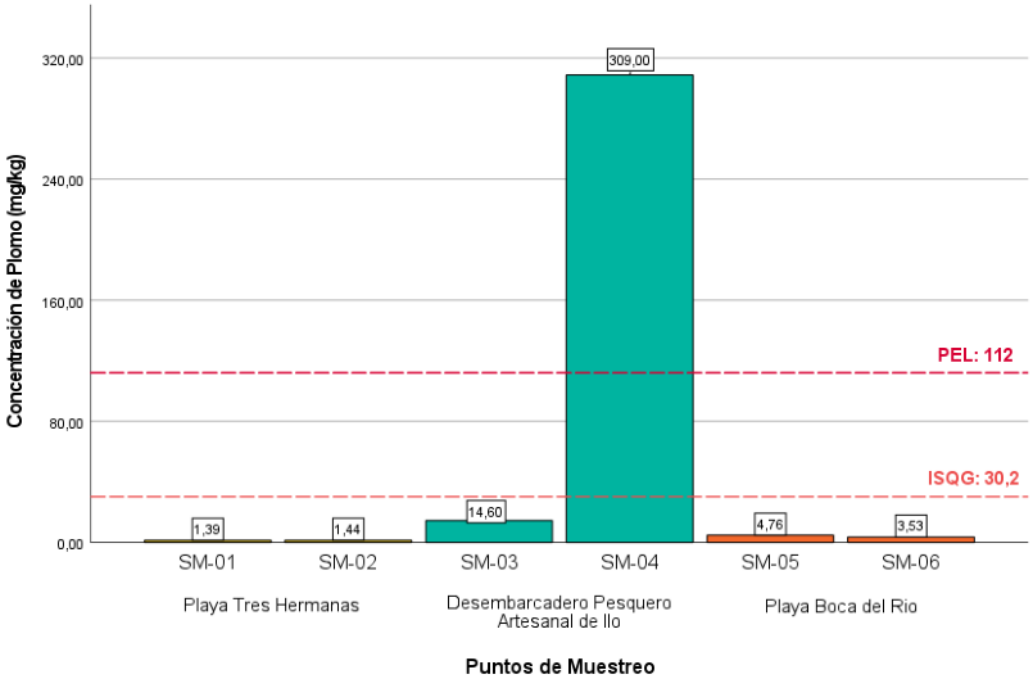
En la **Figura 5** se observa las concentraciones para Plomo (Pb) en la estación de invierno, donde los puntos de muestreo SM-01 y SM-02 de la zona de Playa Tres Hermanas no superaron los valores de 30.2 mg/kg (ISQG) y 112 mg/kg (PEL), de los estándares canadienses de calidad de sedimentos marinos, con un valor mínimo de 1.41 mg/kg, y un valor máximo de 2.33 mg/kg, esto nos indica que la zona evaluada “no presenta efectos biológicos adversos”.

En la zona del Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo el punto de muestreo SM-03 no superó los valores de 30.2 mg/kg (ISQG) y 112 mg/kg (PEL), mientras que el punto SM-04 solo superó el valor de 30.2 mg/kg (ISQG) pero no el valor de 112 mg/kg (PEL), de los estándares canadienses de calidad de sedimentos marinos, con un valor mínimo de 15.80 mg/kg, y un valor máximo de 41.80 mg/kg, esto nos indica que la zona evaluada "presenta efectos biológicos adversos ocasionales".

En la zona de Playa Boca del Rio los puntos de muestreo SM-05 y SM-06 no superaron los valores de 30.2 mg/kg (ISQG) y 112 mg/kg (PEL), de los estándares canadienses de calidad de sedimentos marinos, con un valor mínimo de 5.52 mg/kg, y un valor máximo de 6.76 mg/kg, esto nos indica que la zona evaluada "no presenta efectos biológicos adversos".

Figura 6

Concentración de Plomo en la estación de primavera en las zonas de muestreo



Nota. ISQG "Guía interina de calidad de sedimentos", PEL "Nivel de efecto probable".

En la **Figura 6** se observa las concentraciones para Plomo (Pb) en la estación de primavera, los puntos de muestreo SM-01 y SM-02 de la zona de Playa Tres Hermanas no superaron los valores de 30.2 mg/kg (ISQG) y 112 mg/kg (PEL), de los estándares canadienses de calidad de sedimentos marinos, con un valor mínimo de 1.39 mg/kg, y un valor máximo de 1.44 mg/kg, esto nos indica que la zona evaluada “no presenta efectos biológicos adversos”.

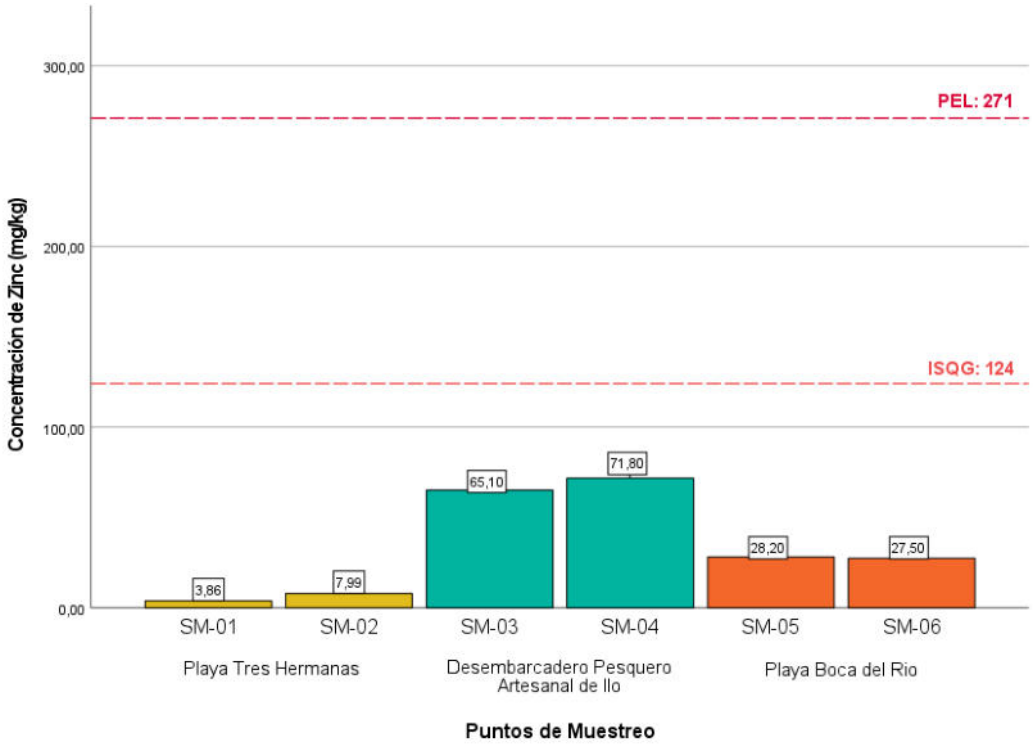
En la zona del Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo, el punto de muestreo SM-03 no superó los valores de 30.2 mg/kg (ISQG) y 112 mg/kg (PEL), mientras que el punto SM-04 si superó los valores de 30.2 mg/kg (ISQG) y 112 mg/kg (PEL), de los estándares canadienses de calidad de sedimentos marinos, con un valor mínimo de 14.60 mg/kg, y un valor máximo de 309 mg/kg, esto nos indica que la zona evaluada “presenta efectos biológicos adversos con frecuencia”.

En la zona de Playa Boca del Rio los puntos de muestreo SM-05 y SM-06 no superaron los valores de 30.2 mg/kg (ISQG) y 112 mg/kg (PEL), de los estándares canadienses de calidad de sedimentos marinos, con un valor mínimo de 3.53 mg/kg, y un valor máximo de 4.76 mg/kg, esto nos indica que la zona evaluada “no presenta efectos biológicos adversos”.

4.1.1.4 Zinc

Figura 7

Concentración de Zinc en la estación de invierno en las zonas de muestreo



Nota. ISQG "Guía interina de calidad de sedimentos", PEL "Nivel de efecto probable".

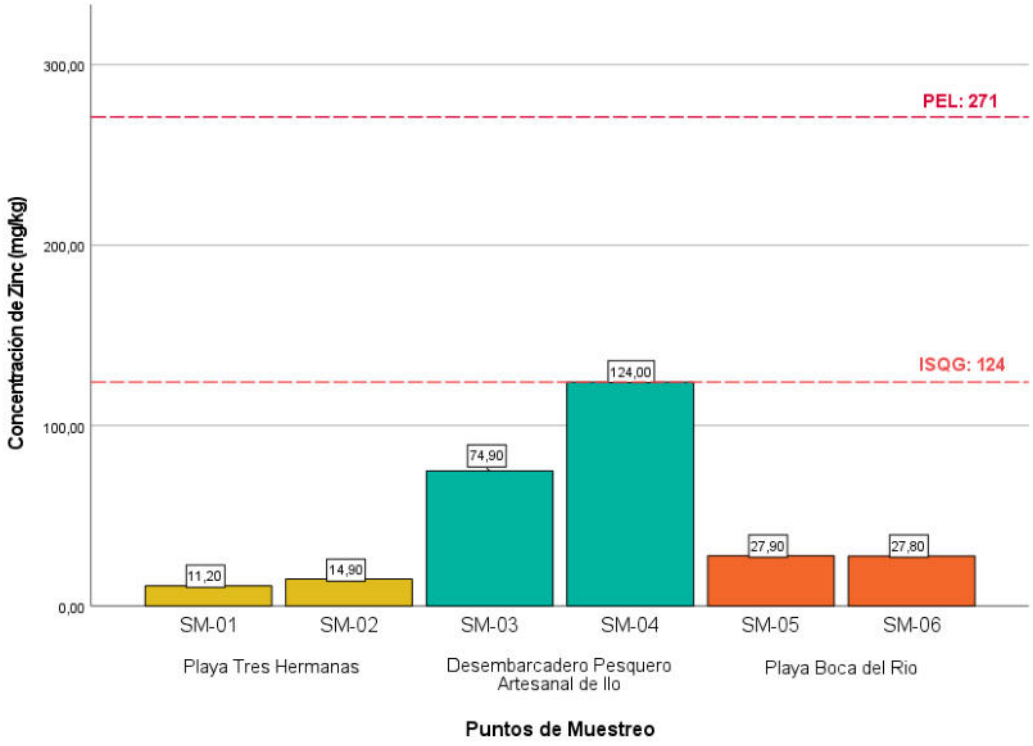
En la **Figura 7** se observa las concentraciones de Zinc (Zn) en la estación de invierno, los puntos de muestreo SM-01 y SM-02 de la zona de Playa Tres Hermanas no superaron los valores de 124 mg/kg (ISQG) y 271 mg/kg (PEL), de los estándares canadienses de calidad de sedimentos marinos, con un valor mínimo de 3.86 mg/kg, y un valor máximo de 7.99 mg/kg, esto nos indica que la zona evaluada "no presenta efectos biológicos adversos".

En la zona del Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo los puntos de muestreo SM-03 y SM-04 no superaron los valores de 124 mg/kg (ISQG) y 271 mg/kg (PEL), de los estándares canadienses de calidad de sedimentos marinos, con un valor mínimo de 65.10 mg/kg, y un valor máximo de 71.80 mg/kg, esto nos indica que la zona evaluada "no presenta efectos biológicos adversos".

En la zona de Playa Boca del Rio los puntos de muestreo SM-05 y SM-06 no superaron los valores de 124 mg/kg (ISQG) y 271 mg/kg (PEL), de los estándares canadienses de calidad de sedimentos marinos, con un valor mínimo de 27.50 mg/kg, y un valor máximo de 28.20 mg/kg, esto nos indica que la zona evaluada “no presenta efectos biológicos adversos”.

Figura 8

Concentración de Zinc en la estación de primavera en las zonas de muestreo



Nota. ISQG “Guía interina de calidad de sedimentos”, PEL “Nivel de efecto probable”.

En la **Figura 8** se observa las concentraciones de Zinc (Zn) en la estación de primavera, donde los puntos de muestreo SM-01 y SM-02 de la zona de Playa Tres Hermanas no superaron los valores de 124 mg/kg (ISQG) y 271 mg/kg (PEL), de los estándares canadienses de calidad de sedimentos marinos, con un valor mínimo de 11.20 mg/kg, y un valor máximo de 14.90 mg/kg, esto nos indica que la zona evaluada “no presenta efectos biológicos adversos”.

En la zona del Desembarcadero Pesquero Artesanal los puntos de muestreo SM-03 y SM-04 no superaron los valores de 124 mg/kg (ISQG) y 271 mg/kg (PEL), de los estándares canadienses de calidad de sedimentos marinos, con un valor mínimo de 74.90 mg/kg, y un valor máximo de 124 mg/kg, esto nos indica que la zona evaluada “no presenta efectos biológicos adversos”.

En la zona de Playa Boca del Rio los puntos de muestreo SM-05 y SM-06 no superaron los valores de 124 mg/kg (ISQG) y 271 mg/kg (PEL), de los estándares canadienses de calidad de sedimentos marinos, con un valor mínimo de 27.80 mg/kg, y un valor máximo de 27.90 mg/kg, esto nos indica que la zona evaluada “no presenta efectos biológicos adversos”.

4.1.2 Estadísticos descriptivos de las concentraciones de metales pesados según zonas de muestreo

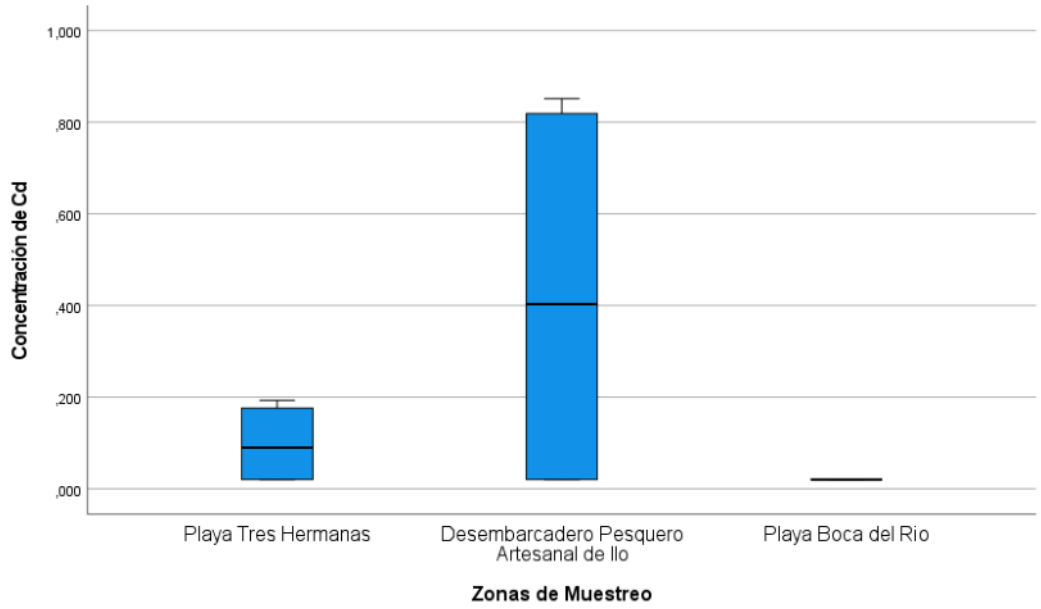
Tabla 5

Estadísticos descriptivos de las concentraciones de metales pesados (mg/kg) según zonas de muestreo

Zonas de muestreo	Metales	N° datos	Media	Desv. Estándar	Mínimo	Máximo
Playa Tres Hermanas	Cd	4	0.098	0.091	0.020	0.193
	Cu	4	8.703	384.718	3.67	12.00
	Pb	4	1.6425	0.459	1.39	2.33
	Zn	4	9.4875	469.535	3.86	14.90
Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo	Cd	4	0.420	0.462	0.020	0.852
	Cu	4	103.075	22.280	86.70	136
	Pb	4	95.3	143.018	14.60	309
	Zn	4	83.950	27.011	65.10	124
Playa Boca del Rio	Cd	4	0.020	0.000	0.020	0.020
	Cu	4	16.525	4.770	12.10	23.30
	Pb	4	5.143	1.355	3.53	6.76
	Zn	4	27.850	0.289	27.50	28.20

Figura 9

Diagrama de cajas y bigotes para Cadmio en las diferentes zonas de muestreo



En la **Figura 9** se presenta el diagrama de cajas y bigotes de cadmio según zonas de muestreo a partir de los resultados de la **Tabla 5**, en donde:

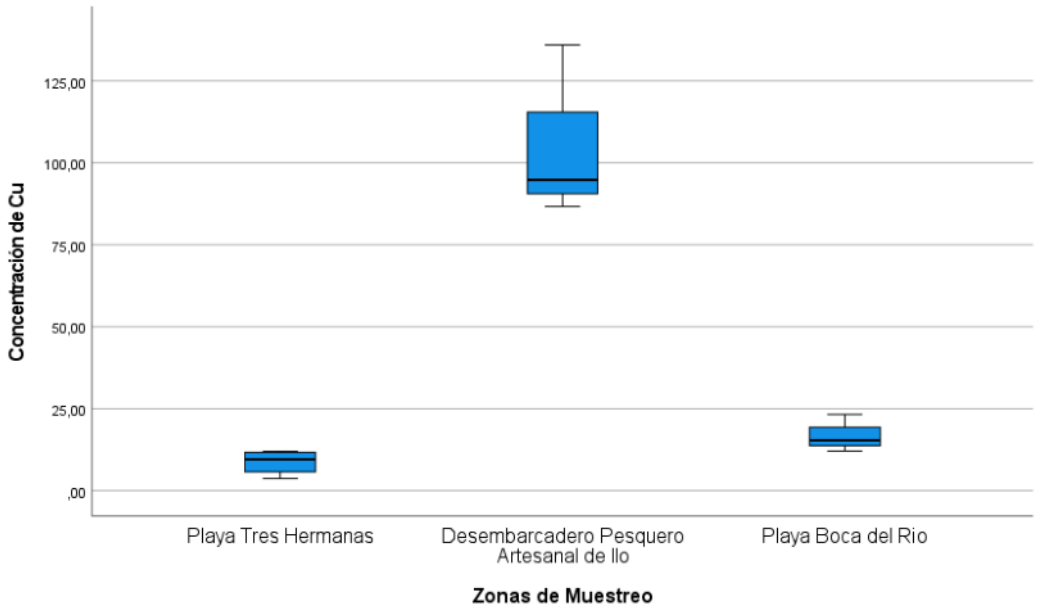
Para la zona Playa Tres Hermanas, los valores mínimo y máximo fueron de 0.020 – 0.193 mg/kg, con una media de 0.098 mg/kg.

Para la zona del Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo, los valores mínimo y máximo fueron de 0.020 – 0.852 mg/kg, con una media de 0.420 mg/kg.

Para la zona Playa Boca del Rio, los valores mínimo y máximo fueron de 0.020 mg/kg, con una media de 0.020 mg/kg.

Figura 10

Diagrama de cajas y bigotes para Cobre en las diferentes zonas de muestreo



En la **Figura 10** se presenta el diagrama de cajas y bigotes de cobre según zonas de muestreo a partir de los resultados de la **Tabla 5**, en donde:

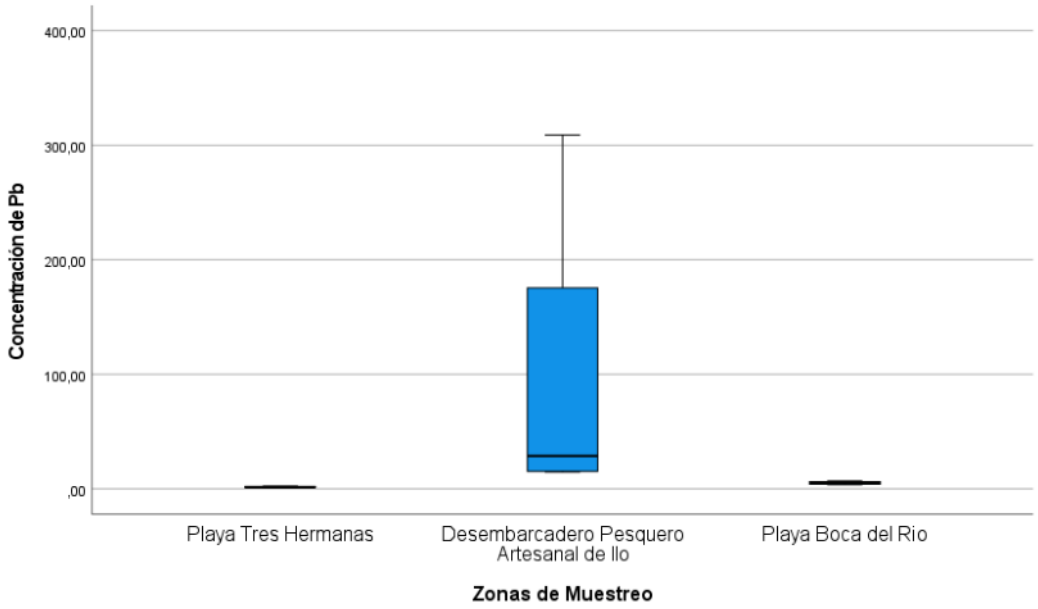
Para la zona Playa Tres Hermanas, los valores mínimo y máximo fueron de 3.67 – 12 mg/kg, con una media de 8.703 mg/kg.

Para la zona del Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo, los valores mínimo y máximo fueron de 86.70 –136 mg/kg, con una media de 103.075 mg/kg.

Para la zona Playa Boca del Rio, los valores mínimo y máximo fueron de 12.10 – 23.30 mg/kg, con una media de 16.525 mg/kg.

Figura 11

Diagrama de cajas y bigotes para Plomo en las diferentes zonas de muestreo



En la **Figura 11** se presenta el diagrama de cajas y bigotes de plomo según zonas de muestreo a partir de los resultados de la estadística descriptiva de la **Tabla 5**, en donde:

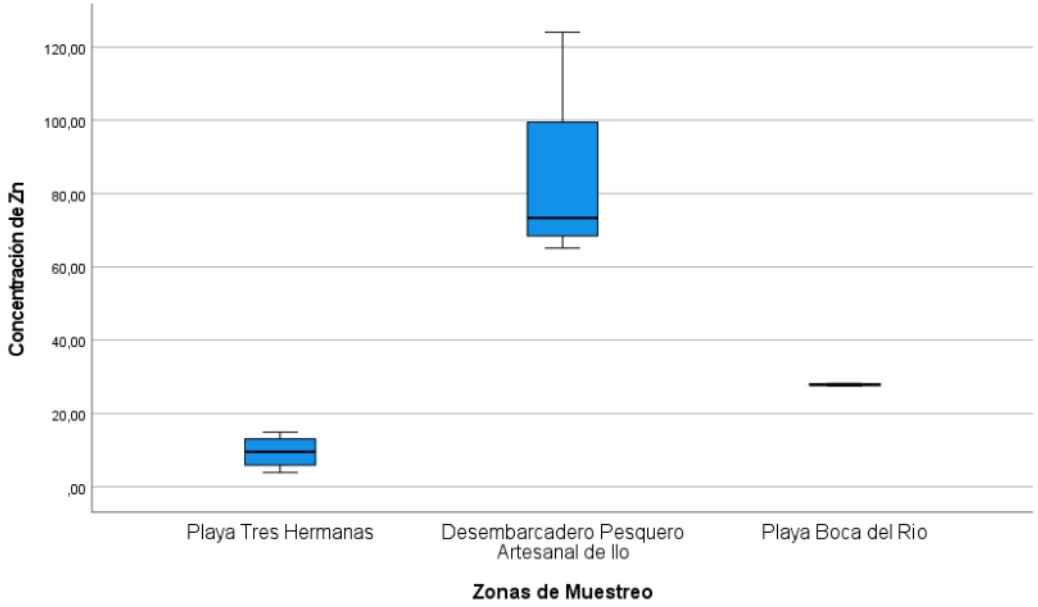
Para la zona Playa Tres Hermanas, los valores mínimo y máximo fueron de 1.39 – 2.33 mg/kg, con una media de 1.6425 mg/kg.

Para la zona del Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo, los valores mínimo y máximo fueron de 14.60 – 309 mg/kg, con una media de 95.3 mg/kg.

Para la zona Playa Boca del Rio, los valores mínimo y máximo fueron de 3.53 – 6.76 mg/kg, con una media de 5.1425 mg/kg.

Figura 12

Diagrama de cajas y bigotes para Zinc en las diferentes zonas de muestreo



En la **Figura 12** se presenta el diagrama de cajas y bigotes de zinc según zonas de muestreo a partir de los resultados de la **Tabla 5**, en donde:

Para la zona Playa Tres Hermanas, los valores mínimo y máximo fueron de 3.86 mg/kg – 14.90 mg/kg, con una media de 9.4875 mg/kg.

Para la zona del Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo, los valores mínimo y máximo fueron de 65.10 – 124 mg/kg, con una media de 83.95 mg/kg.

Para la zona Playa Boca del Rio, los valores mínimo y máximo fueron de 27.50 – 28.20 mg/kg, con una media de 27.85 mg/kg.

4.1.3 Estadísticos descriptivos de las concentraciones de metales pesados en las temporalidades (invierno – primavera)

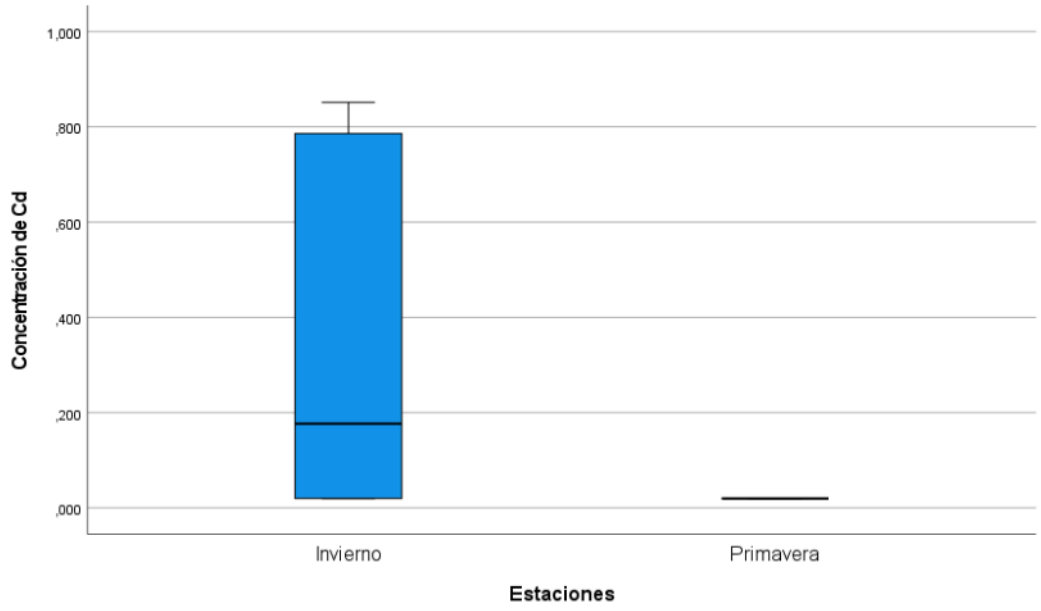
Tabla 6

Estadísticos descriptivos de las concentraciones de metales pesados (mg/kg) según la temporalidad (invierno – primavera)

Estaciones de muestreo	Metales	N° datos	Media	Desv. Estándar	Mínimo	Máximo
Invierno	Cd	6	0.339	0.379	0.020	0.852
	Cu	6	47.545	54.575	3.67	136
	Pb	6	12.27	15.344	1.41	41.80
	Zn	6	34.075	28.485	3.86	71.80
Primavera	Cd	6	0.020	0.000	0.020	0.020
	Cu	6	37.990	40.939	7.74	94.60
	Pb	6	55.787	124.145	1.39	309
	Zn	6	46.783	44.165	11.20	124

Figura 13

Diagrama de cajas y bigotes para Cadmio en las diferentes temporalidades (invierno – primavera)



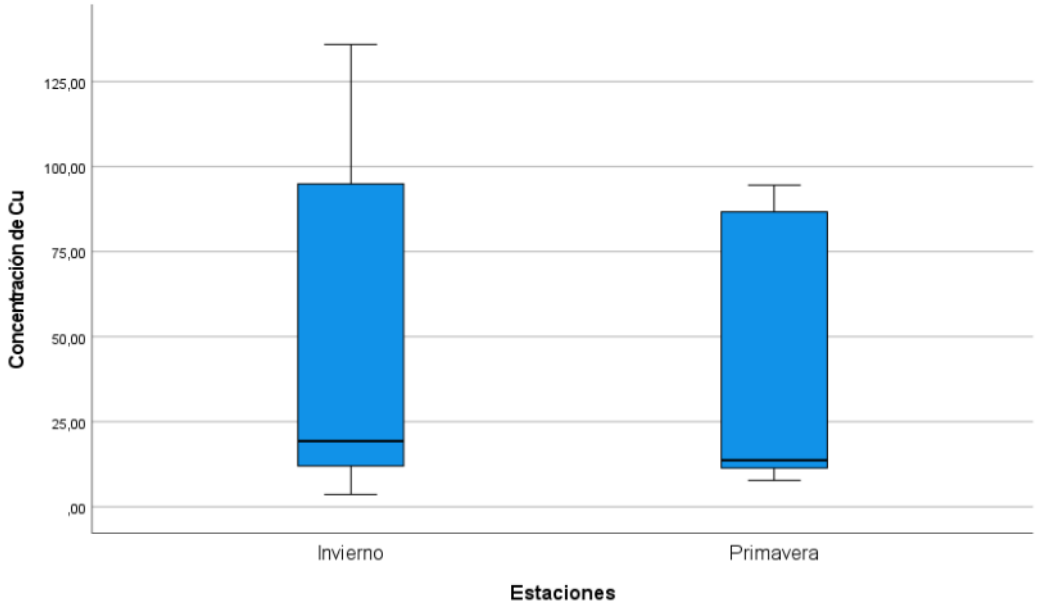
En la **Figura 13** se presenta el diagrama de cajas y bigotes de cadmio según la temporalidad invierno – primavera a partir de los resultados de la **Tabla 6**, en donde:

Para la estación de inverno, los valores mínimo y máximo fueron de 0.020 – 0.852 mg/kg, con una media de 0.339 mg/kg.

Para la estación de primavera, los valores mínimo y máximo fueron de 0.020 mg/kg, con una media de 0.020 mg/kg.

Figura 14

Diagrama de cajas y bigotes para Cobre en las diferentes temporalidades (invierno – primavera)



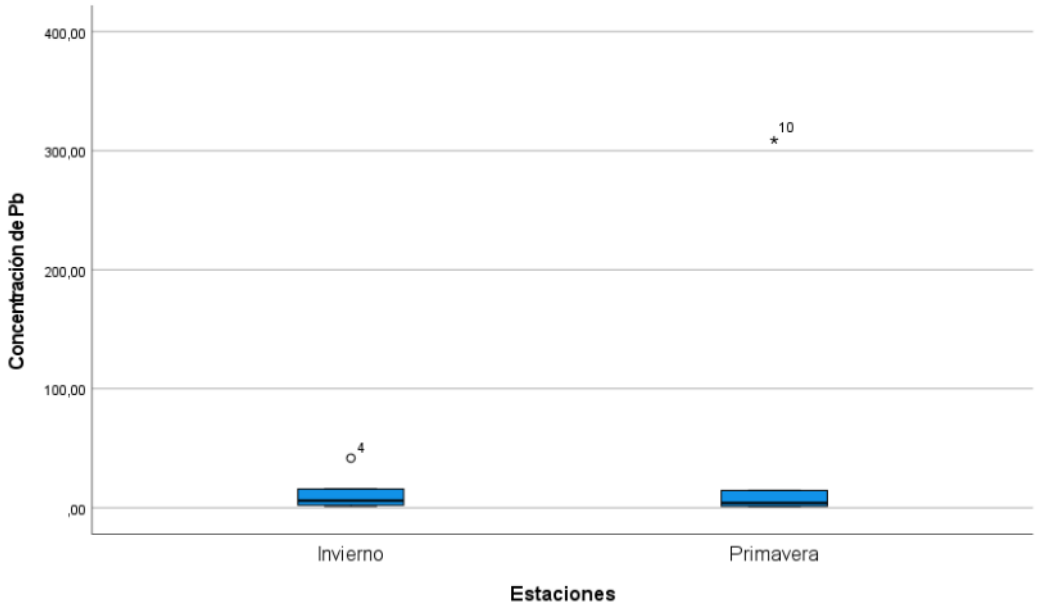
En la **Figura 14** se presenta el diagrama de cajas y bigotes de cobre según la temporalidad invierno – primavera a partir de los resultados de la **Tabla 6**, en donde:

Para la estación de inverno, los valores mínimo y máximo fueron de 3.67 – 136 mg/kg, con una media de 47.545 mg/kg.

Para la estación de primavera, los valores mínimo y máximo fueron de 7.74 – 94.60 mg/kg, con una media de 37.990 mg/kg.

Figura 15

Diagrama de cajas y bigotes para Plomo en las diferentes temporalidades (invierno – primavera)



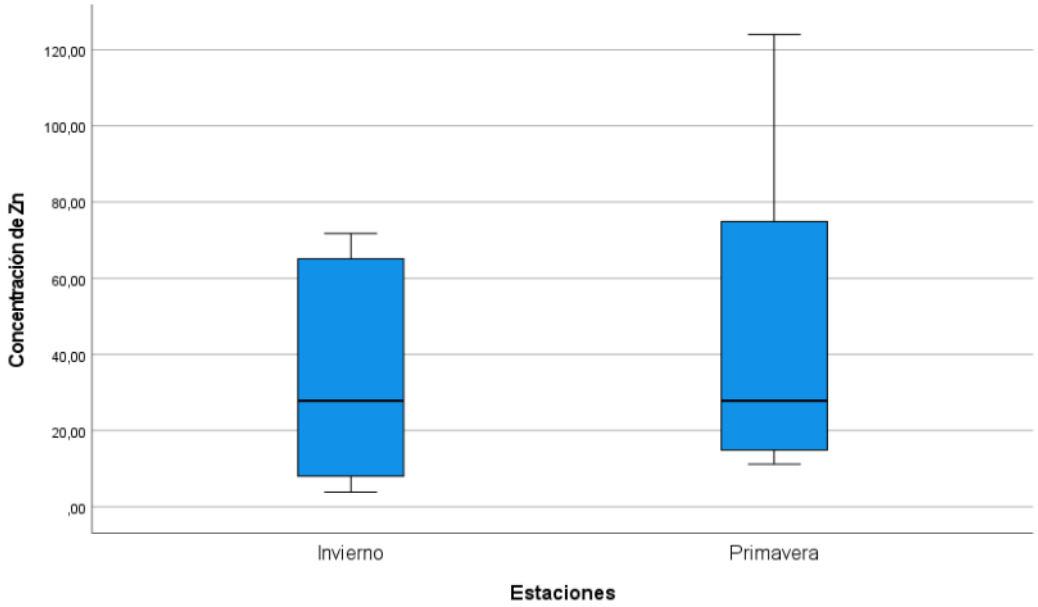
En la **Figura 15** se presenta el diagrama de cajas y bigotes de plomo según la temporalidad invierno – primavera a partir de los resultados de la **Tabla 6**, en donde:

Para la estación de inverno, los valores mínimo y máximo fueron de 1.41 – 41.80 mg/kg, con una media de 12.27 mg/kg.

Para la estación de primavera, los valores mínimo y máximo fueron de 1.39 – 309 mg/kg, con una media de 55.787 mg/kg.

Figura 16

Diagrama de cajas y bigotes para Zinc en las diferentes temporalidades (invierno – primavera)



En la **Figura 16** se presenta el diagrama de cajas y bigotes de zinc según la temporalidad invierno – primavera a partir de los resultados de la **Tabla 6**, en donde:

Para la estación de inverno, los valores mínimo y máximo fueron de 3.86 – 71.80 mg/kg, con una media de 34.075 mg/kg.

Para la estación de primavera, los valores mínimo y máximo fueron de 11.20 – 124 mg/kg, con una media de 46.783 mg/kg.

4.1.4 Prueba de normalidad y homogeneidad de varianzas para las concentraciones de metales pesados en las diferentes zonas de muestreo

Planteamiento de la hipótesis para la normalidad de los datos:

- H_o: La distribución de los datos presentan distribución normal.
- H_1: La distribución de los datos no presentan distribución normal.

Criterio de decisión:

- Si $p < 0.05$ rechazamos la hipótesis nula (H_o) y se acepta la alterna (H_1).
- Si $p >= 0.05$ aceptamos la hipótesis nula (H_o) y se rechaza la alterna (H_1).

Planteamiento de la hipótesis para la homogeneidad de varianzas de los datos:

- H_o: Los datos presentan varianzas iguales.
- H_1: Los datos no presentan varianzas iguales.

Criterio de decisión:

- Si $p < 0.05$ rechazamos la hipótesis nula (H_o) y se acepta la alterna (H_1).
- Si $p >= 0.05$ aceptamos la hipótesis nula (H_o) y se rechaza la alterna (H_1).

Los cálculos se realizan al 95% de confianza.

Para verificar la normalidad de los datos, muchos autores indican que la prueba de Kolmogórov-Smirnov se aplica cuando los datos son iguales o mayor a 50. Por otro lado, la prueba de Shapiro-Wilk normalmente se aplica cuando los datos son menores a 50.

Para este estudio, se optó por la prueba de Shapiro-Wilk para la verificar la normalidad de los datos y la prueba de Levene para la homogeneidad de varianzas.

Criterios para la aplicación de pruebas estadísticas paramétricas

Para la aplicación de pruebas estadísticas paramétricas, es necesario el cumplimiento de los siguientes criterios:

- ✓ Tiene que ser una variable numérica.
- ✓ Debe existir normalidad de los datos que implica que cada grupo tengan distribución normal.
- ✓ Debe existir homogeneidad de varianzas que implica que los grupos sean homogéneos.

En el caso de no cumplir con estos tres criterios, se optará por el uso de pruebas no paramétricas como el estadístico de Kruskal-Wallis. Considerando que el procedimiento estadístico estándar por defecto es el análisis de la varianza (ANOVA).

Tabla 7

Prueba de Shapiro-Wilk para comprobar la normalidad de la concentración de metales pesados

		Shapiro-Wilk		
Concentración	**Zonas de Muestreo**	**Estadístico**	**gl**	**Sig.**
Cadmio (Cd)	Playa Tres Hermanas	,807	4	0,116
	Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo	,763	4	0,051
	Playa Boca del Rio	.	.	.
Cobre (Cu)	Playa Tres Hermanas	,903	4	0,448
	Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo	,774	4	0,063
	Playa Boca del Rio	,872	4	0,305
Plomo (Pb)	Playa Tres Hermanas	,671	4	0,005
	Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo	,696	4	0,010
	Playa Boca del Rio	1,000	4	1,000
Zinc (Zn)	Playa Tres Hermanas	,997	4	0,991
	Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo	,768	4	0,056
	Playa Boca del Rio	,991	4	0,962

- **Zona Playa Tres Hermanas:**

Con el fin de contrastar, verificamos los resultados del p-valor para determinar la hipótesis de normalidad. De tal modo, aceptamos la hipótesis nula que afirma que los datos tienen distribución normal, ya que el p-valor para los datos de Cd, Zn y Cu es superior a 0.05, que indica el 5% de significancia. A excepción del Pb, con un p-valor inferior a 0.05, rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la alterna, no existiendo distribución normal en los datos.

- **Zona Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo:**

Se acepta la hipótesis nula que afirma que los datos tienen una distribución normal, ya que el p-valor para los datos de las concentraciones de Cd, Cu y Zn es superior a 0.05, que indica el 5% de significancia. A excepción del Pb, con un p-valor inferior a 0.05, rechazándose la hipótesis nula y aceptando la hipótesis alterna, no existiendo distribución normal en los datos.

- **Zona Playa Boca del Rio:**

Asimismo, el p-valor de las concentraciones de Cu, Zn y Pb es superior a 0.05, lo que indica un 5% de significancia; de tal modo aceptamos la hipótesis nula que afirma que los datos presentan distribución normal.

Tabla 8

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas para la concentración de metales pesados

		Prueba de Levene	
		Estadístico de Levene	**Sig.**
Concentración de Cd	Tienen varianzas iguales	592,672	0,000
	No tienen varianzas iguales		
Concentración de Cu	Tienen varianzas iguales	4,850	0,037
	No tienen varianzas iguales		
Concentración de Pb	Tienen varianzas iguales	8,619	0,008
	No tienen varianzas iguales		
Concentración de Zn	Tienen varianzas iguales	6,750	0,016
	No tienen varianzas iguales		

En la **Tabla 8**, observamos el p-valor (Sig.) para Cd, Cu, Zn y Pb, siendo estos valores inferiores a 0.05, rechazando la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna, que indica que cada grupo es distinto del otro grupo por lo que existe variabilidad en los datos, en definitiva, los datos no son homogéneos.

Por lo que, optamos por las pruebas no paramétricas de Kruskall Wallis y U Mann Whitney.

4.1.5 Prueba de Kruskall Wallis para determinar la variabilidad espacial de las concentraciones de metales pesados en sedimentos marinos

Con la finalidad de determinar el primer objetivo específico se aplicó el estadístico de Kruskall Wallis en la **Tabla *9***.

Tabla 9

Prueba de Kruskall Wallis para las concentraciones de metales pesados según zonas de muestreo

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1. La distribución de Cd es la misma entre las zonas de muestreo.	Prueba de Kruskal-Wallis	0,243	Acepte la hipótesis nula.
2. La distribución de Cu es la misma entre las zonas de muestreo.	Prueba de Kruskal-Wallis	0,007	Rechace la hipótesis nula.
3. La distribución de Pb es la misma entre las zonas de muestreo.	Prueba de Kruskal-Wallis	0,007	Rechace la hipótesis nula.

4. La distribución de Zn es la misma entre las zonas de muestreo.	Prueba de Kruskal-Wallis	0,007	Rechace la hipótesis nula.

En la **Tabla 9** se observa que, solo para Cd se determinó un p-valor (Sig.) de 0.243, superior a 0.05, de tal modo aceptamos la hipótesis nula. Por lo que, se puede afirmar que estadísticamente las concentraciones de Cd no muestran variabilidad significativa en las tres zonas de muestreo.

Mientras que, los metales pesados como el Cu, Pb y Zn mostraron un p-valor (Sig.) inferior a 0.05, rechazando la hipótesis nula y aceptando la alterna, indicando que si existe variabilidad en las tres zonas de muestreo.

4.1.6 Prueba Post Hoc para determinar la variabilidad en cada grupo de las concentraciones de metales pesados en sedimentos marinos

Las pruebas Post Hoc son pruebas estadísticas que se aplica para comparar múltiples grupos después de llevar a cabo un análisis de varianza, para identificar que grupo (zonas de muestreo) difieren significativamente de otro grupo a partir de los datos. Se utilizó la Prueba Post Hoc de Games-Howell (Prueba no paramétrica), obteniéndose el resumen de las pruebas en la **Tabla 10**, **Tabla 11**, **Tabla 12** y **Tabla 13**.

Tabla 10

Prueba Post Hoc de Games-Howell para comparaciones múltiples para cadmio según zonas de muestreo

Prueba de Games-Howell para la variable dependiente Cadmio (Cd)

					Intervalo al 95% de confianza	
(I) Zonas de muestreo	**(J) Zonas de muestreo**	**Diferencia de medias (I-J)**	**Error estándar**	**Sig.**	**L. Inferior**	**L. Superior**
Playa Tres Hermanas	Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo	-,321250	,235516	,453	-1,26022	,61772
	Playa Boca del Rio	,078250	,045677	,335	-,11262	,26912
Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo	Playa Tres Hermanas	,321250	,235516	,453	-,61772	1,26022
	Playa Boca del Rio	,399500	,231045	,330	-,56597	1,36497
Playa Boca del Rio	Playa Tres Hermanas	-,078250	,045677	,335	-,26912	,11262
	Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo	-,399500	,231045	,330	-1,36497	,56597

Tabla 11

Prueba Post Hoc de Games-Howell para comparaciones múltiples para cobre según zonas de muestreo

Prueba de Games-Howell para la variable dependiente Cobre (Cu)

					Intervalo al 95% de confianza	
(I) Zonas de muestreo	**(J) Zonas de muestreo**	**Diferencia de medias (I-J)**	**Error estándar**	**Sig.**	**L. Inferior**	**L. Superior**
Playa Tres Hermanas	Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo	-94,37250	11,30498	,006	-139,9164	-48,8286
	Playa Boca del Rio	-7,82250	3,06390	,098	-17,3466	1,7016
Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo	Playa Tres Hermanas	94,37250	11,30498	,006	48,8286	139,9164
	Playa Boca del Rio	86,55000	11,39252	,007	41,4617	131,6383
Playa Boca del Rio	Playa Tres Hermanas	7,82250	3,06390	,098	-1,7016	17,3466
	Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo	-86,55000	11,39252	,007	-131,6383	-41,4617

Tabla 12

Prueba Post Hoc de Games-Howell para comparaciones múltiples para plomo según zonas de muestreo

Prueba de Games-Howell para la variable dependiente Plomo (Pb)

					Intervalo al 95% de confianza	
(I) Zonas de muestreo	**(J) Zonas de muestreo**	**Diferencia de medias (I-J)**	**Error estándar**	**Sig.**	**L. Inferior**	**L. Superior**
Playa Tres Hermanas	Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo	-93,65750	71,50950	,481	-392,4715	205,1565
	Playa Boca del Rio	-3,50000	,71512	,021	-6,1546	-,8454
Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo	Playa Tres Hermanas	93,65750	71,50950	,481	-205,1565	392,4715
	Playa Boca del Rio	90,15750	71,51234	,502	-208,6373	388,9523
Playa Boca del Rio	Playa Tres Hermanas	3,50000	,71512	,021	,8454	6,1546
	Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo	-90,15750	71,51234	,502	-388,9523	208,6373

Tabla 13

Prueba Post Hoc de Games-Howell para comparaciones múltiples para zinc según zonas de muestreo

Prueba de Games-Howell para la variable dependiente Zinc (Zn)

					Intervalo al 95% de confianza	
(I) Zonas de muestreo	**(J) Zonas de muestreo**	**Diferencia de medias (I-J)**	**Error estándar**	**Sig.**	**L. Inferior**	**L. Superior**
Playa Tres Hermanas	Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo	-74,46250	13,70824	,022	-129,6630	-19,2620
	Playa Boca del Rio	-18,36250	2,35211	,009	-28,1432	-8,5818
Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo	Playa Tres Hermanas	74,46250	13,70824	,022	19,2620	129,6630
	Playa Boca del Rio	56,10000	13,50648	,051	-,3313	112,5313
Playa Boca del Rio	Playa Tres Hermanas	18,36250	2,35211	,009	8,5818	28,1432
	Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo	-56,10000	13,50648	,051	-112,5313	,3313

En la **Tabla 10** muestra la prueba Post-hoc de Games-Howell para la concentración de Cadmio según las zonas de muestreo, con la finalidad de ver que grupo es diferente del otro. Por lo que se observa que todos los valores del p-valor por están por encima del 5%. Con estos resultados afirmamos que no existe diferencia en las diferentes zonas de muestreo.

En la **Tabla 11** se muestra la prueba Post-hoc de Games-Howell para la concentración de Cobre según las zonas de muestreo, con la finalidad de ver que grupo es diferente del otro. Por lo que se observa que 02 grupos son diferentes uno del otro; el Primer grupo (Playa Tres Hermanas – Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo) con un p-valor (0,006) y el Segundo grupo (Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo – Playa Boca del Rio) con un p-valor (0,007) que es menor al 5%. Por ende, se afirma que, estas zonas de muestreo son diferentes una de otra.

En la **Tabla 12** se muestra la prueba Post-hoc de Games-Howell para la concentración de Plomo según las zonas de muestreo, con la finalidad de ver que grupo es diferente del otro. Por lo que se observa que solo 01 grupo es diferente uno del otro; el primero grupo (Playa Tres Hermanas – Playa Boca del Rio) con un p-valor (0,021) que es menor al 5%. Por lo tanto, se afirma que, estas zonas de muestreo son diferentes una de otra.

En la **Tabla 13** se muestra la prueba Post-hoc de Games-Howell para la concentración de Zinc según las zonas de muestreo, con la finalidad de ver que grupo es diferente del otro. Por lo que se observa que 02 grupos son diferentes uno del otro; el Primer grupo (Playa Tres Hermanas – Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo) con un p- valor (0,022) que es menor al 5% y el Segundo grupo (Playa Tres Hermanas – Playa Boca del Rio) con un P- valor (0,009) que es menor al 5%. Entonces, se puede afirmar que estas zonas de muestreo son diferentes una de otra.

4.1.7 Prueba U de Mann-Whitney para determinar la variabilidad temporal de las concentraciones de metales pesados en sedimentos marinos

Con la finalidad de determinar el segundo objetivo específico se aplicó el estadístico de U de Mann-Whitney en la **Tabla *14***.

Tabla 14

Prueba U de Mann-Whitney para la concentración de metales pesados según la temporalidad (invierno – primavera)

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1. La distribución de Cd es la misma entre las Estaciones	Prueba U de Mann-Whitney	0,065	Acepte la hipótesis nula.
2. La distribución de Cu es la misma entre las Estaciones	Prueba U de Mann-Whitney	0,699	Acepte la hipótesis nula.
3. La distribución de Pb es la misma entre las Estaciones	Prueba U de Mann-Whitney	0,699	Acepte la hipótesis nula.

4. La distribución de Zn es la misma entre las Estaciones	Prueba U de Mann-Whitney	0,589	Acepte la hipótesis nula.

En la **Tabla *14*** se muestra que los metales pesados de Cd, Cu, Pb y Zn presentaron un p-valor (Sig.) superior a 0.05, por lo que, rechazamos la hipótesis alterna (H_1) y aceptamos la hipótesis nula (H_o) que indica que no existe variabilidad temporal significativa en las concentraciones de metales pesados en sedimentos entre las estaciones evaluadas de invierno – primavera.

4.2 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

4.2.1 Variabilidad espacial de las concentraciones de metales pesados en sedimentos marinos según zonas de muestreo

El Plomo (Pb) es el primer elemento que presenta variabilidad respectos a las zonas de muestreo, sus concentraciones variaron de 1.39 a 309 mg/kg. De acuerdo con la distribución espacial sigue el siguiente orden; Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo > Playa Boca del Rio > Playa Tres Hermanas.

El Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo es la zona que presenta concentraciones significativas de plomo, precisamente en el punto de muestreo SM-04, ubicada en la parte central del fondeadero de embarcaciones pesqueras de menor y gran tamaño, estos valores son ligeramente similares a los reportados en la Bahía el Callao, donde se encontraron concentraciones entre 35 a 285 mg/kg (Pantoja, 2021), estas concentraciones encontradas provienen de fuentes de aporte de las actividades portuarias, manejo deficiente de los residuos sólidos y de minerales durante el embarque en los muelles, deposición atmosférica, residuos de plomo utilizados en la actividad de buceo y pesca, las baterías y pilas, etc.

El Cobre (Cu) es el segundo elemento que presenta variabilidad respectos a las zonas de muestreo, sus concentraciones variaron de 3.67 a 136 mg/kg. Respecto a la distribución espacial sigue el siguiente orden; Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo > Playa Boca del Rio > Playa Tres Hermanas. Respecto a la distribución espacial, la zona del Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo, es la que presenta mayores concentración de cobre, precisamente en los puntos de muestreo SM-03 y SM-04, estos valores obtenidos resultaron ser ligeramente similares a los reportados en el Banco natural Meca – Las Lozas, Tacna donde se midieron niveles máximos de 136.99 mg/kg (Cárdenas et al., 2015), mientras que en la Bahía el Callao se midieron niveles máximos de hasta 280.75 mg/kg (Pantoja, 2021). Estos resultados son mayores a lo reportado en el Puerto de Matarani (K. Condori, 2021), al igual que al Puerto de Salaverry (Bernal, 2019). La razón de los resultados indica que el Cu es un metal ampliamente utilizado en diversas industrias y podría deberse a la aplicación de pinturas antiincrustantes (biocidas) en los barcos para prevenir el crecimiento de potenciales organismos incrustantes. Este Cu se

desprende de los revestimientos de los barcos en movimiento y se considera una importante y creciente fuente antropogénica de Cu, como también el embarque de cobre que por deposición atmosférica se deposita en el tiempo en el ambiente marino (Anbuselvan et al., 2018; Valdes & Castillo, 2014).

El Zinc (Zn) es el tercer elemento que presenta variabilidad respectos a las zonas de muestreo, sus concentraciones variaron de 3.86 a 124 mg/kg. Respecto a la distribución espacial sigue el siguiente orden; Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo > Playa Boca del Rio > Playa Tres Hermanas. El punto de muestreo SM-04 es la que presenta la mayor concentración de Zn, esto es concordante con la investigación de Anbuselvan et al., (2018) donde obtuvo concentraciones de 73.87 mg/kg y 78.86 mg/kg de Zn en estaciones situadas cerca del puerto de Krishanapatnam, que es uno de los puertos en desarrollo a lo largo de la costa este de la India, que se utiliza para exportar mineral de hierro con la ayuda de buques y barcos, por lo que revela que la distribución del Zn es comparativamente mayor en las muestras de la parte más profunda que en las de la parte menos profunda este metal se encuentra más asociado al lodo y a la materia orgánica y menos a la arena. Además, indica que las embarcaciones de menor y gran tamaño se construyen principalmente con una gran cantidad de materiales químicos; uno de estos materiales es el sulfato de zinc, que se utiliza como pintura anticorrosiva.

El Cadmio (Cd) es el cuarto elemento que presenta poca variabilidad respectos a las zonas de muestreo, sus concentraciones variaron de 0.020 a 0.852 mg/kg. Respecto a la distribución espacial sigue el siguiente orden; Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo > Playa Tres Hermanas Playa > Boca del Rio. Estos valores obtenidos resultaron ser ligeramente similares a los reportados en el Puerto de Salaverry donde se encontraron concentraciones entre 0.01 a 0.8 mg/kg (Bernal, 2019), mientras que en la Bahía el Callao se midieron niveles máximos de hasta 6.41 mg/kg (Pantoja, 2021). La razón de los resultados indica que las concentraciones de cadmio estaban por debajo del límite de detección del equipo, las concentraciones de cadmio en el sedimento marino mayormente están ligadas a las operaciones industriales existentes, ya que el Cd está presente en la composición de las pinturas que cubren en gran medida las estructuras de las embarcaciones, plásticos, baterías, etc.

El análisis Post-hoc de Games-Howell para comparaciones múltiples de las zonas de muestreo evaluadas mostraron que cada zona de muestreo es diferente del otro dependiendo las concentraciones de metales pesados, para el caso del Cadmio (Cd) no se encontraron diferencias significativas en las zonas (ver **Tabla 10**), debido a que las concentraciones en casi todas las zonas de muestreo estuvieron por debajo del límite de detección del equipo.

Por otro lado, para el Cobre (Cu) y Zinc (Zn) si se encontraron diferencias significativas para lo cual se observaron dos grupos; Playa Tres Hermanas – Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo (ver **Tabla 11** y **Tabla *13***) y el Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo – Playa Boca del Rio (ver **Tabla 11**). Estas diferencias en sus concentraciones de Cu y Zn, se debe a que cada zona desarrolla diversas actividades y/o colindan con otras, este es el caso del Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo que además de tener actividad pesquera y portuaria, alberga una cantidad considerable de embarcaciones de menor y gran tamaño. Asimismo, es colindante al muelle de ENAPU y SPCC donde se realiza el embarque de minerales en los terminales portuarios, a diferencia de las playas Tres Hermanas y Boca del Rio que una de sus actividades principales es la recreación de la población.

Mientras que, para el Plomo (Pb) y Zinc (Zn) si se encontraron diferencias significativas (ver **Tabla 12** y **Tabla *13***), para lo cual se observó un grupo; (Playa Tres Hermanas – Playa Boca del Rio) estas diferencias entre estas playas están asociadas a las actividades que colindan con estas, este es el caso de Playa Tres Hermanas que tiene influencia de actividad industrial y portuaria por parte de SPCC Ilo, sus instalaciones de Patio Puerto y el Terminal Portuario donde se presenta la actividad de embarque del mineral de cobre, desembarque de contenedores, etc., a diferencia de la Playa Boca del Rio que además de tener actividad recreacional colinda con la desembocadura del Rio Osmore, instalaciones hoteleras, entre otras. Sin embargo, cabe resaltar que se encontraron mayores concentraciones de Pb en la Zona del Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo lo que nos indicaría que las corrientes marinas de Humboldt, la deposición atmosférica, actividades de transporte marítimo, entre otras pueden ser unos de los factores de movilización de este metal de Sur a Norte en el tiempo.

4.2.2 Variabilidad temporal de las concentraciones de metales pesados en sedimentos marinos

A partir de los resultados obtenidos en la estación de invierno y primavera, estadísticamente no existe variabilidad temporal en las concentraciones de metales pesados (Cd, Cu, Pb y Zn) en sedimentos marinos.

El Pb registró una mayor concentración en la estación de primavera, concordando con la investigación de Pantoja (2021) en bahía el Callao, quien evaluó la presencia de metales en sedimentos marinos con índices de calidad, encontrándose concentraciones de 134 mg/kg en invierno y 261 mg/kg en primavera en la estación SED-G5. En dicha investigación resalta que las fuentes más importantes de aporte serían las actividades portuarias, emisiones atmosféricas, embarque de minerales, y que la movilización de estos metales estaría asociado a la corriente costera de Humboldt, es una corriente oceánica fría que fluye a lo largo de la costa desde Chile hasta el Ecuador muy rica en nutrientes, que se desplazan de sur a norte en toda la costa peruana.

4.2.3 Comparación de las concentraciones de metales pesados en sedimentos marinos con los estándares internacionales canadienses

Para la zona del Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo en la estación de invierno, se obtuvo concentraciones de 0.79 – 0.85 mg/kg para cadmio superando el valor de 0.7 mg/kg según ISQG; para el cobre se encontraron concentraciones en el rango de 95 – 136 mg/kg los cuales superan los valores del estándar 18.7 mg/kg según ISQG y el valor de 108 mg/kg según PEL; para el plomo se obtuvieron concentraciones de 41.80 mg/kg superando el valor de 30.2 mg/kg según ISQG. Por otro lado, en la estación de primavera, las concentraciones de cobre se encuentran en el rango de 86.7 – 94.6 mg/kg superando el valor de 18.7 mg/kg según ISQG y para el plomo se tiene la concentración de 309 mg/kg superando el valor de 30.2 mg/kg según ISQG y el valor de 112 mg/kg según PEL de los estándares canadienses de calidad de sedimentos marinos. Por lo tanto, la zona presenta efectos biológicos adversos ocasionales y con frecuencia en el ecosistema marino, esto es concordante con el estudio que se realizó Pantoja (2021)

en la Bahía el Callao donde las concentraciones de Hg, Cd, Pb y Cu superaron los niveles del ISQG y PEL al menos en un punto o fecha de muestreo.

Para la zona de la Playa Boca del Rio en la estación de invierno se encontró una concentración de cobre de 23.30 mg/kg en el punto de muestreo SM-05 superando el valor de 18.7 mg/kg según ISQG, mientras que para cadmio, plomo y zinc las concentraciones de los puntos SM-01, SM-02, SM-03 y SM-04 se encontraron por debajo de los valores del ISQG y PEL de los estándares canadienses de calidad de sedimentos marinos. Por lo tanto, la zona no presenta efectos biológicos adversos, a excepción del punto SM-05.

Para la zona de la Playa Tres Hermanas en la estación de invierno y primavera las concentraciones de cadmio, cobre, plomo y zinc se encuentran por debajo de los valores del ISQG y PEL de los estándares canadienses de calidad de sedimentos marinos. Por lo tanto, la zona no presenta efectos biológicos adversos.

Los metales pesados presenten en los sedimentos se bioacumulan en el tiempo en especies marinas. En la investigación de Rodriguez (2022) evaluó el contenido de metales de Pb, Cd y Cu en especies pelágicas en la bahía el callao como la Lorna (*Sciaena deliciosa*), Pejerrey (*Odontesthes regia*) y la lisa (*Mugil cephalus*) donde concluye que la mayor acumulación se presenta en el hígado, por consiguiente en el musculo el cual asciende en su etapa adulta, las concentraciones de Cobre (Cu), afectan a las branquias, pudiendo producir hipoxia, mientras que las concentraciones de Plomo (Pb) causan daños a las fibras musculares, inflamaciones degenerativas en el hígado, por otro lado el Cadmio (Cd) conlleva a la muerte celular del organismo.

De tal modo en la investigación de Dominguez & Pereda (2020) determinaron concentraciones de Cadmio (Cd) y Plomo (Pb) en quelas y hepatopáncreas de las especies de jaiba peluda (*Cancer setosus*) y cangrejo violáceo (*Platyxanthus orbignyi*) en la bahía de Huarmey, donde obtuvieron un rango de concentraciones de 1.35 – 7.69 ppm de Pb en los hepatopáncreas y quelas en las dos especies, superando los límites máximos permisibles por la FAO (0.02 ppm de Pb), mientras que las concentraciones de Cd estuvieron por debajo del límite

máximo permisible, lo cual indica un grado de perturbación del ecosistema en la bahía de Huarmey y representa un riesgo potencial para el consumo humano.

Así mismo, Jacinto & Aguilar (2007) en su investigación determinaron concentraciones de metales traza (Cd, Cu, Pb y Zn) en músculos y vísceras en especies marinas de la bahía de Huarmey, donde indicaron que las menores concentraciones de Cd, Cu, y Zn se encontraron en musculo de la especie cabrilla (*Paralabrax humeralis*), mientras que concentraciones mayores de zinc se observaron en las vísceras del caracol (*Stramonita T. chocolate*), estas afinidades de estos metales estarían relacionadas a sus necesidades metabólicas y su capacidad de inducir la síntesis de proteínas.

V CONCLUSIONES

Se determino las concentraciones de Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Plomo (Pb) y Zinc (Zn) en sedimentos marinos en las tres zonas de muestreo Playa Tres Hermanas, Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo y Playa Boca del Rio.

Las concentraciones de Cu, Pb y Zn presentaron variabilidad espacial significativa en las zonas de muestreo. Sin embargo, solo para el Cd no se encontró variación significativa en las zonas de muestreo, debido a que las concentraciones se encontraron por debajo del límite de detección del equipo. Estas diferencias en las concentraciones son debidas a las diferentes actividades antropogénicas que se realizan en las mismas y el transporte de estos metales por las condiciones ambientales como los vientos, las corrientes marinas, etc.

Las concentraciones de Cd, Cu, Pb y Zn no presentaron variabilidad temporal significativa, debido a que se evaluaron en los meses de septiembre (invierno) y posteriormente en el mes de noviembre (primavera) del mismo año. Cabe mencionar que los metales pesados en sedimentos marinos se acumulan progresivamente en el tiempo. Sin embargo, se registró concentraciones mayores de Pb en la estación de primavera, esto puede asociarse al aumento constante de movimiento de embarcaciones pesqueras e industriales, aumento en la generación de emisiones de combustión, transporte de combustible, vertimiento de aguas residuales, generación de residuos de plomo utilizado en las prácticas de buceo y en el aparejo de malla de pesca, transporte y mala disposición de baterías, pilas, etc.

Las concentraciones de Cd, Cu, Pb superaron los valores de referencia establecidos en los estándares canadienses de calidad de sedimentos marinos en las zonas evaluadas, solo el Zn no supero los valores de referencia del ISQG y PEL. Sin embargo, estos metales son acumulables en el tiempo y tienen la capacidad de bioacumularse en los tejidos musculares y en los órganos de las especies marinas, causando alteraciones en su ciclo de vida e incluso la muerte, pudiendo ser peligroso para la salud humana, debido a que estas especies son de consumo directo en la población.

VI RECOMENDACIONES

Debido a la poca información sobre las concentraciones de metales pesados en sedimentos marinos, se recomienda realizar más estudios a lo largo de las costas del puerto de Ilo y en el Perú, en diferentes estacionalidades y periodos largos, con el fin de obtener mayor información e identificar el grado de acumulación de estos contaminantes.

Establecer y desarrollar los estándares de calidad para sedimentos y su respectivo protocolo de muestreo, a fin de llevar un seguimiento y evaluación de la calidad de los ecosistemas acuáticos.

Evaluar las concentraciones de metales pesados en especies marinas de principal extracción del Puerto de Ilo para observar el grado de afectación y si son aptos para el consumo humano directo.

VII REFERENCIAS

Abrahim, G. M. S., Parker, R. J., & Nichol, S. L. (2007). Distribution and assessment of sediment toxicity in Tamaki Estuary, Auckland, New Zealand. *Environmental Geology*, *52*(7), 1315–1323. https://doi.org/10.1007/s00254-006-0570-0

Ahmed, M. K., Baki, M. A., Islam, M. S., Kundu, G. K., Habibullah-Al-Mamun, M., Sarkar, S. K., & Hossain, M. M. (2015). Human health risk assessment of heavy metals in tropical fish and shellfish collected from the river Buriganga, Bangladesh. *Environmental Science and Pollution Research*, *22*(20), 15880–15890. https://doi.org/10.1007/s11356-015-4813-z

Ali, H., & Khan, E. (2018). What are heavy metals? Long-standing controversy over the scientific use of the term 'heavy metals'–proposal of a comprehensive definition. *Toxicological & Environmental Chemistry*, *100*(1), 6–19.

Ali, H., Khan, E., & Ilahi, I. (2019). Environmental Chemistry and Ecotoxicology of Hazardous Heavy Metals: Environmental Persistence, Toxicity, and Bioaccumulation. *Journal of Chemistry*, *2019*, 6730305. https://doi.org/10.1155/2019/6730305

Alshuiael, S., Alsaadi, H., & Hassan, H. (2022). Trace metal speciation within sediment from the Arabian Gulf. *Regional Studies in Marine Science*, 102706. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rsma.2022.102706

Anbuselvan, N., D., S. N., & Sridharan, M. (2018). Heavy metal assessment in surface sediments off Coromandel Coast of India: Implication on marine pollution. *Marine Pollution Bulletin*, *131*(April), 712–726. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.04.074

Arias, F. G. (2012). El proyecto de Investigación. *Introducción a La Metodología Científica 6ª Edición*.

Baggio, R. (2019). Metales en sedimentos de fondo marino en el área El Rincón: concentración y distribución. *TESIS DE LICENCIATURA EN OCEANOGRAFÌA, UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR*

DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÌA Y TURISMO.

Bernal, M. (2019). Metales pesados en el sedimento del puerto de Salaverry setiembre 2018 - febrero 2019. *Facultad de Ciencias Biológicas Universidad Nacional de Trujillo*.

Canadian Council of Ministers of the Environment. (2001). Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life: Summary tables. *Canadian Council of Ministers of the Environment*, 5.

Cárdenas, F., Pastor, R., Baldárrago, D., Castañeda, V., & Romucho, Y. (2015). Trazas De Metales En Agua, Sedimento Y Organismos Bentónicos En Bancos Naturales De Las Regiones Tacna Y Moquegua. *Inf Inst Mar Perú N°*, *42*(1), 122–136.

Condori, K. (2021). *Estimación del factor de enriquecimiento, índice de geo acumulación y los riesgos ecológicos de elementos ecotóxicos en los sedimentos marinos del puerto de Matarani, 2019*. 1–70. https://cutt.ly/sQTBnJR

Condori, R., Gonzales, G., & Mendez, S. (2022). Determination of the concentration of heavy metals and oils in seawater in the port of Ilo, Peru. *IOSR Journal of Environmental Science Toxicology and Food Technology*, *16*, 28–36. https://doi.org/10.9790/2402-1601012836

de Souza Machado, A. A., Spencer, K., Kloas, W., Toffolon, M., & Zarfl, C. (2016). Metal fate and effects in estuaries: A review and conceptual model for better understanding of toxicity. *Science of the Total Environment*, *541*, 268–281. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.09.045

Dominguez, C., & Pereda, M. (2020). CONCENTRACION DE CADMIO Y PLOMO EN QUELAS Y HEPATOPÁNCREAS DE Cancer setosus Y Platyxanthus orbignyi PROCEDENTES DE LA BAHÍA DE HUARMEY, ANCASH - 2016. *6*, *UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA FACULTAD CIENCIAS*, 105. http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/2690/42788.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttps://www.uv.mx/personal/yvelasco/files/2012/08/I

mplicaciones_edcucativas_de_la_teoria_sociocultural_de_Vigotsky.pdf

Halawani, R. F., Wilson, M. E., Hamilton, K. M., Aloufi, F. A., Taleb, M. A., Al-Zubieri, A. G., & Quicksall, A. N. (2022). Spatial Distribution of Heavy Metals in Near-Shore Marine Sediments of the Jeddah, Saudi Arabia Region: Enrichment and Associated Risk Indices. In *Journal of Marine Science and Engineering* (Vol. 10, Issue 5). https://doi.org/10.3390/jmse10050614

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6a. ed.--). Mexico D.F.: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES.

Hu, B., Li, J., Zhao, J., Yang, J., Bai, F., & Dou, Y. (2013). Heavy metal in surface sediments of the Liaodong Bay, Bohai Sea: Distribution, contamination, and sources. *Environmental Monitoring and Assessment*, *185*(6), 5071–5083. https://doi.org/10.1007/s10661-012-2926-0

Ibárcena, L. W. (2011). Estudio de la Contaminación por Metales Ecotóxicos en Sedimentos en la Bahía de Ite, Tacna. *Ciencia & Desarrollo UNJBG*, *13*, 28–35. http://revistas.unjbg.edu.pe/index.php/cyd/article/view/273

Jacinto, M., & Aguilar, S. (2007). Trace Metal Concentrations in marine species in the Bay of Huarmey , Ancash,Perú. *Rev. Peru. Biol.*, *14*(2), 307–311.

Järup, L. (2003). Hazards of heavy metal contamination. *British Medical Bulletin*, *68*, 167–182. https://doi.org/10.1093/bmb/ldg032

Karuppasamy, M., Qurban, M. A. B., & Krishnakumar, P. K. (2019). *Metal Contamination Assessment in the Sediments of the Red Sea Coast of Saudi Arabia BT - Oceanographic and Biological Aspects of the Red Sea* (N. M. A. Rasul & I. C. F. Stewart (eds.); Issue July, pp. 147–170). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-99417-8_9

Ministerio del Ambiente. (2016). Glosario de términos de sitios contaminados. *Dirección General de Calidad Ambiental, Ministerio Del Ambiente*, 17. https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2015/02/2016-05-30-Conceptos-propuesta-

Glosario.pdf

Mondal, P., de Alcântara Mendes, R., Jonathan, M. P., Biswas, J. K., Murugan, K., & Sarkar, S. K. (2018). Seasonal assessment of trace element contamination in intertidal sediments of the meso-macrotidal Hooghly (Ganges) River Estuary with a note on mercury speciation. *Marine Pollution Bulletin*, *127*(December 2017), 117–130. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.11.041

Nagajyoti, P. C., Lee, K. D., & Sreekanth, T. V. M. (2010). Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: a review. *Environmental Chemistry Letters*, *8*(3), 199–216.

Pantoja, R. (2021). Indice de Geoacumulación y Factor de Enriquecimiento de Hg, Cd, Pb y Cu en sedimentos marinos de la Bahia Callao, Periodo 2019, 2021. *Facultad de Ciencias Del Ambiente, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (UNASAM)*.

Pelikan, J., Majnarić, N., Maurić Maljković, M., Pikelj, K., & Hamer, B. (2022). Physico-Chemical and Ecotoxicological Evaluation of Marine Sediments Contamination: A Case Study of Rovinj Coastal Area, NE Adriatic Sea, Croatia. In *Toxics* (Vol. 10, Issue 8). https://doi.org/10.3390/toxics10080478

Quevedo-Álvarez, O., Gómez-Pascual, J. L., Rosa, T. E.-L., & Núñez-Clemente, A. C. (2019). Estudio de la contaminación por metales en sedimentos marinos de la Bahía de Santiago de Cuba. *TECNOCIENCIA Chihuahua*, *13*(3), 181–190. https://doi.org/10.54167/tch.v13i3.476

Rodriguez, R. (2022). Cuantificación de las concentraciones de metales pesados (Pb, Cd, Cu) por espectrofotometría de absorción atómica de los peces pelágio de la bahía del Callao. *Univerdidad Nacional Del Callao*, 130. http://hdl.handle.net/20.500.12952/6502

Romano, E., Bergamin, L., Croudace, I. W., Pierfranceschi, G., Sesta, G., & Ausili, A. (2021). Measuring anthropogenic impacts on an industrialised coastal marine area using chemical and textural signatures in sediments: A case study of Augusta Harbour (Sicily, Italy). *Science of the Total Environment*, *755*,

142683.

Saddik, M., Fadili, A., & Makan, A. (2019). Assessment of heavy metal contamination in surface sediments along the Mediterranean coast of Morocco. *Environmental Monitoring and Assessment*, *191*(3). https://doi.org/10.1007/s10661-019-7332-4

Sarmiento, A. M., Bonnail, E., Nieto, J. M., & DelValls, Á. (2016). Bioavailability and toxicity of metals from a contaminated sediment by acid mine drainage: linking exposure–response relationships of the freshwater bivalve Corbicula fluminea to contaminated sediment. *Environmental Science and Pollution Research*, *23*, 22957–22967.

Sfakianakis, D. G., Renieri, E., Kentouri, M., & Tsatsakis, A. M. (2015). Effect of heavy metals on fish larvae deformities: A review. *Environmental Research*, *137*, 246–255. https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.12.014

Sun, X., Fan, D., Liu, M., Liao, H., Zheng, S., & Tian, Y. (2020). Budget and fate of sedimentary trace metals in the Eastern China marginal seas. *Water Research*, *187*, 116439. https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116439

Sun, Z., Xie, X., Wang, P., Hu, Y., & Cheng, H. (2018). Heavy metal pollution caused by small-scale metal ore mining activities: A case study from a polymetallic mine in South China. *Science of the Total Environment*, *639*, 217–227.

Svavarsson, J., Guls, H. D., Sham, R. C., Leung, K. M. Y., & Halldórsson, H. P. (2021). Pollutants from shipping-new environmental challenges in the subarctic and the Arctic Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, *164*, 112004.

Tchounwou, P. B., Yedjou, C. G., Patlolla, A. K., & Sutton, D. J. (2012). Heavy metal toxicity and the environment. *Experientia Supplementum (2012)*, *101*, 133–164. https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8340-4_6

Tunde, O. L., & Oluwagbenga, A. P. (2020). Assessment of heavy metals contamination and sediment quality in Ondo coastal marine area, Nigeria. *Journal of African Earth Sciences*, *170*(March), 103903.

https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2020.103903

U.S. EPA. (2001). *Methods for Collection, Storrge and Maripulation of Sediment for chemical and toxicological analyses: Technical Manual*. *October*.

USEPA. (2020). *LSASDPROC-200-R4 Sediment Sampling Effective*. 1–23.

Valdes, J., & Castillo, A. (2014). Evaluacion de la calidad ambiental de los sedimentos marinos en el sistema de bahias de Caldera (27 S), Chile. *Latin American Journal of Aquatic Research*, *42*(3), 497–513. https://doi.org/10.3856/vol42-issue3-fulltext-10

Wang, Q., Duan, W., Yao, X., Guo, X., Liu, D., Gao, W., & Zhang, J. (2022). Distribution and ecological risk assessment of heavy metals in the sediments of Changli ecological monitoring area, northwest of Bohai Bay, China. *Environmental Pollutants and Bioavailability*, *34*(1), 180–189. https://doi.org/10.1080/26395940.2022.2069599

Wuana, R. A., & Okieimen, F. E. (2011). Heavy Metals in Contaminated Soils: A Review of Sources, Chemistry, Risks and Best Available Strategies for Remediation. *ISRN Ecology*, *2011*, 402647. https://doi.org/10.5402/2011/402647

Yang, C., Yu, G., Liu, Y., Shan, B., Wang, L., Sun, D., & Huang, Y. (2022). Heavy Metal Distribution in Surface Sediments of the Coastal Pearl Bay, South China Sea. *Processes*, *10*(5). https://doi.org/10.3390/pr10050822

Yehdhih, M., El Hadi, H., Baghdad, B., Chakiri, S., Hamoud, A., Zerdeb, A., & Moussa, K. (2022). Assessment of Heavy Metals Pollution in the Marine Sediments of the Lévrier Bay (Nouadhibou, Mauritania). *Ecological Engineering and Environmental Technology*, *23*(5), 84–90. https://doi.org/10.12912/27197050/151641

Zhai, B., Liu, Z., Wang, X., Bai, F., Wang, L., Chen, Z., & Zhang, X. (2020). Assessment of heavy metal contamination in surface sediments in the western Taiwan Strait. *Marine Pollution Bulletin*, *159*(July), 111492. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111492

Zhai, B., Zhang, X., Wang, L., Zhang, Z., Zou, L., Sun, Z., & Jiang, Y. (2021). Concentration distribution and assessment of heavy metals in surface sediments in the Zhoushan Islands coastal sea, East China Sea. *Marine Pollution Bulletin*, *164*(January), 112096. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112096

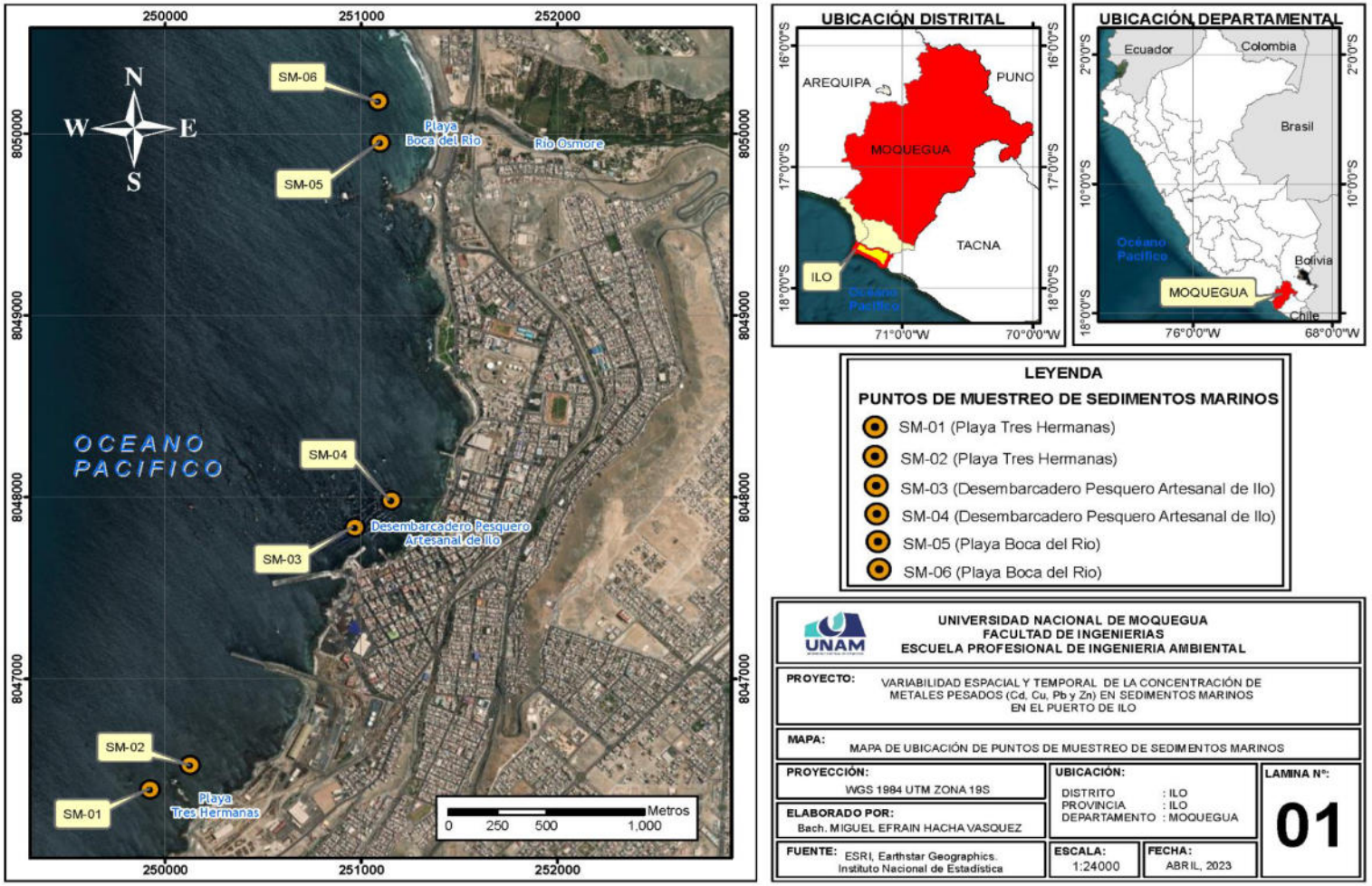
VIII ANEXOS

ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicador	Diseño de investigación	Población y muestra	Técnicas e instrumentos
Interrogante general: ¿Cuál es la variabilidad espacial y temporal de la concentración de metales pesados (Cd, Cu, Pb, y Zn) en sedimentos marinos en el puerto de Ilo? **Interrogante especifica:** ¿Cuál es la variabilidad espacial de la concentración de metales pesados (Cd, Cu, Pb, y Zn) en	**Objetivo general:** Evaluar la variabilidad espacial y temporal de la concentración de metales pesados (Cd, Cu, Pb, y Zn) en sedimentos marinos en el puerto de Ilo. **Objetivos específicos:** Determinar la variabilidad espacial de la concentración de metales pesados (Cd, Cu, Pb, y Zn) en	**Hipótesis general:** Si existe variabilidad espacial y temporal de la concentración de metales pesados (Cd, Cu, Pb, y Zn) en sedimentos marinos en el puerto de Ilo. **Hipótesis especificas:** Si existe variabilidad espacial de la concentración de metales pesados (Cd, Cu, Pb, y Zn) en	**Variable Independiente** **Espacio:** Playa Tres Hermanas. Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo. Playa Boca del Rio. **Tiempo:** Estación invierno. Estación primavera.	mg/kg	El diseño de la investigación será del ***tipo descriptivo - no experimental y longitudinal.***	**Población:** Material sedimentario del Puerto de Ilo. **Muestra:** Muestreo ***no probabilístico, del tipo de conveniencia***. Para lo cual se obtendrá el sedimento representativo en las 3 zonas de estudio de 1kg por cada punto de muestreo.	**Técnica analítica:** ICP – MS **Técnica para procesamiento de datos:** Estadísticos descriptivos e inferencial, prueba estadística para comparación de grupos Análisis de la varianza (ANOVA) y prueba de rangos múltiples o post hoc con uso del software SPSS. **Instrumentos:**

sedimentos marinos en el puerto de Ilo? ¿Cuál es la variabilidad temporal de la concentración de metales pesados (Cd, Cu, Pb, y Zn) en sedimentos marinos en el puerto de Ilo? ¿Las concentraciones de metales pesados (Cd, Cu, Pb, y Zn) en sedimentos marinos sobrepasaran los estándares internacionales canadienses de calidad de los sedimentos marinos?	sedimentos marinos en el puerto de Ilo. Determinar la variabilidad temporal de la concentración de metales pesados (Cd, Cu, Pb, y Zn) en sedimentos marinos en el puerto de Ilo. Comparar las concentraciones de metales pesados (Cd, Cu, Pb, y Zn) en sedimentos marinos con los estándares internacionales canadienses sobre la calidad de los sedimentos marinos.	sedimentos marinos en el puerto de Ilo. Si existe variabilidad temporal de la concentración de metales pesados (Cd, Cu, Pb, y Zn) en sedimentos marinos en el puerto de Ilo. Las concentraciones de Cd, Cu, Pb, y Zn en los sedimentos marinos sobrepasan los estándares internacionales canadienses sobre la calidad de los sedimentos marinos.	**Variable Dependiente** Concentración de metales pesados de Cd, Cu, Pb y Zn en sedimentos marinos	Guía de Muestreo LSASDPROC-200-R4 y EPA-823-B-01-002 de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos y Estándares de calidad de sedimentos.

ANEXO 2. MAPA DE UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO



ANEXO 3. GALERIA FOTOGRAFICA

Figura 17

Zona de muestreo Playa Tres Hermanas



Figura 18

Zona de muestreo Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo



Figura 19

Zona de muestreo Playa Boca del Rio



Figura 20

Georreferenciación del punto de muestreo



Nota. En la figura se observa la georreferenciación del punto de muestreo SM-02 y reconocimiento de la zona Playa Tres Hermanas, con ayuda del GPS.

Figura 21

Toma de muestra de la zona Playa Tres Hermanas



Nota. En la figura se observa la toma de muestra de sedimento marino en la Playa Tres Hermanas, donde (A) es la muestra correspondiente al punto SM-01 en el mes de septiembre, mientras que (B) es la muestra correspondiente al punto SM-02 en el mes de noviembre del 2023.

Figura 22

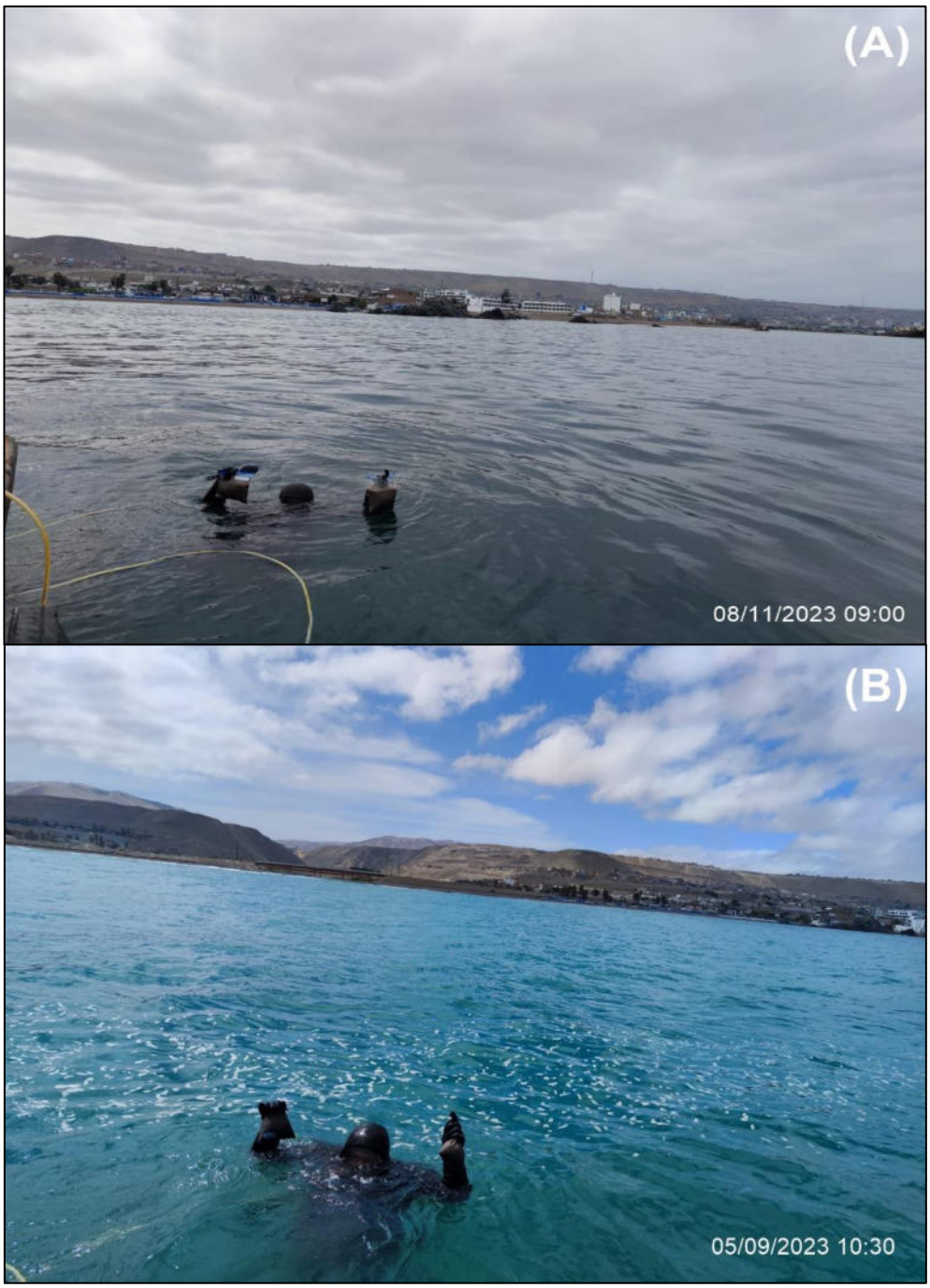
Toma de muestra de la zona del Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo



Nota. En la figura se aprecia la toma de muestra de sedimento marino en el Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo, donde (A) es la muestra correspondiente al punto SM-03 en el mes de septiembre, mientras que (B) es la muestra correspondiente al punto SM-04 en el mes de noviembre del 2023.

Figura 23

Toma de muestra de la zona de la Playa Boca del Rio



Nota. En la figura se observa la toma de muestra de sedimento marino en la Playa Boca del Rio, donde (A) es la muestra correspondiente al punto SM-05 en el mes de noviembre, mientras que (B) es la muestra correspondiente al punto SM-06 en el mes de septiembre del 2023.

Figura 24

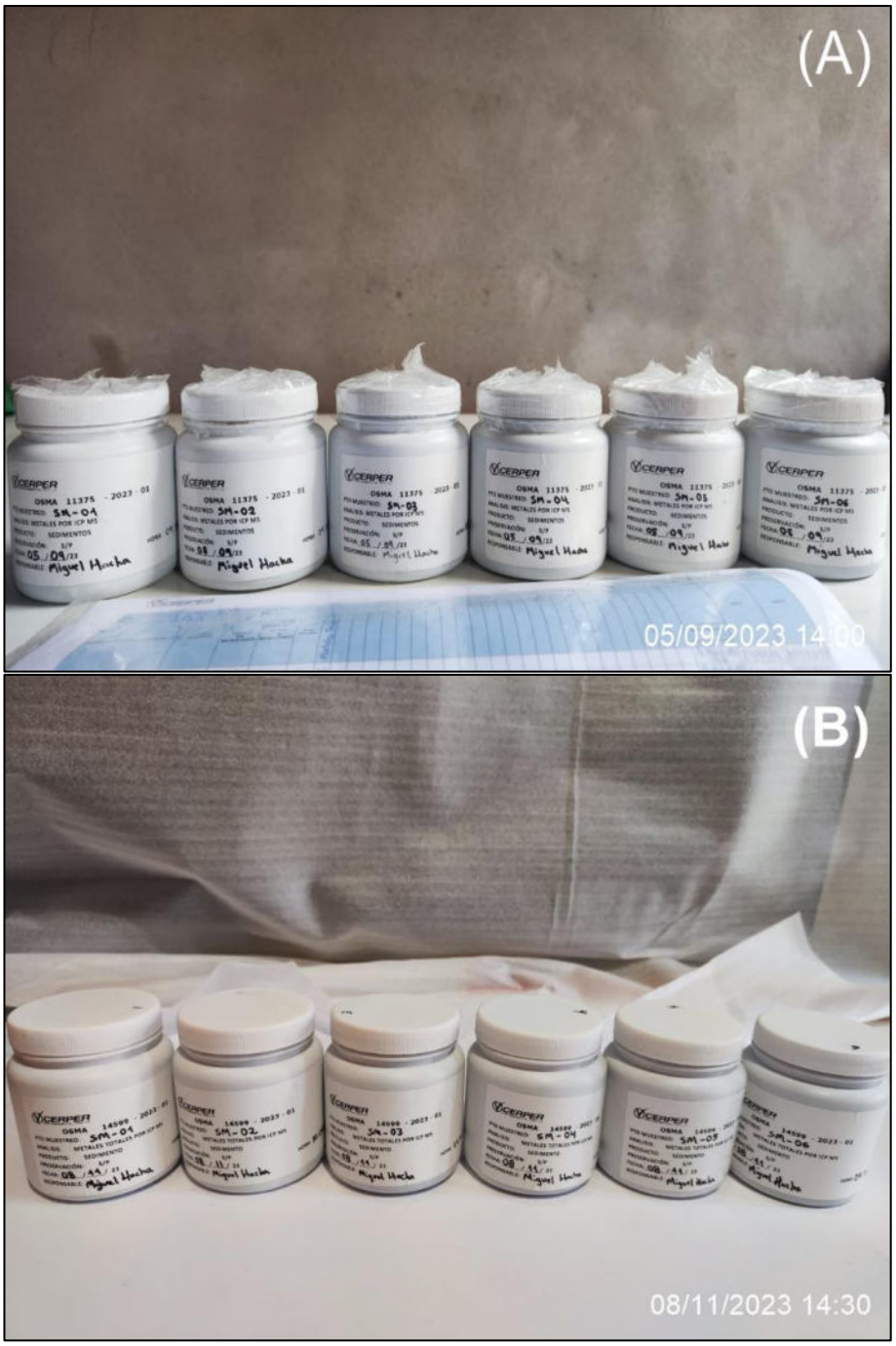
Homogenización de la muestra y llenado en frascos



Nota. En la figura se observa el proceso de la muestra de sedimento marino, donde (A) es el proceso de homogenización de la muestra mediante el método de cuarteo para obtener una muestra compuesta, mientras que (B) es respectivo llenado de la muestra compuesta en el frasco de plástico.

Figura 25

Etiquetado, rotulado y sellado de las muestras en las dos temporalidades



Nota. En la figura se muestra la totalidad de muestras de sedimento marino etiquetadas y rotuladas, donde (A) son las muestras correspondientes al mes de septiembre, mientras que (B) son las muestras correspondientes al mes de noviembre.

Figura 26

Equipo de trabajo



Nota. En la figura se muestra el equipo de trabajo en campo del presente estudio.

ANEXO 4. INFORMES DE ENSAYO DE LABORATORIO – ESTACION DE INVIERNO

CERPER CERTIFICACIONES DEL PERÚ S.A.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA CON REGISTRO N° LE 003

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado Registro N°LE - 003

INFORME DE ENSAYO N° 2-02247/23

DATOS DEL CLIENTE		
Solicitado por	:	HACHA VASQUEZ MIGUEL EFRAIN
Domicilio legal	:	24 DE OCTUBRE MZ. 29 LT. 2 – ILO – ILO – MOQUEGUA
DATOS DE LA MUESTRA		
Producto declarado [A]	:	SEDIMENTOS
Lugar de Muestreo [A]	:	PUERTO DE ILO
Fecha de Muestreo [A]	:	2023-09-05
Procedencia	:	Muestra proporcionada por el solicitante
Cantidad recibida	:	6 muestras x 0.25 Kilogramos
Presentación y condición de recepción	:	Pote de plástico
Identificación y descripción [A]	:	Según se indica
Fecha de recepción	:	2023-09-06
Fecha de inicio del ensayo	:	2023-09-11,
Fecha de término del ensayo	:	2023-09-13
Ensayo realizado en	:	Laboratorio Ambiental Arequipa
Identificado con	:	HS 23006799 (EXMA-11375-2023)
Validez del documento	:	Este documento es válido solo para la muestra descrita.

Proyecto:				
Puntos de muestreo [A]	Coordenadas UTM [A] WGS 84		Descripción de la Estación de Monitoreo	Observaciones [A]
	ESTE	NORTE		
SM-01	19K249919	8046390	Playa Tres Hermanas	Altitud: 0 m.s.n.m.
SM-02	19K250122	8046523	Playa Tres Hermanas	Altitud: 0 m.s.n.m.
SM-03	19K250964	8047831	Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo	Altitud: 0 m.s.n.m.
SM-04	19K251152	8047978	Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo	Altitud: 0 m.s.n.m.
SM-05	19K251092	8049947	Playa Boca del Rio	Altitud: 0 m.s.n.m.
SM-06	19K251084	8050178	Playa Boca del Rio	Altitud: 0 m.s.n.m.

[A] *Datos proporcionados por el solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el solicitante pueda afectar la validez de los resultados*

" EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

"Este documento ha sido emitido con firma digital"

AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores – Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao
T. (511) 319 9000

info@cerper.com – www.cerper.com

CERPER CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA CON REGISTRO N° LE 003

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado Registro N°LE - 003

INFORME DE ENSAYO N° 2-02247/23

RESULTADOS

		Estación de Muestreo	SM-01	SM-02	SM-03	SM-04
		Fecha y Hora de Muestreo	2023-09-05 09:30	2023-09-05 09:00	2023-09-05 08:30	2023-09-05 08:00
		Tipo de Muestra	Sedimento	Sedimento	Sedimento	Sedimento
Parámetro	*Límite de Detección*	*Unidad*	*Resultados*	*Resultados*	*Resultados*	*Resultados*
Metales por ICP-MS						
Aluminio (Al)	2	mg/Kg	248	2 242	3 153	3 403
Antimonio (Sb)	0,04	mg/Kg	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Arsénico (As)	0,02	mg/Kg	2,55	2,32	5,47	6,39
Bario (Ba)	0,04	mg/Kg	8,98	8,57	26,2	18,6
Berilio (Be)	0,01	mg/Kg	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cadmio (Cd)	0,02	mg/Kg	0,193	0,160	0,786	0,852
Calcio (Ca)	10,0	mg/Kg	345 961	299 712	268 407	210 987
Cobalto (Co)	0,02	mg/Kg	<0,02	1,29	1,95	2,86
Cobre (Cu)	0,02	mg/Kg	3,67	12,0	136	95,0
Cromo (Cr)	0,2	mg/Kg	2,00	4,43	32,5	28,5
Hierro (Fe)	0,05	mg/Kg	666	3 902	7 005	12 596
Magnesio (Mg)	1,0	mg/Kg	3 155	5 431	4 306	4 775
Manganeso (Mn)	0,03	mg/Kg	11,1	54,7	62,0	100
Mercurio (Hg)	0,03	mg/Kg	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Níquel (Ni)	0,01	mg/Kg	0,832	1,91	3,41	3,25
Plata (Ag)	0,02	mg/Kg	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Plomo (Pb)	0,02	mg/Kg	1,41	2,33	15,8	41,8
Potasio (K)	10	mg/Kg	371	511	607	610
Selenio (Se)	0,03	mg/Kg	<0,03	<0,03	0,507	0,370
Sodio (Na)	2,0	mg/Kg	9 924	9 646	8 174	7 279
Talio (Tl)	0,02	mg/Kg	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Vanadio (V)	0,02	mg/Kg	2,62	10,7	14,8	18,6
Zinc (Zn)	0,02	mg/Kg	3,86	7,99	65,1	71,8

" EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

"Este documento ha sido emitido con firma digital"

AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores – Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao
T. (511) 319 9000

info@cerper.com – www.cerper.com

CERPER CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA CON REGISTRO N° LE 003

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado Registro N°LE - 003

INFORME DE ENSAYO N° 2-02247/23

RESULTADOS (Continuación)

		Estación de Muestreo	SM-05	SM-06
		Fecha y Hora de Muestreo	2023-09-05 10:00	2023-09-05 10:30
		Tipo de Muestra	Sedimento	Sedimento
Parámetro	*Límite de Detección*	*Unidad*	*Resultados*	*Resultados*
Metales por ICP-MS				
Aluminio (Al)	2	mg/Kg	4 563	3 736
Antimonio (Sb)	0,04	mg/Kg	<0,04	<0,04
Arsénico (As)	0,02	mg/Kg	6,67	5,99
Bario (Ba)	0,04	mg/Kg	62,9	48,7
Berilio (Be)	0,01	mg/Kg	<0,01	<0,01
Cadmio (Cd)	0,02	mg/Kg	<0,02	<0,02
Calcio (Ca)	10,0	mg/Kg	6 766	4 516
Cobalto (Co)	0,02	mg/Kg	4,87	5,08
Cobre (Cu)	0,02	mg/Kg	23,3	15,3
Cromo (Cr)	0,2	mg/Kg	9,04	10,7
Hierro (Fe)	0,05	mg/Kg	13 892	15 377
Magnesio (Mg)	1,0	mg/Kg	3 054	2 845
Manganeso (Mn)	0,03	mg/Kg	173	161
Mercurio (Hg)	0,03	mg/Kg	<0,03	<0,03
Níquel (Ni)	0,01	mg/Kg	4,00	4,08
Plata (Ag)	0,02	mg/Kg	<0,02	<0,02
Plomo (Pb)	0,02	mg/Kg	6,76	5,52
Potasio (K)	10	mg/Kg	1 009	840
Selenio (Se)	0,03	mg/Kg	0,174	0,351
Sodio (Na)	2,0	mg/Kg	4 298	4 147
Talio (Tl)	0,02	mg/Kg	<0,02	<0,02
Vanadio (V)	0,02	mg/Kg	51,8	60,4
Zinc (Zn)	0,02	mg/Kg	28,2	27,5

" EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

"Este documento ha sido emitido con firma digital"

AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores – Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao
T. (511) 319 9000

info@cerper.com – www.cerper.com

CERPER CERTIFICACIONES DEL PERÚ S.A.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA CON REGISTRO N° LE 003

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado Registro N°LE - 003

INFORME DE ENSAYO N° 2-02247/23

MÉTODOS

Metales por ICP-MS: EPA Method 6020B (Preparación de muestra: EPA Method 3051A, 2007). 2014. Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils)

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Arequipa, 19 de septiembre de 2023

Firmado Digitalmente
CERTIFICACIONES DEL PERÚ S.A.
Lic. Eddie Mendoza Mamani
C.Q.P. N° 776
JEFE DEL LABORATORIO AREQUIPA

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

"Este documento ha sido emitido con firma digital"

AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores – Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao
T. (511) 319 9000

info@cerper.com – www.cerper.com

" EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

ANEXO 5. INFORMES DE ENSAYO DE LABORATORIO – ESTACION DE PRIMAVERA

CERPER CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA CON REGISTRO N° LE 003

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado Registro N°LE - 003

INFORME DE ENSAYO N° 2-03114/23

DATOS DEL CLIENTE		
Solicitado por	:	HACHA VASQUEZ MIGUEL EFRAIN
Domicilio legal	:	24 DE OCTUBRE MZ. 29 LT. 2 – ILO – ILO – MOQUEGUA
DATOS DE LA MUESTRA		
Producto declarado [A]	:	SEDIMENTO MARINO
Lugar de Muestreo [A]	:	PUERTO DE ILO
Fecha de Muestreo [A]	:	2023-11-08
Procedencia	:	Muestra proporcionada por el solicitante
Cantidad recibida	:	6 muestras x 500.0 Gramos
Presentación y condición de recepción	:	Pote
Identificación y descripción [A]	:	Según se indica
Fecha de recepción	:	2023-11-09
Fecha de inicio del ensayo	:	2023-11-15
Fecha de término del ensayo	:	2023-11-17
Ensayo realizado en	:	Laboratorio Ambiental Arequipa
Identificado con	:	HS 23008684 (EXMA-14599-2023)
Validez del documento	:	Este documento es válido solo para la muestra descrita.

Proyecto:				
Puntos de muestreo [A]	Coordenadas UTM WGS 84 [A]		Descripción de la Estación de Monitoreo	Observaciones [A]
	ESTE	NORTE		
SM-01	19K249919	8046390	Playa Tres Hermanas	Altitud: 0 m.s.n.m.
SM-02	19K250122	8046523	Playa Tres Hermanas	Altitud: 0 m.s.n.m.
SM-03	19K250964	8047831	Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo	Altitud: 0 m.s.n.m.
SM-04	19K251152	8047978	Desembarcadero Pesquero Artesanal de Ilo	Altitud: 0 m.s.n.m.
SM-05	19K251092	8049947	Playa Boca del Río	Altitud: 0 m.s.n.m.
SM-06	19K251084	8050178	Playa Boca del Río	Altitud: 0 m.s.n.m.

[A] *Datos proporcionados por el solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el solicitante pueda afectar la validez de los resultados*

" EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

"Este documento ha sido emitido con firma digital"

AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores – Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao
T. (511) 319 9000

info@cerper.com – www.cerper.com

CERPER CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA CON REGISTRO N° LE 003

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado Registro N°LE - 003

INFORME DE ENSAYO N° 2-03114/23

RESULTADOS

		Estación de Muestreo	SM-01	SM-02	SM-03	SM-04
		Fecha y Hora de Muestreo	2023-11-08 10:30	2023-11-08 10:00	2023-11-08 11:00	2023-11-08 08:30
		Tipo de Muestra	Sedimento	Sedimento	Sedimento	Sedimento
Parámetro	*Límite de Detección*	*Unidad*	*Resultados*	*Resultados*	*Resultados*	*Resultados*
Metales por ICP-MS						
Aluminio (Al)	2	mg/Kg	2 874	10 417	2 953	4 343
Antimonio (Sb)	0,04	mg/Kg	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Arsénico (As)	0,02	mg/Kg	1,21	1,10	6,71	7,24
Bario (Ba)	0,04	mg/Kg	5,95	2,89	12,6	18,7
Berilio (Be)	0,01	mg/Kg	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cadmio (Cd)	0,02	mg/Kg	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Calcio (Ca)	10,0	mg/Kg	323 099	214 540	269 600	214 874
Cobalto (Co)	0,02	mg/Kg	2,54	4,49	<0,02	2,74
Cobre (Cu)	0,02	mg/Kg	7,74	11,4	86,7	94,6
Cromo (Cr)	0,2	mg/Kg	1,62	8,28	12,8	38,2
Hierro (Fe)	0,05	mg/Kg	5 408	19 259	11 860	18 902
Magnesio (Mg)	1,0	mg/Kg	5 613	10 985	5 436	6 543
Manganeso (Mn)	0,03	mg/Kg	65,0	200	95,5	149
Mercurio (Hg)	0,03	mg/Kg	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Níquel (Ni)	0,01	mg/Kg	1,82	4,00	2,54	3,86
Plata (Ag)	0,02	mg/Kg	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Plomo (Pb)	0,02	mg/Kg	1,39	1,44	14,6	309
Potasio (K)	10	mg/Kg	376	473	414	569
Selenio (Se)	0,03	mg/Kg	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Sodio (Na)	2,0	mg/Kg	11 005	8 158	9 290	8 250
Talio (Tl)	0,02	mg/Kg	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Vanadio (V)	0,02	mg/Kg	12,4	49,0	18,4	22,6
Zinc (Zn)	0,02	mg/Kg	11,2	14,9	74,9	124

" EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

CERPER CERTIFICACIONES DEL PERÚ S.A.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA CON REGISTRO N° LE 003

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado Registro N°LE - 003

INFORME DE ENSAYO N° 2-03114/23

RESULTADOS (Continuación)

		Estación de Muestreo	SM-05	SM-06
		Fecha y Hora de Muestreo	2023-11-08 09:00	2023-11-08 09:30
		Tipo de Muestra	Sedimento	Sedimento
Parámetro	*Límite de Detección*	*Unidad*	*Resultados*	*Resultados*
Metales por ICP-MS				
Aluminio (Al)	2	mg/Kg	4 183	4 497
Antimonio (Sb)	0,04	mg/Kg	<0,04	<0,04
Arsénico (As)	0,02	mg/Kg	6,25	5,92
Bario (Ba)	0,04	mg/Kg	33,5	19,7
Berilio (Be)	0,01	mg/Kg	<0,01	<0,01
Cadmio (Cd)	0,02	mg/Kg	<0,02	<0,02
Calcio (Ca)	10,0	mg/Kg	5 432	3 688
Cobalto (Co)	0,02	mg/Kg	4,25	3,28
Cobre (Cu)	0,02	mg/Kg	15,4	12,1
Cromo (Cr)	0,2	mg/Kg	6,59	<0,2
Hierro (Fe)	0,05	mg/Kg	11 826	8 384
Magnesio (Mg)	1,0	mg/Kg	3 259	3 857
Manganeso (Mn)	0,03	mg/Kg	161	154
Mercurio (Hg)	0,03	mg/Kg	<0,03	<0,03
Níquel (Ni)	0,01	mg/Kg	3,56	2,42
Plata (Ag)	0,02	mg/Kg	<0,02	<0,02
Plomo (Pb)	0,02	mg/Kg	4,76	3,53
Potasio (K)	10	mg/Kg	815	775
Selenio (Se)	0,03	mg/Kg	<0,03	<0,03
Sodio (Na)	2,0	mg/Kg	4 802	4 862
Talio (Tl)	0,02	mg/Kg	<0,02	<0,02
Vanadio (V)	0,02	mg/Kg	39,4	17,0
Zinc (Zn)	0,02	mg/Kg	27,9	27,8

" EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

"Este documento ha sido emitido con firma digital"

AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores – Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao
T. (511) 319 9000

info@cerper.com – www.cerper.com

CERPER CERTIFICACIONES DEL PERÚ S.A.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA CON REGISTRO N° LE 003

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado Registro N°LE - 003

INFORME DE ENSAYO N° 2-03114/23

MÉTODOS

Metales por ICP-MS: EPA Method 6020B (Preparación de muestra: EPA Method 3051A, 2007). 2014. Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils)

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Arequipa, 30 de noviembre de 2023

Firmado Digitalmente
CERTIFICACIONES DEL PERÚ S.A.
Lic. Eddie Mendoza Mamani
C.Q.P. N° 776
JEFE DEL LABORATORIO AREQUIPA

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

"Este documento ha sido emitido con firma digital"

AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores – Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao
T. (511) 319 9000

info@cerper.com – www.cerper.com

" EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

"UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA"

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

FORMATO DE AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNAM

Formulario de autorización para la publicación electrónica en la página web del Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Moquegua, de conformidad con la Ley N° 30035 Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y Resolución de Comisión Organizadora N° 041-2022-UNAM que aprueba el Reglamento que regula el Repositorio Institucional Digital de la UNAM.

1. DATOS DEL AUTOR

Nombres y Apellidos	: Miguel Efrain Hacha Vásquez
DNI/Carnet de Extranjería/Pasaporte N°	: 75362421
Correo electrónico	: miguel.hacha07@gmail.com
Teléfono/Celular	: 957685871

2. GRADO, TITULO O ESPECIALIZACIÓN (Marque con una X)

Bachiller	Título Profesional	Magister	Doctor	Segunda Especialidad
	X			

3. TIPO DE PUBLICACIÓN (Marque con una X)

a) Articulo ( )
b) Tesis de pregrado (X)
c) Tesis de Maestría ( )
d) Tesis de Doctorado ( )
e) Monografía ( )
f) Reporte de caso científico o hallazgos ( )
g) Libro ( )
h) Parte de un libro ( )
i) Revisión ( )
j) Conferencia ( )
k) Presentación ( )
l) Artículo preliminar ( )
m) Articulo antes de ser publicado ( )
n) Artículo de prensa ( )
o) Documentos internos ( )
p) Imagen ( )
q) Documentos técnicos ( )
r) Ponencias presentadas en eventos científicos (Jornada, Congreso, Simposio Conferencias, etc.) ( )
s) Informes de suficiencia profesional ( )
t) Patentes producidas por académicos/as ( )

4. TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (Marque con una X)

a) Tesis (X)
b) Trabajo de Investigación ( )
c) Trabajo de suficiencia profesional ( )
d) Trabajo académico ( )

5. DATOS DE LA PUBLICACION

a) Título : "VARIABILIDAD ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA CONCENTRACION DE METALES PESADOS (Cd, Cu, Pb y Zn) EN SEDIMENTOS MARINOS DEL PUERTO DE ILO, 2023".
b) Campo del conocimiento OCDE (Indicar el código de clasificación OCDE de la obra : https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_ford.html) : 1.05.08
c) Fecha de publicación : 2024

6. DATOS DEL ASESOR:

a) Nombres y Apellidos : M.S.c. Rodolfo Rafael Sánchez Valencia
b) DNI/Pasaporte/Cédula : 29381281
c) ORCID : 0000-0001-8492-9113

FIRMA :

DOCUMENTO DE IDENTIDAD : 75362421
NOMBRES Y APELLIDOS : Miguel Efrain Hacha Vásquez

LICENCIAS

Licencia Estándar

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional Digital de la UNAM.

Con la autorización de depósito da mi trabajo de investigación, otorgo a la Universidad Nacional de Moquegua, una Licencia No Exclusiva para reproducir. distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi trabajo de investigación (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios provistos por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Institucional Digital de la UNAM, Colección de Tesis, entre otros, en el Perú y en el extranjero, por el tiempo y veces que considere necesarias, y libre de remuneraciones.

En virtud de dicha Licencia, la UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA, podrá reproducir mi trabajo de investigación en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con los propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que el trabajo de investigación es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, o coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicho trabajo de investigación no infringe derechos de autor de terceras personas.

La UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA consignara el nombre del/los autor/es del trabajo de investigación, y no le hará ninguna modificación más de la permitida en la presente licencia.

Autorizo el depósito (marque con una X).

(X) **SI autorizo que se deposite inmediatamente.**

FIRMA : .....

DOCUMENTO DE IDENTIDAD : 75362421

NOMBRES Y APELLIDOS : Miguel Efrain Hacha Vásquez

FECHA : 23-08-2024



DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN / TESIS / TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Yo, Miguel Efrain Hacha Vásquez,
bachiller de la Escuela Profesional de: Ingeniería Ambiental
de la Universidad Nacional de Moquegua, identificado(a) con DNI Nº 75362421, autor(a) del Trabajo de Investigación / Tesis / Trabajo de suficiencia profesional, denominado:
"VARIABILIDAD ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA CONCENTRACION DE METALES PESADOS (Cd, Cu, Pb y Zn) EN SEDIMENTOS MARINOS DEL PUERTO DE ILO, 2023".

Declaro bajo juramento que:

1. El trabajo de investigación es auténtico, siendo resultado de mi trabajo personal, que no se ha copiado, que no se ha utilizado ideas, formulaciones, citas integrales e ilustraciones diversas, sacadas de cualquier tesis, obra, artículo, memoria, etc., (en versión digital o impresa), sin mencionar de forma clara y exacta su origen o autor, tanto en el cuerpo del texto, figuras, cuadros, tablas u otros que tengan derechos de autor. Por tanto, el trabajo de investigación no ha sido plagiado total ni parcialmente.
2. El trabajo de investigación no ha sido autoplagiada, es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
3. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presentan en el trabajo de investigación constituirán aporte a la realidad investigada.

Soy consciente de que, el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, es objeto de sanciones universitarias y/o legales, por lo que asumo cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de irregularidades en el trabajo de investigación, así como de los derechos sobre la obra presentada.

Moquegua, 23-08-2024



Huella digital

Nombres y Apellidos: Miguel Hacha Vásquez
DNI: 75362421

NOMBRE DEL TRABAJO

6-9-24 INFORME FINAL DE TESIS MIGUEL 2024 - T.pdf

AUTOR

MIGUEL HACHA

RECUENTO DE PALABRAS

19891 Words

RECUENTO DE CARACTERES

109207 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

114 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

4.7MB

FECHA DE ENTREGA

Sep 6, 2024 9:05 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Sep 6, 2024 9:07 AM GMT-5

26% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 21% Base de datos de Internet
- 10% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- 15% Base de datos de trabajos entregados

Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

DECENIO DE LA IGUALDAD DE OPORTUNIDADES PARA MUJERES Y HOMBRES
"AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA, Y DE LA CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO"

RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA Nº 591 -2024-UNAM/CO

Moquegua, 11 de septiembre de 2024

LA COMISIÓN ORGANIZADORA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

VISTOS:

El Acuerdo de Sesión Ordinaria de Comisión Organizadora de fecha 10 de septiembre de 2024; PROVEÍDO N° 10993-2024 de fecha 10 de septiembre de 2024 emitido por la Presidencia de la Comisión Organizadora; INFORME N° 476-2024-UNAM-CO-P/SG de fecha de recepción 10 de septiembre de 2024 emitido por Secretaria General; CARTA Nº 147-2024-GYT/UNAM-PCAS de fecha de 05 de septiembre de 2024 emitido por el Especialista de Grados y Títulos; Sobre el otorgamiento del Título Profesional de Ingeniero Ambiental y demás documentos que escoltan el expediente administrativo, y;

CONSIDERANDO:

Que, la Constitución Política del Perú en su artículo 18º prevé que cada Universidad es autónoma en su régimen normativo, de gobierno, académico, administrativo y económico, y el artículo 8º de la Ley Nº 30220, Ley Universitaria, establece que la referida autonomía inherente a las Universidades, se ejerce de conformidad con la Constitución y las Leyes de la República e implica las organizaciones de su sistema académico, económico y administrativo, así como la administración de sus bienes y rentas, elaborar su presupuesto y aplicar sus fondos con la responsabilidad que impone la Ley;

Que, de conformidad con la Ley N° 28520 de fecha 23/05/2005, se creó la Universidad Nacional de Moquegua, cuyo artículo 1º dispone: "créase la Universidad Nacional de Moquegua como persona jurídica de derecho público interno, con sede en la ciudad de Moquegua, Provincia de Mariscal Nieto, Departamento de Moquegua". Asimismo, a través de la Resolución del Consejo Directivo N° 103-2017-SUNEDU/CD, el Concejo Directivo de la SUNEDU, le otorgó la Licencia Institucional a la Universidad Nacional de Moquegua; la misma que fue modificada a través de la Resolución del Consejo Directivo N° 135-2022-SUNEDU/CD;

Que, el artículo 29° de la Ley Universitaria, Ley N° 30220, establece que, aprobada la ley de creación de una universidad pública, el Ministerio de Educación (MINEDU), constituye una Comisión Organizadora integrada por tres (3) académicos de reconocido prestigio, que cumplan los mismos requisitos para ser Rector (…). Esta Comisión tiene a su cargo la aprobación del estatuto, reglamentos y documentos de gestión académica y administrativa de la universidad, formulados en los instrumentos de planeamiento, así como su conducción y dirección hasta que se constituyan los órganos de gobierno que, de acuerdo a la presente Ley, le correspondan";

Que, mediante Resolución Viceministerial Nº 011-2024-MINEDU de fecha 31/01/2024, se reconformó la Comisión Organizadora de la Universidad Nacional de Moquegua, integrada por los académicos: Dr. Jorge Lázaro Franco Medina, como Presidente; Dr. Edwin Molina Porcel, como Vicepresidente Académico y Dr. Avid Roman Gonzalez, como Vicepresidente de Investigación;

Que, el artículo 58° de la Ley Universitaria, Ley Nº 30220, concordado con el artículo 14º del Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua, aprobado con Resolución de Comisión Organizadora Nº 578-2021-UNAM, establecen que el **Consejo Universitario es el máximo órgano de gestión, dirección y ejecución académica y administrativa de la universidad.** En el caso de la Universidad Nacional de Moquegua, dada su condición y naturaleza, corresponde ejercer dicha atribución a la Comisión Organizadora quien hace las veces de Consejo Universitario, disposición relacionada con la Resolución Viceministerial N° 244-2021-MINEDU y sus modificatorias;

Domicilio Fiscal: Prolongación Av., Ancash S/N - Moquegua
RUC: 20449347448 - Teléfono: (053) 670168
Página Web: www.unam.edu.pe

///... **Resolución de Comisión Organizadora Nº 591-2024-UNAM/CO**

Que, el artículo 44° de la Ley Nº 30220, Ley Universitaria, señala que las universidades otorgan los grados académicos de Bachiller, Maestro, Doctor y los Títulos Profesionales que correspondan, a nombre de la Nación (...);

Que, el numeral 45.2 del artículo 45° de la Ley Nº 30220, Ley Universitaria, precisa **los requisitos mínimos para la obtención del título profesional, como son: el grado de Bachiller y la aprobación de una tesis** o trabajo de suficiencia profesional. Asimismo, establece que el título profesional solo se puede obtener en la universidad en la cual se haya obtenido el grado de bachiller;

Que, mediante Resolución de Comisión Organizadora Nº 1153-2021-UNAM, se aprobó el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Moquegua, el mismo que fue modificado a través de las Resoluciones de Comisión Organizadora N° 410, 453 y 890-2022; N° 880-2023 y N° 081, 484-2024-UNAM el cual establece los requisitos y norma los procedimientos para la obtención de los grados académicos y títulos profesionales conferidos por esta Casa Superior de Estudios;

Que, mediante la CARTA Nº 147-2024-GYT/UNAM-PCAS, el Especialista del Área de Grados y Títulos, remite a Secretaria General, la relación de dos (2) bachilleres de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, quienes se encuentran aptos para la expedición del Título Profesional de Ingeniero Ambiental, al haber cumplido satisfactoriamente con los requisitos legales y reglamentarios[1], exigidos en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Moquegua, conforme lo señala la Dirección de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, razón por la cual la Secretaría General incluye el expediente como punto de agenda para ser tratado en Sesión de Comisión Organizadora de fecha 10 de septiembre de 2024;

Que, se ha establecido como atribución de la Comisión Organizadora de la UNAM, la facultad de conferir los grados académicos y los títulos profesionales (...), por lo que en mérito al pedido del Secretario General y debatido el caso en Sesión Ordinaria de fecha 10 de septiembre de 2024, se acordó por unanimidad **conferir a nombre de la Nación el Título Profesional de Ingeniero Ambiental, por la modalidad de la Sustentación de Tesis, a dos (2) Bachilleres de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Moquegua**;

---

[1] Artículo 122°. - Requisitos para la obtención del Título Profesional
Para obtener el Título Profesional el interesado deberá presentar ante su Escuela Profesional un expediente con la siguiente documentación:

a. Solicitud dirigida al Director de la Escuela Profesional o quien haga sus veces, indicando la fecha y numero de comprobante de pago.
b. Dos (2) fotografías de frente, tamaño pasaporte a color con fondo blanco (con traje formal); para garantizar la seguridad ciudadana.
c. Dos ejemplares de la Tesis, del Trabajo de Suficiencia Profesional o Informe del Examen Profesional en físico, uno para la Biblioteca y otro para la Escuela Profesional, y un CD con la versión digital.
d. Formulario de autorización del graduado para la publicación de la Tesis, Trabajo de Suficiencia Profesional o Informe de Examen Profesional en el repositorio.
e. Declaración Jurada de originalidad de la Tesis, Trabajo de Suficiencia Profesional o Informe de Examen Profesional.

La Escuela Profesional es responsable de completar el expediente del bachiller en un plazo máximo de 3 días hábiles y derivar a la Oficina de Secretaría General, adjuntando los siguientes documentos:

a. Copia del acta de sustentación indicando la modalidad de obtención del título profesional.
b. Constancia de "no adeudo" de Bienes a la Universidad, bienes a los Laboratorios Básicos y de Especialidad, material bibliográfico; dichos documentos deberán ser refrendados por los responsables a cargo.

Domicilio Fiscal: Prolongación Av., Ancash S/N - Moquegua
RUC: 20449347448 - Teléfono: (053) 670168
Página Web: www.unam.edu.pe

DECENIO DE LA IGUALDAD DE OPORTUNIDADES PARA MUJERES Y HOMBRES
"AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA, Y DE LA CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO"

Estando en uso de las facultades y atribuciones conferidas en el artículo 18° de la Constitución Política del Perú; la Ley N° 30220, Ley Universitaria; el Documento Normativo denominado: "Disposiciones para la Constitución y Funcionamiento de las Comisiones Organizadoras de las Universidades Públicas en proceso de Constitución", aprobado mediante la Resolución Viceministerial N° 244-2021-MINEDU y sus modificatorias, y en la Resolución Viceministerial Nº 011-2024-MINEDU, así como en el Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua y demás normas concordantes;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO: CONFERIR, a nombre de la Nación el **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL** por la modalidad de Sustentación de Tesis, a los Bachilleres de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Arquitectura de la Universidad Nacional de Moquegua, que se consigna en el listado siguiente:

1. **WILFREDO ATENCIO COILA**

   TESIS : "COMPARACIÓN DE MICROPLÁSTICOS COMPUESTOS (PP, PE, PET, HDPE Y LDPE EN SEDIMENTOS DE ZONA ALTA y BAJA DEL RIO OSMORE", MOQUEGUA-PERÚ, cuyo Asesor fue el Dr. Milko Raul Rivera Campano.

2. **MIGUEL EFRAIN HACHA VASQUEZ**

   TESIS : "VARIABILIDAD ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (Cd, Cu, Pb y Zn) EN SEDIMENTOS MARINOS DEL PUERTO DE ILO, 2023", cuyo Asesor fue el MSc. Rodolfo Rafael Sánchez Valencia y como Co-asesor el Mg. Renee Mauricio Condori Apaza.

ARTÍCULO SEGUNDO: AUTORIZAR, a la Secretaría General de la Universidad Nacional de Moquegua, expedir y registrar los Diplomas correspondientes para su otorgamiento.

ARTÍCULO TERCERO: ENCARGAR al Área de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Moquegua, para que realice las acciones pertinentes conducentes, relacionadas con la inscripción de los grados y títulos en el Registro de Grados y Títulos de la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria - SUNEDU.

ARTÍCULO CUARTO: NOTIFICAR, la presente Resolución a todas las instancias y dependencias administrativas y académicas de la Universidad Nacional de Moquegua, para su conocimiento, cumplimiento y demás fines pertinentes.

ARTÍCULO QUINTO: ENCARGAR, a la Oficina de Tecnología de la Información, la publicación de la presente Resolución en el portal de transparencia de la Universidad Nacional de Moquegua.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE, CÚMPLASE Y ARCHÍVESE.

DR. JORGE LAZARO FRANCO MEDINA
Presidente de la Comisión Organizadora
Universidad Nacional de Moquegua

ABOG. KEVIN YUVER CHIHUAN QUISPE
Secretario General
Universidad Nacional de Moquegua

Domicilio Fiscal: Prolongación Av., Ancash S/N - Moquegua
RUC: 20449347448 - Teléfono: (053) 670168
Página Web: www.unam.edu.pe