UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

"ANÁLISIS COMPARATIVO EN LOS NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (As, B, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn y Pb) EN SEDIMENTOS, ENTRE LA ZONA ALTA Y ZONA BAJA DEL RIO LOCUMBA, REGIÓN TACNA, 2021".

TESIS

PRESENTADO POR:

CARLITA DYRCE ALVIZ GONZALES

LARCENY FABIELA ALVIZ GONZALES

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

ILO – PERÚ

2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

Folio Nº 011

ACTA DE SUSTENTACIÓN

I. Modalidad:

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

II. Documento de aprobación para la sustentación:

RESOLUCIÓN DE FACULTAD Nº 0107-2021-FACIA-UNAM

Fecha: 09/12/2021

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

"ANALISIS COMPARATIVO EN LOS NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (As, B, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn y Pb) EN SEDIMENTOS, ENTRE LA ZONA ALTA Y ZONA BAJA DEL RIO LOCUMBA, REGIÓN TACNA, 2021"

Bachiller: CARLITA DYRCE MAMANI GONZALES y LARCENY FABIELA MAMANI GONZALES

Asesor Principal: RENEE MAURICIO CONDORI APAZA

Co-Asesor: .....

IV. Se dictamina:

Como: APROBADO por UNANIMIDAD la sustentación de manera:

Presencial [X] Virtual [ ]

Con nota: QUINCE (15) por lo que; Sí [X] No [ ]

Opta el Título Profesional de INGENIERO AMBIENTAL.

Siendo las 13:44 horas, del 17 de DIEMBRE del año 2021 se procede con la firma en conformidad de lo dictaminado por el Jurado.

HEBER HERNAN SOTO G.
Presidente

[illegible] OLAZTE PEÑA.
Primer Miembro

Faustino F. Rios Zapana
Segundo Miembro

Larceny Fabiela Mamani
47114765

Bachiller

Carlita Mamani Gonzales
47551858

Dedicatoria

A Dios que siempre está guiándome, a mis padres que siempre me apoyaron en este arduo camino.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de Moquegua.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, a todos los docentes que fueron los actores principales en mi desarrollo académico.

A mis familiares y amigos por su apoyo incondicional y aliento para seguir adelante.

Resumen

La investigación se desarrolló en la subcuenca del río Locumba, distrito de Ite, provincia de Jorge Basadre, región Tacna, Perú; la zona de estudio se caracteriza por desarrollar actividad minera, industrial y agricultora. El rango altitudinal osciló entre 10 y 700 msnm. La importancia de la investigación reside en que la principal fuente de abastecimiento de agua para consumo humano del distrito de Ite es el Río Locumba. El objetivo principal fue comparar los niveles de concentración de metales pesados (As, B, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn y Pb) en sedimentos entre la zona alta y zona baja del rio Locumba. Para ello se evaluó ocho metales pesados en diez puntos predeterminados en el cauce del río y las evaluaciones se realizaron en el mes de enero y marzo. Los resultados muestran que en los diez puntos de monitoreo existen presencia de metales pesados en sedimentos en diferentes concentraciones. El nivel de concentración de las medias y desviación de metales pesados en sedimentos no hay diferencia significativa en la zona alta que en la zona baja del rio Locumba, además, el arsénico fue el único metal que en los diez puntos de monitoreo que sobrepasó la máxima concentración permitida (57 mg/Kg) de los Estándares de Calidad en Sedimentos Marino Costeros de la US – EPA. Finalmente, nuestros resultados proporcionaron información útil para evaluar los riesgos ambientales que plantean los metales pesados en sedimentos, en el sur del Perú, desde el punto de vista de la biota y ecosistemas presentes.

Palabras clave: Sedimentos, río, riesgos ambientales.

Abstract

The research was developed in the sub-basin of the Locumba river, Ite district, Jorge Basadre province, Tacna region, Peru; The study area is characterized by developing mining, industrial and agricultural activities. The altitudinal range ranged between 10 and 700 meters above sea level. The importance of the research lies in the fact that the main source of water supply for human consumption in the Ite district is the Locumba River. The main objective was to compare the concentration levels of heavy metals (As, B, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn and Pb) in sediments between the upper and lower zones of the Locumba river. For this, eight heavy metals were evaluated at ten predetermined points in the riverbed and the evaluations were carried out in January and March. The results show that in the ten monitoring points there are presence of heavy metals in sediments in different concentrations. There is no significant difference in the level of concentration of the means and deviation of heavy metals in sediments in the upper zone than in the lower zone of the Locumba river, in addition, arsenic was the only metal that in the ten monitoring points that exceeded the maximum allowed concentration (57 mg / Kg) of the US - EPA Coastal Marine Sediment Quality Standards. Finally, our results provided useful information to evaluate the environmental risks posed by heavy metals in sediments, in southern Peru, from the point of view of the biota and ecosystems present.

Keywords: Sediments, river, environmental risks.

Índice

I. Planteamiento del problema 12
1.1. Descripción y formulación del problema 12
1.2. Objetivos 14
1.2.1 Objetivo General 14
1.2.2 Objetivos Específicos 14
1.3. Justificación e importancia 14
1.4. Hipótesis 16
1.5. Variables 17
II. Marco teórico 19
2.1. Antecedentes 19
2.2. Bases teóricas 21
2.3. Definición de términos 27
III. Metodología 34
3.1. Tipo y nivel de investigación 34
3.2. Ámbito temporal y espacial 34
3.3. Población y muestra 37
3.4. Instrumentos 38
3.5. Procedimientos 38
3.5.1. *Para el muestreo de Sedimentos* 38
3.5.2. *Para el análisis químico de sedimentos* 39
3.5.3. *Preparación de la muestra para determinación de metales y elementos en traza en sedimentos por ICP-OES (EPA método 2007).* 40
3.6 Análisis de datos 41
IV. Resultados y discusión 42
4.1. Concentración de metales pesados en sedimentos del Rio Locumba 42
4.2. Concentración de cada metal pesado en sedimentos del Rio Locumba con respecto a los Estándares de calidad de los sedimentos marino-costeros de la US – EPA. 42
4.2.1 *Arsénico* 43
4.2.2 *Boro* 45
4.2.3 *Cadmio* 47

4.2.4 *Cromo* 49

4.2.5 *Cobre* 51

4.2.6 *Fierro* 53

4.2.7. *Manganeso* 55

4.2.8. *Plomo* 57

4.3. Niveles de concentración promedio de metales pesados en sedimentos en la zona baja del rio Locumba en el mes de enero y marzo 59

4.4. Niveles de concentración promedio de metales pesados en sedimentos en la zona alta del rio Locumba en el mes de enero y marzo 60

4.5. Comparación de los niveles de concentración de metales pesados en sedimentos del rio Locumba en la zona alta y baja 61

4.5.1. *Comparar las concentraciones tomadas en el mismo mes, pero en distintas zonas. Es un estudio de tipo transversal (un solo momento)* 62

4.5.2. *Comparar las concentraciones tomadas en diferentes meses (enero y marzo) estudio comparativo para un estudio longitudinal* 88

4.6. Discusión de resultados 91

5. Conclusiones 95

6. Recomendaciones 96

7. Referencias bibliográficas 97

8. Anexos 103

Índice de tablas

Tabla 1.....18
Tabla 2.....37
Tabla 3.....40
Tabla 4.....61
Tabla 5.....63
Tabla 6.....72
Tabla 7.....83
Tabla 8.....84
Tabla 9.....86
Tabla 10.....87
Tabla 11.....89
Tabla 12.....90

Índice de figuras

Figura 1 35
Figura 2 36
Figura 3 43
Figura 4 44
Figura 5 45
Figura 6 46
Figura 7 47
Figura 8 48
Figura 9 49
Figura 10 50
Figura 11 51
Figura 12 52
Figura 13 53
Figura 14 54
Figura 15 55
Figura 16 56
Figura 17 57
Figura 18 58
Figura 19 59
Figura 20 60
Figura 21 64
Figura 22 65
Figura 23 66
Figura 24 67
Figura 25 68
Figura 26 69
Figura 27 70
Figura 28 71
Figura 29 73
Figura 30 74
Figura 31 75
Figura 32 76

Figura 33 77
Figura 34 78
Figura 35 79
Figura 36 80

Introducción

El ecosistema acuático es el receptor final de la mayoría de procesos industriales, entre ellos el de los metales pesados. La contaminación por metales pesados en el medio acuático es un problema creciente en todo el mundo y actualmente ha alcanzado un índice alarmante (Laino, y otros, 2015). Cabe destacar, que los metales también se encuentran en pequeñas cantidades de forma natural y pueden entrar en el sistema acuático a través de la lixiviación de las rocas, el polvo del aire, los incendios forestales y la vegetación. Como los metales pesados no se pueden degradar, se depositan continuamente y se incorporan en el agua, provocando una contaminación por metales pesados (Contreras et al., 2004).

La importancia del estudio de los metales pesados en el agua y los sedimentos se debe a su elevada toxicidad, su alta persistencia y su rápida acumulación en los organismos vivos. En ese sentido, es de suma importancia el análisis de los metales pesados en los sedimentos, ya que estos actúan como portadores y fuentes potenciales de contaminación (Laino et al., 2015). La relevancia de los sedimentos para los estudios de calidad ambiental viene dada por los efectos adversos que pueden producirse en los organismos acuáticos y en el medio ambiente. Los metales pesados no sólo afectan directamente a la salud ambiental de un ecosistema acuático, sino también lo hacen indirectamente debido a su capacidad de liberar contaminantes en el agua, exponiendo a los organismos que viven en ella. Las reacciones químicas y los mecanismos hidrodinámicos se producen a través de la interfaz sedimento/agua, donde tienen lugar las principales reacciones químicas que determinan la movilidad de los nutrientes y las especies contaminantes (Contreras et al., 2004).

El presente estudio tiene como objetivo comparar los niveles de concentración de metales pesados (As, B, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn y Pb) en sedimentos de la zona alta y zona baja del Rio Locumba, ubicados en la región de Tacna. Para ello, el proyecto se ha constituido en 6 capítulos. El primer capítulo trata sobre el planteamiento del problema, tomando en cuenta la descripción y formulación de la realidad problemática, asimismo, determina los objetivos, justificación, hipótesis y variables de la investigación. El segundo capítulo es el marco teórico, el cual está compuesto por los antecedentes, las bases teóricas y definición de

términos pertinentes a la investigación. El tercer capítulo es la metodología utilizada, la cual muestra el tipo y nivel de investigación, ámbito temporal y espacial, la población y muestra, los instrumentos y procedimientos de recolección, y el análisis de datos. En el capítulo cuatro corresponde a resultados y discusión de estos. Asimismo, el capítulo cinco y seis está conformado por las conclusiones y recomendaciones. Por último, el capítulo siete y ocho son las referencias y anexos de la investigación, respectivamente.

I. Planteamiento del problema

1.1. Descripción y formulación del problema

La contaminación de los ecosistemas acuáticos se logra identificar con mejor precisión a través de los sedimentos, los cuales provienen de las aguas residuales municipales, industriales y agrícolas, las cuales son consideradas como las principales fuentes de contaminación en sedimentos (Samadi et al., 2020). Por ende, la contaminación de sedimentos por metales pesados es una de las amenazas más graves para la salud de la humanidad. Los metales pesados entran en el ecosistema como agentes altamente perjudiciales y en cierta medida no degradables contaminando tanto los recursos hídricos superficiales como los subterráneos. El aumento de la demanda de agua y la disminución de los suministros de agua, combinados con las actividades contaminantes del medio ambiente, indican la importancia de la vigilancia de la calidad de sedimentos, en particular para los suministros de agua potable (Priti & Biswajit, 2019). Diversos son los índices o métodos que se utilizan en el mundo para el monitoreo y estandarización de los niveles de metales pesados presentes en sedimentos. Estos índices suelen ser utilizados por los administradores o autoridades competentes, para evaluar la calidad general de diversos recursos (Subba, 2006).

En el contexto nacional, la situación es muy similar a otros países del mundo, pues no se posee una normativa legal relacionada al muestreo o estándares de calidad de sedimentos en zonas marino costeros, sino más bien, se tiene únicamente normativa para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, mediante Resolución Jefatural 010-2016-ANA, y muestreo de suelos, mediante Decreto Supremo 002-2013-MINAM (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2016).

El Perú tiene 106 cuencas hidrográficas, 12 200 lagunas y más de 1 007 ríos, lo cual implica una disponibilidad aproximada de 2 458 millones de metros cúbicos (MMC) de recursos hídricos concentrados fundamentalmente, en la vertiente del Amazonas (Autoridad Nacional del

Agua, 2018), sin embargo, su disponibilidad en el territorio nacional no es regular, dado que cerca del 70% del agua proviene de la precipitación y se produce entre los meses de diciembre a marzo. La cuenca de Locumba posee aproximadamente 170 km de longitud y abarca las provincias de Jorge Basadre y Candarave, además, cuenta con 5 subcuencas: Callazas-Candarave, Salado-Calientes, Ilabaya-Tacalaya, Cuirbaya-Aricota y Locumba, en donde su consumo está destinado para uso poblacional, agrario e industrial (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2016).Las aguas del río Locumba riegan alrededor de 7 162 has. de cultivo en 9 distritos de la región Tacna, abasteciendo aproximadamente a una población total de 35 652 habitantes. Entre los cultivos que se producen sobresalen: el ají, cebolla, paprika, algodón, alfalfa, higuerilla y maíz; en ganadería, sobresale la crianza de bovinos (Autoridad Nacional del Agua, 2018).

A través de los años, la calidad del agua en el Rio Locumba, particularmente en su desembocadura ubicada en el distrito de Ite, la mayoría de las autoridades concluye que el agua no se encuentra apta para el consumo humano, uso recreativo, riego de vegetales o bebida de animales. Además, existen diversas evidencias del impacto negativo en la salud de las personas por la contaminación por metales pesados, sobre todo en los componentes agua y suelo, así como su biodiversidad; motivo por el cual resulta valioso, conocer el estado actual de la calidad de sedimentos, con la metodología establecida por la Agencia de Protección Ambiental (US EPA), utilizando la Guía de Muestreo en Sedimentos LSASDPROC-200-R4 - US EPA. para su tratamiento de forma efectiva y así salvaguardar la integridad sanitaria de la población local (Churata & Chambilla, 2019).

En ese sentido, en la Cuenca Locumba, específicamente la Subcuenca Locumba, existe vertimiento de efluentes industriales, aguas residuales y uso incorrecto de plaguicidas o abonos en el suelo, los cuales afectan la salud de la población, animales y vegetación. Por ello es de suma importancia el estudio de la contaminación por metales pesados y los

sedimentos involucrados en este acontecimiento. La relevancia de los sedimentos para los estudios de calidad ambiental viene dada por los efectos adversos que pueden producirse en los organismos acuáticos y en el medio ambiente. Los sedimentos contaminados están en contacto directo con la biota, especialmente con los organismos bentónicos a los que proporcionan hábitat y alimento, lo que provoca efectos tóxicos y permite la bioacumulación de las especies contaminantes, determinando su potencial transferencia a través de las cadenas alimentarias y, eventualmente, el daño a la salud humana.

1.2. Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Comparar los niveles de concentración de metales pesados (As, B, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn y Pb) en sedimentos entre la zona alta y zona baja del rio locumba de la región Tacna - 2021.

1.2.2 Objetivos Específicos

- ✓ Determinar el nivel de concentración de los metales pesados en sedimentos, en la zona alta del rio locumba de la región Tacna – 2021.
- ✓ Determinar el nivel de concentración de los metales pesados en sedimentos, en la zona baja del rio locumba de la región Tacna – 2021.

1.3. Justificación e importancia

- **Aspecto Social:** El acceso al recurso hídrico de calidad, mediante el análisis de sedimentos, es un derecho básico de las personas, siendo así que, las ampliaciones y mejoras en los subsecuentes sistemas de agua y saneamiento, tienen impactos muy importantes en la calidad de vida con externalidades positivas cuya valoración puede superar ampliamente a los costos de infraestructura. El conocimiento de la calidad de sedimentos del Rio Locumba,

servirá de base para la prevención de enfermedades y la implementación de tecnologías ambientales destinadas al bienestar social, además, servirá como instrumento de información y sensibilización para la población sobre el uso correcto de la calidad de agua del Rio Locumba.

- **Aspecto Ambiental:** La presente investigación servirá como fuente de información fehaciente sobre los niveles y concentraciones de los parámetros fisicoquímicos e inorgánicos, considerados en la "Tabla I: Estándares de calidad de los sedimentos marino costeros de la US – EPA" (ver anexo 1), para conocer si sobrepasan o no los criterios de calidad ambiental de sedimentos, y así determinar el impacto que tendría en la salud de las personas.

- **Aspecto Metodológico:** Con la finalidad de no ocasionar un impacto significativo en el ecosistema acuático, y la obtención de resultados fehacientes, se seguirá el Muestreo de Sedimentos más actualizado: LSASDPROC-200-R4 (EPA, 2020), el cual establece el marco metódico enfocado en lograr el correcto muestreo, manteniendo la inocuidad en la toma de muestras y la minimización ante la posible alteración negativa, al medio ambiente donde se muestreará, para nuestro caso en una zona marino costera; además se realizará la comparación con los estándares de las Normas de Gestión de Sedimentos, del Departamento de Ecología – US EPA, que son los más objetivos y relevantes a nivel internacional, para determinar si los resultados tienen un impacto negativo considerable en el ambiente.

- **Aspecto Económico:** Existe un grupo de actividades económicas que dependen de sedimentos relacionados al agua, comenzando con la agricultura que se desarrolla en la localidad. Los sedimentos del Río Locumba tienen importancia económica significativa porque implican actividades como la agricultura y ganadería ovina

del Distrito de Ite. Cabe destacar que estos sedimentos del rio desembocan en el mar, en ese sentido, conocer la calidad de los sedimentos, ayudará a desarrollar un correcto manejo y preservación del agua.

1.4. Hipótesis

Los niveles de concentración de metales pesados (As, B, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn y Pb) en sedimentos entre la zona alta y zona baja del rio locumba de la región Tacna son diferentes.

Hipótesis estadística

El estudio está plateando una hipótesis estadística comparativa, para comprobar o contrastar la hipótesis de los resultados, es demostrar que los resultados encontrados o las diferencias se deben a las dos áreas de evaluación (aguas arriba y aguas abajo). Debido a que no se tiene conocimiento previo, la secuencia en primer lugar sería plantearse la hipótesis a dos colas, porque permite conocer que existe diferencia en las mediciones (resultados), lo que significa que estos resultados se debieron a las dos áreas evaluadas. Conocido que realmente existe diferencias en sus resultados, el segundo paso es conocer donde se encuentran los mayores valores, lo que permite conocer donde esta los mayores valores.

$$H_0 : \mu_i = \mu_j$$
$$H_a : \mu_i \neq \mu_j$$

1.5. Variables

Se han determinado, para la presente investigación, las siguientes variables de estudio:

Variables fijas

- Zona Alta del Rio Locumba y zona Baja del Rio Locumba.

Variables modificadoras

- Cantidad de localidades que vierten sus aguas residuales, en el Rio Locumba.

- Cantidad de industrias mineras que vierten sus descargas en el Rio Locumba.

- Cantidad de otras industrias, que vierten sus descargas en el Rio Locumba.

Tabla 1

Variables de estudio

Variables	**Nombre**	**Dimensiones**	**Indicadores**	**Valores Finales**	**Tipo de Variable**
V. Independiente	Variables Intervinientes	Zona Alta	Cantidad de industrias. Cantidad de Población.	Número de población	Numérica Discreta
		Zona Baja		Numero de industrias	
V. Dependiente	Concentración de metales pesados, en sedimentos entre la zona alta y baja del Rio Locumba	Zona Alta	Niveles de concentración de metales pesados	mg/Kg - As	Numérica Continua
				mg/Kg - B	
				mg/Kg - Cd	
				mg/Kg - Cr	
				mg/Kg - Cu	
		Zona Baja		mg/Kg - Fe	
				mg/Kg - Mn	
				mg/Kg - Pb	

II. Marco teórico

2.1. Antecedentes

Auccahuasi (2015) en su tesis intitulada "Calidad de agua y sedimentos en el río madre de dios, departamento madre de dios, perú, 2015" concluye que la concentración de Cr, Zn, Cd y Pb no superaron las concentraciones referenciales por la USEPA. Además, las concentraciones de Mn y Fe, para todas las estaciones, estuvieron muy por encima de la concentración referencial según la USEPA. La concentración de Cu estuvo inmediatamente debajo y encima del SQG correspondiendo a valores fronterizos. Las concentraciones de As y Hg estuvieron por debajo del valor ERL según la USEPA.

Márquez et al., (2005) en su estudio titulado "Contaminación por metales pesados en los sedimentos de los ríos Tínima y Hatibonico, Camaguey, Cuba", sus resultados mostraron que de los 9 metales pesados analizados (Ni, Cr, Zn, Cd, Co, Sn, Hg, Cu y Pb), durante la época de lluvia, solo 6 tuvieron concentraciones superiores en ambos ríos (Ni 134 mg/Kg, Cr 370 mg/Kg, Zn 442 mg/Kg, Sn 102 mg/Kg, Cu 158 mg/Kg y Pb 472 mg/Kg), además se destacó que en ambos ríos se encontraron la mayor concentración de metales que supera en promedio 3 veces a lo establecido por la normativa.

Laino et al., (2015) en su estudio titulado "Concentración de metales en agua y sedimentos de la cuenca alta del río Grijalva, frontera México-Guatemala", resolvió que, del contenido de metales (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb y Zn) en agua superficial y en sedimentos durante la época de lluvias y en época seca, solamente las concentraciones promedio de Hg (3.26 mg/Kg) rebasaron los límites máximos permisibles (LMP) establecidos en las normas y niveles de referencia, además, se identificó que en la zona de entrada de la cuenca, se encontró la menor concentración de Hg (2.58 mg/Kg), comparada a la zona de salida (3.26 mg/Kg).

La vigilancia de la calidad de sedimentos en el río es una parte indispensable de la gestión del agua, en la que el agua del río puede servir

como único recurso hídrico para diferentes propósitos (Mokarram et al., 2020).

En el contexto nacional, los estudios en sedimentos marino costeros son escasos o no existen, pero si abunda la información relacionada a calidad de agua y suelo, particularmente la contaminación de ríos es muy conocida (Castillo & Medina, 2014), en su estudio realizado para determinar la calidad del agua del río Rímac, detectó que existe una preocupación de sus aguas, ya que estas sirven como agua potable y generación de energía, además, satisfacen la demanda de riego de las tierras de uso agrícola que aún existen en los valles de la parte media y alta de su cuenca. Por tal motivo, en dicho estudio se usaron los datos obtenidos por DIGESA y SEDAPAL del año 2011 en la parte alta de la cuenca para analizar la calidad espacial y temporal del agua para riego a través de dos índices de calidad (NSF WQI-USA y CCME WQI-Canadá) y el uso de dos métodos estadísticos (Correlación de Pearson y PCA), considerando los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, (ECA para agua). Con el NSF WQI la mejor calidad de agua (buena) se encontró en dos estaciones de la parte alta del área de estudio y en la parte baja se determinaron condiciones entre buenas a medias. Con el CCME WQI las dos estaciones de la parte alta mostraron niveles de calidad entre aceptables y buenos; y en el punto más bajo, entre aceptable y excelente.

Lupaca (2014) elaboró un informe para la Autoridad Nacional del Agua (ANA). Los resultados de la evaluación de metales en sedimentos en los quince puntos muestreados de aguas superficiales y sedimentos en la Laguna Suches, Río Callazas , después de la confluencia con el río azufre Chico ,antes del ingreso a la laguna Aricota, en el rio Locumba, luego del vertimiento no autorizado del distrito Locumba , antes de la captación Bocatoma de lte y antes del ingreso a los Humedales de lte (Carretera Costanera); donde en sedimento se detectó que el arsénico total y cadmio total , excedió el valor guía PEL y valor guía ISQG.

Churata & Chambilla (2019), en su artículo titulado “Historia de la contaminación de la bahía de Ite por la empresa minera Southern Perú”, narraron sobre los diversos acontecimientos a través de los años, sobre la calidad del agua del Rio Locumba, particularmente en su desembocadura. Ello involucró parte de diversos análisis fisicoquímicos que se realizaron por las autoridades competentes locales y regionales, en donde la mayoría concluye que el agua no se encuentra apta para el consumo humano y animal.

Finalmente, teniendo en cuenta la escasez de recursos hídricos que están relacionados a los sedimentos, en las regiones áridas y semiáridas, como es la Subcuenca Locumba, la calidad de sedimentos de muchos recursos de agua dulce, en particular los situados en las proximidades de las zonas agrícolas y urbanas, sufren de contaminación, producida por las actividades antropogénicas; el crecimiento demográfico cada vez mayor, combinado con la escasez de agua, en particular en las regiones áridas y semiáridas, justifica la necesidad de proteger los limitados recursos de agua dulce, incluidos los ríos, mediante el análisis químico en sedimentos. Sin embargo, las zonas agrícolas y las unidades industriales suelen estar situadas en las proximidades de los ríos, lo que da lugar a la contaminación de sedimentos. Por consiguiente, para proteger a las poblaciones que viven en zonas aledañas, como es el caso del Distrito de Ite, es de crucial importancia identificar las principales fuentes de contaminación a lo largo de un río.

2.2. Bases teóricas

- **Sedimentos:**

Kwok (2014) comenta que los sedimentos son la arena suelta, la arcilla, el limo y otras partículas del suelo que se depositan en el fondo de una masa de agua. Los sedimentos pueden proceder de la erosión del suelo o de la descomposición de plantas y animales. Cabe resaltar, que el viento, el agua y el hielo ayudan a transportar estas partículas a los ríos, lagos y arroyos.

Por otro lado, la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA), indica que los sedimentos son materiales sólidos que se desplazan y depositan en un nuevo lugar. Los sedimentos pueden consistir en rocas y minerales, así como en restos de plantas y animales. Puede ser tan pequeño como un grano de arena o tan grande como una roca, además se desplazan de un lugar a otro mediante el proceso de erosión, la erosión es la eliminación y el transporte de rocas o tierra. La erosión puede mover los sedimentos a través del agua, el hielo o el viento.

Por ende, se da el nombre de sedimentos a las partículas procedentes de las rocas o suelos, acarreadas por las aguas que escurren y por los vientos, todos estos materiales, después de cierto acarreo, finalmente son depositados a lo largo de los propios cauces, lagos o lagunas, mar y en las partes bajas de la cuenca, principalmente en la planicie, lo que da origen a la formación de capas de sedimentos y a su levantamiento, el material depositado en un gran cuerpo de agua modifica su estructura y característica final.

- **Los sedimentos relacionados a contaminantes físicos**

Las estimaciones globales sobre la erosión y el transporte de sedimentos en los grandes ríos del mundo presentan enormes discrepancias, debido a la dificultad de la obtención de valores confiables de concentración y descarga de sedimentos, a la adopción de supuestos diferentes por los distintos investigadores y a los efectos de una erosión acelerada debida a actividades humanas (deforestación, malas prácticas agrícolas, construcción de carreteras, etc.) con respecto al almacenamiento de sedimentos asociado a la construcción de presas. Asadi et al. (2017), estiman que la carga mundial de sedimentos en los océanos en los años centrales del siglo XX fue de 20.000 millones de t/año, de las que aproximadamente el 30 por ciento procede de ríos de Asia meridional.

Los sedimentos, en cuanto contaminantes físicos, producen en las aguas receptoras lo siguiente:

- Los altos niveles de turbidez limitan la penetración de la luz solar en la columna de agua, lo que limita o impide el crecimiento de las algas y de las plantas acuáticas enraizadas. En los ríos que son zonas de desove, los lechos de grava están cubiertos por sedimentos finos que impiden o dificultan el desove de los peces. En ambos casos, el resultado es la perturbación del ecosistema acuático debido a la destrucción del hábitat. A pesar de estos efectos nocivos, el estado hipertrófico (rico en nutrientes) de muchos lagos de aguas poco profundas, sobre todo en los países en desarrollo, daría lugar a un inmenso crecimiento de las algas y plantas enraizadas si no fuera por el efecto limitador de la extinción de la luz debido a la fuerte turbidez. En este sentido, la turbidez puede ser "beneficiosa" en los lagos muy eutróficos; no obstante, muchos países reconocen que esta situación es perjudicial por razones estéticas y económicas y están buscando los medios de reducir la turbidez y los niveles de nutrientes (Asadi, Talebbeydokhti, & Massah, 2017).

- Los altos niveles de sedimentación en los ríos dan lugar a la perturbación física de las características hidráulicas del cauce. Ello puede tener graves efectos en la navegación por la reducción de la profundidad y favorecer las inundaciones por la reducción de la capacidad del flujo de agua en la cuenca de drenaje. Según la UFRGS (1991), la erosión y transporte de sedimentos en la cuenca del río San Francisco ha generado que la parte central de la cuenca fluvial se encuentre dominada por la deposición de sedimentos. Ello provocó una grave perturbación del transporte fluvial y obstrucciones en los servicios hidráulicos que se han construido para suministrar agua de riego desde el cauce principal del río. Los sedimentos proceden en gran parte de la rápida erosión de las subcuencas como consecuencia de prácticas agrícolas poco acertadas (Asadi, Talebbeydokhti, & Massah, 2017)

- **Los sedimentos relacionados a contaminantes químicos**

La contribución de los sedimentos a la contaminación química está vinculada al tamaño de las partículas de los sedimentos y al volumen del carbono orgánico en partículas asociado con los sedimentos. Se suele

considerar que la fracción químicamente activa de un sedimento es la que mide menos de 63 µm (limo + arcilla). En el caso del fósforo y los metales, el tamaño de las partículas es de importancia decisiva, debido a la gran superficie externa de las partículas muy pequeñas. El fósforo y los metales suelen tener fuerte atracción a los lugares de intercambio de iones, que están asociados con las partículas de arcilla y con los recubrimientos de hierro y manganeso que se dan normalmente en estas partículas pequeñas. Muchos de los contaminantes persistentes, bioacumulados y tóxicos, especialmente los compuestos clorados incluidos en muchos plaguicidas, están fuertemente asociados con los sedimentos y en especial con el carbono orgánico transportado como parte de la carga de sedimentos de los ríos. La cuantificación del transporte de fósforo en América del Norte y Europa revela que hasta el 90 por ciento del total del flujo de fósforo de los ríos puede estar asociado con los sedimentos en suspensión (Priti & Biswajit, 2019).

La afinidad de un producto químico orgánico hacia las partículas se describe en función de su coeficiente de partición octanol-agua (KOW). Este coeficiente se conoce bastante bien en la mayor parte de los productos químicos y es la base para prever el destino ambiental de los productos químicos orgánicos. Los productos químicos con bajos valores de KOW son fácilmente solubles, mientras que los que tienen valores altos de KOW se califican como "hidrofóbicos" y suelen estar asociados con partículas. Los compuestos clorados, como el DDT y otros plaguicidas, son muy hidrofóbicos y, por consiguiente, no se analizan fácilmente en las muestras de agua debido a la muy baja solubilidad del producto químico. En los productos químicos orgánicos, el componente más importante de la carga de sedimentos parece ser la parte de carbono orgánico en partículas transportada en el sedimento. Los científicos han perfeccionado el coeficiente de partición para describir la asociación con la parte de carbono orgánico (Priti & Biswajit, 2019).

- **Contaminación por Metales Pesados en Sedimentos:**

La Agencia de Protección del Medio Ambiente considera que los metales pesados en sedimentos son el contaminante más común en ríos, arroyos, lagos y embalses. Mientras que la erosión natural produce casi el 30% del total de sedimentos en los Estados Unidos, la erosión acelerada por el uso humano de la tierra representa el 70% restante. Los vertidos de sedimentos más concentrados proceden de las actividades de construcción, incluidos los proyectos de construcción de viviendas relativamente menores, como las ampliaciones de habitaciones y las piscinas. La contaminación por metales pesados en sedimentos causa anualmente 16.000 millones de dólares en daños medioambientales.

Los sedimentos que entran en las aguas pluviales degradan la calidad del agua para beber, la fauna y la tierra que rodea a los arroyos de las siguientes maneras: Los sedimentos llenan los desagües pluviales y las cuencas de captación para alejar el agua de las carreteras y los hogares, lo que aumenta la posibilidad de inundaciones. El agua contaminada con sedimentos se enturbia, impidiendo a los animales ver su comida. El agua turbia impide que la vegetación natural crezca en el agua. Los sedimentos en los lechos de los arroyos interrumpen la cadena alimentaria natural al destruir el hábitat en el que viven los organismos más pequeños de los arroyos y provocar un descenso masivo de las poblaciones de peces. Los sedimentos aumentan el coste del tratamiento del agua potable y pueden provocar problemas de olor y sabor. Los sedimentos pueden obstruir las branquias de los peces, reduciendo la resistencia a las enfermedades, disminuyendo las tasas de crecimiento y afectando al desarrollo de los huevos y las larvas. Los nutrientes transportados por los sedimentos pueden activar las algas verdeazuladas que liberan toxinas y pueden enfermar a los bañistas. Los depósitos de sedimentos en los ríos pueden alterar el flujo del agua y reducir su profundidad, lo que dificulta la navegación y el uso recreativo.

- **Normativa Nacional**

El Perú no cuenta con ningún protocolo y/o normativa relacionada al muestreo de Sedimentos en Ríos o cuerpos de agua en general, y tampoco cuenta con ninguna normativa relacionada con Estándares de Calidad en Sedimentos de ningún tipo.

- **Normativa Internacional:**

Se reconoce que existen diversas normativas internacionales, que proceden de diversos países, para estandarizar el muestreo y la calidad de los sedimentos en cuerpos de agua, sin embargo, cada una de ellas se encuentra adaptada a la región en que se encuentran, es decir, se regulan mejor de acuerdo a las características geográficas y ambientales donde se encuentran, por lo cual, para el estudio existen dos normativas procedentes de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos, donde se evaluaron diversos parámetros y características de la biodiversidad del continente americano:

- En primer lugar, para el muestreo se seguirá con el "Muestreo de Sedimentos (LSASDPROC-200-R4) - US EPA", documento aprobado el 23 de febrero del 2020, con ID: LSASDPROC-200-R4, por la US EPA, en donde se describen los procedimientos, métodos y consideraciones generales y específicos que deben utilizarse y observarse al recoger muestras de sedimentos para la selección sobre el terreno o el análisis de laboratorio (EPA, 2014).

- En segundo lugar, para la comparación con estándares de calidad ambiental en sedimentos, se seguirá con las "Normas de Gestión de Sedimentos, del Departamento de Ecología – US EPA", documento aprobado en setiembre del 2013, con ID: 173-204 WAC, por la US EPA, se establecen las normas de calidad de los sedimentos de la WAC 173-204-320 a 173-204-340 incluyen criterios de concentración química, criterios de efectos biológicos, criterios de salud humana, criterios de otras sustancias tóxicas, radiactivas, biológicas, y criterios de calidad de sedimentos no afectados antropogénicamente que se utilizan para

identificar los sedimentos que no tienen efectos adversos en los recursos biológicos y que no corresponden a ningún riesgo significativo para la salud de los seres humanos. Las determinaciones de designación utilizando las normas de calidad de los sedimentos de WAC 173-204-320 a 173-204-340 se llevarán a cabo según lo estipulado en WAC 173-204-310, Procedimientos de designación de normas de calidad de los sedimentos.

2.3. Definición de términos

- **Agua:** es una sustancia compuesta por los elementos químicos hidrógeno y oxígeno y que existe en estado gaseoso, líquido y sólido. Es uno de los compuestos más abundantes y esenciales. Es un líquido insípido e inodoro a temperatura ambiente y tiene la importante capacidad de disolver muchas otras sustancias (Takahashi & Hashida, 2004).

- **Aguas continentales:** consisten en masas de agua como glaciares, ríos y lagos. A diferencia de las aguas marinas, se caracterizan por su baja salinidad y se desplazan hacia el mar porque no son demasiado profundas (Takahashi & Hashida, 2004).

- **Aguas Oceánicas:** son aquella que rodean todos los continentes y las islas, ocupan aproximadamente el 71% de la superficie de la tierra y representan el 97 % del agua total del planeta y de esta manera forma la unidad oceánica, que se encuentra comunicada por diferentes estrechos (Takahashi & Hashida, 2004).

- **Ecosistema:** se entiende por ecosistema un complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional (Solt, 1973).

- **Ecosistemas acuáticos:** es una comunidad de organismos que viven e interactúan dentro del agua. El entorno y el tipo de agua

específicos, como un lago de agua dulce o un pantano de agua salada, determinan qué animales y plantas viven allí (Solt, 1973).

- **Cuenca hidrográficas:** depresión o forma hidrográfica que hace perder altura al territorio en medida que se acerca al nivel del mar. Las cuencas hidrográficas hacen que el agua que proviene de las montañas o del deshielo descienda por la depresión hasta llegar al mar. En algunos casos la cuenca puede no alcanzar el nivel del mar si se trata de un valle encerrado por montañas, en cuyo caso la formación acuífera forma una laguna o lago (Solt, 1973).

- **Caracterización Ambiental:** descripción del ambiente en los aspectos físico, químico y biológico, entre otros (Tricker, 2003).

- **Contaminante:** se entiende como toda sustancia peligrosa que no se produce de forma natural o a niveles superiores a los del medio natural (Department of Ecology State of Washington, 2013).

- **Parámetros fisicoquímicos:** son utilizados para interpretar correctamente los análisis de agua en base a indicadores como: pH, conductividad eléctrica, temperatura, oxígeno disuelto, entre otros (Cummings, 2003).

- **Conductividad eléctrica:** es la capacidad de un material o sustancia para dejar pasar la corriente eléctrica a través de él. La conductividad depende de la estructura atómica y molecular del material. Los metales son buenos conductores porque tienen una estructura con muchos electrones con vínculos débiles, y esto permite su movimiento. La conductividad también depende de otros factores físicos del propio material, y de la temperatura (Cummings, 2003).

- **pH:** es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones de hidrógeno presentes en determinadas disoluciones. La sigla significa potencial de hidrógeno o potencial de hidrogeniones (Cummings, 2003).

- **Temperatura:** es una magnitud referida a la noción de calor medible mediante un termómetro. En física, se define como una magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico, definida por el principio cero de la termodinámica. Más específicamente, está relacionada directamente con la parte de la energía interna conocida como energía cinética, que es la energía asociada a los movimientos de las partículas del sistema, sea en un sentido traslacional, rotacional, o en forma de vibraciones (Cummings, 2003).

- **Sólidos suspendidos:** pueden dar lugar al desarrollo de depósitos de fango y de condiciones anaerobias cuando se vierte agua residual sin tratar al entorno acuático (Solt, 1973).

- **Sedimentos**: son materiales que se encuentran en el fondo de un cuerpo de agua. Los sedimentos pueden incluir arcilla, limo, arena, grava, materia orgánica en descomposición y conchas. Los sedimentos contaminados presentan un riesgo para la salud humana y el medio ambiente y limitan los usos de muchos cuerpos de agua. (Department of Ecology State of Washington, 2013).

- **Metales pesados:** se refiere a cualquier elemento químico metálico que tenga una densidad relativamente alta y que sea tóxico o venenoso en concentraciones bajas. Los metales pesados son componentes naturales de la corteza terrestre. No pueden ser degradados o destruidos. En pequeñas medidas, entran en nuestro cuerpo a través de los alimentos, el agua potable y el aire (Stanley, 2013).

- **Arsénico:** es el elemento químico de número atómico 33. Es muy común en la atmósfera terrestre, en rocas y suelos, en la hidrosfera y la biosfera. Es llevado al ambiente a través de una combinación de procesos como la meteorización, actividad biológica, emisiones volcánicas, actividad minera, uso de combustibles fósiles, uso de pesticidas, herbicidas, etc. y se reconoce como extremadamente tóxico (Stanley, 2013).

- **Boro:** es el elemento químico de número atómico 5. Es un elemento metaloide, semiconductor, trivalente que existe abundantemente en el mineral bórax, es un mal conductor a temperatura ambiente. No se ha encontrado libre en la naturaleza. Debido a su gran dureza se emplea, en forma de carburo, para fabricar abrasivos. El boro tiene varias aplicaciones importantes en el campo de la energía atómica (Stanley, 2013).

- **Cadmio:** es el elemento químico de número atómico 48. En el medio ambiente, el cadmio es tóxico para las plantas, los animales y los microorganismos. Al ser un elemento químico simple, el cadmio es persistente, no puede ser descompuesto en sustancias menos tóxicas en el medio ambiente (Stanley, 2013).

- **Cromo:** es el elemento químico de número atómico 24. Es un metal de transición duro, frágil, color blanco agrisado y brillante. Es muy resistente frente a la corrosión. Sus aplicaciones son en metalurgia como catalizadores, y muy conocido en el curtido del cuero, en donde se emplea como hidrosulfato de cromo, que es muy contaminante en el medio ambiente, especialmente el agua (Stanley, 2013).

- **Cobre:** es el elemento químico de número atómico 29. Se trata de un metal de transición de color cobrizo, es decir, rojizo anaranjado

de brillo metálico, se caracteriza por ser uno de los mejores conductores de electricidad (el segundo después de la Plata). Gracias a su alta conductividad eléctrica, ductilidad y maleabilidad, se ha convertido en el material más utilizado para fabricar cables eléctricos et al. elementos eléctricos y componentes electrónicos (Stanley, 2013).

- **Hierro:** es el elemento químico de número atómico 26. Es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre y el primero más abundante en masa planetaria, debido a que el planeta, en su núcleo, concentra la mayor masa de hierro nativo equivalente a un 70 %. Es un metal maleable, de color gris plateado y presenta propiedades magnéticas; es ferromagnético a temperatura ambiente y presión atmosférica. Es extremadamente duro y denso. Se encuentra en la naturaleza formando parte de numerosos minerales, entre ellos muchos óxidos, y raramente se encuentra libre (Stanley, 2013).

- **Manganeso:** es el elemento químico de número atómico 25. Es un mineral esencial para la salud humana y se almacena principalmente en las mitocondrias, huesos, hígado, riñones y páncreas. El manganeso es un componente implicado en el metabolismo de los aminoácidos, lípidos y carbohidratos; y por lo tanto también en la producción de energía (Stanley, 2013).

- **Plomo:** es el elemento químico de número atómico 82. Los compuestos de plomo más utilizados en la industria son los óxidos de plomo, el tetraetilo de plomo y los silicatos de plomo. El plomo forma aleaciones con muchos metales, y, en general, se emplea en esta forma en la mayor parte de sus aplicaciones. Es un metal pesado y tóxico, y la intoxicación por plomo se denomina como saturnismo o plumbosis (Stanley, 2013).

- **Época de avenida:** son los meses del año donde el caudal medio llega a su máximo (Tricker, 2003).

- **Certificación ambiental:** documento emitido por la autoridad competente del Ministerio del Ambiente que acredita que la actividad que desarrollan no tendrá un impacto negativo en el ambiente (Instituto Nacional de Calidad, 2020).

- **Laboratorio acreditado:** aquel laboratorio de ensayos químicos, acreditado con la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025:2005 "Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración" y acreditado para cada ensayo analítico realizado para la medición de los parámetros de interés. Las acreditaciones son emitidas por el Instituto Nacional de Defensa de la competencia y de la protección de la propiedad intelectual (INDECOPI), por el Instituto Nacional de la Calidad (INACAL) o por organismos equivalentes que hayan concertado acuerdos de reconocimiento mutuo utilizando la NTP ISO/IEC 17025:2005 (INACAL, 2020).

- **Espectroscopia de Plasma ICP-OES:** El plasma de acoplamiento inductivo (ICP) es una fuente de ionización que junto a un espectrofotómetro de emisión óptico (OES) constituye el equipo de ICP-OES. En el plasma, debido las altas temperaturas generadas, los analitos son atomizados e ionizados generándose los espectros de Emisión atómicos de líneas características. Los espectros son dispersados por la red de difracción y el detector sensible a la luz se encarga de medir las intensidades de las líneas. La información es procesada por el sistema informático (Thermo Fisher, 2018).

- **Estándares de calidad:** son normas y protocolos internacionales que deben cumplir los productos de cualquier índole para su distribución y consumo final, utilizando niveles de calidad

mínimos, máximos, deseados, o aceptables, que debe tener el resultado esperado de los bienes y servicios. Es la norma técnica que se utilizará como parámetro de evaluación de la calidad (Sistema Nacional de Información Ambiental , 2017).

- **Impacto ambiental:** acción o actividad que produce una alteración, favorable o desfavorable, en el medio o en alguno de los componentes del medio. Esta acción puede ser un proyecto de ingeniería, un programa, un plan, una ley o una disposición administrativa con implicancias ambientales (Tricker, 2003).

- **Recuperación natural:** se entienden los procesos físicos, químicos o biológicos que actúan, sin intervención humana, para reducir la toxicidad o la concentración de los sedimentos contaminados. Un ejemplo de recuperación natural es el depósito natural de una capa de sedimento limpio sobre un área de sedimento contaminado que resulta en el entierro a lo largo del tiempo de los sedimentos contaminados debajo de la zona biológicamente activa. El proceso natural de mezcla de sedimentos, y La degradación de algunos contaminantes, como los hidrocarburos aromáticos policíclicos, también puede contribuir a la recuperación natural (Department of Ecology State of Washington, 2013).

III. Metodología

3.1. Tipo y nivel de investigación

Es un estudio analítico que incluye dos variables analíticas, no experimental, es observacional porque no pretende manipular ninguna variable. Además, es un estudio transversal, porque solo se va a realizar una sola medición, es decir una sola toma de datos; por su planificación es un estudio prospectivo, porque se va a planificar el recojo de datos, donde se va a tener pleno control para esta actividad. Es un estudio longitudinal que investiga al mismo grupo de manera repetida durante un período de tiempo.

En correspondencia a la naturaleza del estudio de esta investigación, agrupa por su nivel las características de un estudio explicativo - comparativo, es explicativo porque va a buscar las causas que explican la variación de los niveles de concentración de metales pesados en sedimentos, y comparativo porque se va a comparar estos niveles, en concordancia con las zonas elegidas para la toma de muestras de los sedimentos, en un contexto espacio y tiempo.

3.2. Ámbito temporal y espacial

La ubicación del presente proyecto de investigación, se encuentra en el Rio Locumba, en la subcuenca Locumba, localizado en la costa Sur del Perú, en el Distrito de Ite, Provincia de Jorge Basadre, de la Región Tacna, y comprende dos diferentes zonas: la Zona Baja del rio (RLocumba01, RLocumba02, RLocumba03, RLocumba04 y RLocumba05), ubicados cerca al Puente Ite; y la Zona Alta del rio (RLocumba06, RLocumba07, RLocumba08, RLocumba09 y RLocumba10), ubicados cerca al Puente Camiara, se asegura la muestra representativa en los 10 puntos de muestreo a lo largo del Rio Locumba mediante la siguiente figura (Figura 2).

Figura 1

Mapeo general

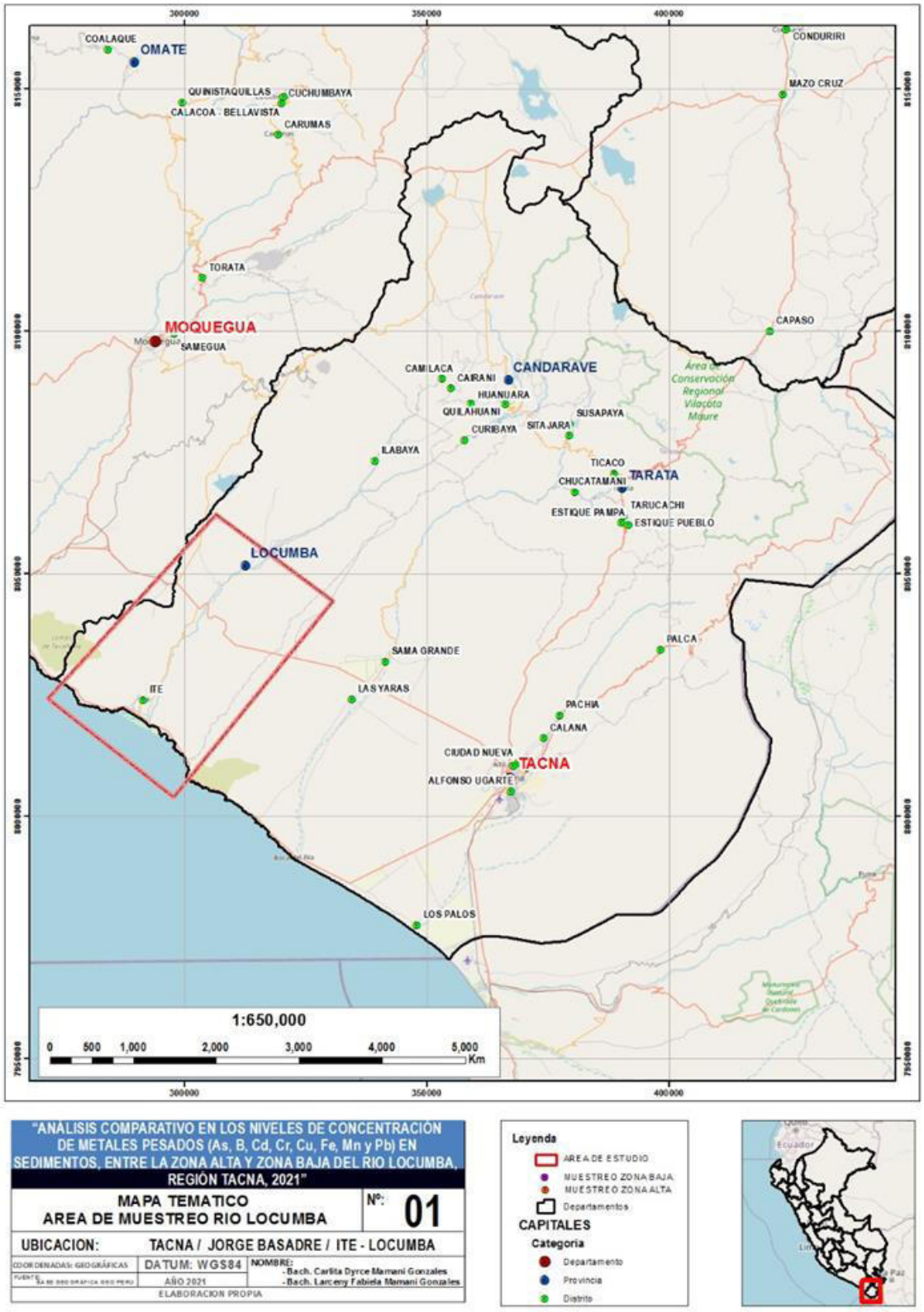
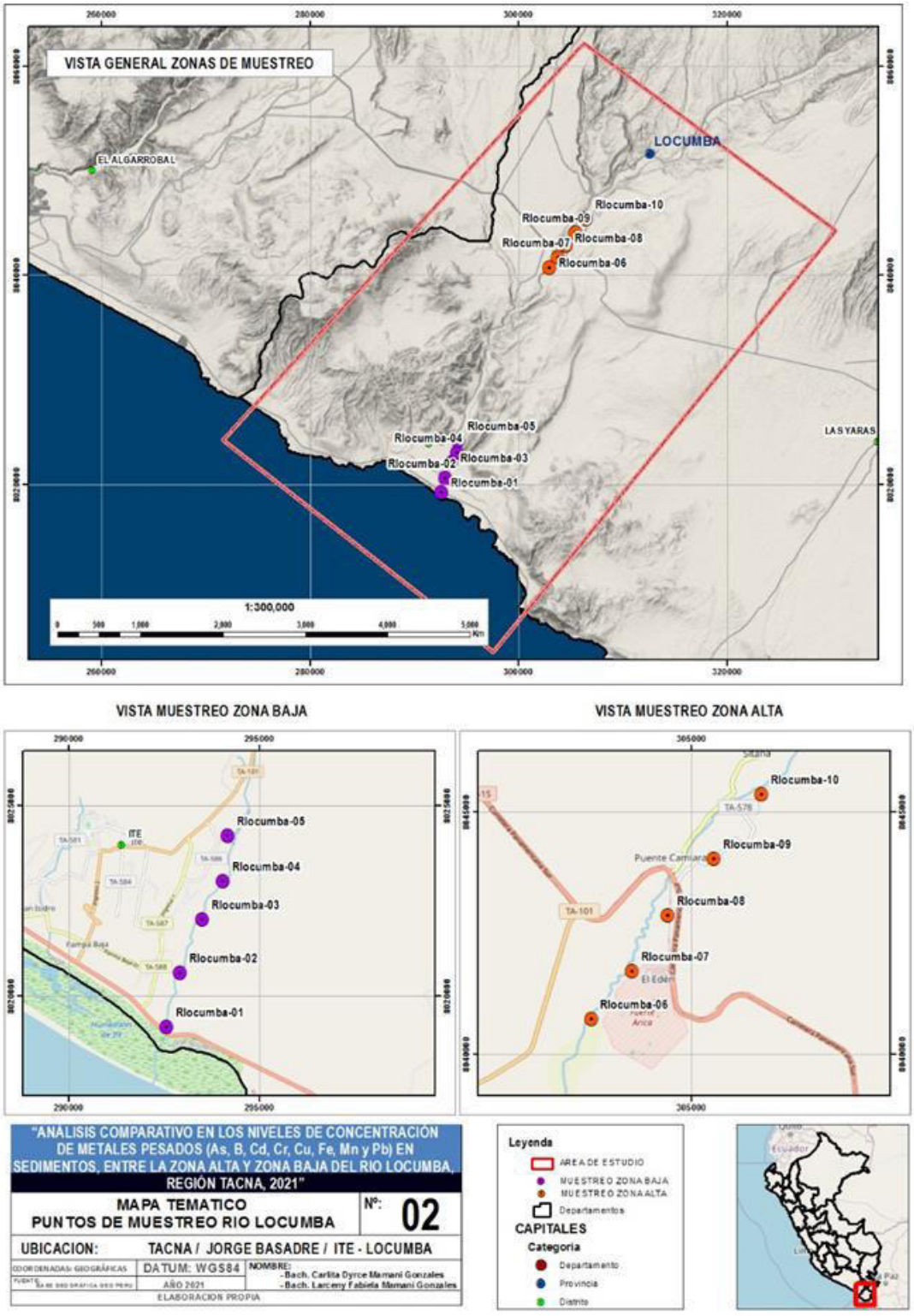


Figura 2

Mapeo especifico



Se puede determinar la ubicación de cada punto de monitoreo por las siguientes coordenadas UTM (Universal Transversal Mercator) mediante la siguiente tabla:

Tabla 2

Ubicación de los puntos de monitoreo

UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO

Punto	COORDENADAS UTM	
	Latitud	**Longitud**
Rlocumba-01	8019204.00 m S	292578.00 m E
Rlocumba-02	8020626.00 m S	292935.00 m E
Rlocumba-03	8022011.00 m S	293511.00 m E
Rlocumba-04	8023014.00 m S	294061.00 m E
Rlocumba-05	8024216.00 m S	294186.00 m E
Rlocumba-06	8040728.00 m S	302929.00 m E
Rlocumba-07	8041714.00 m S	303781.00 m E
Rlocumba-08	8042868.00 m S	304520.00 m E
Rlocumba-09	8044043.00 m S	305475.00 m E
Rlocumba-10	8045369.00 m S	306457.00 m E

3.3. Población y muestra

La población está determinada por los sedimentos que existen en toda la trayectoria del Rio Locumba, el cual tiene una longitud de 170 Kilómetros, se encuentra al norte de la Región Tacna y abarca las provincias de Jorge Basadre y Candarave, de donde la subcuenca Locumba tiene 3284 km² de superficie y comprende la zona baja del río hasta su desembocadura en los Humedales de Ite y el mar. Además, tiene una importancia ambiental, social y económica, ya sea por su uso para riego de vegetales, bebida de animales, y conservación del ambiente acuático.

El procedimiento de muestreo es multietápico, primero se determinará las zonas altas y bajas, luego de delimitará geográficamente y se seleccionará las áreas para cada zona, la forma del muestreo de las

zonas seleccionadas, se realizara un muestreo por conveniencia (no probabilístico), porque estará en función de los riesgos, peligrosidad y acceso a la toma de muestras, de acuerdo a las diez muestras de sedimentos que se tomaran en el mes de enero y otras diez muestras en el mes de marzo; estas diez muestras están separadas una de otra, en dos zonas: baja y alta, aproximadamente por 30 Kilómetros.

3.4. Instrumentos

Con la finalidad de conseguir datos verídicos y evitar la mayor cantidad de sesgo posible, se utilizó el equipo especializado de Espectroscopia de Plasma ICP-OES, equipo perteneciente al Laboratorio de Ensayo Acreditado por la Dirección de Acreditación del INACAL con Registro N.º LE-050 “Laboratorios Analíticos del Sur”, asimismo, se tomó en cuenta todas las medidas de bioseguridad como equipos de protección personal: guantes de nitrilo, botas de seguridad, lentes de protección, mascarilla, entre otros, para no afectar o alterar directamente la muestra y su vertimiento a las bolsas de muestreo.

3.5. Procedimientos

3.5.1. *Para el muestreo de Sedimentos*

Con la finalidad de no generar una alteración negativa en el ecosistema acuático, se tomó en cuenta el protocolo de Muestreo de Sedimentos LSASDPROC-200-R4 (EPA, 2020), cumpliendo con la inocuidad necesaria, al momento de tomar las muestras, así como de la preservación de estas, utilizando además el correcto Equipo de Protección Personal (EPP). Aquí, para la toma de la muestra se consideró la metodología de muestreo para concentraciones bajas en ríos, por lo que se consideró lo siguiente:

- Ubicar del punto de muestreo con el GPS.

- Limpiar la superficie del terreno, dejándolo libre de rocas, fragmentos gruesos (gravillas, gravas, guijarros y piedras), plantas, etc.

- Verificar la accesibilidad del sedimento.

- Con los guantes de nitrilo puestos proceda a extraer con el cucharón 5 muestras de 50 ml de sedimentos, que pertenecen al transecto perpendicular al rio, es decir dividir el ancho del rio en 5 partes, 2 a los costados, 1 al centro, y otros 2 equidistantes al centro y costados, para lo cual resultara una solución de sedimento total de 250 ml.

- Depositar en una bandeja de acero inoxidable o de plástico y homogenizar mediante mezclado hasta tener una superficie uniforme, una vez logrado ello dejar escurrir por unos segundos.

- En la bandeja una vez homogenizada el material con el cucharón divida en 04 partes iguales el material y luego con el mismo cucharón llene a la bolsa hermética ziploc, luego preservar con 5 ml de ácido sulfúrico al 50 % para obtener un pH < 2 la cantidad señalada hasta llenar el envase para su análisis.

- Para evitar que las muestras sufran golpes o se rompan durante el transporte al laboratorio, debe colocarse en un cooler limpio y con relleno para su posterior análisis químico mediante Espectroscopia de Plasma ICP-OES.

3.5.2. *Para el análisis químico de sedimentos*

Una vez recolectadas las 10 muestras de sedimento en bolsas ziploc de 250 ml, en enero del 2021 y en marzo del 2021, se realizó el análisis químico mediante el uso del equipo especializado de Espectroscopia de Plasma ICP-OES, del Laboratorio de Ensayo Acreditado por la Dirección de Acreditación del INACAL con Registro N.º LE-050 “Laboratorios Analíticos del Sur”, y así se obtuvo con especificidad la concentración de metales pesados (As, B, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn y Pb) en sedimentos, en época de avenida en el rio Locumba, estos datos fueron recopilados para el posterior análisis estadístico.

Tabla 3

Método de análisis de metales pesados.

Ensayo	Método	Unidades
Metales (Boro, Cadmio, Cobre, Cromo, Fierro, Manganeso y Plomo)	EPA Method 200.7, Rev. 4.4. EMMC Version. Determinación de metales y elementos traza en sedimentos por ICP-OES.	mg/kg
Arsénico (As)	EPA Method 200.7, Rev. 4.4. EMMC Version. Determinación de arsénico en sedimentos (Lixiviación acida) por ICP-OES.	mg/kg

En las espectrometrías de emisión, como es el caso de la espectrometría ICP-OES, los átomos en su estado fundamental son excitados a estados energéticos superiores denominados estados excitados. Dichos átomos o iones excitados son inestables y tienden a volver a su estado fundamental, devolviendo la energía absorbida en forma de radiaciones electromagnéticas de longitudes de onda características. Las frecuencias de las radiaciones emitidas están relacionadas directamente con la configuración electrónica y con la energía que proporciona la fuente de excitación. Cada elemento, por tanto, produce un conjunto de radiaciones a longitudes de onda fijas (líneas) que constituyen su espectro atómico característico. (Skoog & Leary, 2009) La intensidad de la radiación, que es proporcional a la concentración del elemento en la muestra, se recalcula internamente mediante un sistema almacenado de curvas de calibración, obteniendo así la concentración para cada elemento.

3.5.3. *Preparación de la muestra para determinación de metales y elementos en traza en sedimentos por ICP-OES (EPA método 2007).*

- Secar las muestras de sedimento.

- Mezclar la muestra completamente para lograr la homogeneidad y tamizarla a través de una malla Nro. 10 todo el equipo usado para la homogenización debe limpiarse para evitar la contaminación cruzada.

- Pesar con precisión 0,50 g de la muestra (peso seco) en un recipiente de digestión (vaso precipitado).

- Para la digestión de las muestras adicionar 10 ml de HNO_3 al 65%.

- Llevar a reflujo durante unos 10 a 15 minutos sin hervir luego permitir que la muestra se enfrié. - Añadir 6 ml de H_2O_2 al 30% hasta que la efervescencia sea mínima o en la muestra no se manifiesten cambios.

- Luego añadir 10 ml HCl P.A. (65%) a la muestra, digestar y reflujar durante 15 minutos a 95°C.

- Después de enfriar, diluir hasta 50 ml con agua ultrapura.

- Luego la muestra es introducida por el automuestreador para su respectivo análisis

3.6 Análisis de datos

Inmediatamente recopilados los datos sobre los parámetros considerados en el presente proyecto, se utilizó programas estadísticos como SPSS y Microsoft Excel 2019, en donde se estableció los cuadros y las gráficas comparativas para el análisis estadístico, con el propósito de determinar finalmente la concentración de metales pesados (As, B, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn y Pb) en sedimentos del Rio Locumba. mediante el Muestreo de Sedimentos LSASDPROC-200-R4 (EPA, 2020).

Además, se realizó el ritual de la significancia estadística a los datos provenientes del equipo especializado de Espectroscopia de Plasma ICP-OES, para los resultados de los 10 diferentes puntos de monitoreo en el mes de enero del 2021 y marzo del 2021, esto con la finalidad de justificar los resultados relacionados con las distribuciones de probabilidad, así como demostrar la variabilidad y que se encuentran en un rango de confianza aceptable.

IV. Resultados y discusión

4.1. Concentración de metales pesados en sedimentos del Rio Locumba

En concordancia a las evaluaciones realizadas, se determinó la presencia de metales pesados como Arsénico, Bario, Cadmio, Cromo, Cobre, Fierro, Manganeso y Plomo en diversas concentraciones en el Rio Locumba, aguas arriba y aguas abajo, entre el mes de enero y marzo del año 2021.

La presencia de metales pesados presentes en la cuenca representan elementos no ajenos a ella, de tal modo que, su presencia se debería a una fuente externa y a las interacciones del agua con sedimentos y material particulado en el aire que circula por su entorno, produciendo así fluctuaciones en los niveles de concentración en los sedimentos del rio Locumba, además surgen como resultado a las fuerzas hidrodinámicas naturales, biológicas y químicas, con ello se explica el comportamiento de su presencia y la varianza en sus niveles de concentración en cada muestra realizada.

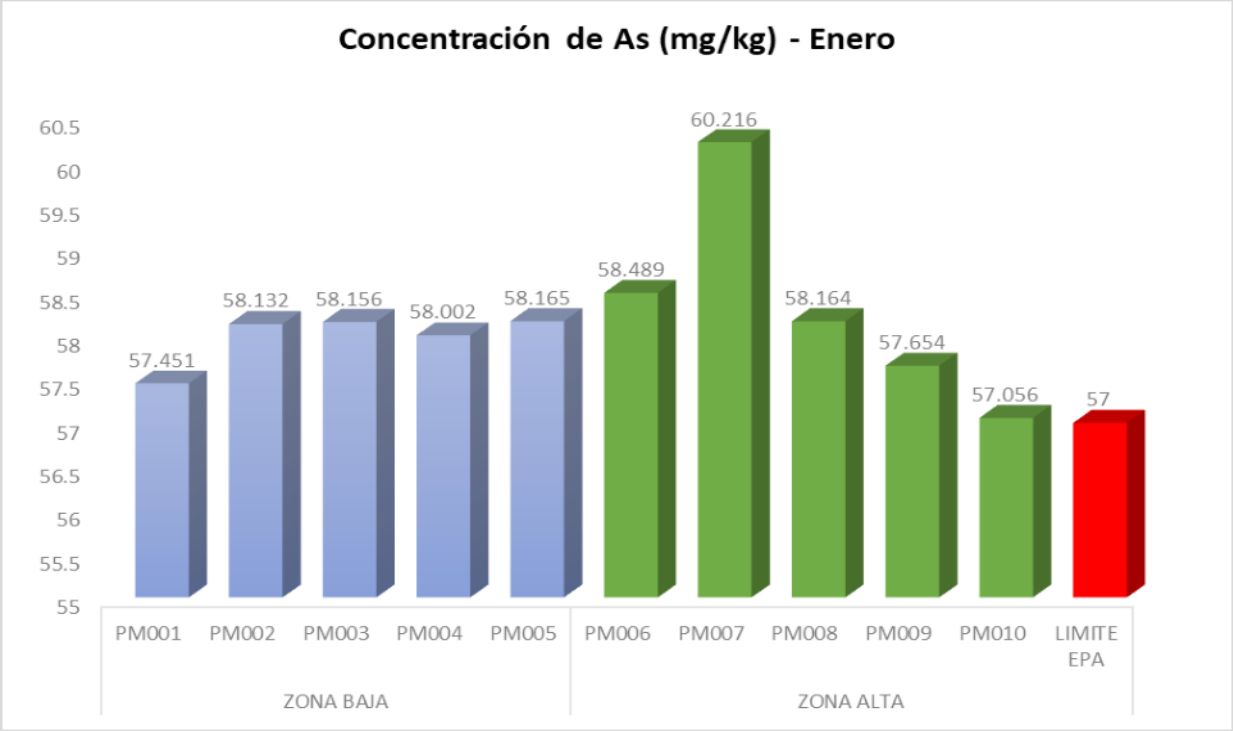
Sin embargo, la presente investigación puede servir como referente para estudios posteriores, en los cuales se pueda verificar y validar si estas concentraciones han variado con el paso del tiempo.

4.2. Concentración de cada metal pesado en sedimentos del Rio Locumba con respecto a los Estándares de calidad de los sedimentos marino-costeros de la US – EPA.

4.2.1 *Arsénico*

Figura 3

Concentración de Arsénico en el mes de enero (zona baja y zona alta)

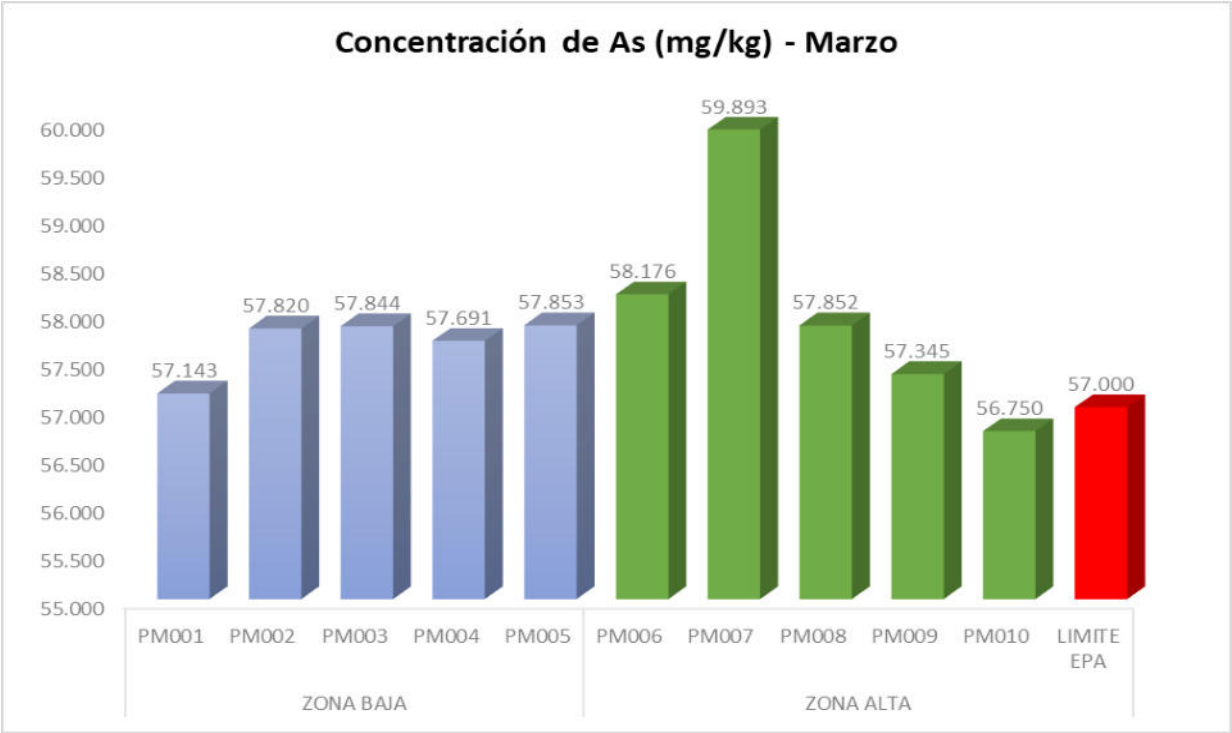


En la zona baja los puntos de monitoreo PM001, PM002, PM003, PM004 y PM005 superaron la concentración máxima permitida (57 mg/Kg), con un valor mínimo del 57.451 mg/Kg, y un valor máximo de 58.165 mg/kg, por lo cual estos valores excedieron los Estándares de 7calidad de los sedimentos marino costeros de la US – EPA.

En la zona alta los puntos de monitoreo PM006, PM007, PM008, PM009 y PM010 superaron la concentración máxima permitida (57 mg/Kg), con un valor mínimo del 57.056 mg/Kg, y un valor máximo de 60.216 mg/kg, por lo cual estos valores excedieron los Estándares de calidad de los sedimentos marino costeros de la US – EPA.

Figura 4

Concentración promedio de Arsénico en el mes de marzo (zona baja y zona alta)



En los 10 puntos de monitoreo, durante el mes de marzo, se identificó (ver figura 4):

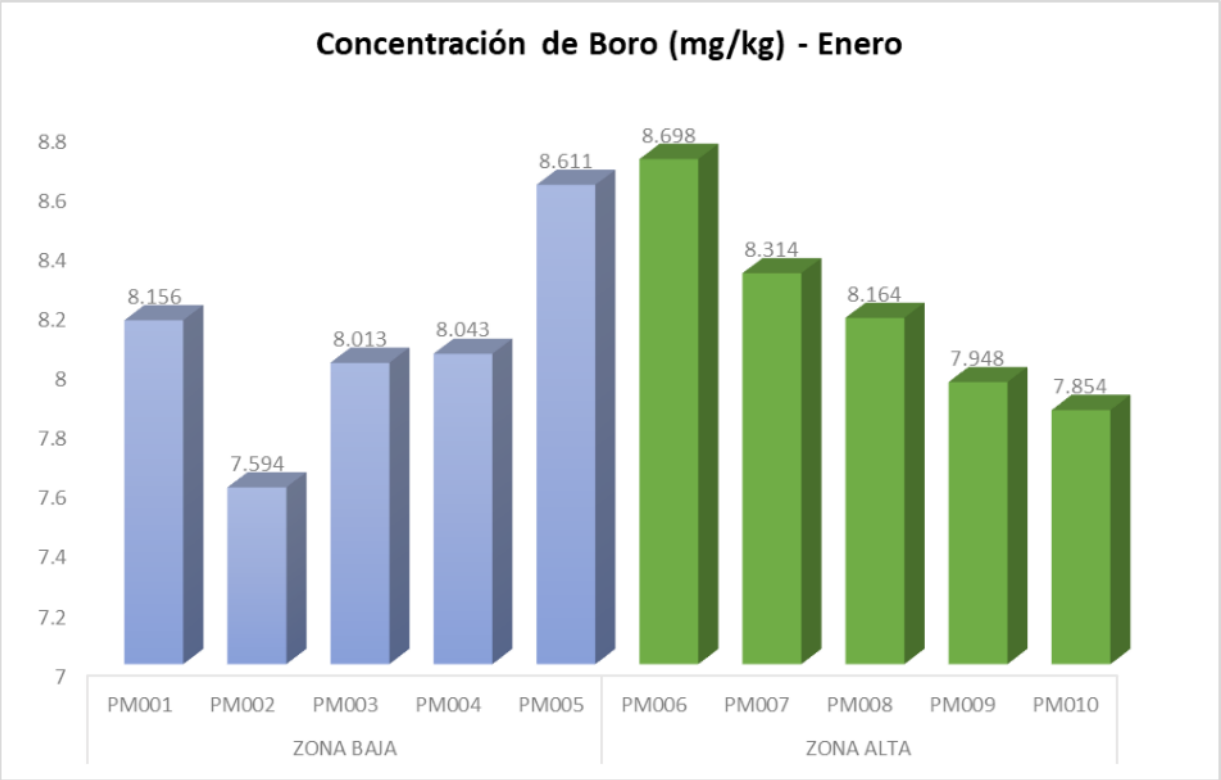
En la zona baja los puntos de monitoreo PM001, PM002, PM003, PM004 y PM005 superaron la concentración máxima permitida (57 mg/Kg), con un valor mínimo del 57.143 mg/Kg, y un valor máximo de 57.853 mg/kg, por lo cual estos valores excedieron los Estándares de calidad de los sedimentos marino costeros de la US – EPA.

En la zona alta los puntos de monitoreo PM006, PM007, PM008, PM009 superaron la concentración máxima permitida (57 mg/Kg), con un valor máximo de 59.893 mg/kg por lo cual estos valores excedieron los Estándares de calidad de los sedimentos marino costeros de la US – EPA. A excepción de PM010 con un resultado de 56.750 mg/Kg.

4.2.2 *Boro*

Figura 5

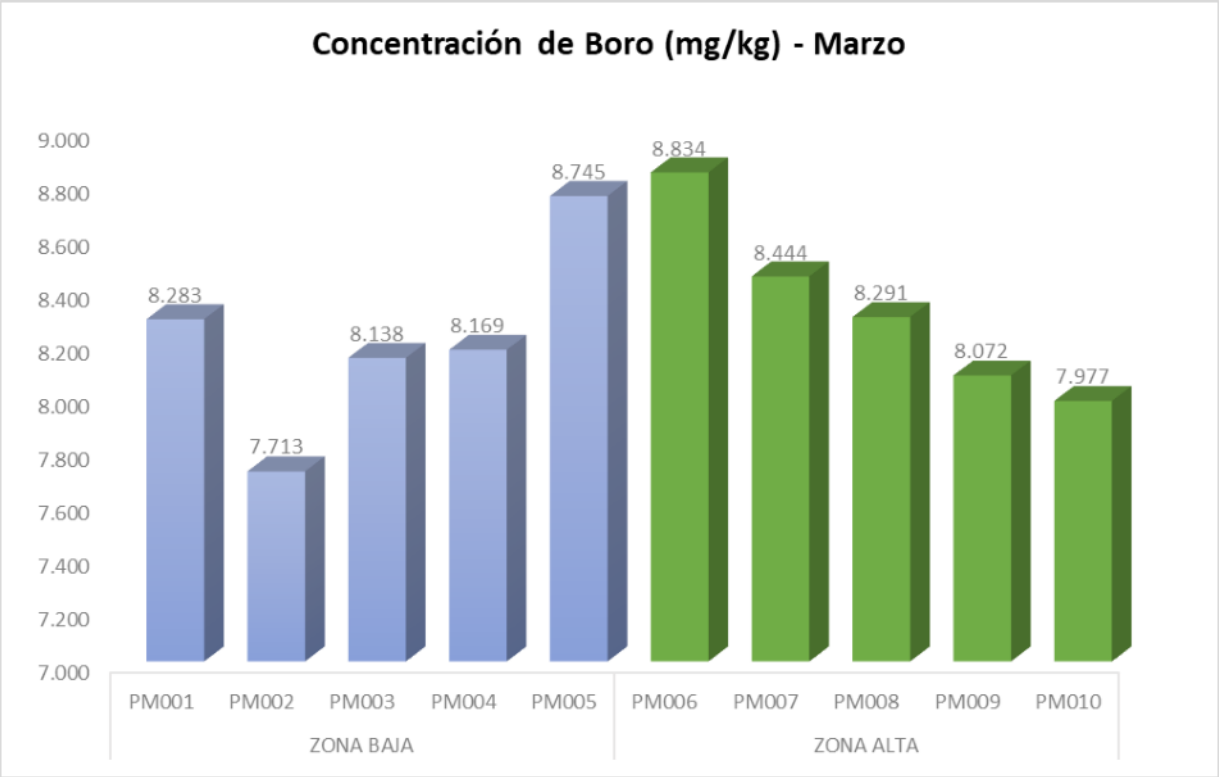
Concentración de Boro mes de enero



Durante el mes de enero, no se puede afirmar si se superó la concentración, dado, que a la fecha actual no existen estándares de calidad ambiental en el ámbito internacional o nacional para regular este metal en sedimentos, sin embargo, se determinó en el punto PM002 un valor mínimo de 7.594 mg/Kg, y en el punto PM006 un valor máximo de 7.594 mg/kg.

Figura 6

Concentración de Boro mes de marzo

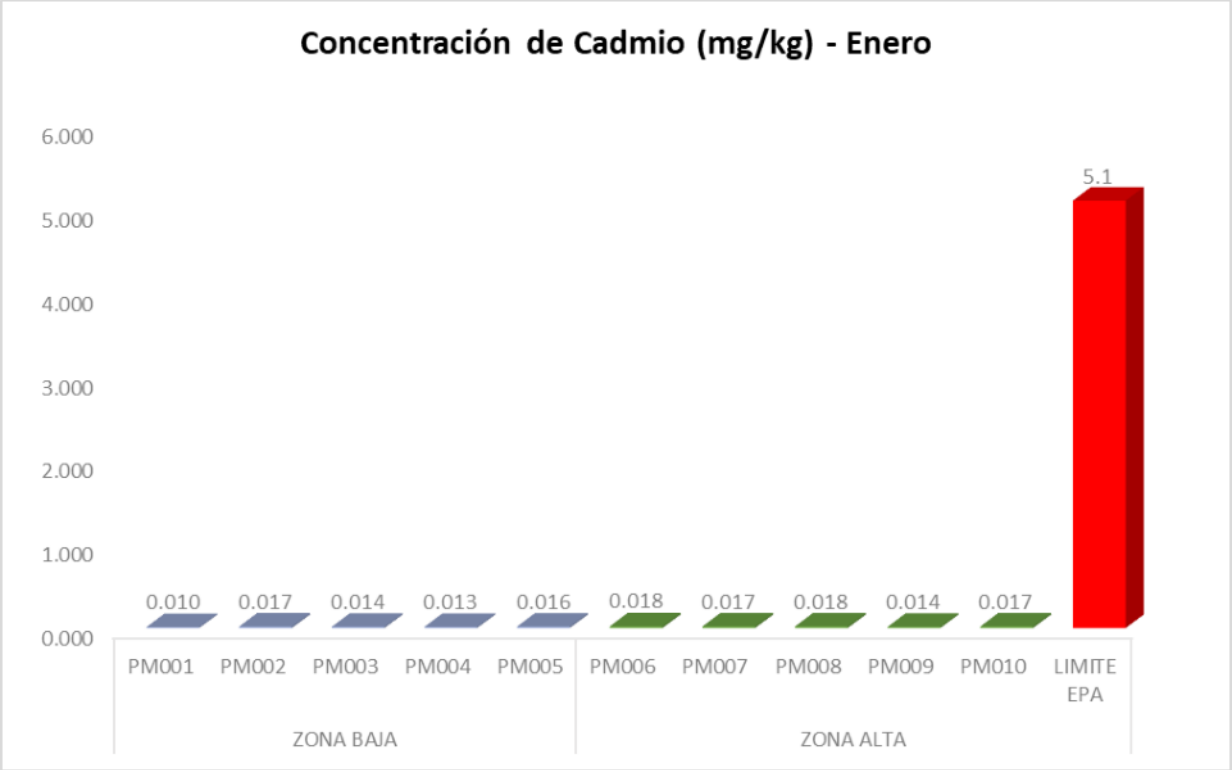


Durante el mes de marzo, no se puede afirmar si se superó la concentración, dado, que a la fecha actual no existen estándares de calidad ambiental en el ámbito internacional o nacional para regular este metal en sedimentos, sin embargo, se determinó en el punto PM002 un valor mínimo de 7.713 mg/Kg, y en el punto PM006 un valor máximo de 8.834 mg/kg.

4.2.3 *Cadmio*

Figura 7

Concentración de Cadmio mes de enero



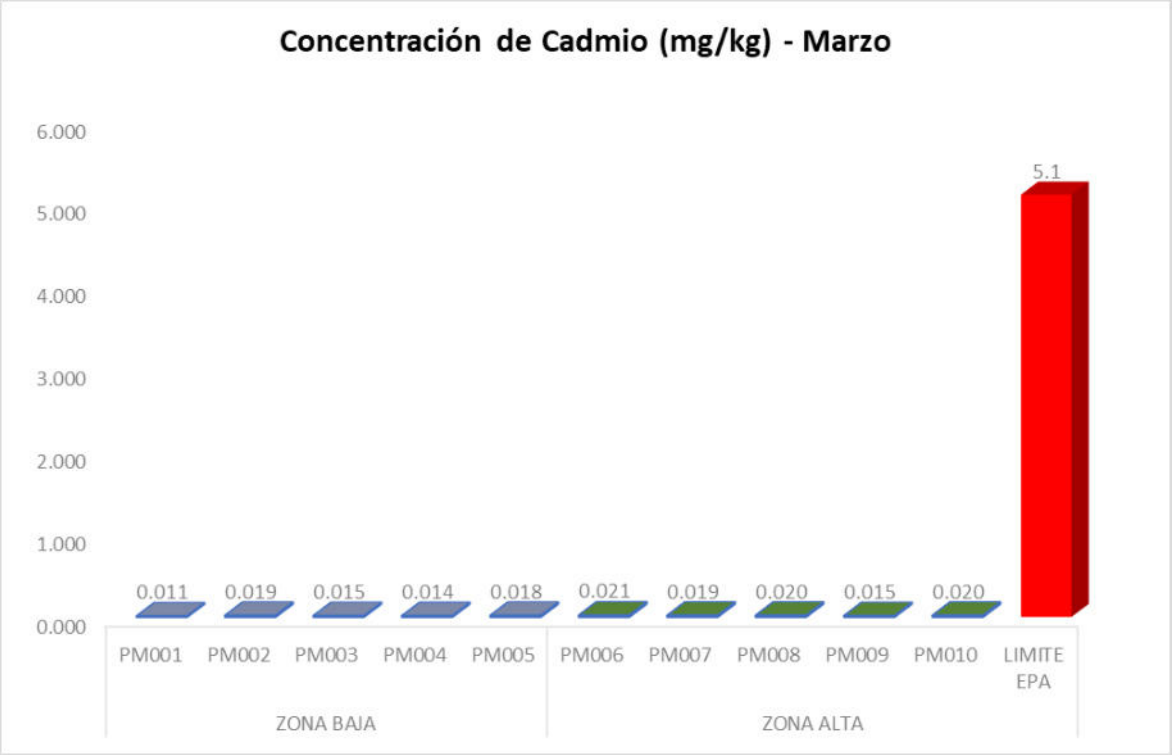
En los 10 puntos de monitoreo, durante el mes de enero, se identificó (ver figura 7):

En la zona baja los puntos de monitoreo PM001, PM002, PM003, PM004 y PM005 no superaron la concentración máxima permitida (5.1 mg/Kg), con un valor mínimo del 0.010 mg/Kg, y un valor máximo de 0.017 mg/kg, por lo cual estos valores no excedieron los Estándares de calidad de los sedimentos marino costeros de la US – EPA.

En la zona alta los puntos de monitoreo PM006, PM007, PM008, PM009 y PM010 no superaron la concentración máxima permitida (5.1 mg/Kg), con un valor mínimo del 0.014 mg/Kg, y un valor máximo de 0.018 mg/kg, por lo cual estos valores no excedieron los Estándares de calidad de los sedimentos marino costeros de la US – EPA.

Figura 8

Concentración de Cadmio mes de marzo



En los 10 puntos de monitoreo, durante el mes de marzo, se identificó (ver figura 8):

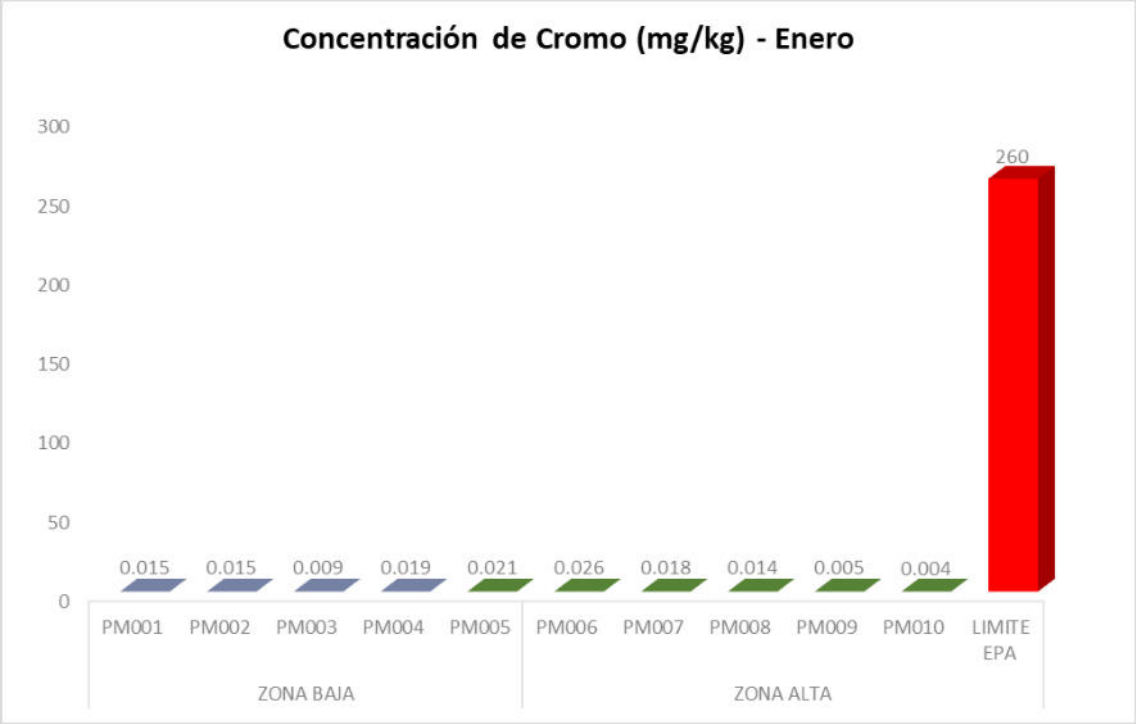
En la zona baja los puntos de monitoreo PM001, PM002, PM003, PM004 y PM005 no superaron la concentración máxima permitida (5.1 mg/Kg), con un valor mínimo del 0.011 mg/Kg, y un valor máximo de 0.018 mg/kg, por lo cual estos valores no excedieron los Estándares de calidad de los sedimentos marino costeros de la US – EPA.

En la zona alta los puntos de monitoreo PM006, PM007, PM008, PM009 y PM010 no superaron la concentración máxima permitida (5.1 mg/Kg), con un valor mínimo del 0.015 mg/Kg, y un valor máximo de 0.021 mg/kg, por lo cual estos valores no excedieron los Estándares de calidad de los sedimentos marino costeros de la US – EPA.

4.2.4 *Cromo*

Figura 9

Concentración de Cromo mes de enero



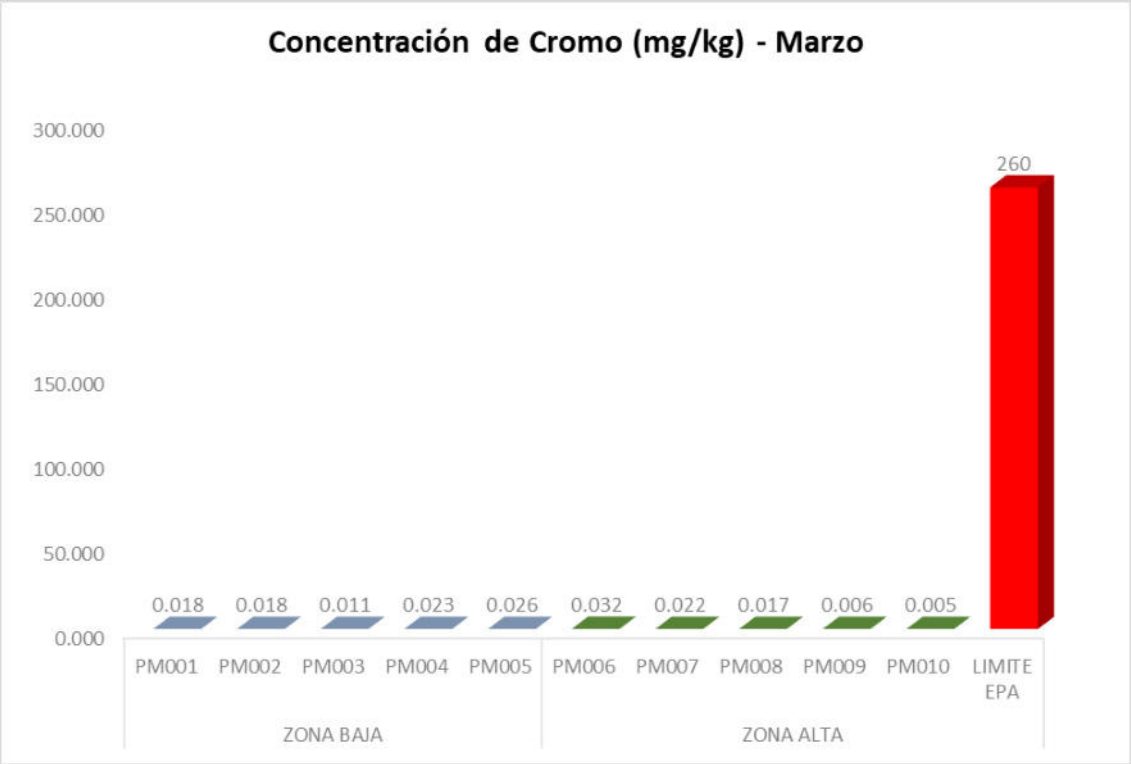
En los 10 puntos de monitoreo, durante el mes de enero, se identificó (ver figura 9):

En la zona baja los puntos de monitoreo PM001, PM002, PM003, PM004 y PM005 no superaron la concentración máxima permitida (260 mg/Kg), con un valor mínimo del 0.015 mg/Kg, y un valor máximo de 0.021 mg/kg, por lo cual estos valores no excedieron los Estándares de la US – EPA.

En la zona alta los puntos de monitoreo PM006, PM007, PM008, PM009 y PM010 no superaron la concentración máxima permitida (260 mg/Kg), con un valor mínimo del 0.004 mg/Kg, y un valor máximo de 0.026 mg/kg, por lo cual estos valores no excedieron los Estándares de la US – EPA.

Figura 10

Concentración de Cromo mes de marzo



En los 10 puntos de monitoreo, durante el mes de marzo, se identificó (ver figura 10):

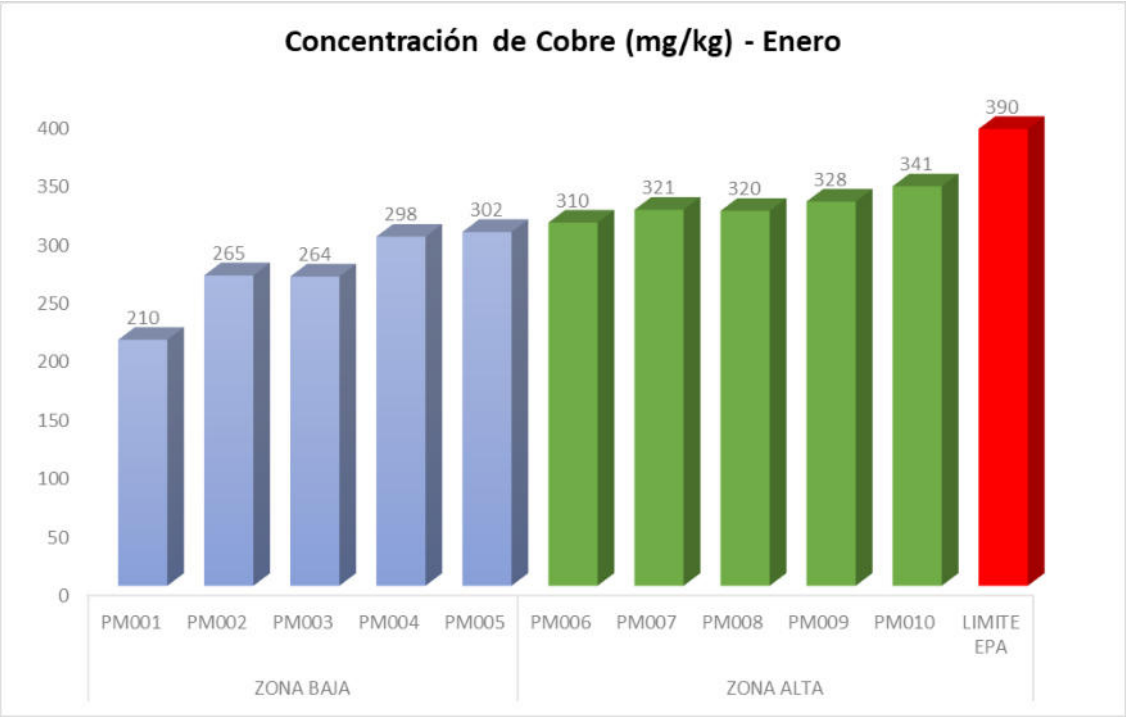
En la zona baja los puntos de monitoreo PM001, PM002, PM003, PM004 y PM005 no superaron la concentración máxima permitida (260 mg/Kg), con un valor mínimo del 0.011 mg/Kg, y un valor máximo de 0.026 mg/kg, por lo cual estos valores no excedieron los Estándares de calidad de los sedimentos marino costeros de la US – EPA.

En la zona alta los puntos de monitoreo PM006, PM007, PM008, PM009 y PM010 no superaron la concentración máxima permitida (260 mg/Kg), con un valor mínimo del 0.005 mg/Kg, y un valor máximo de 0.032 mg/kg, por lo cual estos valores no excedieron los Estándares de calidad de los sedimentos marino costeros de la US – EPA.

4.2.5 *Cobre*

Figura 11

Concentración de Cobre mes de enero



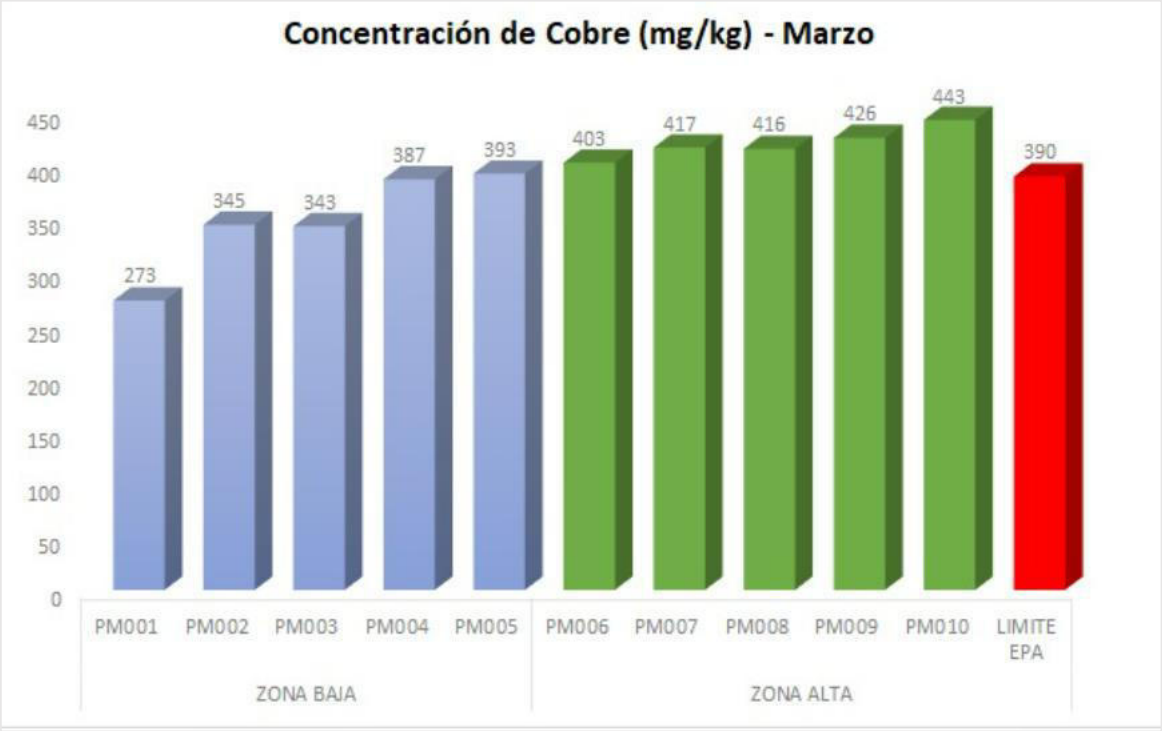
En los 10 puntos de monitoreo, durante el mes de enero, se identificó (ver figura 11):

En la zona baja los puntos de monitoreo PM001, PM002, PM003, PM004 y PM005 no superaron la concentración máxima permitida (390 mg/Kg), con un valor mínimo del 210 mg/Kg, y un valor máximo de 302 mg/kg, por lo cual estos valores no excedieron los Estándares de calidad de los sedimentos marino costeros de la US – EPA.

En la zona alta los puntos de monitoreo PM006, PM007, PM008, PM009 y PM010 no superaron la concentración máxima permitida (390 mg/Kg), con un valor mínimo del 310 mg/Kg, y un valor máximo de 341 mg/kg, por lo cual estos valores no excedieron los Estándares de calidad de los sedimentos marino costeros de la US – EPA.

Figura 12

Concentración de Cobre mes de marzo



En los 10 puntos de monitoreo, durante el mes de marzo, se identificó (ver figura 12):

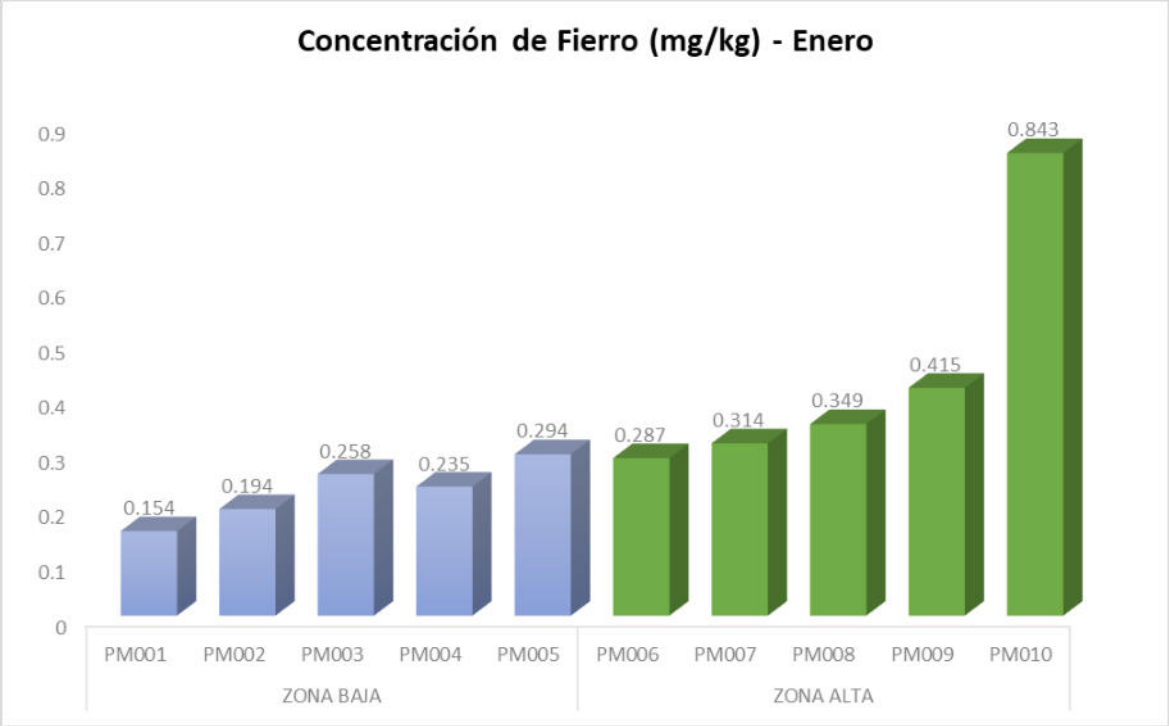
En la zona baja los puntos de monitoreo PM001, PM002, PM003, PM004 no superaron la concentración máxima permitida (390 mg/Kg); en el punto de monitoreo PM005 (392 mg/Kg) superó la concentración máxima permitida (390 mg/Kg), por lo cual este valor excede los Estándares de calidad de los sedimentos marino costeros de la US – EPA.

En la zona alta los puntos de monitoreo PM006, PM007, PM008, PM009 y PM010 superaron la concentración máxima permitida (390 mg/Kg), con un valor mínimo del 403 mg/Kg, y un valor máximo de 443 mg/kg, por lo cual estos valores excedieron los Estándares de calidad de los sedimentos marino costeros de la US – EPA

4.2.6 *Fierro*

Figura 13

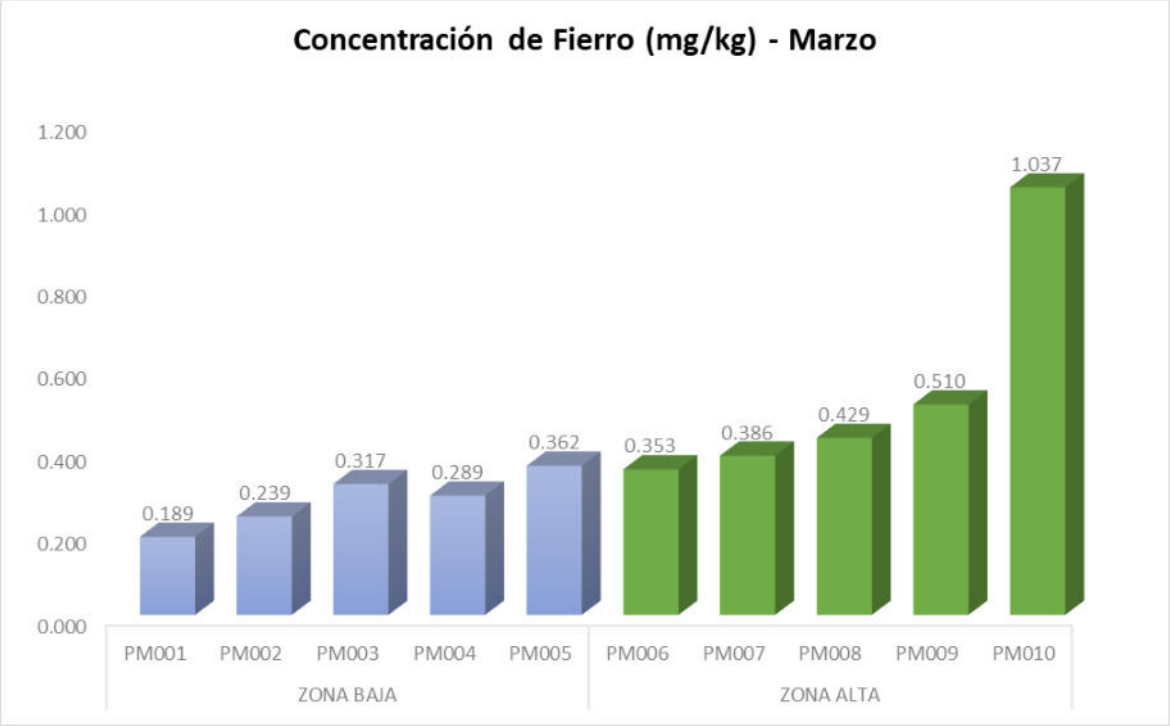
Concentración de Fierro en el mes de enero



Durante el mes de enero, no se puede afirmar si se superó la concentración, dado, que a la fecha actual no existen estándares de calidad ambiental en el ámbito internacional o nacional para regular este metal en sedimentos, sin embargo, se determinó en el punto PM001 un valor mínimo de 0.154 mg/Kg, y en el punto PM010 un valor máximo de 0.843 mg/Kg

Figura 14

Concentración de Fierro en el mes de marzo

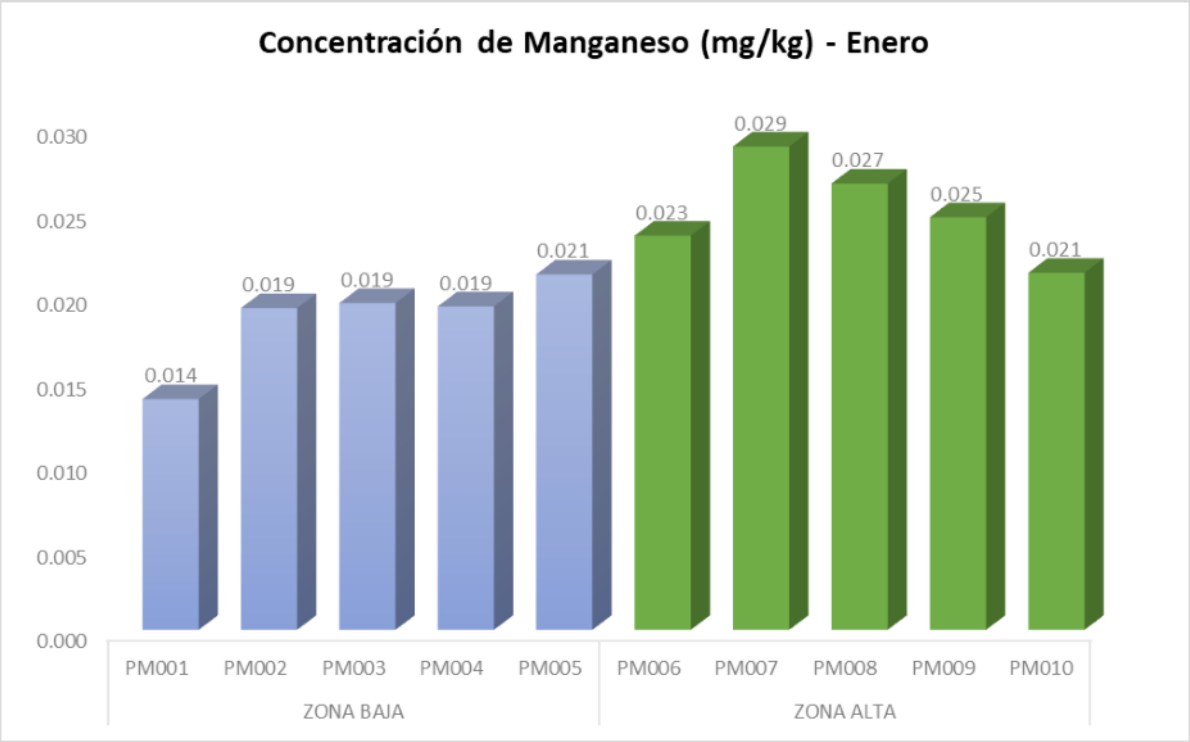


Durante el mes de marzo, no se puede afirmar si se superó la concentración, dado, que a la fecha actual no existen estándares de calidad ambiental en el ámbito internacional o nacional para regular este metal en sedimentos, sin embargo, se determinó en el punto PM001 un valor mínimo de 0.189 mg/Kg, y en el punto PM010 un valor máximo de 1.037 mg/Kg.

4.2.7. *Manganeso*

Figura 15

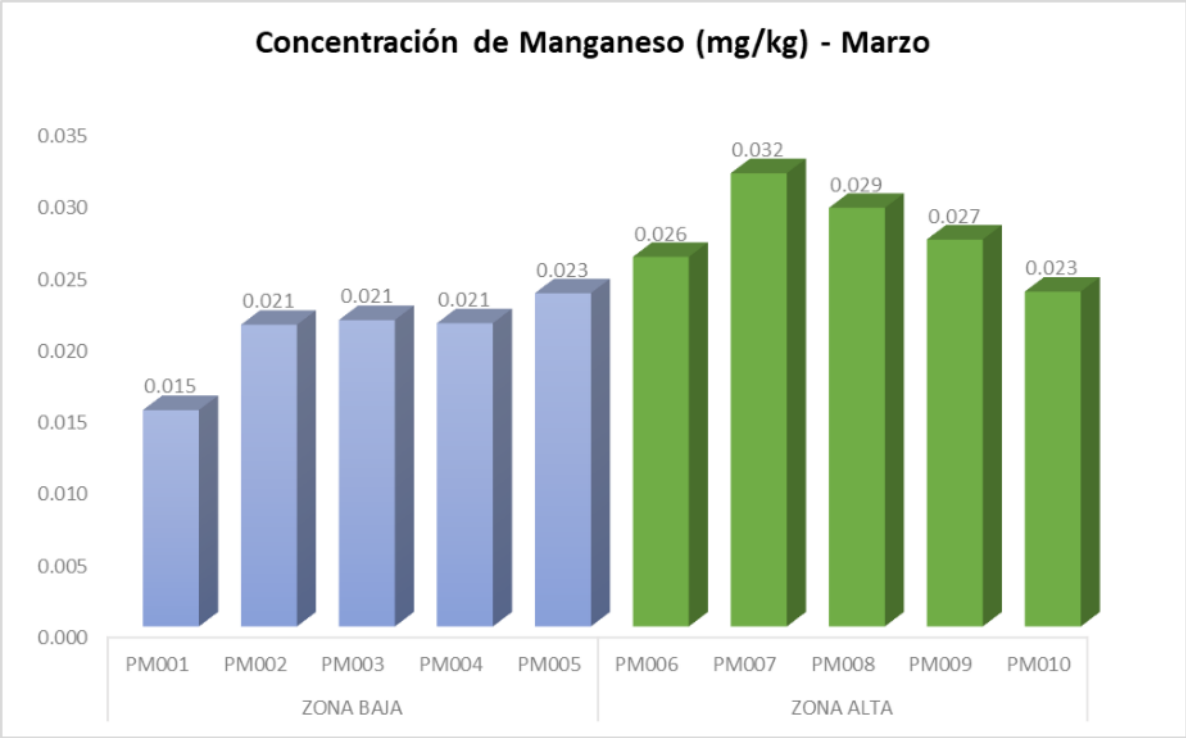
Concentración de Manganeso en el mes de enero



Durante el mes de enero, no se puede afirmar si se superó la concentración, dado, que a la fecha actual no existen estándares de calidad ambiental en el ámbito internacional o nacional para regular este metal en sedimentos, sin embargo, se determinó en el punto PM001 un valor mínimo de 0.014 mg/Kg, y en el punto PM007 un valor máximo de 0.029 mg/Kg.

Figura 16

Concentración de Manganeso en el mes de marzo

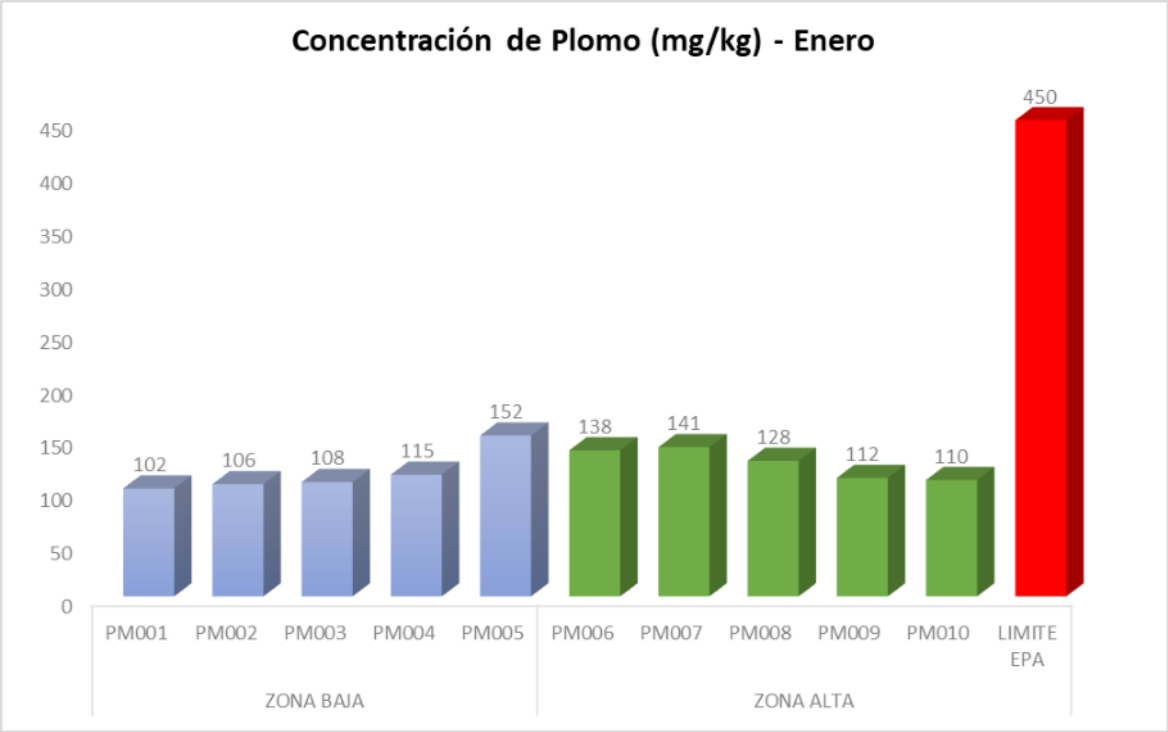


Durante el mes de marzo, no se puede afirmar si se superó la concentración, dado, que a la fecha actual no existen estándares de calidad ambiental en el ámbito internacional o nacional para regular este metal en sedimentos, sin embargo, se determinó en el punto PM001 un valor mínimo de 0.015 mg/Kg, y en el punto PM007 un valor máximo de 0.032 mg/Kg.

4.2.8. *Plomo*

Figura 17

Concentración de Plomo en el mes de enero



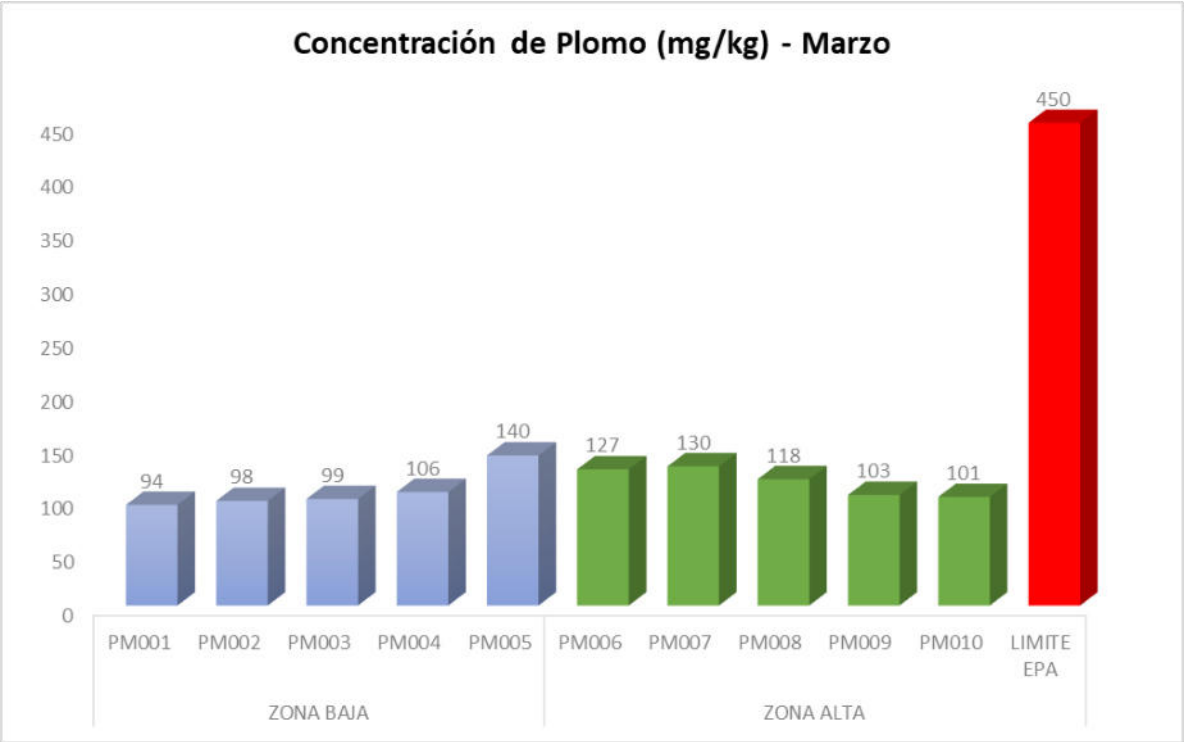
En los 10 puntos de monitoreo, durante el mes de enero, se identificó (ver figura 17):

En la zona baja los puntos de monitoreo PM001, PM002, PM003, PM004 y PM005 no superaron la concentración máxima permitida (450 mg/Kg), con un valor mínimo del 102 mg/Kg, y un valor máximo de 152 mg/Kg, por lo cual estos valores no excedieron los Estándares de calidad de los sedimentos marino costeros de la US – EPA.

En la zona alta los puntos de monitoreo PM006, PM007, PM008, PM009 y PM010 no superaron la concentración máxima permitida (450 mg/Kg), con un valor mínimo del 110 mg/Kg, y un valor máximo de 138mg/kg, por lo cual estos valores no excedieron los Estándares de calidad de los sedimentos marino costeros de la US – EPA.

Figura 18

Concentración de Plomo en el mes de marzo



En los 10 puntos de monitoreo, durante el mes de marzo, se identificó (ver figura 18):

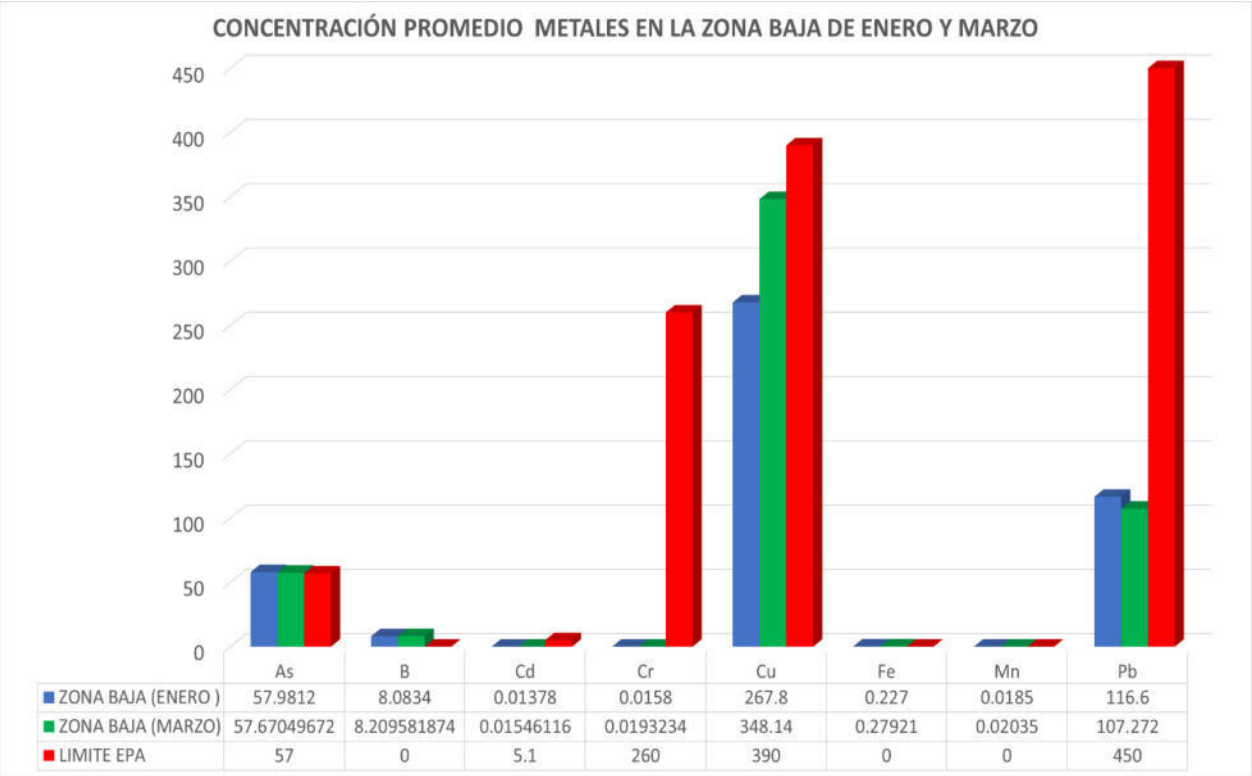
En la zona baja los puntos de monitoreo PM001, PM002, PM003, PM004 y PM005 no superaron la concentración máxima permitida (450 mg/Kg), con un valor mínimo del 94 mg/Kg, y un valor máximo de 140 mg/Kg, por lo cual estos valores no excedieron los Estándares de calidad de los sedimentos marino costeros de la US – EPA.

En la zona alta los puntos de monitoreo PM006, PM007, PM008, PM009 y PM010 no superaron la concentración máxima permitida (450 mg/Kg), con un valor mínimo del 101 mg/Kg, y un valor máximo de 127mg/Kg, por lo cual estos valores no excedieron los Estándares de calidad de los sedimentos marino costeros de la US – EPA.

4.3. Niveles de concentración promedio de metales pesados en sedimentos en la zona baja del rio Locumba en el mes de enero y marzo

Figura 19

Nivel de concentración promedio de metales pesados en la zona baja del río Locumba en el mes de enero y marzo



	As	B	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Pb
ZONA BAJA (ENERO)	57.9812	8.0834	0.01378	0.0158	267.8	0.227	0.0185	116.6
ZONA BAJA (MARZO)	57.67049672	8.209581874	0.01546116	0.0193234	348.14	0.27921	0.02035	107.272
LIMITE EPA	57	0	5.1	260	390	0	0	450

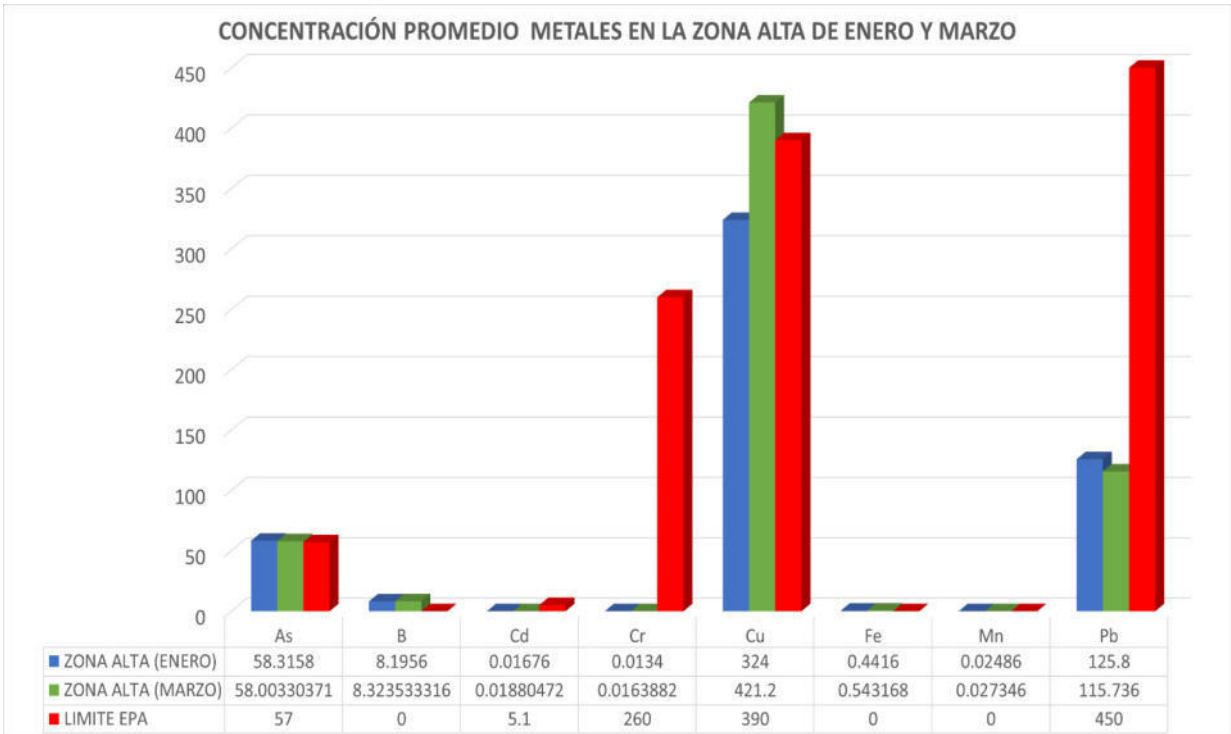
Dado que los puntos de monitoreo para la determinación de los niveles de concentración de metales pesados en sedimentos en la zona baja del rio Locumba son el N°1, N°2, N°3, N°4 y N°5, donde se muestreo en el mes de enero y marzo (véase anexo 12).

Donde podemos apreciar que los valores de los niveles de concentración podrían tener un comportamiento determinado, conforme los sedimentos son transportados desde la zona superior a la zona inferior, conforme los sedimentos son transportados desde la zona superior a la zona inferior, es decir, se podría explicar que el comportamiento se genera en base a las condiciones ambientales.

4.4. Niveles de concentración promedio de metales pesados en sedimentos en la zona alta del rio Locumba en el mes de enero y marzo

Figura 20

Nivel de concentración promedio de metales pesados en la zona alta del río Locumba en el mes de enero y marzo



	As	B	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Pb
ZONA ALTA (ENERO)	58.3158	8.1956	0.01676	0.0134	324	0.4416	0.02486	125.8
ZONA ALTA (MARZO)	58.00330371	8.323533316	0.01880472	0.0163882	421.2	0.543168	0.027346	115.736
LIMITE EPA	57	0	5.1	260	390	0	0	450

Dado que los puntos de monitoreo para la determinación de los niveles de concentración de metales pesados en sedimentos en la zona alta del rio Locumba son el N°6, N°7, N°8, N°9 y N°10, donde se muestreo en el mes de enero y marzo (véase anexo 13).

Donde podemos apreciar que los valores de los niveles de concentración, podrían tener un comportamiento determinado, conforme los sedimentos son transportados desde la zona superior a la zona inferior, es decir, se podría explicar que el comportamiento se genera en base a las condiciones ambientales.

4.5. Comparación de los niveles de concentración de metales pesados en sedimentos del rio Locumba en la zona alta y baja

Como la investigación es comparativo, se va comparar en dos niveles

Tabla 4

Prueba Estadística de Acuerdo al Tipo de Variables: Para Objetivo Comparativo

<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">Variables de Estudio y Categorías</td><td>Pruebas Paramétricas</td></tr>
<tr><td>Concentración de metales pesados en las muestras de Sedimentos</td></tr>
<tr><td>08 metales pesado evaluados (As, B, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn y Pb)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Variable
Para Variable</td><td>Pruebas Paramétricas con objetivos Comparativos

Para Variable Numérica continua</td></tr>
<tr><td>▪ Para estudios transversales
▪ Para muestras independientes</td><td>Para 02 grupos (02 zona del rio locumba)
▪ Zona baja del rio Locumba
▪ Zona alta del rio Locumba</td><td>▪ T de student para muestra independientes.</td></tr>
<tr><td>▪ Para estudios Longitudinales
▪ Para muestras relacionadas</td><td>Se aplica cuando se tiene dos (02) medidas de los grupos estudiados (zonas del rio locumba)</td><td>▪ T de student para muestra relacionadas.</td></tr>
</table>

Nota. Basado en la matriz de pruebas estadísticas de acuerdo al tipo de variable para objetivos estadísticos (Supo, 2017).

4.5.1. *Comparar las concentraciones tomadas en el mismo mes, pero en distintas zonas. Es un estudio de tipo transversal (un solo momento)*

Ho: Los promedios de las medias de las concentraciones de los metales de la zona baja son iguales a la zona alta.

H1: Los promedios de las medias de las concentraciones de los metales de la zona baja NO son iguales a la zona alta.

Estadísticamente se puede expresar de este modo

$$H_0 : \mu_i = \mu_j$$
$$H_a : \mu_i \neq \mu_j$$

La prueba de hipótesis se realiza con el estadístico: t de Student para muestras independientes, para aplicar esta prueba es preciso que cumpla los 2 criterios: que las muestras de la población tomada tengan distribución normal y que sus varianzas sean iguales. Se aplica para comparar promedios en grupo de muestras relativamente pequeños (n < 30)

Estimando estadísticos de tendencia central y de variabilidad, como la media, mediana y desviación estándar , utilizando gráficos de análisis para la variabilidad como lo son los diagramas de cajas y bigotes, y aplicando pruebas paramétricas como t-students para muestras independientes, pudo obtenerse los siguientes resultados comparativos para los niveles de concentración de metales pesados en sedimentos del rio Locumba en la zona alta y baja para los dos momentos considerados en la investigación es decir, muestras analizadas del mes de enero del 2021 y muestras analizadas del mes de marzo para el mismo año:

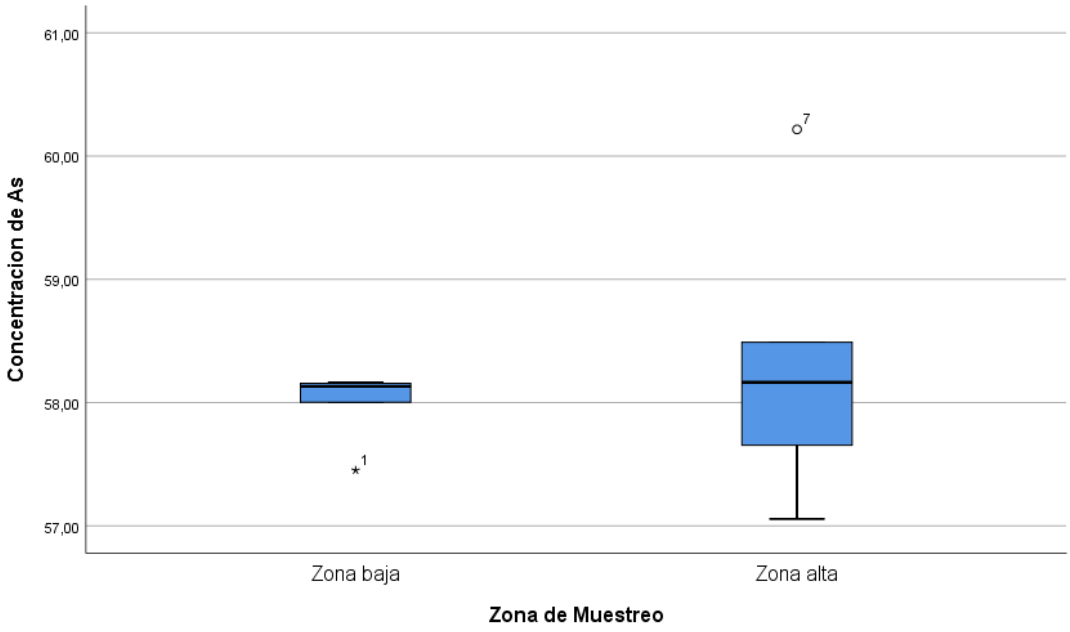
Tabla 5

Estadísticos descriptivos de las concentraciones de los metales pesados por zonas, evaluadas en el mes de enero – 2021

Zonas evaluadas	Parámetros Estadísticos	Concentración de los metales pesados en mg/Kg de los sedimentos							
		As	B	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Pb
Baja	Media	57.9812	8.0834	0.0138	0.0158	267.8000	0.2270	0.0185	116.6000
	Desv. Desviación	0.30357	0.36391	0.00275	0.00460	36.89444	0.05462	0.00280	20.34207
	Varianza	0.092	0.132	0.000	0.000	1361.200	0.003	0.000	413.800
Alta	Media	58.3158	8.1956	0.0168	0.0134	324.0000	0.4416	0.0249	125.8000
	Desv. Desviación	1.19257	0.33370	0.00185	0.00921	11.46734	0.22945	0.00288	14.35967
	Varianza	1.422	0.111	0.000	0.000	131.500	0.053	0.000	206.200

Figura 21

Diagrama de cajas y bigotes para As enero 2021

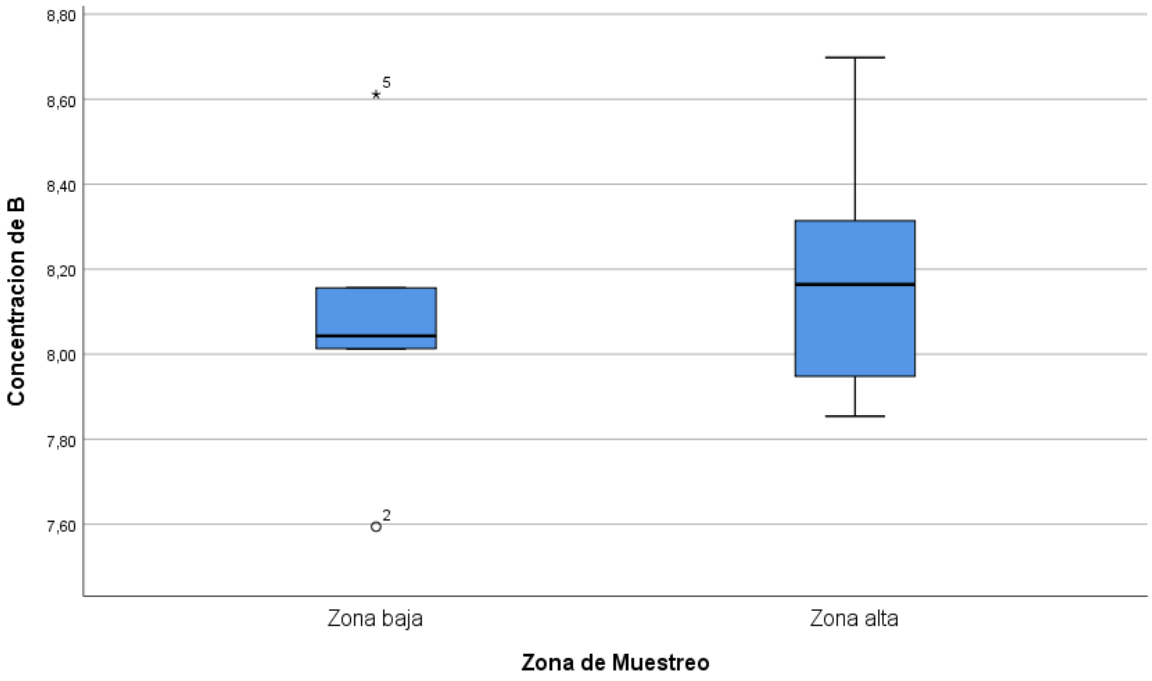


De acuerdo a los resultados descriptivos expuestos en la Tabla 5, se pudo observarse que, para el caso del As la media en la parte baja fue 57.9812 y su desviación estándar de 0.30357, caso contrario tenemos en la parte alta un resultado, cuya media fue 58.3158 y su desviación es 1.19257. Esto, se fue contrastado con un diagrama de cajas y bigotes para observar el grado de dispersión de los datos.

Si bien, con respecto a la media los registros de concentración son muy similares, de acuerdo a la Figura 21, en el diagrama de cajas y bigotes para el As se observa un mayor rango de variabilidad o dispersión de datos en la zona alta, muy por el contrario, en la zona baja existe poca variabilidad. No obstante, se consideran valores similares porque sus medias y sus desviaciones estándar para cada zona caen dentro de las cajas.

Figura 22

Diagrama de cajas y bigotes para B enero 2021



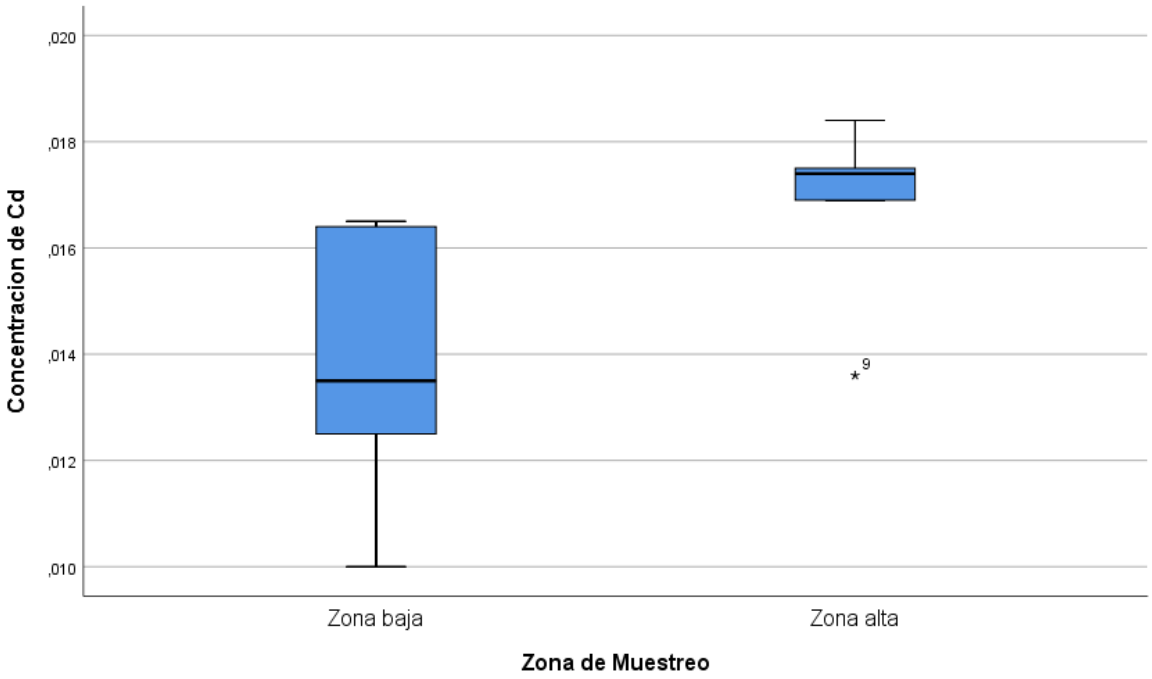
De igual manera, considerando la comparación con base a la tabla descriptiva 5 para el caso del B, se puede inferir que, la media en la parte baja es 8.0834 y su desviación estándar de 0.36391, caso contrario tenemos que, en la parte alta, la media es 8.1956 y su desviación es 0.33370.

Así mismo el contraste grafico de las concentraciones de B para ambas zonas dieron como resultado el siguiente análisis:

En relación al B, las medias son muy similares o existe mínima diferencia, pero también se observa en el grafico 22 una dispersión de datos muy próximas, por lo tanto, se consideran que ambas zonas presentan valores similares, porque ambas medias están dentro de las cajas.

Figura 23

Diagrama de cajas y bigotes para Cd enero 2021

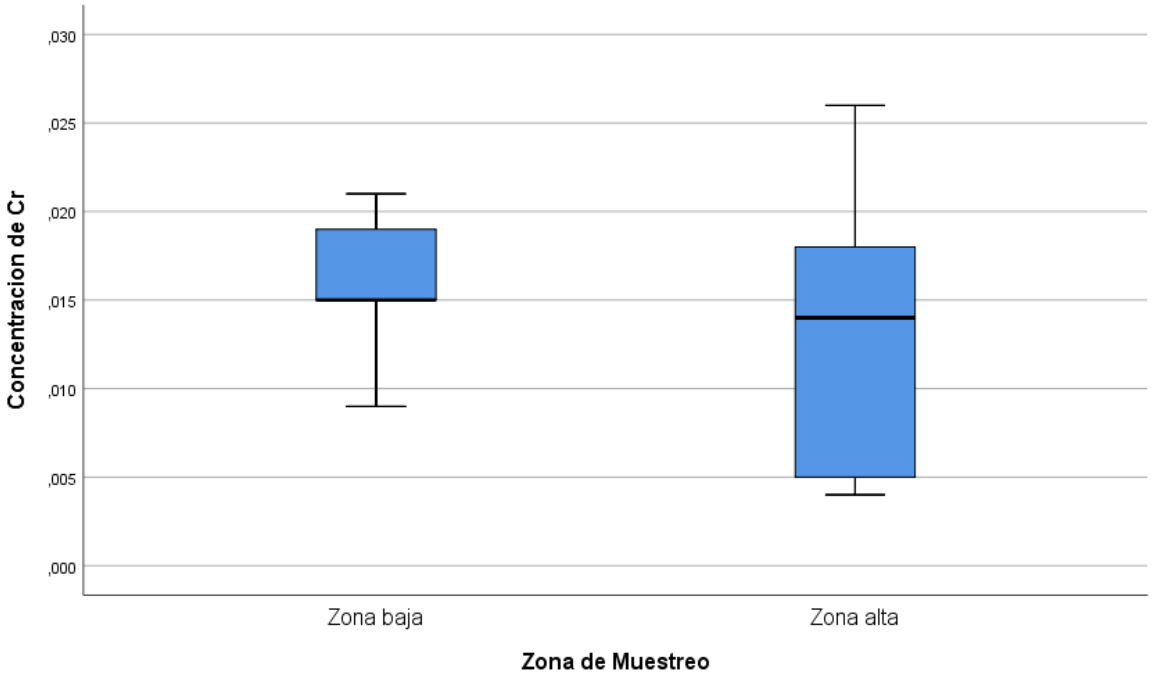


Para el caso del Cd, en la Tabla 5 se puede evidenciar que la media en ambas zonas en mínima, en lo relacionado a la parte baja es 0.0138 y su desviación estándar de 0.00275, para el caso de la parte alta, se obtuvo una media de concentración del metal de 0.0168 y una desviación estándar de 0.00185.

Con respecto a la media, los registros de Cd para ambas zonas son muy similares o existe mínima diferencia, pero se observa en la Figura 23 un mayor rango de variabilidad o dispersión de datos en la zona alta, muy por el contrario, en la zona baja existe poca variabilidad. Sin embargo, se consideran valores similares porque sus medias y su Desviaciones estándar caen dentro de las cajas.

Figura 24

Diagrama de cajas y bigotes para Cr enero 2021

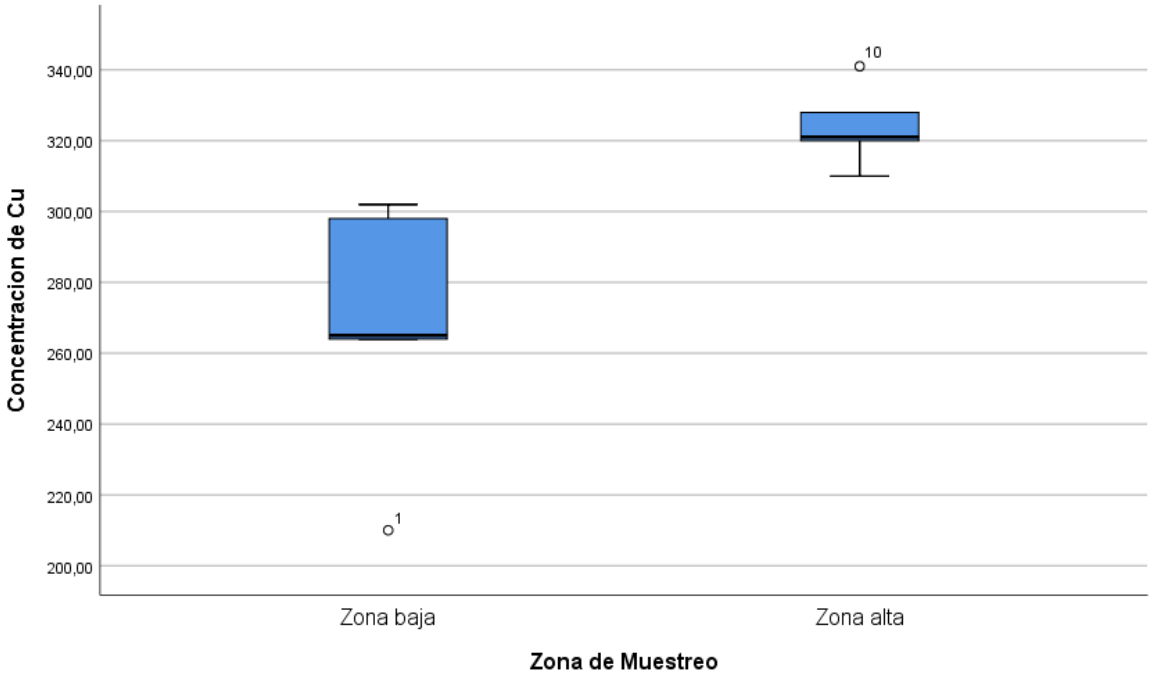


Para el caso del Cr, las medias y desviaciones en las diferentes zonas como en el caso anterior, resultan mínimas en términos de la concentración del metal. Esto es, para la parte baja 0.0158 y una desviación estándar de 0.0046, y para la parte alta,0.0134 y una desviación es 0.00921.

Con respecto a la media, los resultados de concentración del Cr fueron muy similares o presentaron una mínima diferencia en ambas zonas, pero se observa un mayor rango de variabilidad o dispersión de datos en la zona alta, muy por el contrario, en la zona baja existe poca variabilidad. Sin embargo, se consideran valores similares porque sus medias y sus desviaciones estándar caen dentro de las cajas.

Figura 25

Diagrama de cajas y bigotes para CU enero 2021

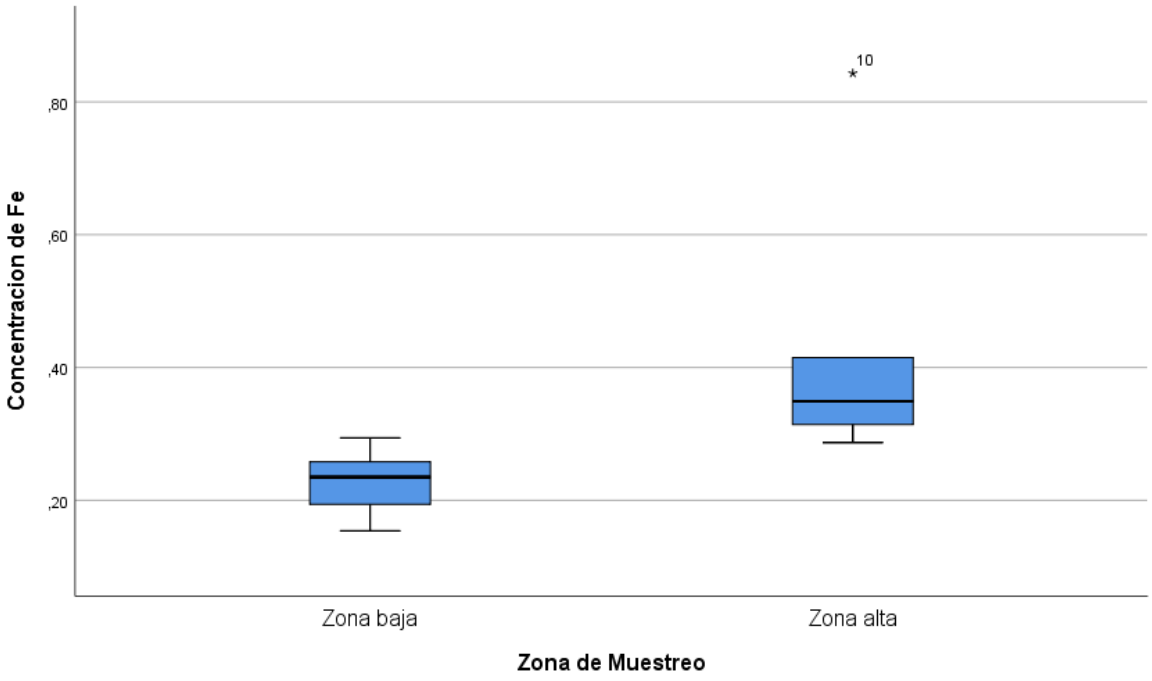


Para el caso del Cu, al analizar las medias y desviaciones en las diferentes zonas mediante la Tabla 5 se puede observar que, la media en la parte baja es 267.8000 y su desviación estándar es de 36.89444, caso contrario tenemos en la parte alta, cuya media es 324.0000 y su desviación es 11.46734.

Con respecto a la media son muy similares o existe mínima diferencia, pero se observa un mayor rango de variabilidad o dispersión de datos en la zona alta, muy por el contrario, en la zona baja existe poca variabilidad. Sin embargo, se consideran valores similares porque sus medias y su desviación estándar caen dentro de las cajas.

Figura 26

Diagrama de cajas y bigotes para Fe enero 2021

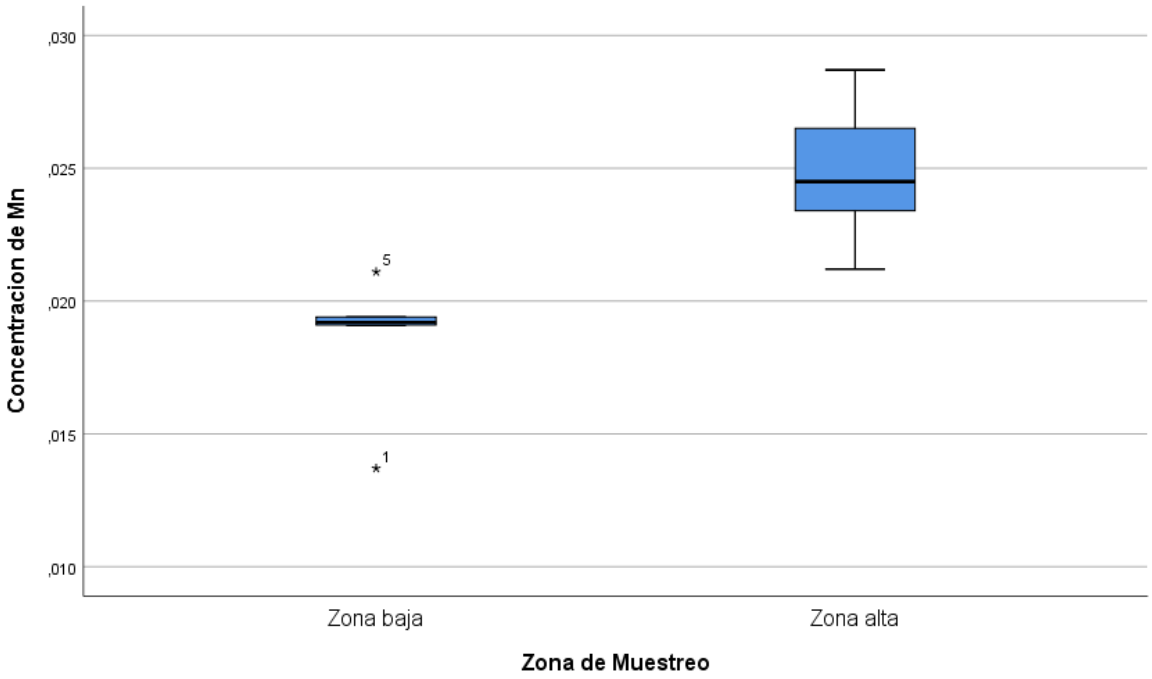


Al revisar el caso del Fe, se puede observar de acuerdo a la Tabla 5 que, la media en la parte baja es 0.2270 y su desviación estándar de 0.05462, caso contrario tenemos en la parte alta, cuya media es 0.4416 y su desviación es 0.22945.

Con respecto a la media son muy similares o existe mínima diferencia, pero se observa un mayor rango de variabilidad o dispersión de datos en la zona alta, muy por el contrario, en la zona baja existe poca variabilidad. Sin embargo, se consideran valores similares porque sus medias y sus desviaciones estándar caen dentro de las cajas.

Figura 27

Diagrama de cajas y bigotes para Mn enero 2021

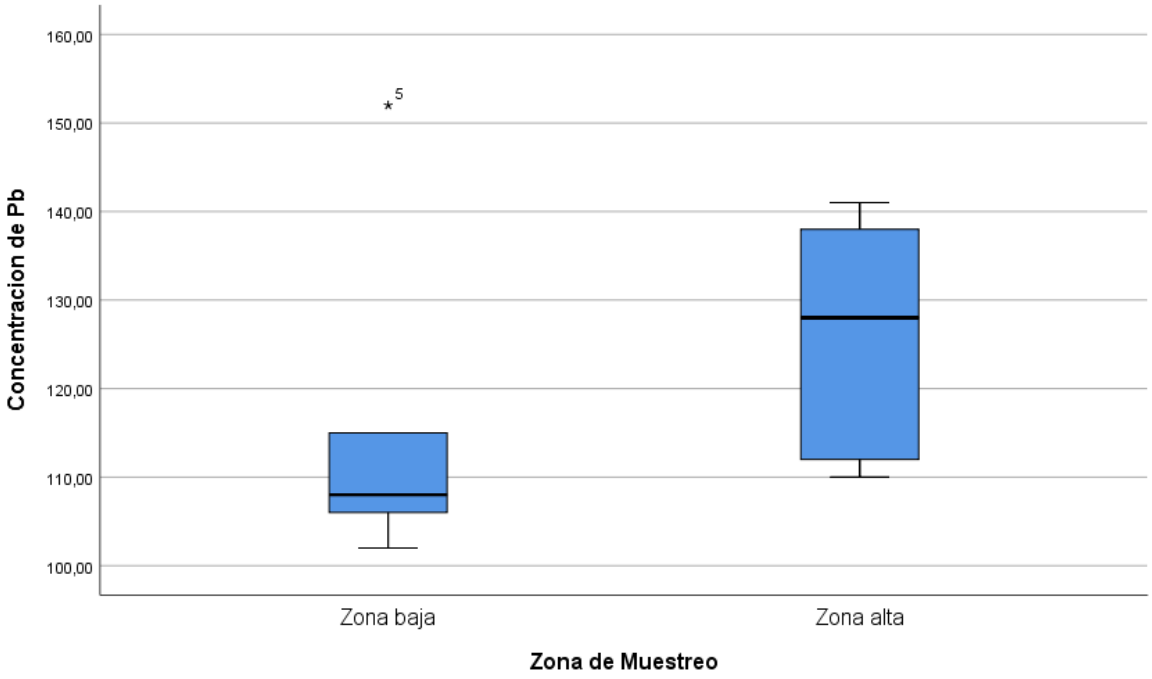


Para el caso del Mn, se puede observar de acuerdo a la Tabla 4 que, la media en la parte baja es 0.0185 y su desviación estándar de 0.00280, caso contrario tenemos en la parte alta, cuya media es 0.0249 y su desviación es 0.00288.

Con respecto a la media son muy similares o existe mínima diferencia, pero se observa un mayor rango de variabilidad o dispersión de datos en la zona alta, muy por el contrario, en la zona baja existe poca variabilidad. Sin embargo, se consideran valores similares porque sus medias y sus desviaciones estándar caen dentro de las cajas.

Figura 28

Diagrama de cajas y bigotes para Pb enero 2021



Para el caso del Pb, se puede observar que la media en la parte baja es 116.6000 y su desviación estándar de 20.34207, caso contrario tenemos en la parte alta, cuya media es 125.8000 y su desviación estándar es 14.35967.

Con respecto a la media son muy similares o existe mínima diferencia, pero se observa un mayor rango de variabilidad o dispersión de datos en la zona alta, muy por el contrario, en la zona baja existe poca variabilidad. Sin embargo, se consideran valores similares porque sus medias y sus desviaciones estándar caen dentro de las cajas.

Para las concentraciones de metales evaluadas en el mes de marzo del 2021 los resultados obtenidos fueron los siguientes:

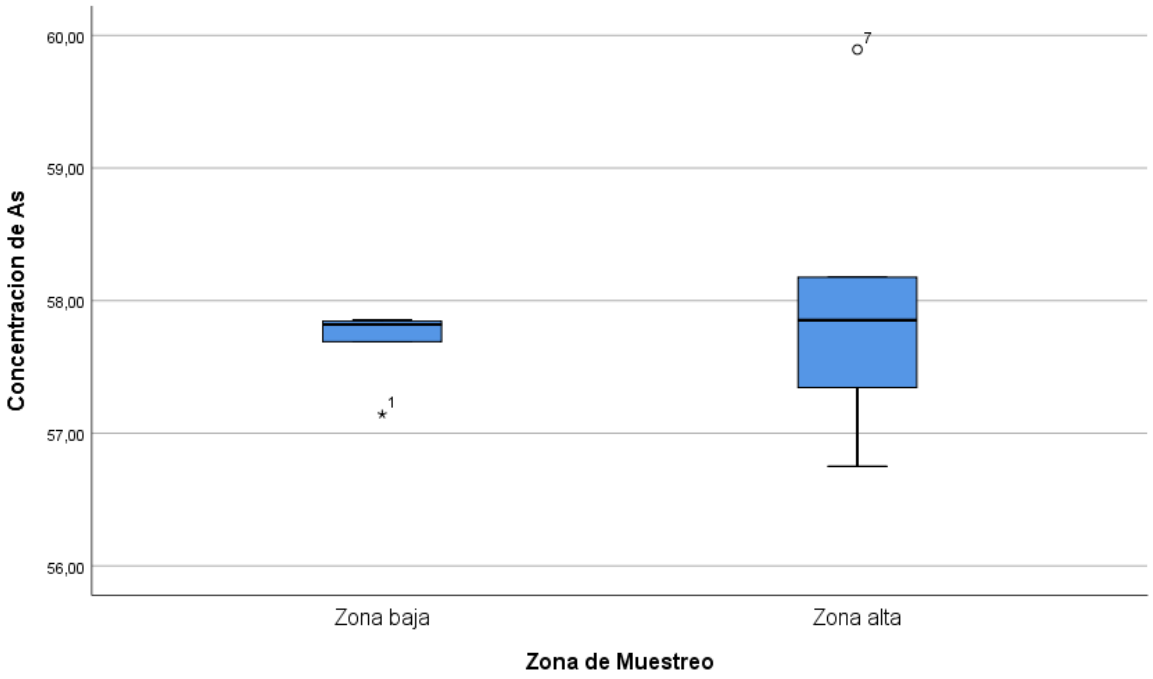
Tabla 6

Estadísticos descriptivos de las concentraciones de los metales pesados por zonas, evaluadas en el mes de marzo – 2021

Zonas evaluadas	Parámetros Estadísticos	Concentración de los metales pesados en mg de los sedimentos							
		As	B	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Pb
Baja	Media	57.670	8.210	0.015	0.019	348.200	0.279	0.020	107.400
	Desv. Desviación	0.302	0.369	0.003	0.006	47.971	0.067	0.003	18.730
	Varianza	0.091	0.136	0.000	0.000	2301.200	0.005	0.000	350.800
Alta	Media	58.003	8.324	0.019	0.016	421.000	0.543	0.027	115.800
	Desv. Desviación	1.186	0.339	0.002	0.011	14.782	0.282	0.003	13.368
	Varianza	1.407	0.115	0.000	0.000	218.500	0.080	0.000	178.700

Figura 29

Diagrama de cajas y bigotes para As marzo 2021

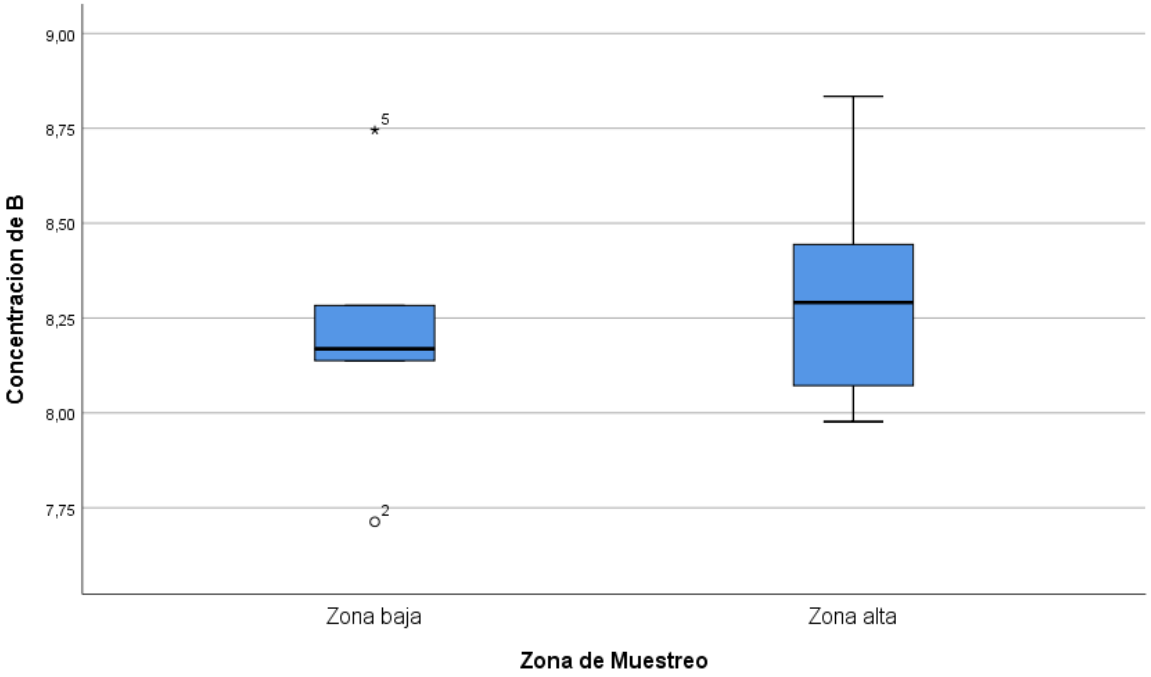


De acuerdo a los resultados descriptivos expuestos en la Tabla 6, se puede observarse que, para el caso del As la media en la parte baja fue 57.670 y su desviación estándar de 0.302, caso contrario tenemos en la parte alta un resultado, cuya media fue 58.003 y su desviación es 1.186. Esto, fue contrastado con un diagrama de cajas y bigotes para observar el grado de dispersión de los datos.

Con respecto a la media son muy similares o existe mínima diferencia, pero se observa un mayor rango de variabilidad o dispersión de datos en la zona alta, muy por el contrario, en la zona baja existe poca variabilidad. Sin embargo, se consideran valores similares porque sus medias y sus desviaciones estándar caen dentro de las cajas.

Figura 30

Diagrama de cajas y bigotes para B marzo 2021

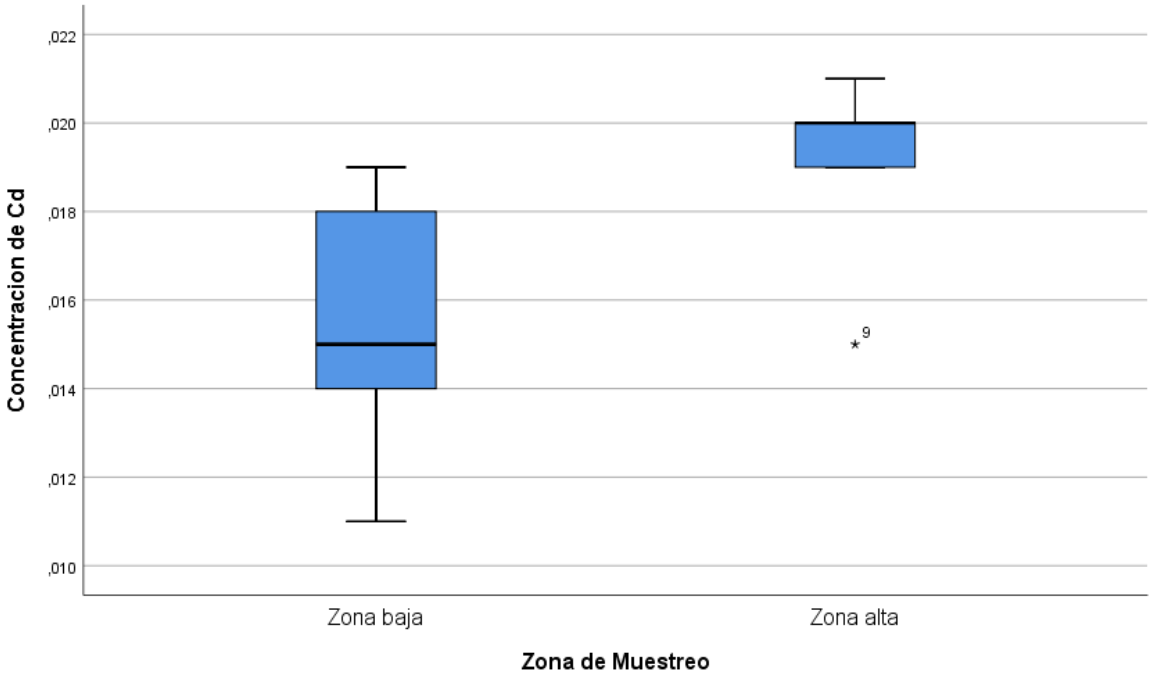


Para el caso del B, Se puede observar que la media en la parte baja es 8.210 y su desviación estándar de 0.369, caso contrario tenemos en la parte alta, cuya media es 8.324 y su desviación es 0.339.

Con respecto a la media son muy similares o existe mínima diferencia, pero se observa un mayor rango de variabilidad o dispersión de datos en la zona alta, muy por el contrario, en la zona baja existe poca variabilidad. Sin embargo, se consideran valores similares porque sus medias y sus desviaciones estándar caen dentro de las cajas.

Figura 31

Diagrama de cajas y bigotes para Cd marzo 2021

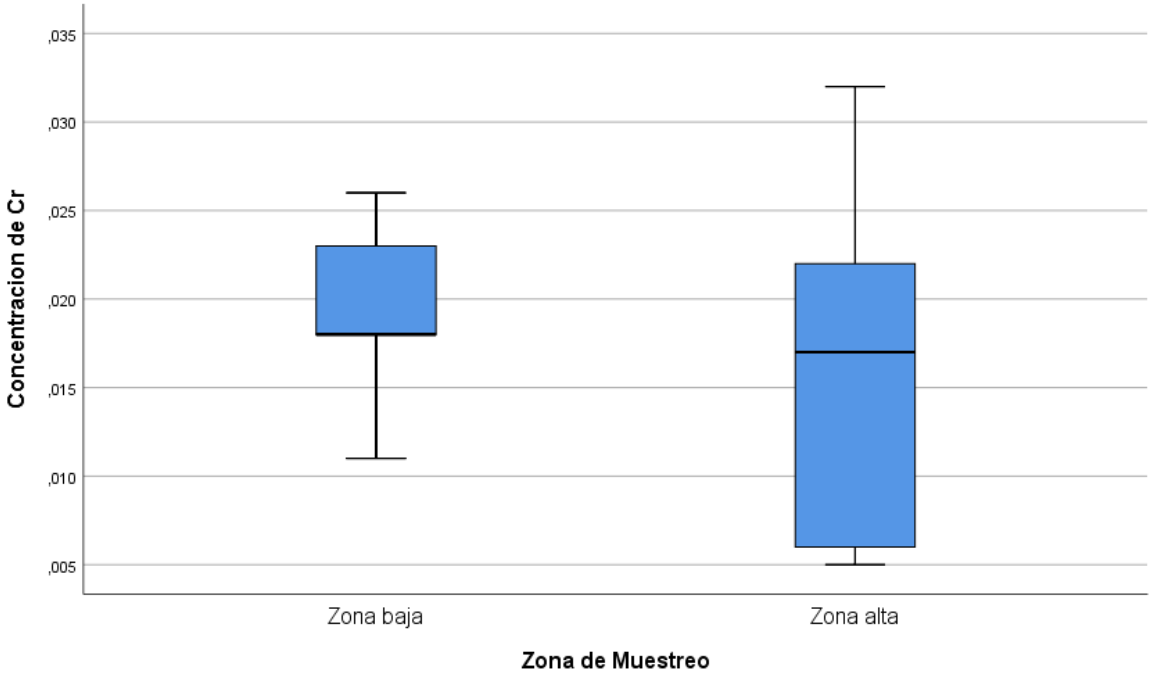


Para el caso del Cd, Se puede observar que la media en la parte baja es 0.015 y su desviación estándar de 0.003, caso contrario tenemos en la parte alta, cuya media es 0.019 y su desviación es 0.002.

Con respecto a la media son muy similares o existe mínima diferencia, pero se observa un mayor rango de variabilidad o dispersión de datos en la zona alta, muy por el contrario, en la zona baja existe poca variabilidad. Sin embargo, se consideran valores similares porque sus medias y sus desviaciones estándar caen dentro de las cajas.

Figura 32

Diagrama de cajas y bigotes para Cr marzo 2021

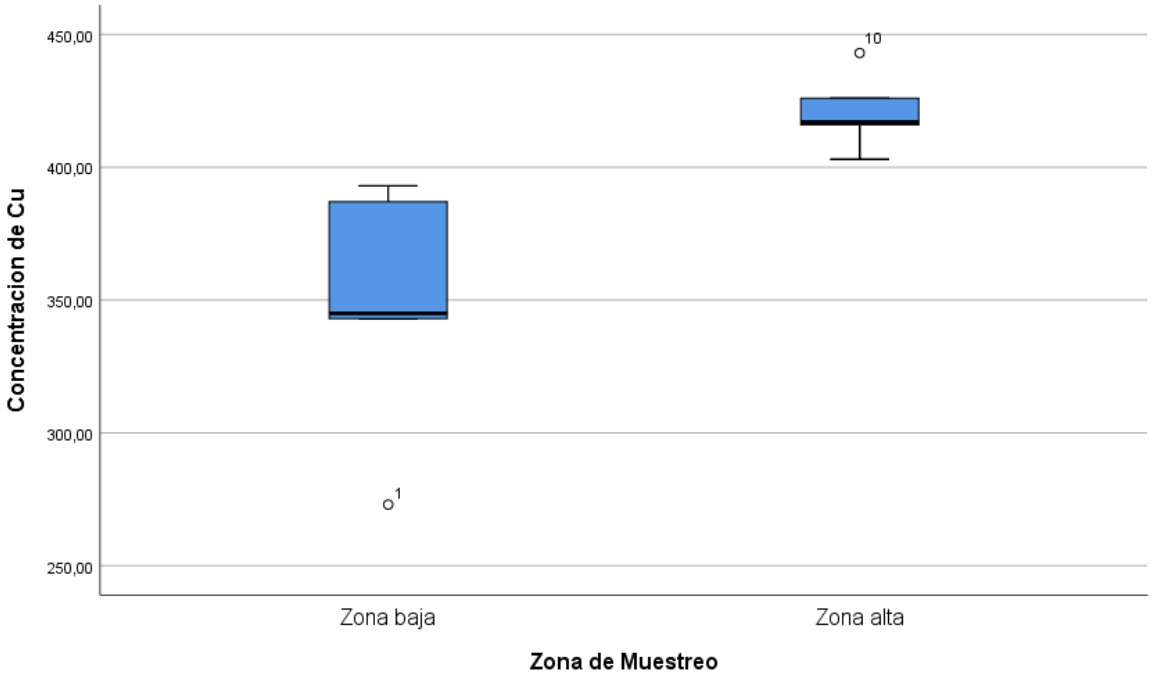


Para el caso del Cr, Se puede observar que la media en la parte baja es 0.019 y su desviación estándar de 0.006, caso contrario tenemos en la parte alta, cuya media es 0.016 y su desviación es 0.011.

Con respecto a la media son muy similares o existe mínima diferencia, pero se observa un mayor rango de variabilidad o dispersión de datos en la zona alta, muy por el contrario, en la zona baja existe poca variabilidad. Sin embargo, se consideran valores similares porque sus medias y sus desviaciones estándar caen dentro de las cajas.

Figura 33

Diagrama de cajas y bigotes para Cu marzo 2021

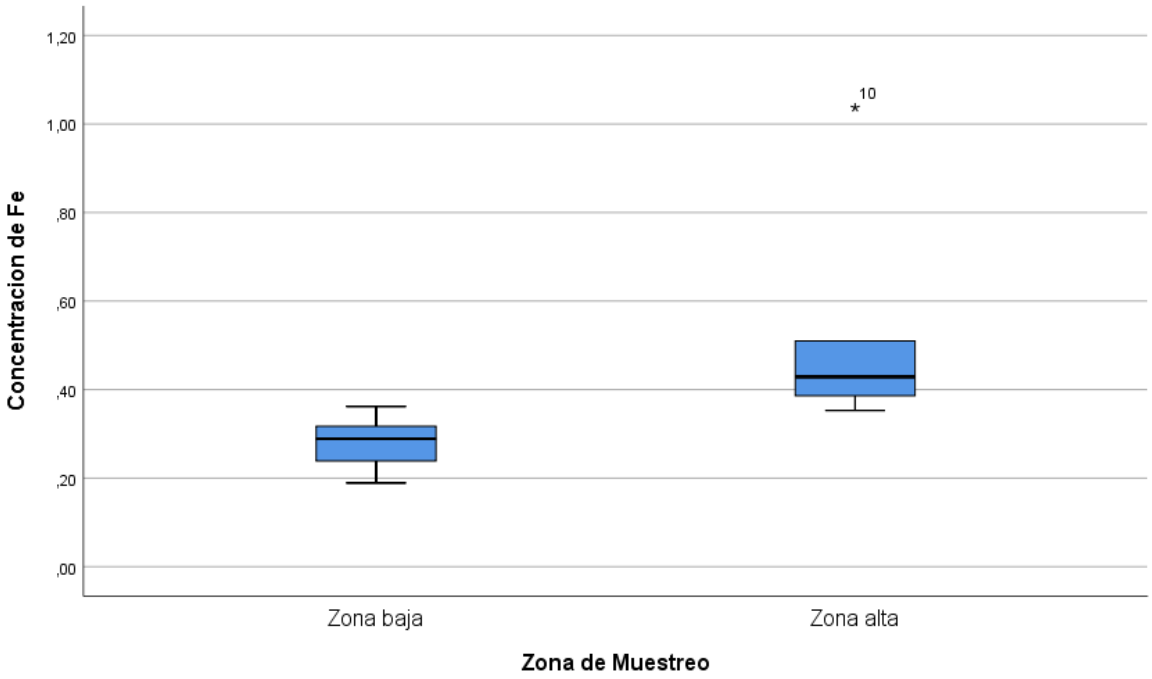


Para el caso del Cu, Se puede observar que la media en la parte baja es 348.200 y su desviación estándar de 47.971, caso contrario tenemos en la parte alta, cuya media es 421.000 y su desviación es 14.782.

Con respecto a la media son muy similares o existe mínima diferencia, pero se observa un mayor rango de variabilidad o dispersión de datos en la zona alta, muy por el contrario, en la zona baja existe poca variabilidad. Sin embargo, se consideran valores similares porque sus medias y sus desviaciones estándar caen dentro de las cajas.

Figura 34

Diagrama de cajas y bigotes para Fe marzo 2021

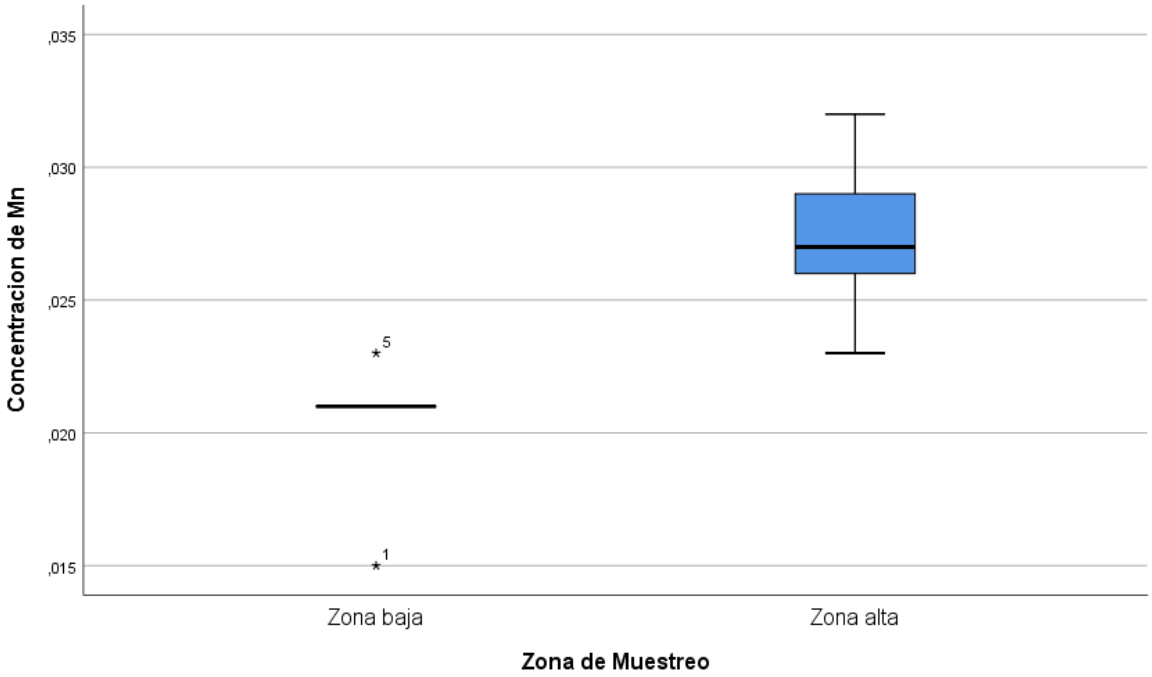


Para el caso del Fe, Se puede observar que la media en la parte baja es 0.279 y su desviación estándar de 0.067, caso contrario tenemos en la parte alta, cuya media es 0.543 y su desviación es 0.282.

Con respecto a la media son muy similares o existe mínima diferencia, pero se observa un mayor rango de variabilidad o dispersión de datos en la zona alta, muy por el contrario, en la zona baja existe poca variabilidad. Sin embargo, se consideran valores similares porque sus medias y sus desviaciones estándar caen dentro de las cajas.

Figura 35

Diagrama de cajas y bigotes para Mn marzo 2021

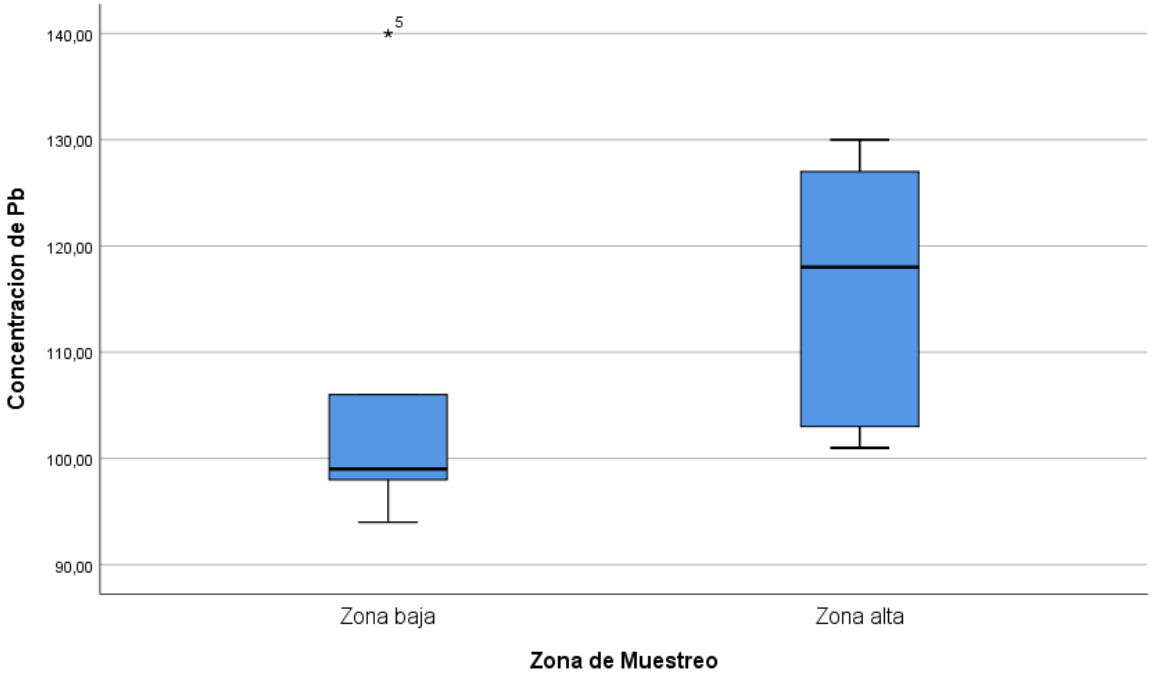


Para el caso del Mn, Se puede observar que la media en la parte baja es 0.020 y su desviación estándar de 0.003, caso contrario tenemos en la parte alta, cuya media es 0.027 y su desviación es 0.003.

Con respecto a la media son muy similares o existe mínima diferencia, pero se observa un mayor rango de variabilidad o dispersión de datos en la zona alta, muy por el contrario, en la zona baja existe poca variabilidad. Sin embargo, se consideran valores similares porque sus medias y sus desviaciones estándar caen dentro de las cajas.

Figura 36

Diagrama de cajas y bigotes para Pb marzo 2021



Para el caso del Pb, Se puede observar que la media en la parte baja es 107.400 y su desviación estándar de 18.730, caso contrario tenemos en la parte alta, cuya media es 115.800 y su desviación es 13.368

Con respecto a la media son muy similares o existe mínima diferencia, pero se observa un mayor rango de variabilidad o dispersión de datos en la zona alta, muy por el contrario, en la zona baja existe poca variabilidad. Sin embargo, se consideran valores similares porque sus medias y sus desviaciones estándar caen dentro de las cajas.

Pruebas estadísticas paramétricas

Para la aplicación de pruebas estadísticas paramétricas, se buscó validar el cumplimiento de los siguientes condicionantes: variables numéricas, normalidad de los datos, y homogeneidad de los datos (igualdad de varianzas).

Prueba de hipótesis para emplear Procedimientos Estadísticos Paramétricos

Para utilizar los procedimientos estadísticos paramétricos, es requisito indispensable que se cumpla con 02 supuesto:

- Normalidad: La condición de normalidad implica que todos los datos de la variable aleatoria tengan una distribución normal.

- Homogeneidad de las varianzas: La condición de homogeneidad de las varianzas implica que los grupos medidos son homogéneos.

Para este primer propósito, se plante las Hipótesis para la prueba de normalidad de la variable aleatoria (concentración de los metales en los sedimentos), el cumplimiento de este supuesto, nos permite optar el uso de las pruebas paramétricas. Según la tabla 4 referido a los objetivos comparativos, nos presenta 02 tipos de variables, una variable fija y otra variable aleatoria, la variable fija presenta dos (02) categoría, zona baja del rio locumba y zona alta del rio locumba. Por su parte la variable aleatoria para nuestro caso seria los valores de las concentraciones de los 8 elementos evaluados, esta variable es numérica continua, porque presenta números decimales y proviene del análisis del laboratorio.

Con respecto a las variables fijas, también pueden ser definidos como estudios transversales (una sola medida) o estudios longitudinales cuando se toma más de una medida como es el caso de nuestro estudio (se tomó medidas en el mes de enero y en el mes de marzo).

Planteamiento del contraste de hipótesis para el supuesto de normalidad

Para validar el cumplimiento del supuesto de normalidad, se plantearon las siguientes hipótesis:

Ho: La distribución de los valores de las variables aleatorias (concentraciones de los metales) tienen distribución normal.

H_1: La distribución de los valores de las variables aleatoria (concentraciones de los metales) NO tienen distribución normal.

Nota: Debemos precisar que todos estos cálculos para la prueba de hipótesis se realizan al 95% de confianza y 5% de significancia.

Criterio de decisión

Si p > = 0.05 aceptamos la nula “Ho” y rechazamos la H1 (hipótesis alterna).

Si p < 0.05 rechazamos la nula “Ho” y aceptamos la H1

El cumplimiento de este supuesto, nos permite optar por el uso de las pruebas paramétricas.

Prueba Estadística: Para el supuesto de normalidad con Kolmogorov-Smirnov o Shapiro -Wilk

Según algunos autores afirman que la prueba de Kolmogorov - Smirnov solo se aplica para cuando la cantidad de los datos son mayores a 50 datos y se aplica la prueba de Shapiro -Wilk, cuando la cantidad de datos son menores a 50. Otros autores toman como referente los 30 datos.

Tabla 7

Resultado de la prueba de normalidad con los Datos Tomados en el mes de enero

Pruebas de normalidad							
	Zona de Muestreo	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Concentración de As	Zona baja	0,327	5	0,085	0,710	5	0,012
	Zona alta	0,242	5	0,200*	0,931	5	0,606
Concentración de B	Zona baja	0,223	5	0,200*	0,953	5	0,757
	Zona alta	0,171	5	0,200*	0,946	5	0,712
Concentración de Cd	Zona baja	0,230	5	0,200*	0,915	5	0,496
	Zona alta	0,330	5	0,079	0,815	5	0,106
Concentración de Cr	Zona baja	0,231	5	0,200*	0,943	5	0,685
	Zona alta	0,219	5	0,200*	0,930	5	0,595
Concentración de Cu	Zona baja	0,259	5	0,200*	0,883	5	0,325
	Zona alta	0,203	5	0,200*	0,965	5	0,845
Concentración de Fe	Zona baja	0,158	5	0,200*	0,987	5	0,966
	Zona alta	0,346	5	0,050	0,737	5	0,022
Concentración de Mn	Zona baja	0,385	5	0,015	0,792	5	0,069
	Zona alta	0,150	5	0,200*	0,993	5	0,990
Concentración de Pb	Zona baja	0,331	5	0,076	0,757	5	0,035
	Zona alta	0,232	5	0,200*	0,876	5	0,291

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Para determinar si cumple con la hipótesis de normalidad se compara los resultados del P-valor (sig. de Kolmogorov-Smirnov o Shapiro -Wilk) con el valor de 0.05, que significa 5% de significancia = 0.05. Como vemos que todos los P-valor del Kolmogorov-Smirnov están por encima del 0.05 o son mayores de 0.05, por lo tanto, nos quedamos con la hipótesis nula. De Igual manera para los resultados con el estadístico de Shapiro -Wilk, exceptuando los marcados con rojo

(Concentración de As en zona baja y concentración de Pb igual de zona baja), todos son mayores que 0.05, por tanto, nos quedamos con la hipótesis nula.

Con estos resultados podemos aceptar la hipótesis nula, que dice "Ho: Los valores de las variables aleatorias (concentraciones de los metales) tienen distribución normal"

Tabla 8

Resultado de la prueba de normalidad con los Datos Tomados en el mes de marzo

Pruebas de normalidad							
	Zona de Muestreo	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Concentración de As	Zona baja	0,327	5	0,085	0,710	5	0,012
	Zona alta	0,242	5	0,200*	0,931	5	0,606
Concentración de B	Zona baja	0,223	5	0,200*	0,953	5	0,757
	Zona alta	0,171	5	0,200*	0,946	5	0,710
Concentración de Cd	Zona baja	0,191	5	0,200*	0,958	5	0,794
	Zona alta	0,300	5	0,161	0,813	5	0,103
Concentración de Cr	Zona baja	0,217	5	0,200*	0,955	5	0,773
	Zona alta	0,221	5	0,200*	0,927	5	0,574
Concentración de Cu	Zona baja	0,257	5	0,200*	0,887	5	0,344
	Zona alta	0,207	5	0,200*	0,962	5	0,823
Concentración de Fe	Zona baja	0,158	5	0,200*	0,987	5	0,970
	Zona alta	0,347	5	0,049	0,736	5	0,022
Concentración de Mn	Zona baja	0,404	5	0,008	0,768	5	0,044
	Zona alta	0,147	5	0,200*	0,995	5	0,994
Concentración de Pb	Zona baja	0,330	5	0,080	0,753	5	0,032
	Zona alta	0,231	5	0,200*	0,879	5	0,305
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.							
a. Corrección de significación de Lilliefors							

Del mismo modo, para determinar si el dato del mes de marzo cumple con la hipótesis de normalidad, se compara los resultados del P-valor (sig. de Kolmogorov-Smirnov o Shapiro -Wilk) con el valor de 0.05, que significa 5% de significancia = 0.05. Como vemos que todos los P-valor del Kolmogorov-Smirnov (excepto el valor de conc. Mn zona baja) están por encima del 0.05 o son mayores de 0.05, nos quedamos con la

hipótesis nula. De Igual manera para los resultados con el estadístico de Shapiro -Wilk, exceptuando los marcados con rojo (Concentración de As en zona baja, Fe en zona alta y concentración de Pb igual de zona baja), todos son mayores que 0.05, por tanto, nos quedamos con la hipótesis nula. Estos valores pueden deberse algún tipo de sesgo en la medición.

Con estos resultados podemos aceptar la hipótesis nula, que dice "Ho: Los valores de las variables aleatorias (concentraciones de los metales) tienen distribución normal".

Planteamiento de la hipótesis para el supuesto de varianzas iguales homocedasticidad

Ho: Los valores de las variables aleatorias (concentraciones de los metales) tienen varianzas iguales

H1: Los valores de las variables aleatoria (concentraciones de los metales) NO tienen varianzas iguales

Nota: Debemos precisar que todos estos cálculos para la prueba de hipótesis se realizan al 95% de confianza y 5% de significancia.

Criterio de decisión

Si p > = 0.05 aceptamos la Ho y rechazamos la H1 (hipótesis alterna)

Si p < 0.05 rechazamos la Ho y aceptamos la H1

Comparación de las medias de las concentraciones de la zona baja con la zona alta – con datos de enero 2021

Tabla 9
Prueba de Levene para homocedasticidad y estadistico de prueba para la t de Student para muestras independientes (zona baja y zona alta)- mes de enero 2021

Se asumen varianzas iguales. Para todos los casos.		Prueba de Levene - de igualdad de varianzas		Prueba t para la igualdad de medias		
				Estadistico de prueba	Sig. (bilateral)	Diferencias de medias
N°	Elementos comparados	Estad.F (Fisher)	Sig. P-valor	t	2 colas	02 zonas evaluadas (Baja y alta)
1	Concentración de As	3.184	0.112	-0.608	0.560	-0.33460
2	Concentración de B	0.004	0.954	-0.508	0.625	-0.11220
3	Concentración de Cd	1.159	0.313	-2.011	0.079	-0.00298
4	Concentración de Cr	2.479	0.154	0.521	0.616	0.00240
5	Concentración de Cu	2.620	0.144	-3.253	0.012	-56.20000
6	Concentración de Fe	3.299	0.107	-2.035	0.076	-0.21460
7	Concentración de Mn	0.067	0.802	-3.540	0.008	-0.00636
8	Concentración de Pb	0.139	0.719	-0.826	0.433	-9.20000

Con respecto a la prueba de LEVENE, los valores de P-valor, son mayores que 0.05, por lo tanto, se asume que tienen varianza homogéneas o iguales.

En términos generales No se rechaza la hipótesis nula, es decir no hay evidencias suficientes para aceptar la hipótesis alterna en su totalidad.

Sin embargo, podemos destacar que, para los casos de Cu y Mn, nos quedamos con la hipótesis alterna que dice "Que los resultados de la muestra existen diferencia significativa entre la zona baja y la zona alta".

Comparación de las medias de las concentraciones de la zona baja con la zona alta – con datos de marzo 2021

Tabla 10

Prueba de Levene para homocedasticidad y estadistico de prueba para la t de Student para muestras independientes (zona baja y zona alta)- mes de marzo 2021

Se asumen varianzas iguales. Para todos los casos.		Prueba de Levene - de igualdad de varianzas		Prueba t para la igualdad de medias		
				Estadistico de prueba	Sig. (bilateral)	Diferencias de medias
N°	Elementos comparados	Estad. F (Fisher)	Sig. P-valor	t	2 colas	02 zonas evaluadas (Baja y alta)
1	Concentración de As	3.188	0.112	-0.608	0.560	-0.33300
2	Concentración de B	0.004	0.951	-0.509	0.625	-0.11400
3	Concentración de Cd	0.788	0.401	-2.025	0.077	-0.00360
4	Concentración de Cr	2.308	0.167	0.493	0.635	0.00280
5	Concentración de Cu	2.626	0.144	-3.243	0.012	-72.80000
6	Concentración de Fe	3.301	0.107	-2.032	0.077	-0.26380
7	Concentración de Mn	0.108	0.751	-3.556	0.007	-0.00720
8	Concentración de Pb	0.122	0.736	-0.816	0.438	-8.40000

Con respecto a la prueba de LEVENE, los valores de P-valor, son mayores que 0.05, por lo tanto, se asume que tienen varianza homogéneas o iguales.

En términos generales No se rechaza la hipótesis nula, es decir no hay evidencias suficientes para aceptar la hipótesis alterna en su totalidad.

Sin embargo, podemos destacar que, para los casos de Cu y Mn, nos quedamos con la hipótesis alterna que dice "Que los resultados de la muestra existen diferencia significativa entre la zona baja y la zona alta".

4.5.2. *Comparar las concentraciones tomadas en diferentes meses (enero y marzo) estudio comparativo para un estudio longitudinal*

Para comparar los resultados obtenidos en enero y marzo, se realizó un estudio comparativo con el siguiente objetivo: saber si existe diferencia significativa en la concentración de los metales encontrados en los sedimentos, es decir se buscó saber si aumento o disminuyo la concentración con el paso del tiempo.

Para lo anterior, se planteó la siguiente hipótesis: ¿la temporalidad tendrá una influencia en la variación de los datos?

La prueba estadística paramétrica utilizada fue t-Student para muestras relacionadas. Esto se trata de las mismas zonas en dos momentos diferentes.

Esto significa que vamos a conocer si hay un incremento o una disminución en la concentración de metales, es decir se planteara la hipótesis de dos colas.

Se consideraron las siguientes hipótesis de contraste:

Ho: No existe diferencia de las concentraciones de metales pesados en sedimentos muestreados en el mes de enero y mes de marzo.

H1: Existe diferencia de las concentraciones de metales pesados en sedimentos muestreados en el mes de enero y mes de marzo.

Prueba estadística: t de student para muestras relacionadas (emparejadas), porque se trata de las mismas zonas evaluadas en 2 momentos (enero y marzo)

Tabla 11

Estadísticos para muestras emparejadas

Estadísticas de muestras emparejadas

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Concentración de As Enero	581,485	10	,83914	,26536
	Concentración de As Marzo	578,367	10	,83463	,26393
Par 2	Concentración de B Enero	81,395	10	,33444	,10576
	Concentración de B Marzo	82,666	10	,33951	,10736
Par 3	Concentración de Cd Enero	,0153	10	,00271	,00086
	Concentración de Cd Marzo	,0172	10	,00326	,00103
Par 4	Concentración de Cr Enero	,0146	10	,00698	,00221
	Concentración de Cr Marzo	,0178	10	,00859	,00272
Par 5	Concentración de Cu Enero	2,959,000	10	3,925,260	1,241,276
	Concentración de Cu Marzo	3,846,000	10	5,091,212	1,609,983
Par 6	Concentración de Fe Enero	,3343	10	,19369	,06125
	Concentración de Fe Marzo	,4111	10	,23828	,07535
Par 7	Concentración de Mn Enero	,0217	10	,00429	,00136
	Concentración de Mn Marzo	,0238	10	,00485	,00153
Par 8	Concentración de Pb Enero	1,212,000	10	1,729,354	546,870
	Concentración de Pb Marzo	1,116,000	10	1,596,663	504,909

Tabla 12

Prueba del estadístico t para determinar el P-valor sobre las concentraciones de los metales encontrados en las muestras tomadas en el mes de enero y en el mes de marzo – 2021

N° de par	Estadisticos y el P- valor de las Diferencias emparejadas				
	Diferencias emparejadas	Media	Desv. Desviación	t	Sig. (bilateral)
Par 1	Conc. de As Enero - Conc. de As Marzo	0.31180	0.00452	218.304	0.000
Par 2	Conc. de B Enero – Conc. de B Marzo	- 0.12710	0.00509	-79.010	0.000
Par 3	Conc. de Cd Enero – Conc. de Cd Marzo	-0.00193	0.00060	-10.234	0.000
Par 4	Con. de Cr Enero – Conc. de Cr Marzo	-0.00320	0.00162	-6.249	0.000
Par 5	Conc. de Cu Enero – Conc. de Cu Marzo	-88.7000	11.66238	-24.051	0.000
Par 6	Conc. de Fe Enero – Conc. de Fe Marzo	-0.07680	0.04458	-5.447	0.000
Par 7	Conc. de Mn Enero – Conc. de Mn Marzo	-0.00212	0.00059	-11.321	0.000
Par 8	Conc. de Pb Enero – Conc. de Pb Marzo	9.600	1.34990	22.489	0.000

Toma de decisión

Comparando el P-valor (sig. bilateral) de las diferencias emparejadas con valor de 0.005

Si P< 0.05 rechazamos la hipótesis Nula y nos quedamos con la hipótesis alterna o del investigador. Como se puede observar en la última columna los valores son 0.000

Se concluye que estadísticamente existe diferencia entre los valores de las muestras tomadas en el mes de enero y el mes de marzo

4.6. Discusión de resultados

A partir de los hallazgos encontrados, aceptamos la hipótesis nula general que estable que los niveles de concentración de metales pesados (As, B, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn y Pb) en sedimentos entre la zona alta y zona baja del rio locumba de la región Tacna no son diferentes.

Dado que los estudios sobre la evaluación o comparación de los niveles de concentración de metales pesados en sedimentos de cuerpos de agua superficiales son escasos, procedemos a discutir los resultados de los metales de nuestra investigación: As, B, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn y Pb, a nivel regional y nacional con estudios relacionados a la concentración de metales pesados.

Estos resultados guardan relación con lo que sostiene Lupaca (2014), de acuerdo al informe para la Autoridad Nacional del Agua (ANA). Los resultados en la cuenca Locumba se ha realizado el muestreo de aguas superficiales y sedimentos en la Laguna Suches, Río Callazas , después de la confluencia con el río azufre Chico ,antes del ingreso a la laguna Aricota, en el rio Locumba, luego del vertimiento no autorizado del distrito Locumba , antes de la captación Bocatoma de lte y antes del ingreso a los Humedales de lte (Carretera Costanera); se detectó que el arsénico total en el punto Rlocu3 (Rio Locumba aguas abajo , luego del vertimiento no autorizado del Rio Locumba) se cuantificó un valor de 23,7 mg/Kg de Arsénico Total , excediendo el valor guía PEL (17 mg/Kg) y valor guía ISQG (5,9 mg/Kg) . En Rlocu5 (Rio Locumba, antes de la captación Bocatoma de Ite) se cuantificó un valor de 53 mg/Kg de arsénico Total, excediendo

el valor guía PEL (17 mg/Kg) y valor guía ISQG (5,9 mg/Kg). En Rlocu6 (Rio Locumba antes de su ingreso a los Humedales de Ite) se cuantificó un valor de 182,3 mg/Kg de Arsénico Total, excediendo el valor guía PEL (17 mg/Kg) y valor guía ISQG (5,9 mg/Kg).

En cadmio total en sedimento Rlocu3 se cuantificó un valor de 1,12mg/Kg, excediendo el valor guía ISQG (0,6 mg/Kg) y encontrándose dentro del valor guía PEL (3,5 mg/Kg). Rlocu5. En sedimento se cuantificó 0,82 mg/Kg, excediendo el valor guía ISQG (0,6 mg/Kg) y encontrándose dentro del PEL (3,5 mg/Kg). En RLocu6 se cuantificó un valor de 0,67 mg/Kg de cadmio total, excediendo el valor guía ISQG (0,6 mg/Kg) y encontrándose dentro del valor guía PEL (3,5 mg/Kg).

En cobre total en sedimento Rlocu6 se cuantificó un valor de 39,76 mg/Kg, excediendo el valor guía ISQG (35,7 mg/Kg) y encontrándose dentro del valor guía PEL (197 mg/Kg). En el resto de los puntos muestreados no se encontró valores de cobre que pudieran exceder los valores de las guías.

En cromo total en sedimento Rlocu3 se cuantificó un valor de 5,26 mg/Kg, debajo de la guía ISQG (37,30 mg/Kg) y encontrándose dentro del valor guía PEL (90 mg/Kg). Rlocu5 en sedimento se cuantificó 3,26 mg/Kg, por debajo de guía ISQG (37,30 mg/Kg) y encontrándose dentro del PEL (90 mg/Kg). En RLocu6 se cuantificó un valor de 1,92 mg/Kg, debajo de la guía ISQG (37,30 mg/Kg) y encontrándose dentro del valor guía PEL (90 mg/Kg).

En plomo total en sedimento Rlocu3 se cuantificó un valor de 5,81 mg/Kg, debajo de la guía ISQG (35 mg/Kg) y encontrándose dentro del valor guía PEL (91,3 mg/Kg). Rlocu5 en sedimento se cuantificó 4,8 mg/Kg, por debajo de guía ISQG (35 mg/Kg) y encontrándose dentro del PEL (91.3 mg/Kg). En RLocu6 se cuantificó un valor de 3,76 mg/Kg, debajo de la guía ISQG (35 mg/Kg) y encontrándose dentro del valor guía PEL (91.3 mg/Kg).

En Fierro total en sedimento Rlocu3 se cuantificó un valor de 8205 mg/Kg, en Rlocu5 en sedimento se cuantificó 6595 mg/Kg y en RLocu6 se cuantificó un valor de 6052 mg/Kg, para estos metales no se evidencia un valor estandarizado en las guías ISQG y PEL.

En Manganeso total en sedimento Rlocu3 se cuantificó un valor de 2540,6 mg/Kg, en Rlocu5 en sedimento se cuantificó 2507,8 mg/Kg y en RLocu6 se cuantificó un valor de 2915,0 mg/Kg, para este metal no se evidencia un valor estandarizado en la guía ISQG y PEL.

En Boro total en sedimento Rlocu3 se cuantificó un valor de <0.3 mg/Kg, en Rlocu5 en sedimento se cuantificó 6.2 mg/Kg y en RLocu6 se cuantificó un valor de 32,4 mg/Kg, para este metal no se evidencia un valor estandarizado en la guía ISQG y PEL. Según Auccahuasi (2015), el origen de estos elementos en el sedimento es debido a los efluentes tributarios de naturaleza volcánica (quebrada Caracara, Azufre Chico, Azufre Grande) y por el tipo de geología de cada zona muestreada".

Becerra (2020) en su tesis para optar el título de ingeniera ambiental titula "Análisis del grado de contaminación por metales pesados en sedimentos de ecosistemas acuáticos" concluye que los resultados de análisis de los metales pesados con los valores umbrales de la norma canadiense. "Criteria for the Assessment of Sediment Quality in Quebec and Application Frameworks: Prevention, Dredging and Remediation". logrando, determinar los estudios que muestran mayor contaminación por metales pesados entre ellos están el As (99.7 en el estudio 8), Cd (72.19, estudio 20), Cu (63.64, estudio 20), Cr (121.36, estudio 24), Hg (75. 02, estudio 20), Ni (99, estudio 13), Pb, (273.47, estudio 24), Zn (190.4, estudio 24).

Márquez et al., (2005) en su estudio titulado "Contaminación por metales pesados en los sedimentos de los ríos Tínima y Hatibonico, Camaguey, Cuba", encontró que entre los metales con mayor concentración identificas en los afluentes están: Cu 158 mg/Kg y Pb 472 mg/Kg. En los resultados obtenidos en la investigación realizada sobre el

Locumba de la región Tacna, estos metales reflejaron los mayores niveles de concentración en ambas zonas para los distintos momentos de recolección de muestras, esto fue para enero: Zona baja:267.8000 mg/Kg de Cu, zona alta: 324.0000 mg/Kg, y para el caso de Pb en la zona baja fue 116.6000 mg/Kg, mientras que en la zona alta de 125.8000 mg/Kg. Para marzo, se mantuvo esta constante en las muestras de ambos metales pesados para las dos zonas.

Auccahuasi (2015) en su tesis intitulada "Calidad de agua y sedimentos en el río madre de dios, departamento madre de dios, Perú, 2015" concluye que De las Nueve variables estudiadas (Cromo, Manganeso, Hierro, Cobre, Zinc, Arsénico, Cadmio, Mercurio, Plomo), cinco variables (Manganeso, Hierro, Zinc, Arsénico y Plomo) presentaron diferencias estadísticamente significativas entre las cinco estaciones de muestreo, así mismo cuatro variables (Cromo, Cobre, Cadmio y Mercurio) no presentaron diferencias estadísticamente significativas los cuales además se encuentran por debajo de los valores establecidos por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos USEPA.

Las investigaciones de metales pesados en sedimentos de rio, cada vez se incrementan a nivel internacional, y se evalúa el origen o procedencia de los mismos, dando así la importancia que corresponde al cuidado del medio ambiente, en nuestro país no es el caso, se requiere un mayor énfasis en brindar educación y cultura ambiental a nuestra población.

5. Conclusiones

El presente trabajo de investigación se concluye que los niveles de concentración de metales pesados (As, B, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn y Pb) en sedimentos entre la zona alta y zona baja del rio Locumba se evaluó en diez puntos predeterminados en el cauce del río y las evaluaciones se realizaron en el mes de enero y marzo. Los resultados muestran que en los diez puntos de monitoreo existen presencia de metales pesados en sedimentos en diferentes concentraciones. El nivel de concentración de las medias y desviación de metales pesados en sedimentos no hay diferencia significativa en la zona alta que en la zona baja del rio Locumba, además, el arsénico fue el único metal que en los diez puntos de monitoreo que sobrepasó la máxima concentración permitida (57 mg/Kg) de los Estándares de Calidad en Sedimentos Marino Costeros de la US – EPA.

6. Recomendaciones

Dado que la evaluación de metales pesados en sedimentos y los estudios que se realizan sobre ellos son escasos o nulos en la región y nuestro país, recomendamos fundamentalmente que se realicen un mayor monitoreo en el rio Locumba y cuencas aledañas, así como la comparación de las mismas, con finalidad de evaluar puntos de vertimientos de origen natural o antropogénico, y mayor concentración que conlleven a fines de remediación para los diversos ecosistemas que la conforman, asimismo, se recomienda estudiar con mayor detenimiento y profundidad la procedencia y efectos que causarían en la biota los diversos metales pesados de la presente investigación.

7. Referencias bibliográficas

Asadi, A., Talebbeydokhti, N., & Massah, A. (2017). Assessing the impacts of climate and land use change on streamflow, water quality and suspended sediment in the Kor River Basin, Southwest of Iran. *Environmental Earth Sciences*, 20. Obtenido de https://link.springer.com/article/10.1007/s12665-017-6880-6

Attah, U., Chinwendu, O., Chieze, C., Obiahu, O., & Yan, Z. (2021). Evaluating the spatial distribution of soil physicochemical characteristics and heavy metal toxicity potential in sediments of Nworie river micro-watershed Imo state, southeastern Nigeria. *Environmental Chemistry and Ecotoxicology*, 7. Obtenido de https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590182621000205?via%3Dihub

Auccahuasi, W. (2015). *Calidad de Agua y sedimento en el rio Madre de Dios departamento Madre de Dios, Perú 2015.* Madre de Dios: Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. Obtenido de http://repositorio.unamad.edu.pe/handle/UNAMAD/116

Autoridad Nacional del Agua. (2018). *Metodología para la determinación del índice de calidad de agua Ica-PE, aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales.* Lima: Autoridad Nacional del Agua. Obtenido de file:///C:/Users/Compaq/Downloads/ANA0001181.pdf

Becerra, E. (2020). *Análisis del grado de contaminación por metales pesados en sedimentos de ecosistemas acuáticos (Tesis de licenciatura). Repositorio de la Universidad Privada del Norte.* Cajamarca: Universidad Privada del Norte. Obtenido de https://hdl.handle.net/11537/24003

Castillo, Z., & Medina, V. (2014). *Evaluación espacio-temporal de la calidad del agua del río Rímac, de enero a agosto del 2011, en tres puntos de monitoreo.* Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina. Obtenido de http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2434

Churata, A., & Chambilla, W. (2019). Historia de la contaminación de la bahía de Ite por la empresa minera Southern Perú. *La Vida y la Historia*, 10. Obtenido de https://revistas.unjbg.edu.pe/index.php/vyh/article/view/874

Contreras, J., Mendoza, C., & Gómez, A. (2004). Determinación de metales pesados en aguas y sedimentos del Río Haina. *Ciencia y Sociedad*, 34. Obtenido de http://repositoriobiblioteca.intec.edu.do/handle/123456789/1055

Cummings, W. (2003). *Chemical analysis: Electrochemical techniques.* Washington: Third Edition. Obtenido de https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780750671231500211

Department of Ecology State of Washington. (2013). *Ecology Publications & Forms.* Washington: Ecology World. Obtenido de https://apps.ecology.wa.gov/publications/SummaryPages/1309055.html

Hashimuna, O., Chibesa, M., Ellender, B., & Maulu, S. (2021). Variability of selected heavy metals in surface sediments and ecological risks in the Solwezi and Kifubwa Rivers, Northwestern province, Zambia. *Scientific African*, 10. Obtenido de https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468227621001265?via%3Dihub

Instituto Nacional de Calidad. (30 de Enero de 2020). *inacal.gob.pe.* Obtenido de https://www.inacal.gob.pe/repositorioaps/temp_data/08c023ca_166d_4fb8_8b1c_8052a06eef19/files/Politica%20de%20la%20Calidad%2FPOLITICA%20DE%20LA%20CALIDAD%202020.pdf

Kumar, S., Reza, A., Hasanuzzaman, M., Salam, R., Khan, R., & Islam, S. (2021). Preliminary assessment of heavy metals in surface water and sediment in Nakuvadra-Rakiraki River, Fiji using indexical and chemometric approaches. *Journal of Environmental Management*, 15. Obtenido de https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479721015796?via%3Dihub

Kwok, K. (2014). Sediment quality guidelines: challenges and opportunities for improving sediment management. *Environmental Science and Pollution Research*, 10. Obtenido de https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-013-1778-7

Laino, R., Bello, R., González, M., Ramírez, N., Jiménez, F., & Musálem, K. (2015). Concentración de metales en agua y sedimentos de la cuenca alta del río Grijalva, frontera México-Guatemala. *Tecnología y ciencias del agua*, 14. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222015000400004

Liu, B., Luo, J., Jiang, S., Wang, Y., Li, Y., Zhang, X., & Zhou, S. (2021). Geochemical fractionation, bioavailability, and potential risk of heavy metals in sediments of the largest influent river into Chaohu Lake, China. *Environmental Pollution*, 15. Obtenido de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749121016006

Lupaca, C. H. (2014). *"INFORME TÉCNICO DEL PRIMER MONITOREO PARTICIPATIVO DE LA CALIDAD DEL SEDIMENTO EN MEDIO ACUÁTICO EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS CAPLINA, MAURE, UCHUSUMA, LOCUMBA Y SAMA*. Tacna.

Márquez, G., Fernández, Z., del Toro, R., Goehler, C., & Luederitz, V. (2005). Contaminación por metales pesados en los sedimentos de los ríos Tímina y Hatibónico, Camaguey, Cuba. *Revista Cubana de Química*.

Márquez, G., Ramos, L., Fernández, Z., Del Toro, R., Goehler, C., & Luederitz, V. (2015). Contaminación por metales pesados en los sedimentos de los Ríos Tínima y Hatibonico. *Revista de docencia, investigación y proyección social de la PUCE-SI*, 7. Obtenido de http://axioma.pucesi.edu.ec/index.php/axioma/article/view/415

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2016). *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales.* Lima: Biblioteca Nacional del Perú. Obtenido de

https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/protocolo_nacional_para_el_monitoreo_de_la_calidad_de_los_recursos_hidricos_superficiales.pdf

Mokarram, M., Saber, A., & Sheykhi, V. (2020). Effects of heavy metal contamination on river water quality due to release of industrial effluents. *Journal of Cleaner Production*, 20. Obtenido de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620334259

Mondal, P., Reichelt, A., Jonathan, M., Sujitha, S., & Sarkar, S. (2018). Pollution evaluation of total and acid-leachable trace elements in surface sediments of Hooghly River Estuary and Sundarban Mangrove Wetland (India). *Environmental Science and Pollution Research volume*, 18. Obtenido de https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-017-0915-0

Navarro, J. (1996). La Prueba Q de Cochran. Teoria y aplicaciones en Biología. *Universidad Autónoma de Yucatán*, 15. Obtenido de http://www.revista-educacion-matematica.org.mx/descargas/Vol8/1/10Navarro.pdf

Priti, S., & Biswajit, P. (2019). Assessment of heavy metal toxicity related with human health risk in the surface water of an industrialized area by a novel technique. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal* , 21. Obtenido de https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10807039.2018.1458595

Rasouli, F., Pouya, A., & Mohammad, S. (2012). Hydrogeochemistry and water quality assessment of the Kor–Sivand Basin, Fars province, Iran. *Environmental Monitoring and Assessment* , 16. Obtenido de https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-011-2308-z

Samadi, M., Saghi, H., Rahmani, A., & Mirzaee, S. (2020). Zoning of water quality of Valley Mradbeak Hamedan River based on NSFWQI qualitative index by using Geographic Information System (GIS). *Scientific Journal of Hamadan University*, 14. Obtenido de https://iranjournals.nlai.ir/handle/123456789/27250

Sheykhi, V., & Moore, F. (2013). Evaluation of potentially toxic metals pollution in the sediments of the Kor river, southwest Iran. *Environmental Monitoring and Assessment* , 13. Obtenido de https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-012-2785-8

Sistema Nacional de Información Ambiental . (2017). *sinia.minam.gob.pe.* Obtenido de https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones

Solt, G. (1973). *Phosphorus in industrial water.* Washington: Science. Obtenido de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/004313547390153X

Stanley, M. (2013). *Poulsson's Text-book of Pharmacology and Therapeutics (Second Edition).* London: Science. Obtenido de https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781483200811500092?via%3Dihub

Subba, N. (2006). Seasonal variation of groundwater quality in a part of Guntur District, Andhra Pradesh, India. *Environmental Geology*, 16. Obtenido de https://link.springer.com/article/10.1007/s00254-005-0089-9

Takahashi, T., & Hashida, T. (2004). Microcrack Formation and Fracture Characteristics in Granite Under Supercritical Water Conditions. *Elsevier Geo-Engineering Book Series*, 5. Obtenido de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1571996004801198

Thermo Fisher. (2018). Obtenido de https://www.thermofisher.com/pe/en/home/industrial/spectroscopy-elemental-isotope-analysis/spectroscopy-elemental-isotope-analysis-learning-center/molecular-spectroscopy-information/ftir-information/ftir-basics.html

Tricker, R. (2003). Electrical Engineer's Reference Book (Sixteenth Edition). *Elsevier*, 5. Obtenido de https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780750646376500228?via%3Dihub

Tshibanda, J., Malumba, A., Mpiana, P., Mulaji, C., Otamonga, J., & Poté, J. (2021). Influence of watershed on the accumulation of heavy metals in sediments of urban rivers under tropical conditions: Case of N'djili and Lukaya rivers in Kinshasa Democratic Republic of the Congo. *Watershed Ecology and the Environment*, 7. Obtenido de https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589471421000036?via%3Dihub

8. Anexos

Anexo 1. Tabla de Estándares de calidad de los sedimentos marino costeros de la US – EPA

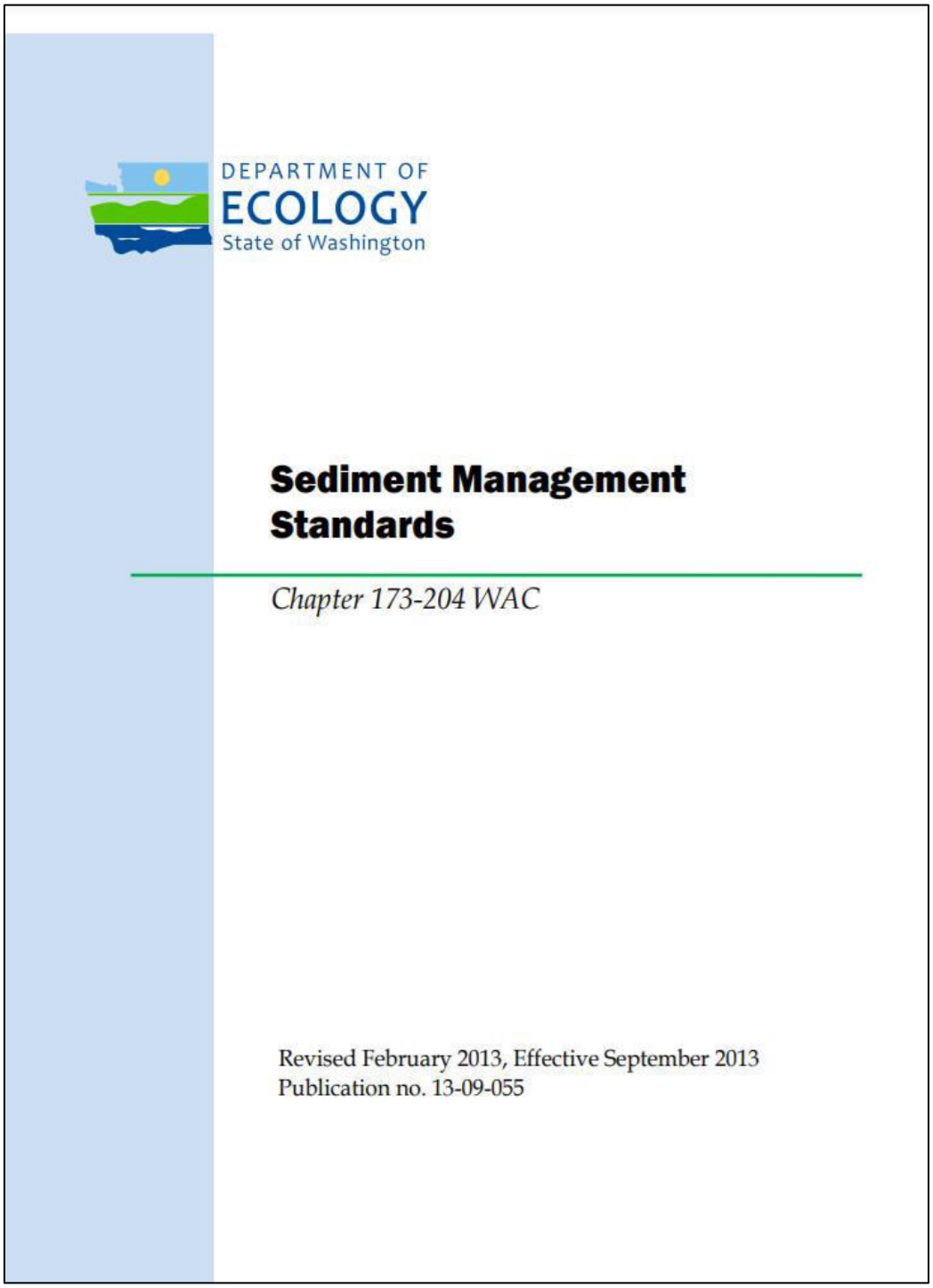


Table I

Marine Sediment Quality Standards--Chemical Criteria

Chemical Parameter	mg/kg Dry Weight (Parts per Million (ppm) Dry)
Arsenic	57
Cadmium	5.1
Chromium	260
Copper	390
Lead	450
Mercury	0.41
Silver	6.1
Zinc	410

Chemical Parameter	mg/kg Organic Carbon (ppm Carbon)
LPAH	370
Naphthalene	99
Acenaphthylene	66
Acenaphthene	16
Fluorene	23
Phenanthrene	100
Anthracene	220
2-Methylnaphthalene	38
HPAH	960
Fluoranthene	160
Pyrene	1000
Benz(a)anthracene	110
Chrysene	110
Total Benzofluoranthenes	230
Benzo(a)pyrene	99
Indeno(1,2,3,-c,d)pyrene	34
Dibenzo(a,h)anthracene	12
Benzo(g,h,i)perylene	31
1,2-Dichlorobenzene	2.3
1,4-Dichlorobenzene	3.1
1,2,4-Trichlorobenzene	0.81
Hexachlorobenzene	0.38
Dimethyl phthalate	53
Diethyl phthalate	61
Di-n-butyl phthalate	220
Butyl benzyl phthalate	4.9
Bis (2-ethylhexyl) phthalate	47
Di-n-octyl phthalate	58
Dibenzofuran	15
Hexachlorobutadiene	3.9
N-Nitrosodiphenylamine	11
Total PCB'S	12

Chemical Parameter	ug/kg Dry Weight (Parts Per Billion (ppb) Dry)
Phenol	420
2-Methylphenol	63
4-Methylphenol	670
2,4-Dimethyl phenol	29
Pentachlorophenol	360
Benzyl Alcohol	57
Benzoic Acid	650

Anexo 2. Galería Fotográfica

FOTO N° 1

MUESTREO DE SEDIMENTOS DEL PM-010



Descripción: Foto realizando el muestreo de sedimentos PM-010 009 aguas arriba del Puente Camiara, Rio Locumba.

FOTO N° 2

MUESTREO DE SEDIMENTOS DEL PM-009



Descripción: Foto realizando el muestreo de sedimentos PM-009 aguas arriba del Puente Camiara, Rio Locumba.

FOTO N° 3

PUENTE CAMIARA



Descripción: Foto Vista del Puente Camiara, Rio Locumba.

FOTO N° 4

RIO LOCUMBA



Descripción: Foto del Rio Locumba zona alta.

FOTO N° 5

MUESTREO DE SEDIMENTOS DEL PM - 008



Descripción: Foto realizando el muestreo de sedimentos PM-008 aguas abajo del Puente Camiara, Rio Locumba.

FOTO N° 6

MUESTREO DE SEDIMENTOS DEL PM - 007



Descripción: Foto realizando el muestreo de sedimentos PM-009 aguas abajo del Puente Camiara, Rio Locumba.

FOTO N° 7

MUESTREO DE SEDIMENTOS DEL PM – 006



Descripción: Foto realizando el muestreo de sedimentos PM-006 aguas abajo del Puente Camiara, Rio Locumba.

FOTO N° 8

MUESTREO DE SEDIMENTOS DEL PM - 005



Descripción: Foto realizando el muestreo de sedimentos PM-005 aguas abajo del Puente Camiara, Rio Locumba.

FOTO N° 9

MUESTREO DE SEDIMENTOS DEL PM - 004



Descripción: Foto realizando el muestreo de sedimentos PM-004 aguas abajo del Puente Camiara, Rio Locumba.

FOTO N° 10

MUESTREO DE SEDIMENTOS DEL PM - 003



Descripción: Foto realizando el muestreo de sedimentos PM-003 aguas abajo del Puente Camiara, Rio Locumba.

FOTO N° 11

MUESTREO DE SEDIMENTOS DEL PM - 002



Descripción: Foto realizando el muestreo de sedimentos PM-002 aguas arriba del Puente Ite, Rio Locumba.

FOTO N° 12

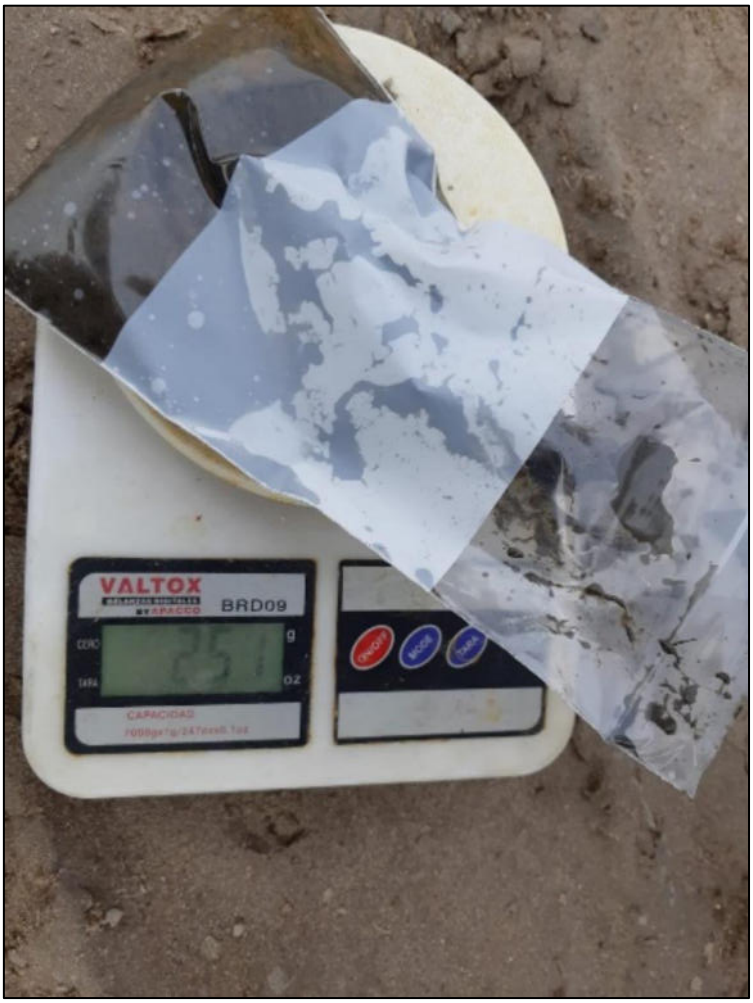
MUESTREO DE SEDIMENTOS DEL PM - 003



Descripción: Foto realizando el muestreo de sedimentos PM-001 aguas abajo del Puente Ite, Rio Locumba.

FOTO N° 13

MUESTREO DE SEDIMENTOS DEL PM - 003



Descripción: Foto realizando el pesaje de las muestras de sedimentos en la balanza digital.

Anexo 3. Concentración media de metales pesados en sedimentos del río Locumba

N°	Nombre de la muestra	Mes	Metales Pesados							
			Ar (mg/Kg)	B (mg/Kg)	Cd (mg/Kg)	Cr (mg/Kg)	Cu (mg/Kg)	Fe (mg/Kg)	Mn (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)
1	PM001	Enero	57.451	8.156	0.010	0.015	210	0.154	0.014	102
		Marzo	57.143	8.283	0.011	0.018	273	0.189	0.015	94
2	PM002	Enero	58.132	7.594	0.017	0.015	265	0.194	0.019	106
		Marzo	57.820	7.713	0.019	0.018	345	0.239	0.021	98
3	PM003	Enero	58.156	8.013	0.014	0.009	264	0.258	0.019	108
		Marzo	57.844	8.138	0.015	0.011	343	0.317	0.021	99
4	PM004	Enero	58.002	8.043	0.013	0.019	298	0.235	0.019	115
		Marzo	57.691	8.169	0.014	0.023	387	0.289	0.021	106
5	PM005	Enero	58.165	8.611	0.016	0.021	302	0.294	0.021	152
		Marzo	57.853	8.745	0.018	0.026	393	0.362	0.023	140
6	PM006	Enero	58.489	8.698	0.018	0.026	310	0.287	0.023	138
		Marzo	58.176	8.834	0.021	0.032	403	0.353	0.026	127
7	PM007	Enero	60.216	8.314	0.017	0.018	321	0.314	0.029	141
		Marzo	59.893	8.444	0.019	0.022	417	0.386	0.032	130
8	PM008	Enero	58.164	8.164	0.018	0.014	320	0.349	0.027	128
		Marzo	57.852	8.291	0.020	0.017	416	0.429	0.029	118
9	PM009	Enero	57.654	7.948	0.014	0.005	328	0.415	0.025	112
		Marzo	57.345	8.072	0.015	0.006	426	0.510	0.027	103
10	PM010	Enero	57.056	7.854	0.017	0.004	341	0.843	0.021	110
		Marzo	56.750	7.977	0.020	0.005	443	1.037	0.023	101

Anexo 4. Concentración promedio de Arsénico

Concentración de Arsénico (mg/Kg)		
Nombre de la muestra	**Enero**	**Marzo**
PM - 01	57.451	57.143
PM - 02	58.132	57.820
PM - 03	58.156	57.844
PM - 04	58.002	57.691
PM - 05	58.165	57.853
PM - 06	58.489	58.176
PM - 07	60.216	59.893
PM - 08	58.164	57.852
PM - 09	57.654	57.345
PM - 10	57.056	57.750
Máximo		60.216
Mínimo		57.056
Promedio		58.043

Anexo 5. Concentración promedio de Boro

Concentración de Boro (mg/Kg)		
Nombre de la muestra	**Enero**	**Marzo**
PM - 01	8.156	8.283
PM - 02	7.594	7.713
PM - 03	8.013	8.138
PM - 04	8.043	8.169
PM - 05	8.611	8.745
PM - 06	8.698	8.834
PM - 07	8.314	8.444
PM - 08	8.164	8.291
PM - 09	7.948	8.072
PM - 10	7.854	7.977
Máximo		7.594
Mínimo		8.834
Promedio		8.203

Anexo 6. Concentración promedio de Cadmio

Concentración de Cadmio (mg/Kg)		
Nombre de la muestra	**Enero**	**Marzo**
PM - 01	0.01	0.011
PM - 02	0.0165	0.019
PM - 03	0.0135	0.015
PM - 04	0.0125	0.014
PM - 05	0.0164	0.018
PM - 06	0.0184	0.021
PM - 07	0.0169	0.019
PM - 08	0.0175	0.020
PM - 09	0.0136	0.015
PM - 10	0.0174	0.020
Máximo		0.021
Mínimo		0.010
Promedio		0.016

Anexo 7. Concentración promedio de Cromo

Concentración de Cromo (mg/Kg)		
Nombre de la muestra	**Enero**	**Marzo**
PM - 01	0.015	0.018
PM - 02	0.015	0.018
PM - 03	0.009	0.011
PM - 04	0.019	0.023
PM - 05	0.021	0.026
PM - 06	0.026	0.032
PM - 07	0.018	0.022
PM - 08	0.014	0.017
PM - 09	0.005	0.006
PM - 10	0.004	0.005
Máximo		0.032
Mínimo		0.004
Promedio		0.016

Anexo 8. Concentración promedio de Cobre

Concentración de Cobre (mg/Kg)		
Nombre de la muestra	**Enero**	**Marzo**
PM - 01	210	273
PM - 02	265	345
PM - 03	264	343
PM - 04	298	387
PM - 05	302	**393**
PM - 06	310	**403**
PM - 07	321	**417**
PM - 08	320	**416**
PM - 09	328	**426**
PM - 10	341	**443**
Máximo		443
Mínimo		210
Promedio		340

Anexo 9. Concentración promedio de Fierro

Concentración de Fierro (mg/Kg)		
Nombre de la muestra	**Enero**	**Marzo**
PM - 01	0.154	0.189
PM - 02	0.194	0.239
PM - 03	0.258	0.317
PM - 04	0.235	0.289
PM - 05	0.294	0.362
PM - 06	0.287	0.353
PM - 07	0.314	0.386
PM - 08	0.349	0.429
PM - 09	0.415	0.510
PM - 10	0.843	1.037
Máximo		1.037
Mínimo		0.154
Promedio		0.373

Anexo 10. Concentración promedio de Manganeso

Concentración de Manganeso (mg/Kg)		
Nombre de la muestra	**Enero**	**Marzo**
PM - 01	0.0137	0.015
PM - 02	0.0191	0.021
PM - 03	0.0194	0.021
PM - 04	0.0192	0.021
PM - 05	0.0211	0.023
PM - 06	0.0234	0.026
PM - 07	0.0287	0.032
PM - 08	0.0265	0.029
PM - 09	0.0245	0.027
PM - 10	0.0212	0.023
Máximo		0.032
Mínimo		0.014
Promedio		0.023

Anexo 11. Concentración promedio de Plomo

Concentración de Plomo (mg/Kg)		
Nombre de la muestra	**Enero**	**Marzo**
PM - 01	102	94
PM - 02	106	98
PM - 03	108	99
PM - 04	115	106
PM - 05	152	140
PM - 06	138	127
PM - 07	141	130
PM - 08	128	118
PM - 09	112	103
PM - 10	110	101
Máximo		152
Mínimo		94
Promedio		116

Anexo 12. Nivel de concentración de metales pesados en la zona baja del río Locumba

Nombre de la muestra	Mes	Metales Pesados (mg/Kg)							
		Ar	**B**	**Cd**	**Cr**	**Cu**	**Fe**	**Mn**	**Pb**
PM 01	Ene	57.451	8.156	0.010	0.015	210	0.154	0.014	102
	Mar	57.143	8.283	0.011	0.018	273	0.189	0.015	94
PM 02	Ene	58.132	7.594	0.017	0.015	265	0.194	0.019	106
	Mar	57.820	7.713	0.019	0.018	345	0.239	0.021	98
PM 03	Ene	58.156	8.013	0.014	0.009	264	0.258	0.019	108
	Mar	57.844	8.138	0.015	0.011	343	0.317	0.021	99
PM 04	Ene	58.002	8.043	0.013	0.019	298	0.235	0.019	115
	Mar	57.691	8.169	0.014	0.023	387	0.289	0.021	106
PM 05	Ene	58.165	8.611	0.016	0.021	302	0.294	0.021	152
	Mar	57.853	8.745	0.018	0.026	393	0.362	0.023	140

Anexo 13. Nivel de concentración de metales pesados en la zona alta del río Locumba

Nombre de la muestra	Mes	Metales Pesados (mg/Kg)							
		Ar	**B**	**Cd**	**Cr**	**Cu**	**Fe**	**Mn**	**Pb**
PM 06	Ene	58.489	8.698	0.018	0.026	310	0.287	0.023	138
	Mar	58.176	8.834	0.021	0.032	403	0.353	0.026	127
PM 07	Ene	60.216	8.314	0.017	0.018	321	0.314	0.029	141
	Mar	59.893	8.444	0.019	0.022	417	0.386	0.032	130
PM 08	Ene	58.164	8.164	0.018	0.014	320	0.349	0.027	128
	Mar	57.852	8.291	0.020	0.017	416	0.429	0.029	118
PM 09	Ene	57.654	7.948	0.014	0.005	328	0.415	0.025	112
	Mar	57.345	8.072	0.015	0.006	426	0.510	0.027	103
PM 10	Ene	57.056	7.854	0.017	0.004	341	0.843	0.021	110
	Mar	56.750	7.977	0.020	0.005	443	1.037	0.023	101

Anexo 14. Informes de ensayo de laboratorio

Laboratorios Analíticos del Sur
Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Telf: (054) 443294 Fax: (054) 444582 **www.laboratoriosanaliticosdelsur.com**

INFORME DE ENSAYO LAS-21-01877

Fecha de emisión: *22/01/2021*
Pág.: *1/2*

Hoja de datos

Señores: Carla Dyrce Mamani Gonzales
Dirección: Leoncio Prado B-19, Paucarpata, Arequipa
Atención: Carla Dyrce Mamani Gonzales
Proyecto: "Análisis comparativo en los niveles de concentración de metales pesados (As, B, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn y Pb) en sedimentos, entre la zona alta y zona baja del rio Locumba, Región Tacna, 2021".

Número de muestras: 10 muestras
Muestreo realizado por: Carla Dyrce Mamani Gonzales
Registro de muestreo: 411-21
Procedimiento Aplicado: Muestreado por el cliente.
Fecha de Recepción: 18/01/2021
Fecha de Ensayo: 20/01/2021
Condiciones de recepción de la muestra: Muestras debidamente conservadas.
Observaciones: Datos proporcionados por el cliente.

Métodos de ensayos aplicados

*7003 EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en Sedimentos por ICP-OES, Revisión 4.4. (B, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn y Pb).
*7002 EPA 200.7 Determinación de Arsénico en Sedimentos (Lixiviación acida) por ICP-OES, Revisión 4.4.

Código Interno #	Nombre de la muestra	Matriz de la muestra	Lugar de muestreo	Coordenadas UTM Sur/Este	Fecha de inicio de muestreo	Hora de inicio de muestreo
SED210001	PM001	Sedimento	Rio Locumba	8019204.00 m S / 292578.00 m E	17/01/2021	08:05 a.m.
SED210002	PM002	Sedimento	Rio Locumba	8020626.00 m S / 292935.00 m E	17/01/2021	09:15 a.m.
SED210003	PM003	Sedimento	Rio Locumba	8022011.00 m S / 293511.00 m E	17/01/2021	09:47 a.m.
SED210004	PM004	Sedimento	Rio Locumba	8023014.00 m S / 294061.00 m E	17/01/2021	10:32 a.m.
SED210005	PM005	Sedimento	Rio Locumba	8024216.00 m S / 294186.00 m E	17/01/2021	11:02 a.m.
SED210006	PM006	Sedimento	Rio Locumba	8040728.00 m S / 302929.00 m E	17/01/2021	11:15 a.m.
SED210007	PM007	Sedimento	Rio Locumba	8041714.00 m S / 303781.00 m E	17/01/2021	11:50 a.m.
SED210008	PM008	Sedimento	Rio Locumba	8042868.00 m S / 304520.00 m E	17/01/2021	12:31 a.m.
SED210009	PM009	Sedimento	Rio Locumba	8044043.00 m S / 305475.00 m E	17/01/2021	13:05 a.m.
SED210010	PM010	Sedimento	Rio Locumba	8045369.00 m S / 306457.00 m E	17/01/2021	13: 44 a.m.

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Leslie A. Torres Calizaya
INGENIERO QUIMICO
C.I.P. 128529

"*<Valor numérico" =Límite de detección del método," <Valor Numérico" =Límite de cuantificación del método.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.
Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección del contenido del presente documento lo anula

Laboratorios Analíticos del Sur
Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Telf: (054) 443294 Fax: (054) 444582 **www.laboratoriosanaliticosdelsur.com**

INFORME DE ENSAYO LAS-21-01877

Fecha de emisión: *22/01/2021*
Pág.: *2/2*

Hoja de resultados

Código Interno #	Nombre de la muestra	802 Ar MT mg/Kg	802 B MT mg/Kg	802 Cd MT mg/Kg	802 Cr MT mg/Kg	802 Cu MT mg/Kg	802 Fe MT mg/Kg	802 Mn MT mg/Kg	802 Pb MT mg/Kg
SED210001	PM001	57.451	8.156	0.010	0.015	210	0.154	0.014	102
SED210002	PM002	58.132	7.594	0.017	0.015	265	0.194	0.019	106
SED210003	PM003	58.156	8.013	0.014	0.009	264	0.258	0.019	108
SED210004	PM004	58.002	8.043	0.013	0.019	298	0.235	0.019	115
SED210005	PM005	58.165	8.611	0.016	0.021	302	0.294	0.021	152
SED210006	PM006	58.489	8.698	0.018	0.026	310	0.287	0.023	138
SED210007	PM007	60.216	8.314	0.017	0.018	321	0.314	0.029	141
SED210008	PM008	58.164	8.164	0.018	0.014	320	0.349	0.027	128
SED210009	PM009	57.654	7.948	0.014	0.005	328	0.415	0.025	112
SED210010	PM010	57.056	7.854	0.017	0.004	341	0.843	0.021	110

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Leslie A. Torres Callizaya
INGENIERO QUIMICO
C.I.P. 129029

"*<Valor numérico" =Límite de detección del método," <Valor Numérico" =Límite de cuantificación del método.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.
Esta terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección del contenido del presente documento lo anula

Laboratorios Analíticos del Sur
Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Telf: (054) 443294 Fax: (054) 444582 **www.laboratoriosanaliticosdelsur.com**

INFORME DE ENSAYO LAS-21-04286

Fecha de emisión: *28/03/2021*
Pág.: *1/2*

Hoja de datos

Señores: Carla Dyrce Mamani Gonzales
Dirección: Leoncio Prado B-19, Paucarpata, Arequipa
Atención: Carla Dyrce Mamani Gonzales
Proyecto: "Análisis comparativo en los niveles de concentración de metales pesados (As, B, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn y Pb) en sedimentos, entre la zona alta y zona baja del rio Locumba, Región Tacna, 2021".

Número de muestras: 10 muestras
Muestreo realizado por: Carla Dyrce Mamani Gonzales
Registro de muestreo: 741-21
Procedimiento Aplicado: Muestreado por el cliente.
Fecha de Recepción: 24/03/2021
Fecha de Ensayo: 26/03/2021
Condiciones de recepción de la muestra: Muestras debidamente conservadas.
Observaciones: Datos proporcionados por el cliente.

Métodos de ensayos aplicados

*7003 EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en Sedimentos por ICP-OES, Revisión 4.4. (B, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn y Pb).
*7002 EPA 200.7 Determinación de Arsénico en Sedimentos (Lixiviación acida) por ICP-OES, Revisión 4.4.

Código Interno #	Nombre de la muestra	Matriz de la muestra	Lugar de muestreo	Coordenadas UTM Sur/Este	Fecha de inicio de muestreo	Hora de inicio de muestreo
SED210001	PM001	Sedimento	Rio Locumba	8019204.00 m S / 292578.00 m E	21/03/2021	10:16 a.m.
SED210002	PM002	Sedimento	Rio Locumba	8020626.00 m S / 292935.00 m E	21/03/2021	11:01 a.m.
SED210003	PM003	Sedimento	Rio Locumba	8022011.00 m S / 293511.00 m E	21/03/2021	11:21 a.m.
SED210004	PM004	Sedimento	Rio Locumba	8023014.00 m S / 294061.00 m E	21/03/2021	11:46 a.m.
SED210005	PM005	Sedimento	Rio Locumba	8024216.00 m S / 294186.00 m E	21/03/2021	12:16 a.m.
SED210006	PM006	Sedimento	Rio Locumba	8040728.00 m S / 302929.00 m E	21/03/2021	14:02 a.m.
SED210007	PM007	Sedimento	Rio Locumba	8041714.00 m S / 303781.00 m E	21/03/2021	14:28 a.m.
SED210008	PM008	Sedimento	Rio Locumba	8042868.00 m S / 304520.00 m E	21/03/2021	14:49 a.m.
SED210009	PM009	Sedimento	Rio Locumba	8044043.00 m S / 305475.00 m E	21/03/2021	15:02 a.m.
SED210010	PM010	Sedimento	Rio Locumba	8045369.00 m S / 306457.00 m E	21/03/2021	15:26 a.m.

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Leslie A. Torres Callizaya
INGENIERO QUIMICO
C.I.P. 129029

"*<Valor numérico" =Limite de detección del método," <Valor Numérico" =Limite de cuantificación del método.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.
Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección del contenido del presente documento lo anula

Laboratorios Analíticos del Sur
Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Telf: (054) 443294 Fax: (054) 444582 **www.laboratoriosanaliticosdelsur.com**

INFORME DE ENSAYO LAS-21-04286

Fecha de emisión: *28/03/2021*
Pág.: *2/2*

Hoja de resultados

Código Interno #	Nombre de la muestra	802 Ar MT mg/Kg	802 B MT mg/Kg	802 Cd MT mg/Kg	802 Cr MT mg/Kg	802 Cu MT mg/Kg	802 Fe MT mg/Kg	802 Mn MT mg/Kg	802 Pb MT mg/Kg
SED210001	PM001	57.143	8.283	0.011	0.018	273	0.189	0.015	94
SED210002	PM002	57.820	7.713	0.019	0.018	345	0.239	0.021	98
SED210003	PM003	57.844	8.138	0.015	0.011	343	0.317	0.021	99
SED210004	PM004	57.691	8.169	0.014	0.023	387	0.289	0.021	106
SED210005	PM005	57.853	8.745	0.018	0.026	393	0.362	0.023	140
SED210006	PM006	58.176	8.834	0.021	0.032	403	0.353	0.026	127
SED210007	PM007	59.893	8.444	0.019	0.022	417	0.386	0.032	130
SED210008	PM008	57.852	8.291	0.020	0.017	416	0.429	0.029	118
SED210009	PM009	57.345	8.072	0.015	0.006	426	0.510	0.027	103
SED210010	PM010	56.750	7.977	0.020	0.005	443	1.037	0.023	101

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Leslie A. Torres Calizaya
INGENIERO QUIMICO
C.I.P. 128629

"*<Valor numérico" =Límite de detección del método," <Valor Numérico" =Límite de cuantificación del método.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.
Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección del contenido del presente documento lo anula

Anexo 15. Protocolo de Muestreo de Sedimentos LSASDPROC-200-R4 (EPA, 2020)

Región 4 Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos División de Servicios de Laboratorio y Ciencias Aplicadas Atenas, Georgia	
Procedimiento de operación	
Título: Muestreo de sedimentos	Identificación: LSASDPROC-200-R4
Autoridad emisora: Jefe de la rama de campo de LSASDS	
Fecha de vigencia: 23 de febrero de 2020	Fecha límite de revisión: 23 de febrero de 2024

Objetivo

Este documento describe los procedimientos, métodos y consideraciones generales y específicos que deben usarse y observarse al recolectar muestras de sedimentos para la selección de campo o análisis de laboratorio.

Alcance / Aplicación

Los procedimientos contenidos en este documento deben ser utilizados por investigadores de campo al recolectar y manipular muestras de sedimentos en el campo. En caso de que los investigadores de campo de LSASD determinen que alguno de los procedimientos descritos en esta sección es inapropiado, inadecuado o poco práctico y que se debe utilizar otro procedimiento para obtener una muestra de sedimento, el procedimiento de la variante se documentará en el libro de registro de campo, junto con una descripción de las circunstancias que requieren su uso. La mención de nombres comerciales o productos comerciales no constituye respaldo ni recomendación de uso.

TABLA DE CONTENIDO

Objetivo 1
Alcance / Aplicación 1
1 Información general 3
1.1 Documentación / Verificación 3
1.2 Precauciones generales 3
1.2.1 La seguridad 3
1.2.2 Precauciones de procedimiento 3
2 Consideraciones especiales de muestreo 4
2.1 Muestras de sedimentos para análisis de compuestos orgánicos volátiles 4
2.2 Muestreo de sedimentos (método 5035) 4
2.2.1 Equipo 4
2.2.2 Metodología de muestreo: bajas concentraciones 5
2.2.3 Metodología de muestreo: altas concentraciones 5
2.2.4 Técnicas y consideraciones especiales para el método 5035 6
2.3 Precauciones especiales para el muestreo de sedimentos de trazas de contaminantes 8
2.4 Homogeneización de muestras 9
2.5 Control de calidad 9
2.6 Registros 10
3 Consideraciones Generales 10
3.1 General 10
3.2 Consideraciones sobre la selección de equipos 10
4 Palas y cucharas de acero inoxidable 11
4.1 Vadeando 11
4.2 Muestreo de banco / plataforma 11
5 Dragas 11
5.1 Consideraciones Generales 11
5.2 Draga Ponar 11
5.3 Draga Mini-Ponar 12
5.4 Agarre joven 12
6 Dispositivos de extracción de testigos de sedimentos 13
6.2 Tubos de empuje desplegados manualmente 13
6.3 Ogeechee Sand Pounders® y núcleos de gravedad 14
6.4 Controladores de tubo de núcleo vibratorio (Vibracore®) 15
7 Buceo 16
8 General 16
9 Referencias 16
Revisión histórica 17

MESAS

Tabla 1: Resumen del Método 5035 8

1 Información general

1.1 Documentación / Verificación

Este procedimiento fue preparado por personas consideradas técnicamente competentes por la gerencia de LSASD, en base a sus conocimientos, habilidades y habilidades y ha sido probado en la práctica y revisado en forma impresa por un experto en la materia. La copia oficial de este procedimiento reside en la red de área local (LAN) de LSASD. El QAC es responsable de garantizar que la versión más reciente del procedimiento se coloque en la LAN y de mantener registros de la revisión realizada antes de su emisión.

1.2 Precauciones generales

1.2.1 La seguridad

Deben observarse las precauciones de seguridad adecuadas al recolectar muestras de sedimentos. Consulte el Manual de seguridad y salud ocupacional de LSASD y cualquier Plan de salud y seguridad (HASP) específico del sitio pertinente y Evaluaciones de riesgos laborales para obtener pautas sobre precauciones de seguridad. Estas pautas deben utilizarse para complementar el juicio de un profesional experimentado. Abordar los productos químicos que plantean problemas específicos de toxicidad o seguridad y seguir cualquier otro requisito relevante, según corresponda.

1.2.2 Precauciones de procedimiento

Se deben considerar las siguientes precauciones al recolectar muestras de sedimentos.

1.2.2.1 Se debe tener especial cuidado de no contaminar las muestras. Esto incluye almacenar muestras en un lugar seguro para evitar condiciones que puedan alterar las propiedades de la muestra. Las muestras se sellarán en custodia durante el almacenamiento o envío a largo plazo.

1.2.2.2 Las muestras recolectadas están bajo la custodia del muestreador o del custodio de la muestra hasta que las muestras se entreguen a otra parte.

1.2.2.3 Si las muestras son transportadas por el muestreador, permanecerán bajo su custodia o estarán aseguradas hasta que sean entregadas.

1.2.2.4 Las muestras enviadas deben cumplir con todas las reglas de envío del Departamento de Transporte de EE. UU. (DOT) que se encuentran en el Título 49 del Código de Regulaciones Federales (49 CFR partes 171 a 179) y / o los requisitos de envío de materiales peligrosos de la Asociación Internacional de Transporte Aéreo (IATA) que se encuentran en la edición actual de las Regulaciones sobre mercancías peligrosas de la IATA.

1.2.2.5 La documentación del muestreo de campo se realiza en un libro de registro encuadernado.

1.2.2.6 Los documentos de la cadena de custodia se completarán y permanecerán con las muestras hasta que se renuncie a la custodia.

1.2.2.7 Todos los documentos de envío, como facturas aéreas, conocimientos de embarque, etc., serán retenidos por el líder del proyecto y almacenados en un lugar seguro.

2 Consideraciones especiales de muestreo

2.1 Muestras de sedimentos para análisis de compuestos orgánicos volátiles

Si las muestras deben analizarse en busca de compuestos orgánicos volátiles (COV), deben recolectarse de una manera que minimice la alteración de la muestra. La muestra para el análisis de COV debe recolectarse directamente del dispositivo de muestreo, si es posible, antes de vaciarla en el recipiente. Puede que no sea posible hacer esto con ciertos tipos de equipo de muestreo de sedimentos, como la draga **Ponar**. En casos como estos, las alícuotas de COV deben recolectarse del contenido de la draga inmediatamente después de haber sido depositadas en la bandeja y antes de cualquier mezcla. La muestra se colocará en el recipiente apropiado (En Core® Sampler u otro recipiente compatible con el Método 5035) sin espacio de cabeza. ***Las muestras para el análisis de COV no están homogeneizadas***. Es posible que se requieran conservantes para algunas muestras con ciertas variaciones del Método 5035. Consulte la descripción del método a continuación en la Sección 2.2, Muestreo de sedimentos (Método 5035) o al químico analítico principal para determinar si los conservantes son necesarios.

En algunos casos, el sedimento puede ser blando y no prestarse a la recolección sumergiendo muestreadores En Core® o muestreadores con jeringa en la matriz de la muestra. En estos casos, es apropiado abrir el dispositivo de muestra, es decir, el barril o jeringa del muestreador En Core®, antes de la recolección de la muestra, y colocar con cuidado el sedimento en el dispositivo, llenándolo completamente con el volumen de muestra requerido.

2.2 Muestreo de sedimentos (método 5035)

Se recomienda el siguiente protocolo de muestreo para los investigadores del sitio que evalúan el alcance de los COV en los sedimentos en un sitio del proyecto. Debido a la gran cantidad de opciones disponibles, se necesita una cuidadosa coordinación entre el personal de campo y de laboratorio. Los recipientes de muestreo específicos y las herramientas de muestreo necesarias dependerán de los niveles de detección y del uso previsto de los datos. Una vez que se ha establecido esta información, se puede seleccionar el procedimiento de muestreo y el método de conservación adecuados que mejor se apliquen a la investigación.

2.2.1 Equipo

El sedimento para análisis de COV se puede recuperar usando cualquiera de los métodos de muestreo de sedimentos del LSASD descritos en las Secciones 3 a 6 de este procedimiento. Una vez que se ha obtenido el sedimento, el muestreador En Core®, jeringas, espátula de acero inoxidable, estándar de 2 oz. Para el submuestreo se pueden usar / requerir recipientes de COV para sedimentos o viales preparados de 40 ml. Los contenedores de muestra específicos y las herramientas de muestreo requeridas dependerán de los objetivos de calidad de los datos establecidos para el sitio o la investigación de muestreo. Los diversos métodos de submuestreo se describen a continuación.

2.2.2 Metodología de muestreo: bajas concentraciones

Cuando se espera que la concentración total de COV en el sedimento sea inferior a 200 µg / kg, las muestras se pueden recolectar directamente con el En Core® Sampler o una jeringa. Si usa las jeringas, la muestra debe colocarse en el recipiente de muestra (vial pre-preparado de 40 ml) inmediatamente para reducir las pérdidas por volatilización. Los viales de 40 ml deben contener 10 ml de agua exenta de materia orgánica para una muestra sin conservantes o aproximadamente 10 ml de agua exenta de materia orgánica y un conservante. Se recomienda que los viales de 40 ml sean preparados y pesados por el laboratorio (hay fuentes comerciales disponibles que suministran viales conservados y tarados). Al tomar muestras directamente con el En Core® Sampler, el vial debe taparse y bloquearse inmediatamente.

También se puede recolectar una muestra de sedimento para el análisis de COV con equipo de muestreo convencional. Una muestra recolectada de esta manera debe colocarse en el recipiente de muestra final (En Core® Sampler o vial pre-preparado de 40 ml) inmediatamente o la muestra puede colocarse inmediatamente en un recipiente de muestra intermedio sin espacio para la cabeza. Si se usa un recipiente intermedio (generalmente un frasco de sedimentos de 2 oz), la muestra debe transferirse al recipiente de muestra final (En Core® Sampler o vial pre-preparado de 40 ml) tan pronto como sea posible, sin exceder los 30 minutos.

NOTA: Después de recolectar la muestra en el En Core® Sampler u otro recipiente, la muestra debe almacenarse inmediatamente en una hielera y enfriarse.

Las muestras de sedimentos se pueden preparar para su envío y análisis de la siguiente manera:

Muestreador En Core® - la muestra deberá taparse, bloquearse y guardarse en una bolsa de plástico.

Jeringuilla - Agregue aproximadamente 3.7 cc (aproximadamente 5 gramos) de material de muestra a recipientes preparados previamente de 40 ml. Asegure los recipientes en una bolsa de plástico. No use un sello de custodia en el contenedor; Coloque el sello de custodia en la bolsa de plástico. Nota: Al usar las jeringas, es importante que no se permita que el aire quede atrapado detrás de la muestra antes de la extrusión, ya que esto afectará negativamente a la muestra.

Espátulas de laboratorio de acero inoxidable - Agregue entre 4.5 y 5.5 gramos (aproximados) de material de muestra a recipientes de 40 ml. Asegure los recipientes en una bolsa de plástico. No use un sello de custodia en el contenedor; Coloque el sello de custodia en la bolsa de plástico.

2.2.3 Metodología de muestreo: altas concentraciones

Según los objetivos de calidad de los datos y los requisitos del nivel de detección, también se puede utilizar este método de alto nivel. Específicamente, la muestra se puede empaquetar en un solo paquete de 2 oz. Recipiente de vidrio con tapón de rosca y sello de tabique. El recipiente de la muestra debe llenarse rápida y completamente para eliminar el espacio libre. Los sedimentos que contienen concentraciones elevadas de COV totales también pueden recolectarse como se describe en la Sección 2.2.2, Metodología de muestreo - Concentraciones bajas, y conservarse usando 10 ml de metanol.

2.2.4 *Técnicas y consideraciones especiales para el método 5035*

Efervescencia

Si las muestras de baja concentración tienen efervescencia por el contacto con el conservante ácido, entonces se debe realizar una prueba de efervescencia antes del muestreo, o los investigadores deben estar preparados para recolectar cada muestra tanto preservada como sin preservar según sea necesario, o todas las muestras deben ser recolectadas. sin conservantes.

Para verificar la efervescencia, recolecte una muestra de prueba y agregue a un vial preconservado. Si la conservación (acidificación) de la muestra produce efervescencia (formación rápida de burbujas), la conservación por acidificación no es aceptable y la muestra debe recogerse sin conservar.

Si se produce efervescencia y solo se encuentran disponibles viales de muestra preconservados, la solución conservante puede colocarse en un contenedor de residuos peligrosos apropiado y los viales se enjuagan tres veces con agua libre de orgánicos. Se debe colocar en el vial una cantidad adecuada de agua libre de orgánicos, igual a la cantidad de solución conservante. Luego, la muestra se puede recolectar como una muestra sin conservantes. Tenga en cuenta que la cantidad de agua orgánica libre colocada en los viales deberá medirse con precisión.

Tamaño de la muestra

Si bien este método es una mejora con respecto a los anteriores, los investigadores de campo deben ser conscientes de una limitación inherente. Debido al tamaño de muestra extremadamente pequeño, la representatividad de la muestra para los COV puede reducirse en comparación con las muestras con volúmenes más grandes recolectados para otros componentes. El diseño del muestreo y los objetivos de la investigación deben tener esto en cuenta.

Tiempos de espera

Los tiempos de retención de las muestras se especifican en el Manual de control de calidad y operaciones de laboratorio de la rama de servicios de laboratorio de la Región 4 de la USEPA (LSBLOQAM), versión más reciente. Los investigadores de campo deben tener en cuenta que el tiempo de espera para una muestra de sedimento de COV sin preservar es de 48 horas. Se deben hacer arreglos para enviar las muestras de COV de sedimentos al laboratorio por entrega al día siguiente el día en que se recolectan para que el laboratorio pueda preservar y / o analizar la muestra dentro de las 48 horas posteriores a la recolección.

Porcentaje de sólidos

Los muestreadores deben asegurarse de que el laboratorio tenga suficiente material para determinar el porcentaje de sólidos en la muestra de sedimento de COV para corregir los resultados analíticos al peso seco. Si se están realizando otros análisis sobre la muestra que requieran la determinación del porcentaje de sólidos, se pueden utilizar estos resultados. De lo contrario, se requerirá una muestra separada (mínimo de 2 oz.) Para la determinación del porcentaje de sólidos.

La seguridad

El metanol es un líquido tóxico e inflamable. Por lo tanto, el metanol debe manipularse con todas las precauciones de seguridad requeridas relacionadas con líquidos tóxicos e inflamables. Debe evitarse la inhalación de vapores de metanol. Los viales deben abrirse y cerrarse rápidamente durante el procedimiento de conservación de la muestra.

El metanol debe manipularse en un área ventilada. Utilice guantes protectores cuando manipule los viales de metanol. Almacene el metanol lejos de fuentes de ignición como calor extremo o llamas abiertas. Los viales de metanol deben almacenarse en una hielera con hielo en todo momento.

Transporte

El metanol y el bisulfato de sodio se consideran mercancías peligrosas, por lo tanto, el envío de muestras conservadas con estos materiales por un transportista común está regulado por el Departamento de Transporte de EE. UU. Y la Asociación de Transporte Aéreo Internacional (IATA). Las reglas de envío que se encuentran en el Título 49 del Código de Regulaciones Federales (49 CFR partes 171 a 179) y la edición actual de las Regulaciones de Mercancías Peligrosas de la IATA deben seguirse al enviar metanol y bisulfato de sodio. Consulte los documentos anteriores o al transportista para obtener información adicional. El envío de las cantidades de metanol y bisulfato de sodio utilizadas para la conservación de muestras se incluye en la exención para pequeñas cantidades. A continuación, se incluye un resumen de los requisitos para el envío de muestras. Consulte el código para obtener una revisión completa de los requisitos.

1. El volumen máximo de metanol o bisulfato de sodio en un recipiente de muestra está limitado a treinta (30) ml.
2. El recipiente de la muestra no debe estar lleno de metanol.
3. El recipiente de la muestra debe almacenarse en posición vertical y la tapa debe mantenerse firmemente en su lugar. Tenga en cuenta que el mecanismo utilizado para mantener la tapa en su lugar debe poder eliminarse por completo para que no se agregue peso al recipiente de la muestra, como se especifica en el Método 5035.
4. Los recipientes de muestra deben estar empaquetados en un material absorbente capaz de absorber derrames por fugas o rotura de los recipientes de muestra.
5. El peso máximo de la lanzadera de muestra no debe exceder las 64 libras.
6. El volumen máximo de metanol o bisulfato de sodio por contenedor de envío es de 500 ml.
7. El remitente debe marcar la lanzadera de muestra de acuerdo con el envío de mercancías peligrosas en cantidades aceptables.
8. El paquete no debe abrirse ni modificarse hasta que ya no esté en el comercio.

La siguiente tabla de resumen enumera las opciones disponibles para cumplir con SW846 Método 5035. Las ventajas y desventajas se indican para cada opción. El objetivo de LSASD es minimizar el uso de material peligroso (metanol y bisulfato de sodio) y minimizar la generación de desechos peligrosos durante la recolección de muestras.

Tabla 1: Resumen del método 5035

OPCIÓN	PAGROCEDURE	AVENTAJAS	DVENTAJAS
1	Recoja 2 viales de 40 ml con ~ 5 gramos de muestra y 1 a 2 oz. vidrio con tapa de tabique para tamizado y% de sólidos	Proyección realizada por laboratorio	Actualmente un tiempo de espera de 48 horas para muestras sin conservantes
2	Recoja 3 muestreadores EnCore® y 1 - 2 oz. vidrio con tapa de tabique para cribado y % sólidos	El laboratorio realiza todos procedimientos de conservación / preparación	Actualmente un tiempo de espera de 48 horas para preparación de muestras
3	Recoger 2 viales de 40 ml con 5 gramos de muestra y conservar con metanol o bisulfato de sodio y 1 - 2 oz. vidrio con tapa de tabique para tamizado y% de sólidos	COV de alto nivel las muestras pueden ser compuesto Mayor tiempo de espera	Materiales peligrosos utilizado en el campo
4	Recoja 1 - 2 oz. vidrio con tapa de tabique para análisis y% de sólidos	El laboratorio realiza todos procedimientos de conservación / preparación	Puede tener significantes Pérdida de COV

2.3 Precauciones especiales para el muestreo de sedimentos de trazas de contaminantes

2.3.1 Se usará un par de guantes desechables nuevos, sin polvo y limpios cada vez que se muestree una ubicación diferente, y los guantes deben colocarse inmediatamente antes de la toma de muestras. Los guantes no deben entrar en contacto con el medio de muestreo y deben cambiarse en cualquier momento durante la recolección de la muestra cuando su limpieza se vea comprometida.

2.3.2 Los contenedores de muestras con muestras sospechosas de contener altas concentraciones de contaminantes deben almacenarse por separado. Todas las muestras de fondo deben recolectarse y colocarse en hieleras o contenedores de envío separados. Las actividades de recolección de muestras deben proceder progresivamente desde el área menos contaminada sospechosa hasta el área más sospechosa contaminada si los dispositivos de muestreo se van a reutilizar. Las muestras de desechos o medios altamente contaminados no deben colocarse en la misma hielera que las muestras ambientales (es decir, que contengan niveles bajos de contaminantes) o de fondo.

2.3.3 Si es posible, un miembro del equipo de muestreo de campo debe tomar todas las notas y fotografías, llenar etiquetas, etc., mientras los otros miembros recolectan las muestras.

2.3.4 Los muestreadores deben usar equipos desechables o no desechables nuevos, verificados y certificados, limpiados de acuerdo con los procedimientos contenidos en el Procedimiento operativo LSASD para limpieza y descontaminación de equipos de campo, LSASDPROC-205, o el Procedimiento operativo LSASD para limpieza y descontaminación de campo en el FEC.

LSASDPROC-206, para recolección de muestras para análisis de trazas de metales o compuestos orgánicos.

2.3.5 Con respecto al muestreo para análisis de PFAS: Asegúrese de que el equipo de muestreo seleccionado no sea una fuente potencial de PFAS, tomando las muestras en blanco de control de calidad requeridas. Los materiales aceptables incluyen acero inoxidable, polietileno de alta densidad (HDPE) y polipropileno. Evite el equipo de muestreo que contenga materiales fluorados (por ejemplo, PTFE) y vidrio.

2.4 Homogeneización de muestras

2.4.1 Si el submuestreo de la muestra primaria se va a realizar en el laboratorio, transfiera la muestra primaria completa directamente a un recipiente de muestra apropiado y etiquetado. Continúe con el paso 5

2.4.2 Si se submuestrea la muestra primaria en el campo o se componen varias muestras primarias en el campo, coloque la muestra en un recipiente de homogeneización de vidrio o acero inoxidable y mezcle bien. Cada alícuota de una muestra compuesta debe tener el mismo volumen.

2.4.3 Todas las muestras de sedimentos deben mezclarse completamente para garantizar que la muestra sea lo más representativa posible del medio de muestra. Las muestras para el análisis de COV no están homogeneizadas. El método más común de mezcla se conoce como cuarteo. El procedimiento de despiece debe realizarse de la siguiente manera:

- El material en el plato de muestra debe dividirse en cuartos y cada cuarto debe mezclarse individualmente.
- Luego se deben mezclar dos cuartos para formar mitades.
- Las dos mitades deben mezclarse para formar una matriz homogénea.

Este procedimiento debe repetirse varias veces hasta que la muestra se mezcle adecuadamente. Si se utilizan recipientes redondos para mezclar la muestra, se logra una mezcla adecuada al remover el material en forma circular, invirtiendo la dirección y ocasionalmente volteando el material.

2.4.4 Coloque la muestra en un recipiente (s) apropiado (s) etiquetado usando el método alternativo de palear y asegure la tapa (s) firmemente. Las roscas del recipiente y la tapa deben limpiarse para asegurar un sellado hermético cuando se cierran.

2.4.5 Devuelva cualquier material de muestra no utilizado al lugar de donde se tomó la muestra.

2.5 Control de calidad

Si es posible, se debe recolectar una muestra de control de un área no afectada por los posibles contaminantes de interés y enviarla con las otras muestras. La muestra de control debe recolectarse en un lugar aguas arriba en el mismo arroyo o medio de transporte desde donde se recolectaron las muestras primarias. Los espacios en blanco del equipo deben recolectarse si el equipo se limpia en el campo y se reutiliza en el sitio o, si es necesario, para documentar que las herramientas de muestreo no introdujeron contaminantes de bajo nivel.

2.6 Registros

La información generada u obtenida por el personal de LSASD se organizará y contabilizará de acuerdo con los procedimientos de gestión de registros de LSASD que se encuentran en el Procedimiento operativo para el control de registros de LSASD, LSASDPROC-004. Se generarán notas de campo, registradas en un libro de registro de campo encuadernado, así como documentación de la cadena de custodia de acuerdo con el Procedimiento operativo de LSASD para libros de registro, LSASDPROC-010 y el Procedimiento de LSASD para la gestión de muestras y pruebas, LSASDPROC-005.

3 Consideraciones Generales

3.1 General

Las técnicas y el equipo de muestreo de sedimentos descritos en las siguientes Secciones 4, 5 y 6 de este procedimiento están diseñados para minimizar los efectos sobre la integridad química y física de la muestra. Si se siguen los procedimientos de esta sección, se debe obtener una muestra representativa del sedimento.

3.2 Consideraciones sobre la selección de equipos

La ubicación física del investigador al recolectar una muestra puede determinar el equipo que se utilizará. Vadear es el método preferido para llegar al lugar de muestreo, particularmente si la corriente tiene una corriente notable (no está incautada). Sin embargo, el vadeo puede alterar los sedimentos del fondo provocando resultados sesgados; por lo tanto, las muestras deben recolectarse hacia arriba. Si el arroyo es demasiado profundo para vadear, la muestra de sedimento se puede recolectar de una plataforma como un bote o un puente.

Para recolectar una muestra de sedimento de un cuerpo de agua u otro medio de transporte de agua superficial, se pueden usar una variedad de métodos:

- **3.2.1** Paletas y cucharas
- **3.2.2** Dragas (Ponar, Joven)
- **3.2.3** Dispositivos de extracción de muestras (tubos, tubos Shelby, Ogeechee Sand Pounders® y sinfines)
- **3.2.4** Vibracore® (controlador de tubo de núcleo vibratorio electrónico)

Independientemente del método utilizado, se deben tomar precauciones para garantizar que la muestra recolectada sea representativa del cuerpo de agua o medio de transporte. Estos métodos se analizan en los siguientes párrafos.

4 Palas y cucharas de acero inoxidable

4.1 Vadear

Si el medio de transporte está seco o es un cuerpo de agua superficial que se puede vadear, la forma más fácil de recolectar una muestra de sedimento es usando una pala o cuchara de acero inoxidable. Si el medio de transporte está seco, se accede directamente al sedimento y se recolecta con la cuchara o pala de acero inoxidable. Si el medio de transporte es un arroyo que se puede vadear u otro cuerpo de agua, el método se logra vadeando en el cuerpo de agua superficial y mientras mira hacia arriba (hacia la corriente), recogiendo la muestra a lo largo del fondo del cuerpo de agua superficial en la dirección corriente arriba. El exceso de agua se puede quitar / drenar de la cuchara o cuchara. Sin embargo, esto puede resultar en la pérdida de algún material de tamaño de partícula de grano fino asociado con el sustrato que se muestrea. Se debe tener cuidado para minimizar la pérdida de este material de grano fino.

4.2 Muestreo de banco / plataforma

En cuerpos de agua superficiales que son demasiado profundos para vadear, pero de menos de dos metros y medio de profundidad, se puede usar una pala o cuchara de acero inoxidable unida a un trozo de conducto, ya sea desde las orillas, si el cuerpo de agua superficial es angosto, o desde un barco. Nuevamente, se debe tener cuidado para minimizar la pérdida de los tamaños de partículas finas. El sedimento se coloca en una bandeja de vidrio y se mezcla de acuerdo con el método de cuarteo descrito en la Sección 2.4.

5 Dragas

5.1 Consideraciones generales

Las dragas proporcionan un medio para recolectar sedimentos de cuerpos de agua superficiales que son demasiado profundos para acceder con una pala y un conducto. Son más útiles cuando se recolectan sustratos más blandos y de grano más fino compuestos de limos y arcillas, pero también se pueden usar para recolectar sedimentos compuestos de arenas y grava, aunque la recuperación de muestras en estos materiales puede ser menos que completa.

Se requiere un espacio libre vertical para usar cualquiera de las dragas. Las dragas, unidas a cuerdas, se bajan verticalmente desde la plataforma de muestreo (bote, puente, etc.) hasta el sustrato que se muestrea debajo del punto de despliegue.

5.2 Draga Ponar

los Ponar La draga tiene placas laterales y una pantalla en la parte superior del compartimento de muestra y muestra un 0,05 m_2 área de superficie. La pantalla sobre el compartimento de la muestra permite que el agua pase a través del muestreador a medida que desciende, lo que reduce la turbulencia alrededor de la draga. La draga Ponar es manejada

fácilmente por una sola persona y es uno de los muestreadores más efectivos para uso general en la mayoría de los tipos de sustratos.

La draga Ponar se despliega en su configuración abierta. Se baja suavemente desde la plataforma de muestreo hasta el sustrato debajo de la plataforma. Una vez que la draga aterriza en el sustrato, se tira de la cuerda hacia arriba, cerrando la draga y capturando la muestra. Luego, la draga se transporta a la superficie, donde se abre para adquirir la muestra.

5.3 Draga Mini-Ponar

La draga Mini-Ponar es una versión más pequeña y mucho más ligera de la draga Ponar y toma muestras de 0.023 m_2 área de superficie. Se utiliza para recolectar volúmenes de muestra más pequeños cuando se trabaja en tanques industriales, lagunas, estanques y cuerpos de agua poco profundos. Es un buen dispositivo para usar cuando se recolectan lodos y sedimentos que contienen componentes peligrosos porque el tamaño de la draga hace que sea más fácil de limpiar en el campo. Su uso y operación son los mismos que se describen en la Sección 5.2, Dragado Ponar, arriba.

5.4 Agarre joven

El muestreador de agarre Young es un muestreador de agarre tipo concha de acero inoxidable similar a una draga Ponar. Es un muestreador de tipo concha con una acción de cierre de tijera que se usa típicamente para el muestreo de sedimentos marinos y estuarinos. El muestreador de agarre de Young es uno de los dispositivos de muestreo de agarre de rendimiento más consistente para el muestreo de sedimentos tanto en sedimentos marinos en alta mar como en sedimentos estuarinos. El muestreador Young viene en dos tamaños, 0,1 m_2 y 0,04 m_2. El 0,1 m_2 se utiliza normalmente cuando se necesita un mayor volumen de sedimento para la química y el tamaño de las partículas. El 0.04 m_2 se utiliza normalmente para el muestreo de macroinvertebrados bentónicos marinos y se ha convertido en el muestreador manual estándar utilizado por NOAA, USGS y USEPA.

El muestreador Young se baja al sustrato para ser muestreado con un cable o cuerda que tiene un pestillo que se suelta cuando se quita la tensión del cable o cuerda. Cuando se levanta el dispositivo de muestra, la acción de tijera de los brazos cierra la cubierta y agarra la muestra.

La principal diferencia entre el muestreador de agarre Young y otros muestreadores de agarre es un marco cuadrado o rectangular unido al dispositivo que evita que penetre demasiado profundamente en los sedimentos blandos. En sustratos más duros, se pueden agregar pesos al marco para mantener la cuchara en su lugar y evitar la recolección de una muestra "poco profunda". También se puede acoplar un marco de trípode al marco que rodea al muestreador de agarre Young. El alambre o cuerda con la que se sube y baja la pinza pasa a través de una abertura en la parte superior del trípode y evita que el dispositivo aterrice de lado o en ángulo cuando hay fuertes corrientes o hay un movimiento lateral del recipiente de muestreo durante la toma de muestras. operaciones.

La desventaja del muestreador de agarre Young es que, debido al peso y tamaño del marco, se requiere un barco con un marco en "A" o un bote con un pescante para subir y bajar el muestreador.

La principal diferencia entre el muestreador de agarre Young y otros muestreadores de agarre es un marco cuadrado o

rectangular unido al dispositivo que evita que penetre demasiado profundamente en los sedimentos blandos. En sustratos más duros, se pueden agregar pesos al marco para mantener la cuchara en su lugar y evitar la recolección de una muestra "poco profunda". También se puede acoplar un marco de trípode al marco que rodea al muestreador de agarre Young. El alambre o cuerda con la que se sube y baja la cuchara pasa a través de una abertura en la parte superior del trípode.y evita que el dispositivo aterrice de lado o en ángulo cuando hay fuertes corrientes o hay un movimiento lateral del recipiente de muestreo durante las operaciones de muestreo manual.

La desventaja del muestreador de agarre Young es que, debido al peso y tamaño del marco, se requiere un barco con un marco en "A" o un bote con un pescante para subir y bajar el muestreador.

6 Dispositivos de extracción de muestras de sedimentos

6.1 General

Los muestreadores de núcleos se utilizan para muestrear columnas verticales de sedimento. Son particularmente útiles cuando se desea una imagen histórica de la deposición de sedimentos, ya que preservan la estratificación secuencial del depósito. También son particularmente útiles cuando se desea minimizar la pérdida de material en la interfaz sedimento-agua. Se han desarrollado muchos tipos de dispositivos de extracción de muestras, dependiendo de la profundidad del agua de la que se obtendrá la muestra, la naturaleza del material del fondo y la longitud del núcleo a recolectar. Varían desde tubos de empuje accionados manualmente hasta controladores de tubos centrales vibratorios electrónicos. Estos métodos se describen a continuación en las siguientes secciones.

Los dispositivos de extracción de muestras son particularmente útiles en el monitoreo de contaminantes porque la turbulencia creada por el descenso a través del agua es mínima, por lo que los finos en la interfaz sedimento-agua solo se alteran mínimamente; la muestra se extrae intacta, lo que permite eliminar solo las capas de interés; se pueden comprar revestimientos de núcleo fabricados con vidrio o Teflon®, lo que reduce las posibles interferencias de la muestra; y las muestras se envían fácilmente al laboratorio para su análisis en el tubo en el que se recogieron.

La desventaja de los dispositivos de extracción de muestras es que se obtiene un área superficial y un tamaño de muestra relativamente pequeños, lo que a menudo requiere un muestreo repetitivo para obtener la cantidad requerida de material para el análisis. Debido a que se cree que esta desventaja se compensa con las ventajas, los dispositivos de extracción de muestras se recomiendan en el muestreo de sedimentos para análisis de trazas de compuestos orgánicos o metales.

6.2 Tubos de empuje desplegados manualmente

En aguas poco profundas que se pueden vadear, o para muestras recolectadas por buzos, se recomienda el uso directo de un revestimiento de núcleo o un tubo fabricado con Teflon®, plástico o vidrio para la recolección de muestras de sedimentos. Los tubos de plástico se utilizan principalmente para la recolección de muestras para parámetros físicos como el análisis del tamaño de partículas y, en algunos casos, son aceptables cuando los constituyentes inorgánicos son el único parámetro de interés. Su uso también puede extenderse a aguas profundas cuando se utiliza equipo de buceo SCUBA. Se prefiere el teflón® o el plástico al vidrio, ya que son irrompibles, lo que reduce la posibilidad de pérdida de muestra o lesiones personales. Los tubos de empuje de acero inoxidable también son aceptables y proporcionan un mejor filo y

mayor resistencia que el Teflon®. El uso de tubos de vidrio o Teflon® elimina cualquier posible interferencia debida a la contaminación con metales de los cilindros sacatestigos, cabezales de corte y retenedores. El tubo debe tener aproximadamente 12 pulgadas de largo si solo se van a tomar muestras de sedimentos depositados recientemente (8 pulgadas o menos). Deben usarse tubos más largos cuando la profundidad del sustrato exceda las 8 pulgadas. Los sedimentos blandos o semi-consolidados como lodos y arcillas tienen una mayor adherencia al interior del tubo y por lo tanto se pueden muestrear con tubos de mayor diámetro. Debido a que los sedimentos gruesos o no consolidados, como las arenas y la grava, tienden a caer Los sedimentos blandos o semi-consolidados como lodos y arcillas tienen una mayor adherencia al interior del tubo y, por tanto, pueden muestrearse con tubos de mayor diámetro. Debido a que los sedimentos gruesos o no consolidados, como las arenas y la grava, tienden a caer Los sedimentos blandos o semi-consolidados como lodos y arcillas tienen una mayor adherencia al interior del tubo y por lo tanto se pueden muestrear con tubos de mayor diámetro. Debido a que los sedimentos gruesos o no consolidados, como las arenas y la grava, tienden a caer el tubo, normalmente se requiere un tubo de empuje de menor diámetro para obtener una muestra. En casos extremos, donde la retención de la muestra en el tubo sea problemática, se deben emplear captadores de núcleos o tapones de extremo hechos de Teflon®. Un tubo de aproximadamente dos pulgadas de diámetro suele ser el mejor tamaño. El grosor de la pared del tubo debe ser de aproximadamente 1/3 de pulgada para plástico Teflon® o vidrio. La pared interior se puede limar en la parte inferior del tubo para proporcionar un borde cortante que facilite la entrada del revestimiento en el sustrato.

Se debe tener cuidado de no alterar los sedimentos del fondo cuando la muestra se obtiene vadeando en aguas poco profundas (siempre trabaje mirando hacia arriba y desde abajo hacia arriba). El tubo central se empuja hacia el sustrato hasta que cuatro pulgadas o menos del tubo estén por encima de la interfaz sedimento-agua. Al tomar muestras de sustratos duros o gruesos, una rotación suave del tubo mientras se empuja facilitará una mayor penetración y reducirá la compactación del núcleo. A continuación, se tapa la parte superior del tubo para proporcionar succión y reducir la posibilidad de perder la muestra. Se puede usar un tapón o tapa de extremo de Teflon®, o una hoja de Teflon® sujetada en su lugar por un tapón de goma o corcho. Una vez taponado, el tubo se extrae lentamente con la succión y adherencia del sedimento manteniendo la muestra en el tubo. Antes de tirar de la parte inferior del tubo y el núcleo por encima de la superficie del agua, también debe taparse. Una alternativa al dispositivo de extracción de muestras es el tubo Shelby. El tubo Shelby tiene una válvula de retención por gravedad en la parte superior del tubo donde se conecta un mango de barrena. Esta válvula de retención permite que el aire y el agua escapen a medida que avanza el tubo. Una vez que el tubo está a la profundidad deseada, la válvula de retención se cerrará automáticamente formando succión en el tubo; así, manteniendo la muestra en su interior.

Cuando se requiere un muestreo extenso de núcleos, como un examen transversal de un lecho de un río con el objetivo de perfilar tanto el contenido físico como químico del sedimento, es conveniente obtener núcleos completos. Se necesita un tubo de extracción fuerte, como uno de aluminio, acero o acero inoxidable, para penetrar el sedimento y la arcilla o arenas subyacentes. Para facilitar la recolección y retención completa del núcleo, se recomienda que el descorazonador (como un tubo Shelby) tenga una válvula de retención incorporada en el cabezal impulsor que permita que el agua y el aire escapen del núcleo de corte, creando así un vacío parcial, lo que ayuda a retener el núcleo de sedimento en el tubo. El descorazonador está conectado a una extensión y mango de barrena estándar, lo que permite

que se extraiga en el sedimento desde un bote o mientras se vadea.

Antes de extraer el sedimento de los tubos de extracción de muestras, se debe decantar del tubo el sobrenadante transparente sobre la interfaz sedimento-agua en el núcleo. Esto se logra simplemente girando el tubo central hacia un lado y vertiendo suavemente el líquido hasta que aparezcan finas partículas de sedimento en el líquido de desecho. La pérdida de algunos de los sedimentos finos suele ocurrir con esta técnica.

6.3 Ogeechee Sand Pounders® y núcleos de gravedad

En cuerpos de agua más profundos que no se pueden vadear, los núcleos de sedimentos se pueden recolectar de un puente o un bote utilizando diferentes dispositivos de extracción como Ogeechee Sand Pounders®, núcleos por gravedad y dispositivos de extracción por vibración. Los tres dispositivos utilizan un barril de núcleo con un sistema de tubo de revestimiento de núcleo. El revestimiento del núcleo se puede quitar del cilindro del núcleo y reemplazarse con un revestimiento del núcleo limpio, según sea necesario, después de cada muestra. Los revestimientos están hechos de acero inoxidable, Teflon® o plástico. El tipo de revestimiento del núcleo y su composición deben basarse en los contaminantes que se evaluarán.

Ogeechee Sand Pounders® y los núcleos de gravedad son dispositivos de mano que utilizan un barril de núcleo de tamaño estándar de 2 pulgadas de diámetro. El tubo central y el revestimiento son intercambiables entre las dos unidades. El Ogeechee® utiliza un mecanismo de martillo deslizante unido al cabezal del núcleo que permite que el muestreador golpee el tubo del núcleo en el sedimento. El Ogeechee® es bueno para sedimentos arenosos más consolidados. El núcleo de gravedad utiliza un mecanismo de aleta de guía con una válvula de retención de tipo gravedad incorporada. El núcleo de gravedad se coloca en el agua y se libera en la superficie para que caiga libremente al fondo. El mecanismo de aletas mantiene el tubo central en posición vertical y sin que gire en la columna de agua a medida que desciende. El tubo central apuñala el fondo, forzando el sedimento dentro del tubo. Ambos dispositivos de extracción de muestras están equipados con boquillas extraíbles en el barril de extracción de muestras y captadores de muestras desechables para los tubos de revestimiento. Los receptores de testigos están diseñados para tapar el tubo de revestimiento para evitar la pérdida del núcleo cuando se recuperan del fondo. El núcleo de gravedad se puede modificar para conectar un mecanismo de martillo deslizante, similar al Ogeechee®, para golpear aún más el núcleo en el sedimento si se considera necesario.

Los núcleos de sedimentos recolectados de la mayoría de los dispositivos de extracción de testigos manuales pueden sufrir expansión o compactación cuando se introducen en el sedimento, dependiendo de la suavidad del sedimento. El esparcimiento ocurre cuando el sedimento es empujado o movido hacia un lado durante el avance del tubo central. La compactación ocurre cuando el sedimento se empuja hacia abajo a medida que avanza el tubo central. Ambos fenómenos pueden afectar la integridad física de la muestra del núcleo. Por ejemplo, el tubo central puede avanzar a través del sedimento hasta una profundidad de 36 pulgadas, pero al examinar el núcleo recuperado, solo hay 24 pulgadas de sedimento en el tubo central.

6.4 Controladores de tubo de núcleo vibratorio (Vibracore®)

Los controladores de tubo de núcleo vibratorio (Vibracore®) facilitan el muestreo de sedimentos saturados blandos o poco consolidados, con una compactación o esparcimiento mínimos, utilizando tubos de núcleo revestidos o sin revestimiento. Está

diseñado para usarse con tubos de núcleo que tienen diámetros nominales que van desde 2 pulgadas a 4 pulgadas de DE. El Vibracore® usa un motor eléctrico para crear rangos de vibración de aproximadamente 6,000 RPM a 8,000 RPM (100 Hz a 133 Hz) dependiendo de la resistencia que ofrece el sedimento; cuanto mayor sea la resistencia, mayor será la frecuencia. El desplazamiento vibratorio real del Vibracore® es del orden de unas pocas decenas de milésimas de pulgada, por lo que esencialmente no se produce mezcla del sedimento dentro del tubo. La energía vibratoria tiende a reorientar las partículas de sedimento en el extremo inferior del tubo central, haciendo que se muevan fuera del camino de la pared de avance del tubo central y en un empaque más eficiente (es decir, más denso). Esta acción hace avanzar el tubo central con una mínima compactación del sedimento.

7 Buceo

7.1 General

Los buzos también pueden obtener muestras de sedimentos de grandes arroyos y cuerpos de agua abiertos, como estanques, lagos, cuerpos de estuarios y entornos de mar abierto. Usando una variedad de los métodos mencionados anteriormente, los buzos pueden acceder directamente al sustrato y recolectar muestras de sedimentos. Dependiendo de los métodos de muestreo utilizados y los análisis requeridos, las muestras pueden recolectarse directamente en los contenedores desde el sustrato o pueden devolverse, a granel, al banco u otra plataforma de muestreo para su procesamiento y asignación de contenedores de muestras.

8 Referencias

Autoridad de Transporte Aéreo Internacional (IATA). Reglamento sobre mercancías peligrosas, versión más reciente

Procedimiento operativo LSASD para el control de registros, LSASDPROC-004, versión más reciente

Procedimiento operativo LSASD para la gestión de muestras y pruebas, LSASDPROC-005, versión más reciente

Procedimiento operativo LSASD para libros de registro, LSASDPROC-010, versión más reciente

Procedimiento operativo LSASD para el control de calidad del muestreo de campo, LSASDPROC-011, versión más reciente

Procedimiento operativo LSASD para inventario y gestión de equipos, LSASDPROC-104, versión más reciente

Procedimiento operativo LSASD para limpieza y descontaminación de equipos de campo, LSASDPROC-205, versión más reciente

Procedimiento operativo LSASD para limpieza y descontaminación de equipos de campo en la FEC, LSASDPROC-206, versión más reciente

Procedimiento operativo LSASD para embalaje, marcado, etiquetado y envío de muestras ambientales y de desechos, LSASDPROC-209, versión más reciente

Título 49 del Código de Regulaciones Federales, Pts. 171 a 179, versión más reciente

EPA de EE. UU. Subdivisión de Servicios de Laboratorio Manual de Operaciones de Laboratorio y Garantía de Calidad.

Región 4 LSASD, Athens, GA, versión más reciente

EPA de EE. UU. Manual de seguridad y salud ocupacional. Región 4 LSASD, Athens, GA, versión más reciente

Oficina de Seguridad y Salud Ocupacional de los Estados Unidos (US OSHA). 1981. Paquete de reglamentación final para el cumplimiento de las reglamentaciones del DOT en el envío de muestras ambientales de laboratorio (PM-273), nota de David Weitzman, presidente del grupo de trabajo, EPA de EE. UU. 13 de abril de 1981.

9 Revisión histórica

La fila superior de esta tabla muestra los cambios más recientes a este documento controlado. Para obtener información sobre el historial de revisiones anteriores, el Coordinador de garantía de calidad (QAC) de LSASD mantiene las versiones archivadas de este documento en la red de área local (LAN) de LSASD.

Historia	Fecha efectiva
LSASDPROC-200-R4, *Muestreo de sedimentos*, reemplaza LSASDPROC-R3 **General:** A lo largo del documento, la mención de SESD fue reemplazada por LSASD según corresponda. **Portada:** Cambió a Kevin Simmons, científico ambiental a científico biológico. Se cambió al Jefe Interino, John Deatrick de la Rama de Investigaciones y Cumplimiento a Jefe de la Rama de Ciencias Aplicadas. Se cambió de jefa interina, Laura Ackerman, rama de evaluación ecológica, a jefa, Hunter Johnson, sección Superfund. Cambió a Bobby Lewis, Gerente de Calidad de Campo, División de Apoyo de Ciencia y Ecosistemas a Stacie Masters, Coordinador de Garantía de Calidad, División de Ciencias Aplicadas y Servicios de Laboratorio.**Sección 2.3:** Lenguaje agregado para incluir muestreo PFAS. 23 de febrero de 2020	23 de febrero de 2020
LSASDPROC-200-R3, *Sedimento Muestreo,* reemplaza LSASDPROC-200-R2. **General:** Se corrigieron errores tipográficos, gramaticales y / o editoriales. A lo largo del documento, la mención del sistema de calidad o sistema de calidad SESD se reemplazó por el Sistema de calidad de sucursales de campo o FBQS. **Portada:** Cambió al Jefe de la Rama de Ejecución e Investigaciones de Archie Lee a Jefe Interino, John Deatrick. Cambió a la jefa de la rama de evaluación ecológica de Bill Cosgrove a la jefa interina, Laura Ackerman. Cambió el FQM de Liza Montalvo a Bobby Lewis. **Revisión histórica:** Se realizaron cambios para reflejar la práctica actual de incluir solo los cambios más recientes en el historial de revisiones. En todo el documento: cualquier referencia al "Porcentaje de humedad" se cambió a "Porcentaje de sólidos".	21 de agosto de 2014
LSASDPROC-200-R2, *Sedimento Muestreo,* reemplaza LSASDPROC-200-R1.	8 de septiembre de 2010
LSASDPROC-200-R1, *Sedimento Muestreo,* reemplaza el LSASDPROC-200-R0.	1 de noviembre de 2007
LSASDPROC-200-R0, *Muestreo de sedimentos*, Emisión original	05 de febrero de 2007

"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 : LARCENY FABIELA ALVIZ GONZALES
DNI/Carnet de Extranjería/Pasaporte N° : 47114765
Correo electrónico : LARCENYFMG11@GMAIL.COM
Teléfono/Celular : 946686771

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 : ANÁLISIS COMPARATIVO EN LOS NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (As, B, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn y Pb) EN SEDIMENTOS, ENTRE LA ZONA ALTA Y ZONA BAJA DEL RÍO LOCUMBA ,REGIÓN TACNA, 2021
b) Campo del conocimiento OCDE (Indicar el código de clasificación OCDE de la obra : https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_ford.html) : 2.08.01
c) Fecha de publicación : JULIO 2022

6. DATOS DEL ASESOR:

a) Nombres y Apellidos : RENEE MAURICIO CONDORI APAZA
b) DNI/Pasaporte/Cédula : 29604731
c) ORCID : 0000-0002-1097-5026

FIRMA :

DOCUMENTO DE IDENTIDAD : 47114765
NOMBRES Y APELLIDOS : LARCENY FABIELA ALVIZ GONZALES

"UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA"

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

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 : 47114765

NOMBRES Y APELLIDOS : LARCENY FABIELA ALVIZ GONZALES

FECHA : 06/07/2022



"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 : CARLITA DYRCE ALVIZ GONZALES
DNI/Carnet de Extranjería/Pasaporte N° : 47551858
Correo electrónico : CARLA.MG1992@GMAIL.COM
Teléfono/Celular : 974671086

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 : ANÁLISIS COMPARATIVO EN LOS NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (As, B, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn y Pb) EN SEDIMENTOS, ENTRE LA ZONA ALTA Y ZONA BAJA DEL RÍO LOCUMBA ,REGIÓN TACNA, 2021
b) Campo del conocimiento OCDE (Indicar el código de clasificación OCDE de la obra : https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_ford.html) : 2.08.01
c) Fecha de publicación : JULIO 2022

6. DATOS DEL ASESOR:

a) Nombres y Apellidos : RENEE MAURICIO CONDORI APAZA
b) DNI/Pasaporte/Cédula : 29604731
c) ORCID : 0000-0002-1097-5026

FIRMA :

DOCUMENTO DE IDENTIDAD : 47551858
NOMBRES Y APELLIDOS : CARLITA DYRCE ALVIZ GONZALES

"UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA"

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

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 : 47551858

NOMBRES Y APELLIDOS : CARLITA DYRCE ALVIZ GONZALES

FECHA : 06/07/2022

