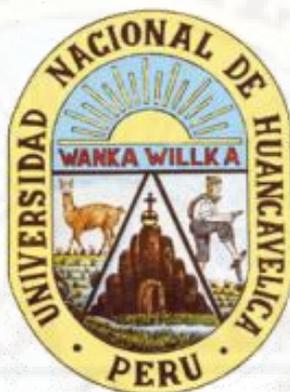


UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA

(Creada por Ley N° 25265)

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



TESIS

**“CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS: ARSÉNICO, CADMIO,
COBALTO, CROMO, MERCURIO Y PLOMO EN SEDIMENTOS
SUPERFICIALES EN LA LAGUNA DE PULTOCC- HUANCVELICA”**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

GESTIÓN AMBIENTAL Y/O SANITARIA

PRESENTADO POR:

Bach. HILARIO HUAMANI, Jaqueline Estefani

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL Y SANITARIO

HUANCVELICA, PERÚ

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



En el Auditorium de la Facultad de Ciencias de Ingeniería, a los 26 días del mes de julio del año 2022, a horas 5:00 p.m., se reunieron los miembros del jurado calificador conformado de la siguiente manera:

PRESIDENTE : Mg. Wilfredo SÁEZ HUAMÁN
<https://orcid.org/0000-0002-3114-8134>
DNI N° 23274838

SECRETARIA : M.Sc. Mabel Yesica ESCOBAR SOLDEVILLA
<https://orcid.org/0000-0001-9253-5974>
DNI N° 41063829

ASESOR : Dr. Víctor Guillermo SÁNCHEZ ARAUJO
<https://orcid.org/0000-0002-7702-0881>
DNI N° 40446828

Designados con Resolución de Decano N° 115-2022-FCI-UNH, de fecha 28 de junio del 2022, a fin de proceder el acto académico de evaluación y calificación de la sustentación del informe final de tesis titulado: "CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS: ARSÉNICO, CADMIO COBALTO, CROMO, MERCURIO Y PLOMO EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES EN LA LAGUNA DE PULTOCC-HUANCAVELICA", presentada por la Bachiller **Jaqueline Estefani HILARIO HUAMANI** con DNI N° 70320271, a fin de para optar el **Título Profesional de Ingeniero Ambiental y Sanitaria**; Finalizado la evaluación a horas 6:05 p.m.; se invitó al público presente y a la sustentante abandonar el recinto. Luego de una amplia deliberación por parte de los jurados, se llegó al siguiente resultado:

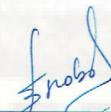
APROBADO POR UNANIMIDAD

DESAPROBADO POR

En señal de conformidad, firmamos a continuación:



Presidente



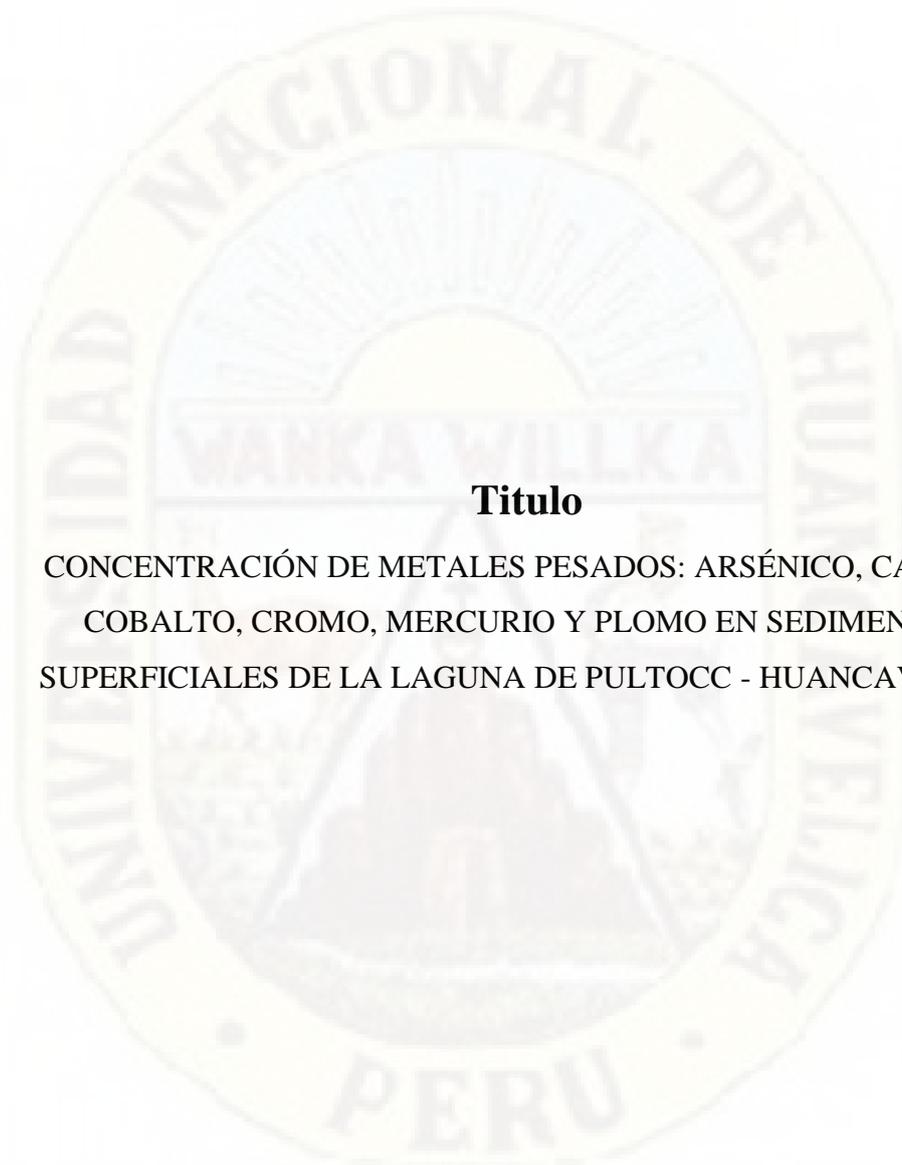
Secretario



Asesor

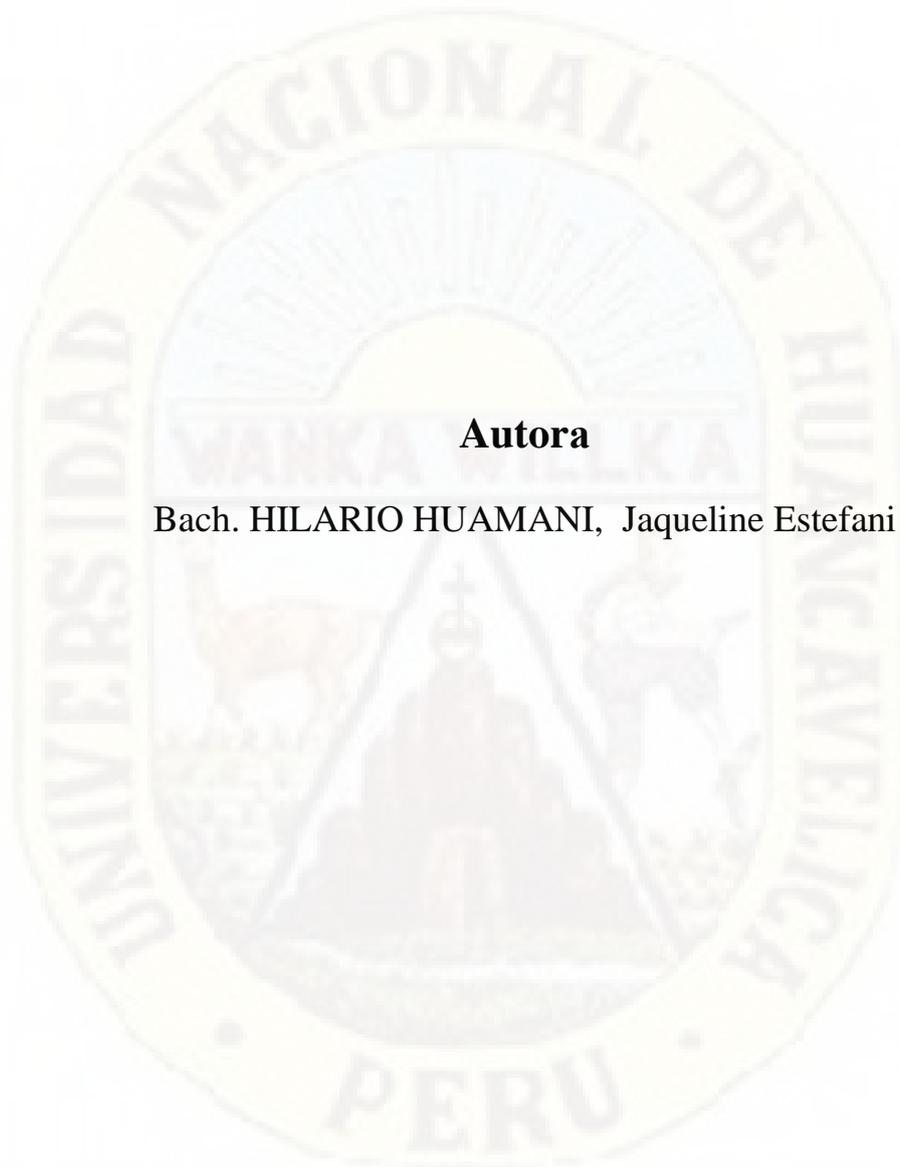


Vº Bº Decano



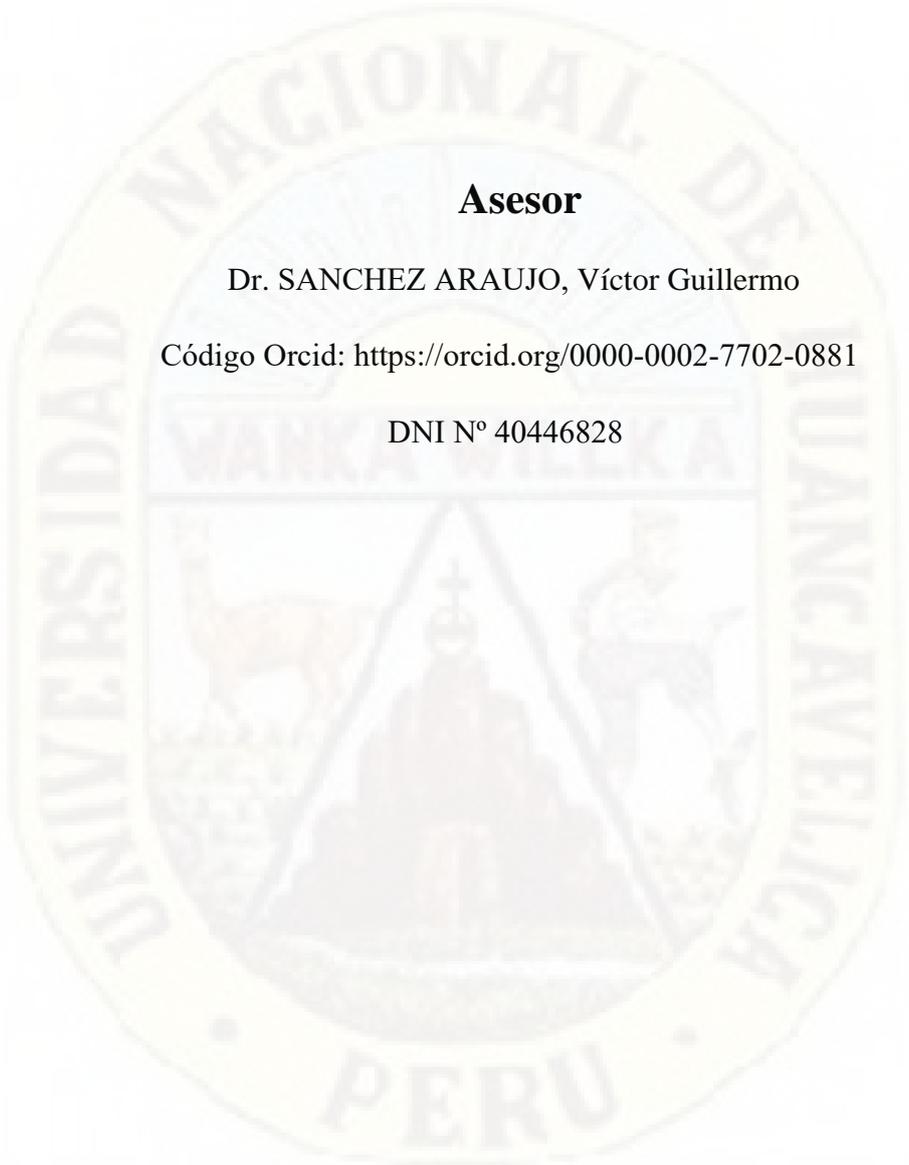
Titulo

CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS: ARSÉNICO, CADMIO,
COBALTO, CROMO, MERCURIO Y PLOMO EN SEDIMENTOS
SUPERFICIALES DE LA LAGUNA DE PULTOCC - HUANCVELICA



Autora

Bach. HILARIO HUAMANI, Jaqueline Estefani

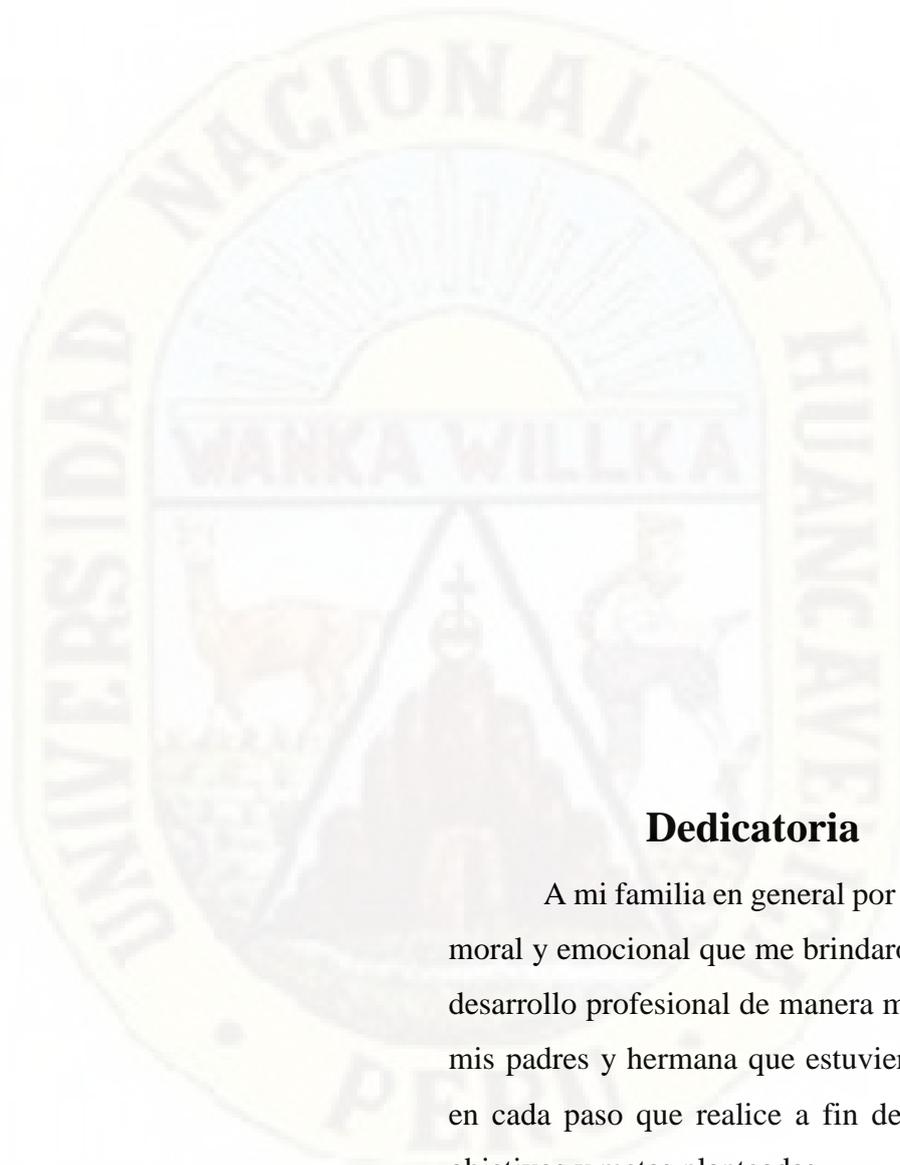


Asesor

Dr. SANCHEZ ARAUJO, Víctor Guillermo

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7702-0881>

DNI N° 40446828



Dedicatoria

A mi familia en general por el gran apoyo moral y emocional que me brindaron durante mi desarrollo profesional de manera muy especial a mis padres y hermana que estuvieron a mi lado en cada paso que realice a fin de cumplir mis objetivos y metas planteadas.

Agradecimiento

En primer lugar, agradecer a Dios por permitirnos vivir día a día, darnos un aliento emocional para salir adelante a pesar de los problemas que se presentan en el transcurso de la vida.

A mis padres quienes me educaron y apoyaron en esta larga carrera educacional con la finalidad de ver a su hija siendo unas profesionales exitosas ayudando y forjando un futuro mejor para los niños a quienes impartiremos los conocimientos necesarios para que se puedan desarrollar cognitivamente.

A la Universidad Nacional de Huancavelica en especial a la Escuela de Ambiental y Sanitaria, así mismo a los docentes que laboran dentro de la institución ya que me brindaron los conocimientos adecuados y necesarios para que pueda ser una ingeniera exitosa con gran capacidad de desempeño laboral.

A mi asesor que me apoyó en la investigación con su colaboración y me permitió desarrollar el presente proyecto de investigación.

Tabla de contenido

Portada.....	i
Acta de sustentación.....	ii
Título.....	iii
Autora.....	iv
Asesor.....	v
Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento.....	vii
Tabla de contenido.....	viii
Tabla de contenidos de tablas.....	xi
Tabla de contenidos de figuras.....	xiii
Resumen.....	xv
Abstract.....	xvi
Introducción.....	xvii
CAPÍTULO I.....	19
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
1.1. Descripción del problema.....	19
1.2. Formulación del problema.....	20
1.2.1. Problema general.....	20
1.2.2. Problemas específicos.....	20
1.3. Objetivos.....	21
1.3.1. Objetivo general.....	21
1.3.2. Objetivos específicos.....	21
1.4. Justificación.....	22
CAPÍTULO II.....	23
MARCO TEÓRICO.....	23
2.1. Antecedentes.....	23
2.1.1. A nivel Internacional.....	23
2.1.2. A nivel Nacional.....	25
2.1.3. A nivel Local.....	27
2.2. Bases teóricas sobre el tema de investigación.....	28

2.2.1.	Concentración de metales pesados	28
2.2.1.1.	<i>Metales pesados</i>	28
2.2.1.2.	<i>Principales metales pesados</i>	29
2.2.1.2.1.	<i>Cadmio</i>	29
2.2.1.2.2.	<i>Plomo</i>	29
2.2.1.2.3.	<i>Cromo</i>	31
2.2.1.2.4.	<i>Mercurio</i>	32
2.2.1.2.5.	<i>Arsénico</i>	32
2.2.1.2.6.	<i>Cobalto</i>	33
2.2.1.3.	<i>Acumulación de metales pesados</i>	34
2.2.2.	Sedimentos superficiales.....	35
2.2.2.1.	<i>Definición</i>	35
2.2.2.2.	<i>Origen</i>	36
2.2.2.3.	<i>Parámetros físico químicos de los sedimentos</i>	36
2.2.2.4.	<i>Análisis de metales en los sedimentos</i>	36
2.2.2.5.	<i>Directrices de evaluación para sedimentos</i>	36
2.3.	Definición de términos	37
2.4.	Hipótesis.....	38
2.4.1.	Hipótesis General.....	38
2.4.2.	Hipótesis Específicas	39
2.5.	Variables	39
2.6.	Operacionalización de variables	40
CAPÍTULO III.....		41
MATERIALES Y MÉTODOS		41
3.1.	Ámbito temporal y espacial	41
3.1.1.	Ámbito temporal	41
3.1.2.	Ámbito espacial	41
3.2.	Tipo de investigación	41
3.3.	Nivel de investigación.....	42
3.4.	Método de investigación	42
3.4.1.	Método general	42
3.4.2.	Métodos específicos.....	43

3.5.	Diseño de investigación	43
3.6.	Población, muestra y muestreo	44
3.6.1.	Población	44
3.6.2.	Muestra	45
3.6.3.	Muestreo	46
3.7.	Técnicas e instrumentos para recolección de datos.....	47
3.7.1.	Técnicas	47
3.7.2.	Instrumentos.....	47
3.8.	Técnicas y procesamiento de análisis de datos	48
3.9.	Prueba de hipótesis.....	49
CAPÍTULO IV.....		50
DISCUSIÓN DE RESULTADOS		50
4.1.	Presentación e interpretación	50
4.1.1.	Concentración de Arsénico en los sedimentos superficiales	51
4.1.2.	Concentración de Cadmio en los sedimentos superficiales	52
4.1.3.	Concentración de Cobalto en los sedimentos superficiales	52
4.1.4.	Concentración de Cromo en los sedimentos superficiales.....	53
4.1.5.	Concentración de Mercurio en los sedimentos superficiales.....	54
4.1.6.	Concentración de Plomo en los sedimentos superficiales	55
4.2.	Prueba de hipótesis.....	56
4.2.1.	Prueba de hipótesis de Arsénico	56
4.2.2.	Prueba de hipótesis de Cadmio.....	62
4.2.3.	Prueba de hipótesis de Cobalto.....	67
4.2.4.	Prueba de hipótesis de Cromo	72
4.2.5.	Prueba de hipótesis de Mercurio.....	77
4.2.6.	Prueba de hipótesis de Plomo	82
4.3.	Discusión de resultados.....	87
Conclusiones		93
Recomendaciones.....		95
Referencias bibliográficas.....		96
Apéndice		99
Apéndice 1 matriz de consistencia.....		100

Tabla de contenidos de tablas

Tabla 1. Valores admisibles para la calidad de sedimentos según norma canadiense	37
Tabla 2. Operacionalización de variables	40
Tabla 3. Normalidad para Arsénico (As)	57
Tabla 4. Comparación de normalidad de datos	57
Tabla 5. Prueba de T de Student para la concentración de Arsénico (As).....	59
Tabla 6. Comparación de valor de la prueba estadística	60
Tabla 7. Datos para la prueba de T de Student para la concentración de Arsénico (As).....	60
Tabla 8. Normalidad para Cadmio (Cd).....	62
Tabla 9. Comparación de normalidad de datos	62
Tabla 10. Prueba de T de Student para la concentración de Cadmio (Cd).	64
Tabla 11. Comparación de valor de la prueba estadística	65
Tabla 12. Datos para la prueba de T de Student para la concentración de Cadmio (Cd).....	65
Tabla 13. Normalidad para Cobalto (Co).....	67
Tabla 14. Comparación de normalidad de datos	67
Tabla 15. Prueba de T de Student para la concentración de Cobalto (Co).	69
Tabla 16. Comparación de valor de la prueba estadística	70
Tabla 17. Datos para la prueba de T de Student para la concentración de Cobalto (Co).....	70
Tabla 18. Normalidad para Cromo (Cr).....	72
Tabla 19. Comparación de normalidad de datos	72
Tabla 20. Prueba de T de Student para la concentración de Cromo (Cr).....	74
Tabla 21. Comparación de valor de la prueba estadística	75
Tabla 22. Datos para la prueba de T de Student para la concentración de Cromo (Cr).	75
Tabla 23. Normalidad para Mercurio (Hg)	77
Tabla 24. Comparación de normalidad de datos	77

Tabla 25. Prueba de T de Student para la concentración de Mercurio (Hg).....	79
Tabla 26. Comparación de valor de la prueba estadística.....	80
Tabla 27. Datos para la prueba de T de Student para la concentración de Mercurio (Hg).....	80
Tabla 28. Normalidad para Plomo (Pb)	82
Tabla 29. Comparación de normalidad de datos	82
Tabla 30. Prueba de T de Student para la concentración de Plomo (Pb).....	84
Tabla 31. Comparación de valor de la prueba estadística.....	85
Tabla 32. Datos para la prueba de T de Student para la concentración de Plomo (Pb).....	85

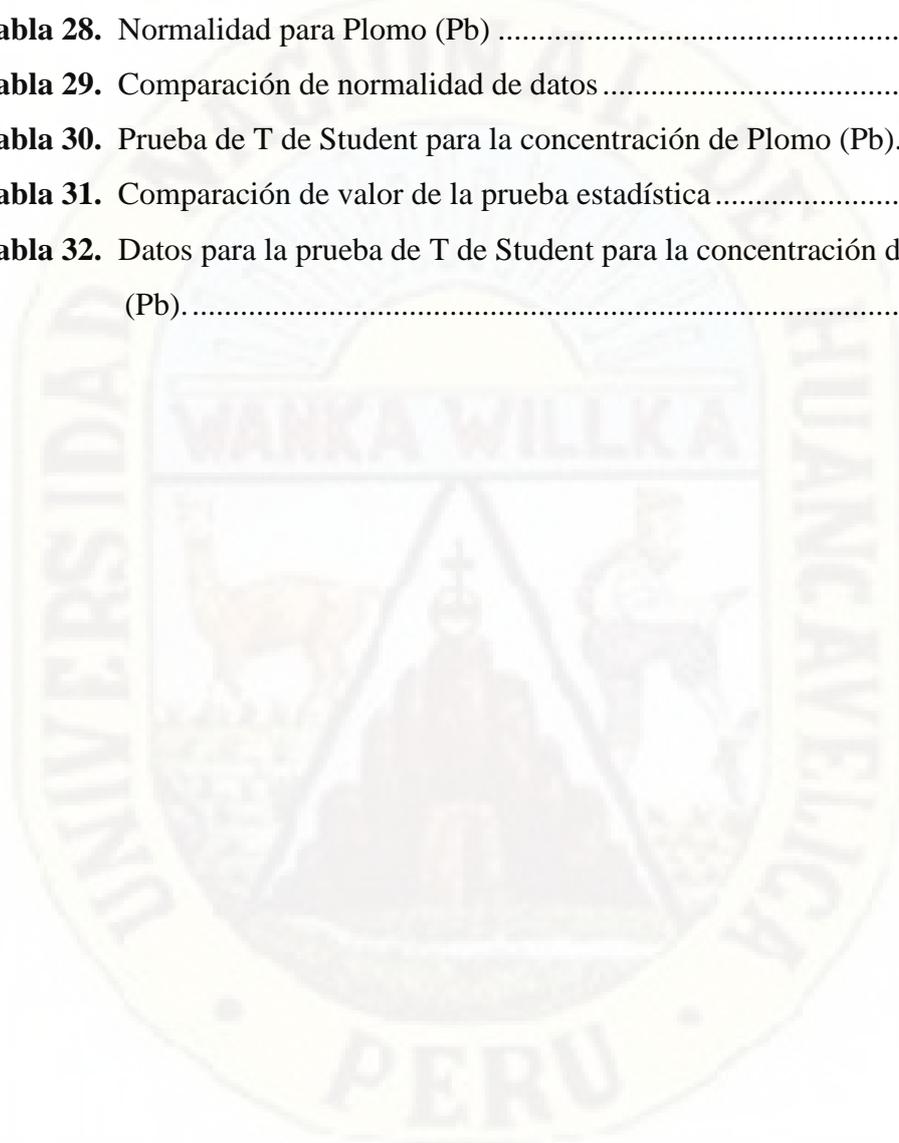


Tabla de contenidos de figuras

Figura 1. Población de estudio	45
Figura 2. Puntos para la recolección de muestras	46
Figura 3. Concentración de Arsénico (As) en sedimentos superficiales de la Laguna Pultocc	51
Figura 4. Concentración de Cadmio (Cd) en sedimentos superficiales de la Laguna Pultocc	52
Figura 5. Concentración de Cobalto (Co) en sedimentos superficiales de la Laguna Pultocc	53
Figura 6. Concentración de Cromo (Cr) en sedimentos superficiales de la Laguna Pultocc	54
Figura 7. Concentración de Mercurio (Hg) en sedimentos superficiales de la Laguna Pultocc	55
Figura 8. Concentración de Plomo (Pb) en sedimentos superficiales de la Laguna Pultocc	56
Figura 9. Prueba de normalidad para Arsénico (As).....	58
Figura 10. Comparación de Arsénico (As) en sedimentos superficiales de la Laguna Pultocc con la norma canadiense (ISQG).....	58
Figura 11. Campana de gauss para la prueba de hipótesis de Arsénico (As).	61
Figura 12. Prueba de normalidad para Cadmio (Cd)	63
Figura 13. Comparación de Cadmio (Cd) en sedimentos superficiales de la Laguna Pultocc con la norma canadiense ISQG	63
Figura 14. Campana de gauss para la prueba de hipótesis de Cadmio (Cd).....	66
Figura 15. Prueba de normalidad para Cobalto (Co)	68
Figura 16. Comparación de Cobalto (Co) en sedimentos superficiales de la Laguna Pultocc con la norma canadiense ISQG	68
Figura 17. Campana de gauss para la prueba de hipótesis de Cobalto (Co).....	71
Figura 18. Prueba de normalidad para Cromo (Cr)	73
Figura 19. Comparación de Cromo (Cr) en sedimentos superficiales de la Laguna Pultocc con la norma canadiense ISQG.	73
Figura 20. Campana de gauss para la prueba de hipótesis de Cromo (Cr).	76

Figura 21. Prueba de normalidad para Mercurio (Hg).....	78
Figura 22. Comparación de Mercurio (Hg) en sedimentos superficiales de la Laguna Pultoc con la norma canadiense ISQG.	78
Figura 23. Campana de gauss para la prueba de hipótesis de Mercurio (Hg).....	81
Figura 24. Prueba de normalidad para Plomo (Pb).....	83
Figura 25. Comparación de Plomo (Pb) en sedimentos superficiales de la Laguna Pultoc con la norma canadiense ISQG.	83
Figura 26. Campana de gauss para la prueba de hipótesis de Plomo (Pb).....	86



Resumen

La presente investigación denominada “concentración de metales pesados arsénico, cadmio, cobalto, cromo, mercurio y plomo en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica”, donde el objetivo general fue “Evaluar la concentración de metales pesados arsénico, cadmio, cobalto, cromo, mercurio y plomo en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica”. La metodología fue del tipo de investigación básica, el nivel de investigación fue descriptivo, el diseño que empleo fue el no experimental, se tuvo como método general la investigación científica, así mismo la población fue la laguna de Pultocc, la muestra fue de 5 puntos de muestreo ubicados en alrededor de la Laguna y el muestreo que se empleo fue el no probabilístico por conveniencia. Los resultados de los parámetros evaluados son: de Arsénico, Cadmio, Cobalto, Cromo, Mercurio y Plomo, se obtuvieron los valores promedios de 0.030 mg/kg, 0.070 mg/kg, 4.864 mg/kg, 0.005 mg/kg, 0.032 mg/kg, y 3.362 mg/kg respectivamente, que fueron comparados con las directrices canadienses de calidad ambiental (ISQG). Las conclusiones fueron: los resultados hallados se encuentran de los valores permitidos por las Línea Guía sobre la Calidad de Sedimentos para la Protección de Vida Acuática establecidos por la normativa internacional canadiense.

Palabras clave: metales pesados, sedimentos superficiales, directrices canadienses de calidad ambiental.

Abstract

The present research called "concentration of heavy metals arsenic, cadmium, cobalt, chromium, mercury and lead in surface sediments of the lagoon of Pultocc – Huancavelica", where the general objective was "Evaluater the concentration of heavy metals arsenic, cadmium, cobalt, chromium, mercury and lead in surface sediments of the Pultocc – Huancavelica lagoon". The methodology was of the type of basic research, the level of research was descriptive, the design used was non-experimental, scientific research was taken as a general method, likewise the population was the Pultocc lagoon, the sample was 5 sampling points located around the Lagoon and the sampling that was used was non-probabilistic for convenience. The results of the evaluated parameters are: Arsenic, Cadmium, Cobalt, Chromium, Mercury and Lead, the average values of 0.030 mg/kg, 0.070 mg/kg, 4.864 mg/kg, 0.005 mg/kg, 0.032 mg/kg, and 3.362 mg/kg respectively were obtained, which were compared with the Canadian environmental quality guidelines (ISQG). The conclusions were: the results found are of the values allowed by the Guideline on the Quality of Sediments for the Protection of Aquatic Life established by Canadian international regulations.

Keywords: heavy metals, surface sediments, Canadian environmental quality guidelines.

Introducción

Las actividades antropogénicas han generado importantes transformaciones en los ambientes acuáticos durante las últimas décadas, donde el avance de la civilización humana ha planteado serias dudas sobre el uso seguro del agua de río para el consumo y otros fines, los metales pesados es el resultado de la precipitación atmosférica directa, del desgaste geológico o de la descarga de residuos agrícolas, domésticos o industriales o mineros (Bautista, 2009).

La distribución de los metales pesados depende no solo de la proximidad a las fuentes de emisión, también a los medios que logran transportar. Incluso cuando las emisiones son aerotransportadas, los contaminantes terminan en el suelo, dado que el suelo tiene varios constituyentes que interactúan con los cationes, éstos se encuentran en diferentes fracciones, en formas móviles o inmovilizadas (Kabata-Pendias, 2008).

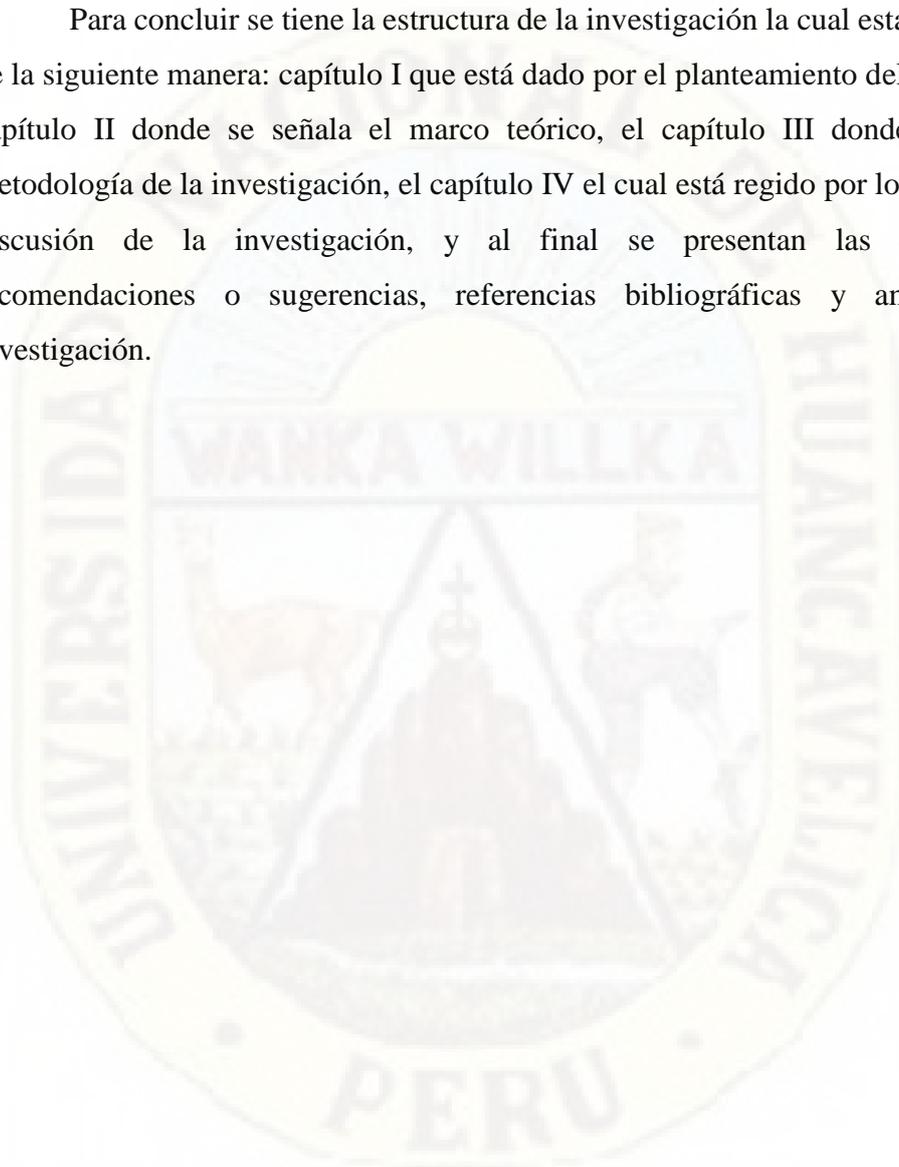
Los metales pesados más comunes y ampliamente distribuidos como contaminantes ambientales incluyendo plomo (Pb), cadmio (Cd), mercurio (Hg) y arsénico (As); el plomo, por ejemplo, es un contaminante ambiental altamente tóxico, su presencia en el ambiente se debe principalmente a las actividades antropogénicas como la industria, la minería y la fundición, pueden hacer que el agua y los sedimentos del fondo sean inadecuados para la vida acuática, desempeñan un papel en reducción de la abundancia de especies y el agotamiento de las especies nativas, afectan negativamente a los hábitats (Peña & Canter, 2001).

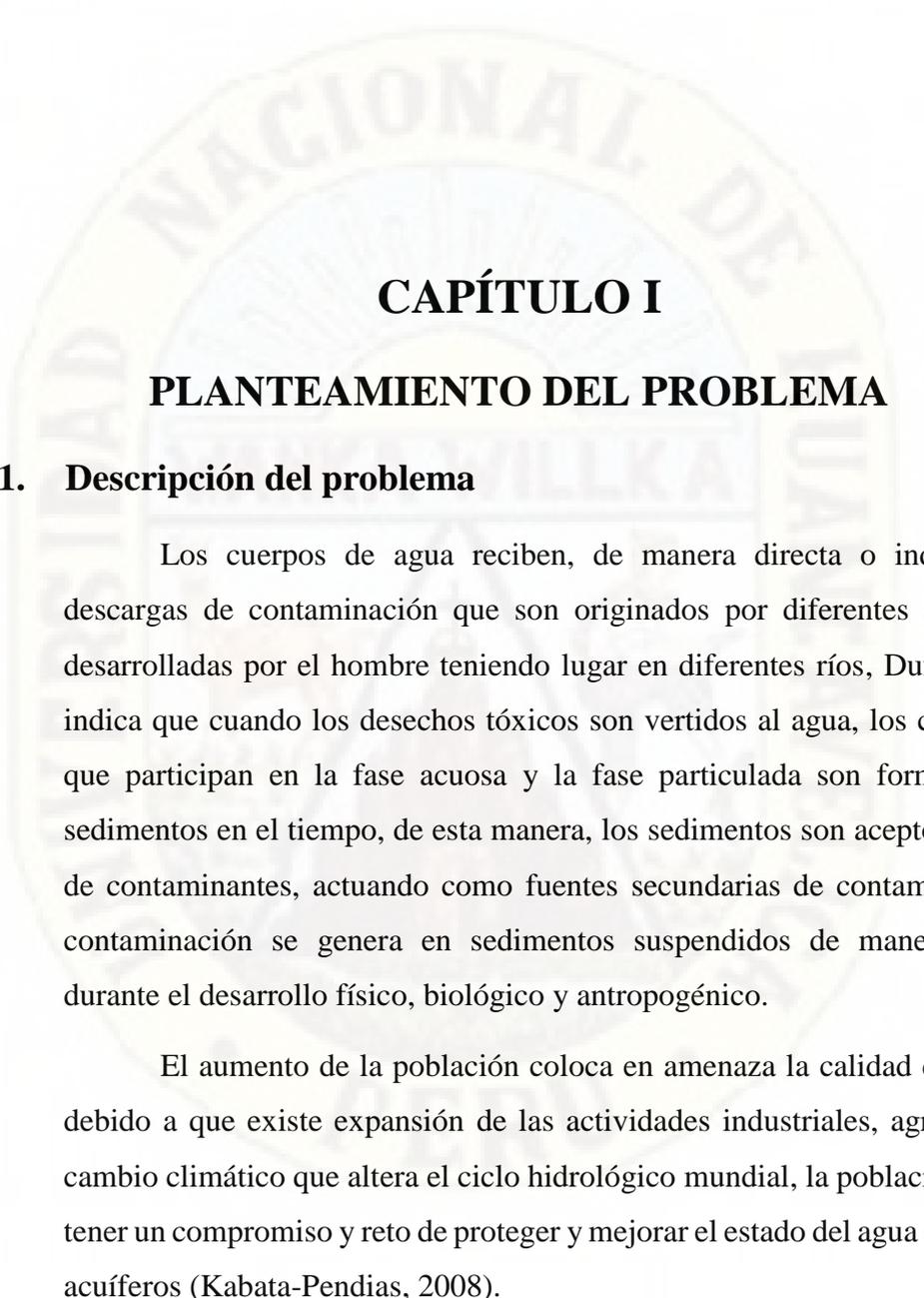
La bioacumulación se produce a lo largo de todos los niveles de la cadena alimentaria (siendo particularmente importante para los seres humanos, situados en la parte superior de su cadena alimentaria), causando diferentes enfermedades y envenenamientos, la biomagnificación y la bioacumulación en los organismos vivos y en los cuerpos humanos pueden causar graves complicaciones no deseadas para la salud, como el cáncer y daños en los riñones y el hígado, que pueden provocar la muerte a una exposición muy alta. (Moreno, 2003).

Conforme a lo señalado la investigación pretende determinar la concentración de metales pesados en los sedimentos superficiales de la laguna de Pultoc la cual

viene siendo afectada por las diversas actividades antropogénicas que se llevan a cabo en la zona, lo cual genera un cierto impacto a la vida acuática y ecosistema con el que cuenta el lugar indicado.

Para concluir se tiene la estructura de la investigación la cual esta jerarquizada de la siguiente manera: capítulo I que está dado por el planteamiento del problema, el capítulo II donde se señala el marco teórico, el capítulo III donde se tiene la metodología de la investigación, el capítulo IV el cual está regido por los resultados y discusión de la investigación, y al final se presentan las conclusiones, recomendaciones o sugerencias, referencias bibliográficas y anexos de la investigación.





CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

Los cuerpos de agua reciben, de manera directa o indirecta, las descargas de contaminación que son originados por diferentes actividades desarrolladas por el hombre teniendo lugar en diferentes ríos, Duffus (1983) indica que cuando los desechos tóxicos son vertidos al agua, los compuestos que participan en la fase acuosa y la fase particulada son formadoras de sedimentos en el tiempo, de esta manera, los sedimentos son aceptores finales de contaminantes, actuando como fuentes secundarias de contaminación, la contaminación se genera en sedimentos suspendidos de manera natural, durante el desarrollo físico, biológico y antropogénico.

El aumento de la población coloca en amenaza la calidad del mundo, debido a que existe expansión de las actividades industriales, agrícolas y el cambio climático que altera el ciclo hidrológico mundial, la población debe de tener un compromiso y reto de proteger y mejorar el estado del agua de distintos acuíferos (Kabata-Pendias, 2008).

Lo que se considera tóxico actualmente no es la presencia del metal, sino la concentración con que se muestra, además es de mucha importancia la conformación química con la que se presenta en el ambiente. Recalcando que

el ser humano requiere concentraciones reducidas de estos químicos, sin generar alteraciones en el organismo (CEDEX, 2010)

Los sedimentos se conocen como la totalidad de lo adherido de partículas no consolidados a través del tiempo, fueron siendo introducidas en la hondura de los acuíferos por distintos agentes de traslado, Díaz y Garcia (2003) mencionan como ejemplo de velocidad del caudal, corriente de cuenca influenciado por la altura o fondo de arrastre; además, el sedimento por su destacada influencia sobre el estado de reacciones químicas del agua tanto superficiales y subterráneas como en la distribución y circulación durante el ciclo hidrológico.

La formación, constitución y diferencia de sedimentos de la reseña de análisis mineralógicos u otros en sedimentos, son formas de aporte de información de hechos pasados o alteraciones en el medio de estudio, dando así el conocimiento de procesos de su formación a través del tiempo (Bautista, 2009).

Debido a este motivo es importante evaluar la concentración de los metales pesados en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc ya que la salud de la población se afectaría en gran consideración debido a que los metales pesados pueden ingresar a su organismo por distintas vías.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la concentración de metales pesados arsénico, cadmio, cobalto, cromo, mercurio y plomo en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la concentración de arsénico en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica?
- ¿Cuál es la concentración de cadmio en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica?

- ¿Cuál es la concentración de cobalto en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica?
- ¿Cuál es la concentración de cromo en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica?
- ¿Cuál es la concentración de mercurio en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica?
- ¿Cuál es la concentración de plomo en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar la concentración de metales pesados arsénico, cadmio, cobalto, cromo, mercurio y plomo en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la concentración de arsénico en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica
- Determinar la concentración de cadmio en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica.
- Determinar la concentración de cobalto en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica.
- Determinar la concentración de cromo en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica.
- Determinar la concentración de mercurio en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica.
- Determinar la concentración de plomo en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica.

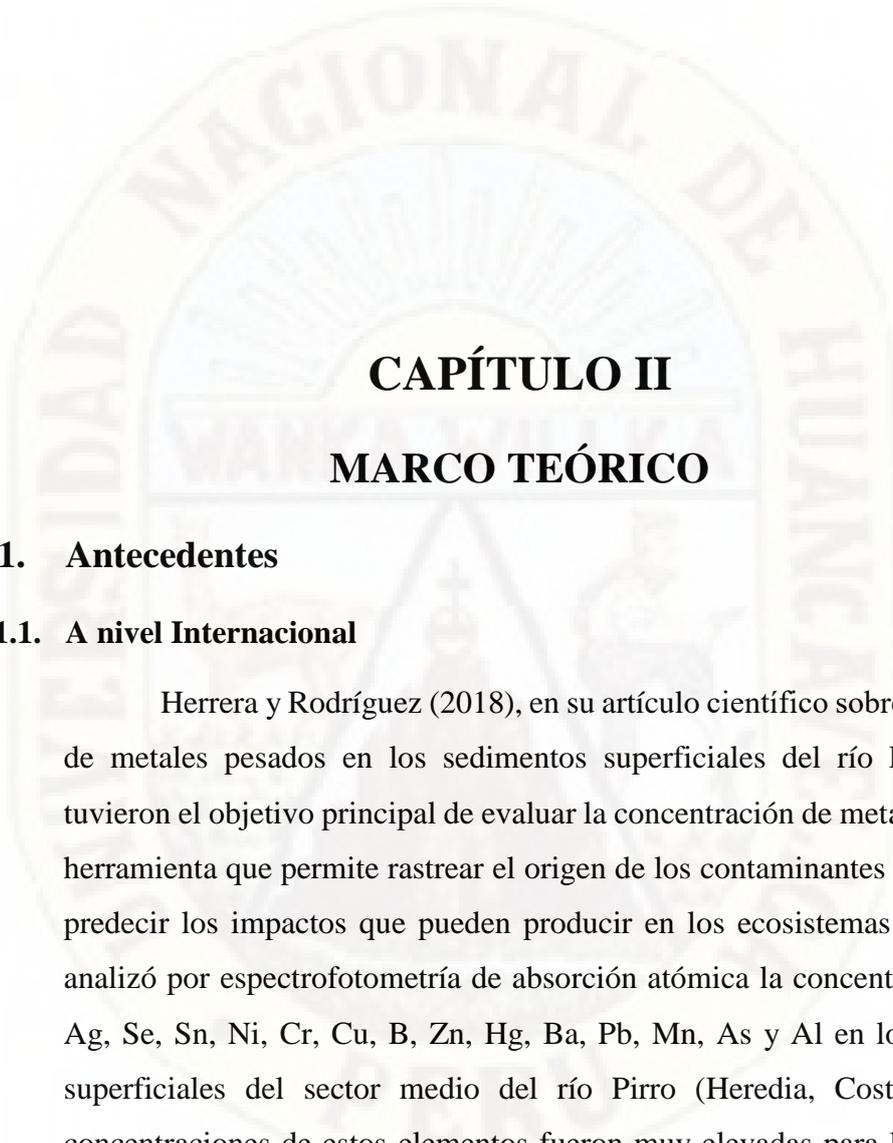
1.4. Justificación

Los sedimentos superficiales están constituidos principalmente por la fracción sedimentable, orgánica y mineral de los sólidos suspendidos que ingresan al cauce por aporte de aguas domésticas y escorrentía superficial, generalmente los metales pesados provienen en gran medida de fuentes antropogénicas, como desechos domésticos, agrícolas e industriales, y constituyen un peligro para la biota acuática y el ser humano, así como un factor de deterioro ambiental, por lo que estos elementos se acumulan principalmente en los sedimentos superficiales de los ríos, aunque pueden encontrarse concentraciones relativamente elevadas a una profundidad de 15 cm y guardan una estrecha relación con el tamaño de las partículas que constituyen el sedimento (limo, arcilla y arena) y con la cantidad de materia orgánica sedimentaria.

El presente trabajo de investigación proporciona la información descriptiva de las concentraciones de los metales pesados encontrados en los sedimentos superficiales, asimismo evalúa la presencia de estos metales con la normativa canadiense ISQG, por consiguiente, permite entender el grado de contaminación y luego de haber revisado los diversos estudios realizados sobre la contaminación de otras las cuencas, es de considerar que el presente trabajo contiene sustanciales aportes, como la comprobación de la existencia de los metales pesado, el comportamiento de estos metales en la laguna que se encuentra vulnerable a la contaminación, estos resultados obtenidos, permite disponer de información necesaria para la toma de conciencia del manejo adecuado de los recursos hídricos.

1.5. Limitaciones

La presente investigación no contó con ninguna limitación importante, ya que se obtuvo la información necesaria para el proceso de ejecución.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. A nivel Internacional

Herrera y Rodríguez (2018), en su artículo científico sobre “Evaluación de metales pesados en los sedimentos superficiales del río Pirro”, donde tuvieron el objetivo principal de evaluar la concentración de metales como una herramienta que permite rastrear el origen de los contaminantes en el medio y predecir los impactos que pueden producir en los ecosistemas acuáticos, se analizó por espectrofotometría de absorción atómica la concentración de Cd, Ag, Se, Sn, Ni, Cr, Cu, B, Zn, Hg, Ba, Pb, Mn, As y Al en los sedimentos superficiales del sector medio del río Pirro (Heredia, Costa Rica). Las concentraciones de estos elementos fueron muy elevadas para la mayoría de las sustancias analizadas en todos los puntos de muestreo seleccionados, en cuanto a la fracción orgánica del sedimento, se observó que para todos los puntos de muestreo evaluados el contenido promedio fluctuó entre 2,11 y 2,71%, valores característicos de suelos volcánicos de reciente formación y de textura gruesa (andisoles), los metales que presentaron la menor concentración en los sedimentos extraídos. Se identificó un comportamiento poco variable en los tres puntos de muestreo para el Cr, Sn, Ni y Se, con valores comprendidos

entre 10-44 mg/kg; mientras que para el Pb se obtuvieron concentraciones relativamente variables, con valores entre 19-44 mg/kg y concentraciones bajas de Ag y Cd, entre 0,26-2,2 mg/kg. Las concentraciones de níquel encontradas fueron mayores en Santiago (37 ± 1 mg/kg), seguido de La Puebla (31 ± 1 mg/kg), y presentaron su mínimo en Uriche (29 ± 1 mg/kg), aunque no existe diferencia estadísticamente significativa entre los valores, la concentración de cromo, Santiago fue el punto que mayor concentración registró (44 ± 1 mg/kg), seguido de La Puebla (37 ± 1 mg/kg) y Uriche (34 ± 1 mg/kg), Las concentraciones de plomo obtenidas se encontraron en un rango de 19 ± 1 - 44 ± 1 mg/kg, valores, los niveles de cadmio encontrados no superaron el valor de $0,50\pm 0,01$ mg/kg. El valor máximo obtenido correspondió a $0,35\pm 0,01$ mg/kg para el punto Santiago, mientras que en Uriche y La Puebla se encontraron valores de $0,26\pm 0,01$ y $0,31\pm 0,01$ mg/kg, respectivamente, La concentración de cobre superó los 100 ± 10 mg/kg en los tres puntos de muestreo evaluados, La concentración de mercurio en los sedimentos varió significativamente entre los diferentes puntos de muestreo en un rango de 194 ± 10 a 307 ± 10 mg/kg. Su distribución no fue homogénea, ni presentó un patrón geográfico marcadamente definido, pudiéndose encontrar altos niveles distribuidos a lo largo del transecto estudiado.

Cerro (2018), en su investigación denominada “Evaluación de los niveles de metales pesados en sedimentos superficiales aledaños al emisario submarino de Manzanillo, bahía de Cartagena, Colombia, durante el periodo 1998-2010”, realizado para obtener el título de ingeniero ambiental de la Universidad de Cartagena donde tuvo el objetivo de determinar la influencia de los vertimientos de aguas residuales sobre los niveles de metales pesados en sedimentos superficiales aledaños al emisario submarino en la zona de Manzanillo en la bahía de Cartagena, Colombia, y las posibles variaciones durante el período 1998 – 2010, obteniendo los siguientes resultados en la evaluación de la concentración de metales pesados en los sedimentos superficiales, Cadmio de 1.1 mg/kg, para Cobalto de 2.2 mg/kg, Cromo de 5.1 mg/kg, Hierro de 2.9 mg/kg, Plomo con valor de 4.9 mg/kg, Manganeso de 2.3

mg/kg, Níquel de 3.0 mg/kg, y finalmente Zinc de 2.1 mg/kg, finalmente concluye que los resultados obtenidos durante los años 1998, 2005, 2007 y 2010, mostraron diferencias significativas para Mn, Ni y Cr. Para Cd, Cu, Pb y Zn, buenos indicadores de contaminación urbana, no se encontró diferencias significativas entre los cuatro años, a pesar de que se evidenció una diferencia notable con la estación de referencia, no se evidenció un gradiente de concentración en el tiempo para ninguno de los metales analizados.

Ávila y Cárdenas (2017), en su investigación sobre “Determinación de metales pesados en sedimentos superficiales costeros del sistema Lago de Maracaibo, Venezuela” donde el objetivo del estudio fue identificar áreas costeras con concentraciones críticas de Plomo, Cromo, Cadmio, Arsénico y Vanadio en sedimentos superficiales costeros del sistema Lago, realizaron muestreos en 28 estaciones evaluando sedimentos de plomo, cromo, cadmio, níquel y vanadio, así como parámetros de caracterización como pH, oxígeno disuelto, temperatura, salinidad, temperatura y transparencia, el pH promedio fue de 8.3, la temperatura de 30.4°C, la salinidad fue de 3.5%, el oxígeno promedio fue de 6.8% y la transparencia fue de 0.7m, las concentraciones promedio de los metales pesados fueron de cadmio 0.46 mg/Kg, el cromo de 14.53 mg/Kg, el vanadio de 24.14 mg/Kg, el arsénico de 53.06 mg/Kg y el plomo de 34.57 mg/Kg, finalmente concluyen que existe una variación del 84,33 % en los componentes de los metales pesados y los parámetros en el lugar de evaluación.

2.1.2. A nivel Nacional

Calsin (2020), en su tesis sobre “Evaluación de la concentración de cromo, cadmio y plomo en sedimentos superficiales en el río Apurímac de la provincia de Caylloma – Arequipa” tuvo como objetivo primordial evaluar la presencia y el grado de contaminación de las concentraciones de cadmio, cromo, y plomo en los sedimentos superficiales en el río Apurímac del distrito de Caylloma – Arequipa, donde seleccionaron cuatro puntos de muestreo (Puente Chunchu, Tica Tica, Hacienda Holleria y Leon Pampa), las concentraciones, realizado en el mes de Enero, Febrero y Marzo con el tipo de

investigación cuantitativa, el método de análisis fue por espectrometría de absorción atómica. Las concentraciones de Plomo fueron: Puente Chuncho 2.000 mg/kg, Tica tica 2.278 mg/kg, Hacienda Holleria 0.833 mg/kg y Leon Pampa 1.500 mg/kg y Cromo(Cr) fueron: Puente Chuncho 1.622 mg/kg, Tica tica 3.006 mg/kg, Hacienda Holleria 2.478 mg/kg y Leon Pampa 1.194 mg/kg. Las cuales se encuentran por debajo de los estándares Sediment Quality Guidelines (SQG - Líneas guía sobre la Calidad de los Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática) y para Cadmio (Cd) fueron: Puente chuncho 3.561 mg/kg, Tica tica 4.094 mg/kg, Hacienda holleria 4.204 mg/kg y Leon pampa 5.183 mg/kg encontrándose por encima de los estándares Sediment Quality Guidelines. Concluyendo que existe la presencia de metales pesados específicamente Plomo, Cromo y Cadmio en los sedimentos del río Apurímac a lo largo de los cuatro puntos de evaluación. Afirmando que la cuenca está contaminada por Cadmio.

Incahuanaco (2018), en su investigación de “Identificación de puntos críticos por contaminación de metales tóxicos (Cadmio, Mercurio, Plomo y Arsénico) mediante análisis de sedimentos superficiales de la Subcuenca del Río Crucero, Cuenca Azángaro – Puno, 2018” para obtener el título de ingeniera ambiental de la Universidad Peruana Unión, donde tuvo por objetivo identificar los puntos críticos de contaminación por metales tóxicos en sedimentos superficiales en la subcuenca del río Crucero, seleccionaron trece estaciones mediante el muestreo por conveniencia no probabilístico, realizado en el mes de octubre con el tipo de investigación descriptivo – transversal, el método de análisis fue por espectrometría de absorción atómica para Cd, Pb, Hg y As. Los resultados fueron comparados con la norma ambiental estándares de la Sediment Quality Guidelines (SQG - Líneas guía sobre la Calidad de los Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática), donde se reportan dos límites: ISQG (Interim Sediment Quality Guideline) y PEL (Probable Effect Level) para la evaluación de sedimentos; fueron E6 (Pb) y E3 (Hg) concentraciones en sedimentos sin efectos biológicos adversos, E4 (Cd) y E6 (Cd) concentraciones en los sedimentos con efectos biológicos ocasionales y

se presentaron nueve estaciones para As con concentraciones en los sedimentos de efectos biológicos adversos frecuentes, los valores hallados de la concentración de metales pesados son: Arsénico de 10.703 mg/Kg a 62.270 mg/Kg, Plomo de 6 mg/Kg a 29.090 mg/Kg, Mercurio de 0.015 mg/kg a 0.171 mg/Kg, Cadmio de 0.081 mg/Kg a 1.933 mg/Kg. Se concluye la existencia de cuatro estaciones (E1, E3, E4 y E6) como puntos críticos en concentraciones en los sedimentos que presentan efectos biológicos ocasionales, por exposición a metales tóxicos.

Quispe (2017), en su tesis sobre “Evaluación de la concentración de metales pesados (Cromo, Cadmio y plomo en los sedimentos superficiales en el río Coata, 2017”, para obtener el título profesional de ingeniero agrícola de la Universidad Nacional del Altiplano de la ciudad de Puno, el principal objetivo es evaluar la presencia y el grado de contaminación de las concentraciones de los metales pesados (cadmio, cromo y plomo) en los sedimentos superficiales, para ello se han realizado muestreos en dos épocas (avenidas y estiaje) en cinco puntos estratégicos, analizándose la concentración de los metales en mención en cada punto por el método de Espectrometría por emisión atómica. La concentración mínima de Cadmio fue 0.00mg/kg, del cromo 4.10 mg/kg y del plomo 3.75 mg/kg; siendo cromo la que se encuentra por encima, mientras cadmio y plomo se encuentran por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental para suelo del Ministerio del Ambiente. El estudio comprueba que parte de la contaminación del río Coata es provocada principalmente por la descarga incontrolada de las aguas residuales y residuos sólidos a lo largo de la ciudad de Juliaca.

2.1.3. A nivel Local

Jurado (2021), en su investigación titulada “Concentración de metales pesados en sedimento superficial en la laguna de Choclococha - Huancavelica”, tuvo el objetivo general de “Evaluar la concentración de metales pesados arsénico, cadmio, cromo, mercurio y plomo en sedimentos superficiales de la laguna de Choclococha – Huancavelica.”. La metodología empleada fue del tipo de investigación básica, el nivel descriptivo, el método general científico,

el diseño descriptivo simple, la población fue la laguna de Choclococha, muestra de 5 puntos con muestreo, para la recolección de datos empleó análisis fisicoquímicos. Los resultados fueron: Arsénico (As), el valor fluctúa de 0.032 mg/L a 0.036 mg/L, el parámetro de Cadmio (Cd), el valor fluctúa de 0.074 mg/L a 0.079 mg/L, el parámetro de Cromo (Cr), el valor fluctúa de 0.003 mg/L a 0.005 mg/L, el parámetro de Mercurio (Hg), el valor fluctúa de 0.035 mg/L a 0.037 mg/L, el parámetro de Plomo (Pb), valor fluctúa de 0.034 mg/L a 0.036 mg/L. Las conclusiones son: los parámetros evaluados superan los límites permitidos por los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 4 a excepción del cromo.

2.2. Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.2.1. Concentración de metales pesados

2.2.1.1. Metales pesados

Según Cervantes y Moreno (2010), por lo general se acepta que son aquellos elementos cuya densidad es mayor a 5 g/ml y para la mayoría de los organismos es extremadamente toxica la exposición a un exceso de metales pesados como el Cd, Hg, Cr, Ni y Pb.

Tradicionalmente se llama metal pesado a aquel elemento metálico que presenta una densidad superior a 5 g/cm³, aunque a efectos prácticos en estudios medioambientales se amplía esta definición a todos aquellos elementos metálicos o metaloides, de mayor o menor densidad, que aparecen comúnmente asociados a problemas de contaminación algunos de ellos son esenciales para los organismos en pequeñas cantidades, como el Fe, Mn, Zn, B, Co, As, V, Cu, Ni o Mo, y se vuelven nocivos cuando se presentan en concentraciones elevadas, mientras que otros no desempeñan ninguna función biológica y resultan altamente tóxicos, como el Cd, Hg o el Pb (Cervantes & Moreno, 2010).

2.2.1.2. Principales metales pesados

Los principales metales pesados a analizar en la presente investigación se detallan a continuación:

2.2.1.2.1. Cadmio

El cadmio es una sustancia natural en la corteza terrestre, generalmente se encuentra como mineral combinado con otras sustancias tales como oxígeno (óxido de cadmio), cloro (cloruro de cadmio), o azufre (sulfato de cadmio, sulfuro de cadmio), el cadmio entra al aire de fuentes como la minería, industria, y al quemar carbón y desechos domésticos y en el aire, partículas de cadmio pueden viajar largas distancias antes de depositarse en el suelo o en el agua (Norberg, 2009).

El cadmio entra al agua y al suelo de vertederos y de derrames o escapes en sitios de desechos peligrosos, se adhiere fuertemente a partículas en la tierra, parte del cadmio se disuelve en el agua, no se degrada en el medio ambiente, pero puede cambiar de forma y las aguas residuales con Cadmio procedentes de las industrias mayoritariamente terminan en suelos (Norberg, 2009).

El cadmio puede ser transportado a grandes distancias cuando es absorbido por el lodo, este lodo rico en cadmio puede contaminar las aguas superficiales y los suelos; el cadmio es fuertemente adsorbido por la materia orgánica del suelo; los suelos y las rocas contienen cadmio en diversas cantidades, generalmente pequeñas, aunque a veces puede encontrarse en cantidades más grandes (por ejemplo, en algunos combustibles fósiles o fertilizantes) (Norberg, 2009).

2.2.1.2.2. Plomo

El plomo existe naturalmente en la corteza terrestre, de donde es extraído y procesado para usos diversos, el plomo no es biodegradable y persiste en el suelo, en el aire, en el agua y en los hogares, generalmente las fuentes de contaminación por plomo son múltiples e incluyen a las

fundidoras, las fábricas de baterías, algunas pinturas y la loza de barro vidriado cocida a baja temperatura (Bautista, 2009).

Todos los suelos del mundo contienen pequeñas cantidades de plomo de origen natural con un promedio de 10 miligramos por kilo, los niveles más elevados de plomo (contaminación) normalmente se deben a las actividades humanas (p.ej., el uso de gasolina con plomo y la minería) que generalmente, el plomo se libera al medio ambiente a través de partículas que contienen residuos de plomo que se dispersan a través del aire y que pueden contaminar los suelos y el agua (Kabata-Pendias, 2008).

El plomo es un metal pesado, de baja temperatura de fusión, de color grisazulado que ocurre naturalmente en la corteza terrestre. Sin embargo, raramente se encuentra en la naturaleza en la forma de metal. Generalmente se encuentra combinado con otros dos o más elementos formando compuestos de plomo (Huaranga, Méndez, & Huaranga, 2012).

Los niveles ambientales de plomo han aumentado más de mil veces durante los tres últimos siglos como consecuencia de la actividad humana, los vertederos pueden contener desechos de minerales de plomo proveniente de la manufactura de municiones o de otras actividades industriales como por ejemplo la manufactura de baterías (Bautista, 2009).

El plomo es removido del aire por la lluvia y por partículas que caen al suelo o a aguas superficiales, una vez que el plomo cae al suelo, se adhiere fuertemente a partículas en el suelo y permanece en la capa superior del suelo y en pequeñas cantidades de plomo pueden entrar a ríos, lagos y arroyos cuando partículas del suelo son movilizadas por el agua de lluvia (CEDEX, 2010).

El plomo puede permanecer adherido a partículas del suelo o de sedimento en el agua durante muchos años, la movilización del plomo en el suelo dependerá del tipo de sal de plomo y de las características físicas y químicas del suelo, entre las fuentes de plomo en el agua de superficie o en sedimentos están la deposición de polvo que contiene plomo desde la

atmósfera, el agua residual de industrias que manejan plomo (principalmente las industrias de hierro y acero y las que manufacturan plomo), agua de escorrentía en centros urbanos y apilamientos de minerales (CEDEX, 2010).

El plomo se encuentra comúnmente en el suelo especialmente cerca de caminos, casas antiguas, huertos frutales viejos, áreas de minería, sitios industriales, cerca de plantas de energía, incineradores, vertederos y sitios de desechos peligrosos (Bautista, 2009).

2.2.1.2.3. Cromo

El cromo de origen antropogénico proviene principalmente de la utilización en la elaboración de pigmentos, baterías de alta temperatura, fungicidas, curtidos de pieles, tratamiento de superficies, industrias papeleras (ejemplo: pulpa y cartón), química orgánica e inorgánica y factorías de textiles (Díaz & Garcia, 2003).

El cromo también se utiliza en las industrias productoras de cemento, además, se utiliza para producir ferrocromo y cromo metálico que usualmente son aleados con Fe y Ni. Más del 60% del cromo utilizado por la industria metalúrgica lo es para la fabricación de acero inoxidable (Cr, Fe y Ni), también interviene en la tinción de fibras y textiles, en litografía y como recubrimiento protector de utensilios sometidos a intenso desgaste (Rosas, 2001).

Los diversos compuestos de este elemento, pueden atravesar la placenta, lo cual representa un alto riesgo para los embriones y fetos, la intoxicación aguda con compuestos del cromo hexavalente, se manifiesta, por ejemplo, en lesiones renales, mientras que la intoxicación crónica, puede producir mutaciones en el tracto gastrointestinal, así como acumulación del elemento en el hígado, riñón, glándula tiroidea y en la médula ósea (Díaz & Garcia, 2003).

2.2.1.2.4. Mercurio

Mercurio es tóxico o venenoso a muy bajas concentraciones, y no puede ser degradada o destruido, este metal no se presenta de forma natural en los organismos vivos, ni tiene función fisiológica en ellos, a diferencia de otros metales; en el Perú es el mayor importador de mercurio de Sudamérica, el que es usados en la minería artesanal, también se realiza la exportación en productos manufacturados como son las pilas, baterías y componentes electrónicos (Machaca, 2013).

El mercurio en la atmósfera actualmente tiene procedencia como la combustión del carbón, explotaciones mineras, industrias metalúrgicas, incineración de residuos y plantas de cloro a su vez puede recorrer grandes distancias, transformándose durante el trayecto de foto-oxidación en compuestos solubles que precipitan pasando a la biósfera (Machaca, 2013).

El mercurio puede ser tóxico cuando se produce por la alta afinidad de grupo SH que tiene que reemplazar al hidrógeno; reaccionando con grupos carboxilo, amida y fosforilo, provocando graves alteraciones en proteínas con actividad enzimática, funciones de transporte y estructurales; los efectos que provoca son principalmente a nivel de sistema nervioso, ocasionando la disminución de la habilidad para aprender, pérdida de memoria, temblores, sordera, cambios en la visión entre otros efectos (Machaca, 2013).

2.2.1.2.5. Arsénico

El arsénico pertenece al grupo de semimetales, en la tabla periódica queda sobre la línea de clasificación general que divide los elementos en metales y no metales, presentando un comportamiento químico debido a las propiedades físicas semejantes a las de un metal que, a un no metal, la presencia de arsénico es en aguas superficiales y subterráneas se encuentra en forma de arsenato (As+5) y arsenito (As+3) respectivamente (Cervantes & Moreno, 2010).

La toxicidad del arsénico se muestra en forma natural por lo se considera de preocupación mundial, encontrándose en la atmósfera, suelo, aguas naturales y en los organismos vivos, generalmente la movilización en el medio ambiente se da por medio de niveles tróficos combinados con la reacción química que sirven para producir actividad biológica, el arsénico principalmente se da por emisiones volcánicas, desarrollo de actividades específicas como la minería, combustiones fósiles, uso de pesticidas, herbicidas y el curado de madera (Cervantes & Moreno, 2010).

La contaminación en sistemas acuáticos se presentar por nitratos que ejercen una fuerte influencia en el ciclo del arsénico, debido a la oxidación de Fe (II), “los niveles naturales de arsénico suelen estar por debajo de 10 mg kg⁻¹, sin embargo, la actividad antropogénica, como vertidos industriales y combustión de carburantes, fertilizantes, pesticidas, escombreras y balsas mineras, así como las características geológicas y climáticas de la zona, pueden aumentar los niveles de arsénico en suelos hasta 2,5·10⁵ mg kg⁻¹” (Cervantes & Moreno, 2010).

Se considera tóxico cuando la presencia de arsénico se presenta en un estado de oxidación y del radical al que esté unido, además dependerá al aumento del grado de metilación, la abundancia geoquímica del arsénico en la corteza también puede causar contaminación en los suelos (Cervantes & Moreno, 2010).

2.2.1.2.6. Cobalto

Elemento químico metálico, Co, con número atómico de 27 y un peso atómico de 58.93, se parece al hierro y al níquel, tanto en estado libre como combinado, se encuentra distribuido con amplitud en la naturaleza y forma, aproximadamente, el 0.001% del total de las rocas ígneas de la corteza terrestre, en comparación con el 0.02% del níquel, se halla en meteoritos, estrellas, en el mar, en aguas dulces, suelos, plantas, animales y en los nódulos de manganeso encontrados en el fondo del océano (Alegre, Bernex, & Carrasco, 2001).

Entre sus aplicaciones comerciales más importantes están; la preparación de aleaciones para uso a temperaturas elevadas, aleaciones magnéticas, aleaciones para máquinas y herramientas, sellos vidrio a metal y la aleación dental y quirúrgica llamada vitallium, también las plantas y los animales necesitan cantidades pequeñas de cobalto, su isótopo radiactivo producido artificialmente, cobalto-60, se utiliza mucho en la industria, la investigación y la medicina (Alegre, Bernex, & Carrasco, 2001).

El cobalto es un elemento que se presenta en forma natural en la corteza terrestre. Es una parte muy pequeña de nuestro medioambiente, el cobalto es un componente de la vitamina B12, la cual ayuda en la producción de glóbulos rojos; los animales y los seres humanos necesitan cantidades muy pequeñas para mantenerse saludables; la intoxicación con cobalto puede ocurrir cuando usted se expone a grandes cantidades de este elemento, generalmente hay tres formas básicas por las cuales el cobalto puede causar intoxicación, usted puede ingerirlo, inhalarlo hacia los pulmones o por constante contacto con la piel (Alegre, Bernex, & Carrasco, 2001).

2.2.1.3. Acumulación de metales pesados

Una vez liberados al ambiente, los metales pesados son transportados hacia los ríos debido a la escorrentía superficial integrándose en el ciclo biogeoquímico fluvial, quedando retenidos en los sedimentos suspendidos y en los sedimentos de fondo (Márquez, y otros, 2012).

Estos elementos se acumulan principalmente en los sedimentos superficiales de los ríos, aunque pueden encontrarse concentraciones relativamente elevadas a una profundidad de 15 cm, las cantidades de metales pesados en sedimentos guardan una estrecha relación con el tamaño de las partículas que constituyen el sedimento (limo, arcilla y arena), debido a que estos tienden a adsorberse principalmente sobre el material fino (arcillas), ya

que estas poseen una gran superficie específica con sitios similares a ligandos que acomplejan iones en solución (Márquez, y otros, 2012).

Igualmente, ciertos metales suelen asociarse a la materia orgánica sedimentaria, alterando el equilibrio ecológico y biogeoquímico del ecosistema (Herrera J. , Rodríguez, Coto, Salgado, & Borbón, 2012)

2.2.2. Sedimentos superficiales

2.2.2.1. Definición

Pérez, Mendoza, y Gomez (2004), definen como “sedimentación” al proceso natural por el cual las partículas más pesadas que el agua, que se encuentran en su seno en suspensión, son removidas por la acción de la gravedad; los sedimentos de un sistema ribereño sustentan la productividad primaria proporcionando los elementos esenciales para el desarrollo de los organismos autótrofos y heterótrofos, que resultan primordiales para el metabolismo de la biota acuática y del mismo sistema.

Según Molina y Minas (2009) “considera que los sedimentos superficiales a la capa del sedimento se ubican en los centímetros más superficiales del material depositado en el lecho, la cual nos ilustra las cargas sólidas más recientemente recibidas por el cuerpo de agua”.

Para López et al. (2006), la captación de metales en sedimentos y su posible liberación en el ambiente acuático dependerá de las condiciones como “a) Las propiedades de los metales entre las que se pueden citar la solubilidad, la reactividad frente a la formación de complejos y la capacidad de adsorción; b) Características de las soluciones por ejemplo el pH, y concentración de ligandos en solución; c) Características de las superficies bióticas abióticas presentes, como porosidad y capacidad de asimilación”.

La capacidad de traslación de los contaminantes de suelos al agua y continuar en el fondo en sedimentos depende de la propiedad y composición química de agrupación de metales en sedimentos que son fuentes no puntuales de origen natural o antropogénico (Pérez, Mendoza, & Gomez, 2004).

2.2.2.2. Origen

La fuente principal la constituyen los suelos y rocas que se encuentran en la cuenca, y el agua y el viento son, en nuestro medio, los principales agentes de erosión y de transporte. Por otro lado, dada la actividad del hombre en el medio que lo rodea, las fuentes del sedimento pueden clasificarse en naturales y artificiales (Molina & Minas, 2009).

2.2.2.3. Parámetros físico químicos de los sedimentos

Pansu y Gautheytoun (2006), los parámetros característicos que se analizan con mayor frecuencia en los sedimentos son: el PH, la capacidad de intercambio iónico, materia orgánica, Nitrógeno, Fosforo y metales, ya sean los considerados como nutrientes o indicadores de contaminación.

2.2.2.4. Análisis de metales en los sedimentos

Los análisis en sedimentos y cuerpos de agua dulce determinarán el grado de afectación por parte de contaminantes, el resultado evidenciará datos acerca de las zonas críticas del sistema acuático, además se conocerá la concentración y/o fragmentación, biodisponibilidad, distribución local o parcial de los contaminantes en análisis (Pérez, Mendoza, & Gomez, 2004).

Los sedimentos superficiales son fragmentos orgánicos y minerales sólidos suspendidos que subsidian al cauce de los cuerpos de agua, este además compone un peligro para el nicho acuático, la población aledaña y un factor de deterioro del medio (Pérez, Mendoza, & Gomez, 2004).

Investigadores concuerdan que la concentración metálica de la corriente fluvial se encuentra en las partículas en suspensión del agua y en los sedimentos, si se incrementa la producción metálica en los cuerpos de agua, es elemental saber las concentraciones en sedimentos (Pérez, Mendoza, & Gomez, 2004).

2.2.2.5. Directrices de evaluación para sedimentos

Actualmente en el Perú no se cuenta con una norma que regule la calidad de los sedimentos por lo que la comparación de valores se realizó

mediante la norma establecida por Canadá, la cual regula la calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática en aguas dulces. Los valores se encuentran a continuación:

Tabla 1.

Valores admisibles para la calidad de sedimentos según norma canadiense

PARÁMETRO	UNIDAD	VALORES GUÍA PARA SEDIMENTOS	
		ISQG	PEL
Arsénico	mg/Kg	7.24	41.6
Cobalto	mg/Kg	0.11	40
Cobre	mg/Kg	18.7	108
Cadmio	mg/Kg	0.7	4.2
Cromo	mg/Kg	52.3	160
Plomo	mg/Kg	30.2	112
Mercurio	mg/Kg	0.13	0.70
Zinc	mg/Kg	124	271

2.3. Definición de términos

- a) **Agua.** El agua es un líquido compuesto de oxígeno (O) e hidrogeno (H₂) su fórmula es H₂O tiene disuelto diversos minerales y materias orgánica que le dan color, olor y sabor peculiares, se presentan en estado líquido, gaseoso (vapor atmosférico =nubes) sólidos y hielo (Moreno, 2003).
- b) **Metal pesado.** Se denomina metales pesados a aquellos elementos químicos que poseen un peso atómico comprendido entre 63.55 (Cu) y 200.59 (Hg), y que presentan un peso específico superior a 4 (g cm⁻³). Cabe destacar que en esta categoría entran prácticamente todos los elementos metálicos de interés económico, por tanto, de interés minero (Peña & Canter, 2001).
- c) **Contaminación del agua.** El agua está contaminada cuando su composición se haya alterado de modo que no reúna las condiciones necesarias para el uso al que se la hubiera destinado, en su estado natural (Alegre, Bernex, & Carrasco, 2001).

- d) **Estación de muestreo.** es un lugar específico cerca de o en un cuerpo receptor agua, en la cual se recoge la muestra. Su ubicación es fundamental para el éxito del programa de muestreo (Alegre, Bernex, & Carrasco, 2001).
- e) **Monitoreo.** El término monitoreo podría definirse como la acción y efecto de monitorear. Pero otra posible acepción se utilizaría para describir a un proceso mediante el cual se reúne, observa, estudia y emplea información para luego poder realizar un seguimiento de un programa o hecho particular (Moreno, 2003).
- f) **Calidad de agua superficial.** La calidad de agua se puede definir como el conjunto de características fisicoquímicas, biológicas y radiológicas del agua con relación a los requisitos de una o más especies bióticas o necesidad humana los cuales se puede referenciar y evaluarse mediante una serie de normas. “La calidad del agua es un valor ecológico esencial para la salud y para el crecimiento económico” (Duffus, 1983)
- g) **Calidad de Sedimento.** La calidad de sedimentos también se puede definir como el conjunto de características fisicoquímicas, biológicas y radiológicas contenida en su matriz de composición. Los sedimentos que se encuentran en el fondo de un cuerpo de agua permiten el estudio del (Momenech, 1995)
- h) **Arsénico.** El arsénico se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza y principalmente en los minerales sulfurosos. “El arsénico es un toxico que produce diferentes enfermedades, (...), la anemia aplásica es el trastorno hematopoyético más común (Peña & Canter, 2001).

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

La concentración de metales pesados: arsénico, cadmio, cobalto, cromo, mercurio y plomo en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica, se encuentran dentro de los límites permisibles ECA para agua categoría 4.

2.4.2. Hipótesis Específicas

- La concentración de arsénico en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica, se encuentran dentro valores permisibles por la norma canadiense de la calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática (ISQG).
- La concentración de cadmio en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica, se encuentran dentro valores permisibles por la norma canadiense de la calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática (ISQG).
- La concentración de cobalto en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica, se encuentran dentro valores permisibles por la norma canadiense de la calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática (ISQG).
- La concentración de cromo en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica, se encuentran dentro valores permisibles por la norma canadiense de la calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática (ISQG).
- La concentración de mercurio en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica, se encuentran dentro valores permisibles por la norma canadiense de la calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática (ISQG).
- La concentración de plomo en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica, se encuentran dentro valores permisibles por la norma canadiense de la calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática (ISQG).

2.5. Variables

- Concentración de metales pesados
- Sedimentos superficiales

2.6. Operacionalización de variables

Tabla 2.
Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escala
Concentración de metales pesados	Metales pesados son aquellos elementos químicos que poseen un peso atómico comprendido entre 63.55 (Cu) y 200.59 (Hg), y que presentan un peso específico superior a 4 (g cm ⁻³) (Peña & Canter, 2001).	Se realizó el análisis de la concentración de metales pesados y se comparó con la norma canadiense de la calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática (ISQG).	Análisis de metales pesados	Concentración de Arsénico (mg/Kg) Concentración de Cadmio (mg/Kg) Concentración de Cobalto (mg/Kg) Concentración de Cromo (mg/Kg) Concentración de Mercurio (mg/Kg) Concentración de Plomo (mg/Kg) Calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática	0.15 mg/Kg 0.00025 mg/Kg 0.05 mg/Kg 0.011 mg/Kg 0.0001 mg/Kg 0.0025 mg/Kg Valores permitidos

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ámbito temporal y espacial

3.1.1. Ámbito temporal

Para la investigación el ámbito temporal está delimitado por el año en el cual se realiza la investigación, por ende, la evaluación de la “Concentración de metales pesados: Arsénico, Cadmio, Cobalto, Cromo, Mercurio y Plomo en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica, 2022”, se tomaron muestras y se realizaron los respectivos análisis en el año 2022.

3.1.2. Ámbito espacial

Se entiende por ámbito espacial el lugar donde se determina la realización del estudio por lo que la evaluación de la “Concentración de metales pesados: Arsénico, Cadmio, Cobalto, Cromo, Mercurio y Plomo en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica, 2022”, se tomó en consideración la laguna de Pultocc que está ubicado en el distrito de Santa Ana a 4685 msnm, con coordenadas UTM 13°07'22"S 75°09'11"O.

3.2. Tipo de investigación

El presente estudio corresponde a una investigación básica ya que, según Hernandez, Fernandez, & Baptista (2014), en su libro de Metodología

de la investigación; este tipo de investigación solo busca ampliar y profundizar el caudal de conocimiento científico existente acerca de la realidad.

La presente investigación corresponde al tipo de investigación básica ya que mediante los procedimientos y análisis realizados se pretende ampliar el conocimiento u obtener información actual sobre la concentración de metales pesados en los sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc.

3.3. Nivel de investigación

El nivel de investigación corresponde al nivel descriptivo y según Baena (2017) en su libro de la Metodología de la Investigación, refiere sobre las características, cualidades internas y externas, propiedades y rasgos esenciales de los hechos y fenómenos de la realidad, en un momento y tiempo histórico concreto y determinado.

La investigación presentada corresponde al nivel descriptivo ya que se evaluó las concentraciones de ciertos metales pesados en los sedimentos superficiales, y mediante este análisis se describen algunos valores esenciales que pueden servir de referencia para algún otro tipo de investigación.

3.4. Método de investigación

3.4.1. Método general

El método científico se emplea básicamente para la obtención de nuevos conocimientos, parte de la observación sistemática, medición, experimentación, formulación, análisis y modificación de la hipótesis, los principios que aplica este método minimizan la influencia de la subjetividad del estudio, reforzando la validez de los resultados y del conocimiento obtenido (Arias F. , 2006, pág. 81).

El método científico es uno de los más empleados a nivel internacional, ya que a partir de este tipo de investigaciones se pueden dar soluciones a distintos problemas de la sociedad, por ende, mediante este

método se establecerá una metodología que está definida por el planteamiento del problema, marco teórico, metodología, resultados y conclusiones.

3.4.2. Métodos específicos

El método inductivo es que se aplica con la finalidad de crear leyes a partir de la observación de los sucesos, donde se realiza una generalización de lo observado y aplicando la lógica se demuestran las conclusiones a las que llega el investigador, la aplicación de este método se considera válido si todos los casos cumplen con el modelo supuesto (Behar, 2008).

A partir de la utilización del método inductivo se tendrá el análisis de los casos particulares, los cuales al unirlos se podrá tener una conclusión general acerca del tema de estudio, también este método proporcionará un soporte mayor al tipo de investigación planteada.

El método lógico deductivo se caracteriza por la aplicación de principios o conceptos establecidos a casos particulares a partir de la vinculación de juicios, en este método el primer paso es encontrar los principios conocidos los cuales pueden reducirse hasta lo particular, el segundo paso se da el descubrimiento de consecuencias a partir de los principios conocidos (Behar, 2008).

El método lógico deductivo ayudara en la investigación dado que mediante la aplicación de conceptos básicos sobre el tema de estudio se pueden realizar varios análisis de casos generales hasta llegar a uno en particular, y finalmente a partir de ello tener un nuevo conocimiento o conclusión sobre el tema tratado.

3.5. Diseño de investigación

La investigación no experimental es aquella que se emplea con la finalidad de no manipular las variables en estudio, por lo general solo se observan los fenómenos de forma natural y a partir de ello se realiza el análisis y la descripción de los sucesos. La investigación no experimental transeccional se emplea con el propósito de la recolección de datos en un tiempo único, por

lo que su fin principal es describir y analizar las variables y su interrelación en un tiempo establecido y forma dada (Niño, 2011).

Para la presente investigación se empleará el diseño no experimental transeccional dado que se pretende observa a las variables en su forma natural por lo que no se tendrá ninguna manipulación en ellas, además de ello por ser de manera transeccional se recolectaran los datos en un solo momento dado para que se pueda realizar un análisis general mejor.

3.6. Población, muestra y muestreo

3.6.1. Población

Se define como población a aquel conjunto ya sea finito o infinito de personas, objetos, entre otros, pero para que se tenga esta definición la característica principal que deben cumplir es tener elementos comunes entre todos los identificados para que se puedan extender las conclusiones de la investigación (Niño, 2011).

La población de estudio estuvo determinada por la laguna de Pultocc del distrito de Santa Ana, provincia de Castrovirreyna, departamento de Huancavelica, se ubica a 4685 msnm, cuenta con un volumen de 160 millones de m³.

Figura 1.
Población de estudio



3.6.2. Muestra

La muestra se conceptualiza como aquel subconjunto de la población sus dos características principales son que deben ser finitos y representativos, dado que a partir de la obtención de los datos de este subconjunto se generalizaran los resultados para los demás elementos de la población (Salazar, 2013).

La muestra de estudio fueron 5 puntos de muestreo ubicados alrededor de la laguna de Pultoc, de los cuales se obtuvo la información sobre la concentración de metales pesados en los sedimentos superficiales de la laguna en mención.

Figura 2.
Puntos para la recolección de muestras



3.6.3. Muestreo

El muestreo no probabilístico es que procedimiento que se emplea donde se desconoce la probabilidad de los elementos para que formen parte de la muestra, mediante el muestreo intencional se eligen elementos los cuales son escogidos de acuerdo a los juicios, criterios e intereses del investigador (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2014).

Para la elección de la muestra se empleó el muestreo no probabilístico dado que para la obtención de datos confiables se tendrá que tener una cierta cantidad representativa de personas las cuales tengas criterios y conocimientos previos sobre la concentración de metales pesados en los sedimentos superficiales de la laguna Pultoc.

3.7. Técnicas e instrumentos para recolección de datos

3.7.1. Técnicas

Para Lerma (2012) la observación es una técnica muy utilizada en los distintos estudios científicos ya que permite al investigador recolectar información de manera directa a partir de la percepción de la realidad a través de sus sentidos, ello genera que el investigador comprenda mejor la problemática que tiene y obtenga mejores resultados a partir de su propio análisis de investigación (pág. 110).

Para la investigación se utilizará la técnica de la observación a fin de recolectar los datos confiables y exactos de la concentración de metales pesados en sedimentos superficiales.

3.7.2. Instrumentos

La ficha de observación según Lerma (2012) es un instrumento apropiado para la técnica de la observación ya que en este instrumento el investigador podrá realizar la recolección de datos necesarios que están establecidos en la ficha de conservación, por lo general la ficha de observación está elaborada de acuerdo al tema que se va evaluar por ello posee los ítems apropiados para recolectar datos específicos de la investigación (pág. 117).

Para la presente investigación se adaptará una ficha de observación obtenida a partir de la recopilación de la información para elaborar las bases teóricas del presente proyecto de investigación, la adaptación de la ficha de observación será de gran ayuda en la recopilación de datos.

Trabajo de campo es un instrumento muy empleado en las investigaciones a nivel de ingeniería ya que se puede estar en contacto con el lugar de los hechos; este trabajo nos permite recolectar información detallada y necesaria para el investigador.

El trabajo de campo que se realizará tendrá que ver con el estudio de la mecánica del suelo, teniendo así los siguientes procedimientos:

- Establecer los puntos para el muestreo.
- Realizar recolección de para el análisis correspondiente.
- Extraer las muestras realizando el procedimiento adecuado.
- Etiquetarlas y llevarlas al laboratorio especializado para el análisis de la concentración de metales pesados.

3.8. Técnicas y procesamiento de análisis de datos

De acuerdo a lo establecido por Valderrama (2002), para el análisis de las variables se establece el análisis descriptivo en donde se hace uso de tablas de frecuencia ya sean de contingencia con frecuencias absolutas y acumuladas, así mismo se emplean los gráficos ya sea mediante el diagrama de barras o sectores.

En la presente investigación se tendrán tablas y gráficos en donde se podrán diferenciar de manera porcentual y frecuencial los datos obtenidos a partir del procesamiento con el programa estadístico SPSS:

En el análisis inferencial se realiza la prueba de hipótesis en donde se miden las varianzas de los datos encontrados mediante la aplicación de las técnicas e instrumentos de la investigación, así mismo se procede al análisis de la hipótesis de acuerdo a los parámetros de normalidad y el estadístico adecuado para el desarrollo del proceso de la prueba de hipótesis.

Para el análisis inferencial, en la presente investigación se realizará el proceso de la prueba de hipótesis de acuerdo a lo establecido en la prueba de hipótesis de la investigación.

3.9. Prueba de hipótesis

La hipótesis se define como aquella solución posible al problema, por lo que a las variables de estudio se le somete a una prueba rigurosa para establecer el grado de aceptación o rechazo de dichas hipótesis (Niño, 2011). Para el desarrollo de la prueba de hipótesis se seguirán los siguientes procesos:

Se tendrá en una base de datos numéricos de las variables conjuntamente con las dimensiones en análisis de la investigación.

Mediante el programa SPSS la versión más actualizada se sistematizarán los datos, dándoles una numeración ordinal.

A partir de ello, se realizarán las pruebas de normalidad mediante la prueba de Shapiro Wilk dado que esta tiende a analizar muestras menores a 50.

Si el nivel de significancia de la prueba de Shapiro Wilk es mayor a 0.05 se establece que los datos presentan normalidad, por lo contrario, si el nivel de significancia es menor a 0.05 se establecerá que los datos en análisis no tienen normalidad.

De acuerdo a la normalidad de los datos se establece la prueba de hipótesis a emplear, por lo que si se tiene normalidad de datos se empleara la prueba t de Student y si no presenta normalidad se empleara la prueba estadística de Wilcoxon.

CAPÍTULO IV

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación e interpretación

Se presentan los resultados de la investigación en base a la información recogida mediante las técnicas e instrumentos de estudio en datos cuantitativos de análisis descriptivo e inferencial, las que se objetivizan mediante cuadros estadísticos, gráficos y testimonios de acuerdo a las hipótesis de trabajo y su relación con cada una de las manifestaciones de la variable independiente.

A continuación, se muestran los resultados de los parámetros analizados en los sedimentos superficiales de la laguna de Pultoc:

RESULTADO DE ANALISIS DE SEDIMENTOS SUPERFIALES DE LA LAGUNA PULTOCC						
CODIGO DE MUESTRA	ARSENICO mg/Kg	CADMIO mg/Kg	COBALTO mg/Kg	CROMO mg/Kg	MERCURIO mg/Kg	PLOMO mg/Kg
M-1	0,321	0,075	0,006	3,560	0,032	3,017
M-2	0,280	0,071	0,005	5,811	0,033	3,261
M-3	0,319	0,070	0,007	7,107	0,031	3,451
M-4	0,323	0,073	0,008	3,142	0,032	3,759
M-5	0,302	0,072	0,009	4,719	0,035	3,311

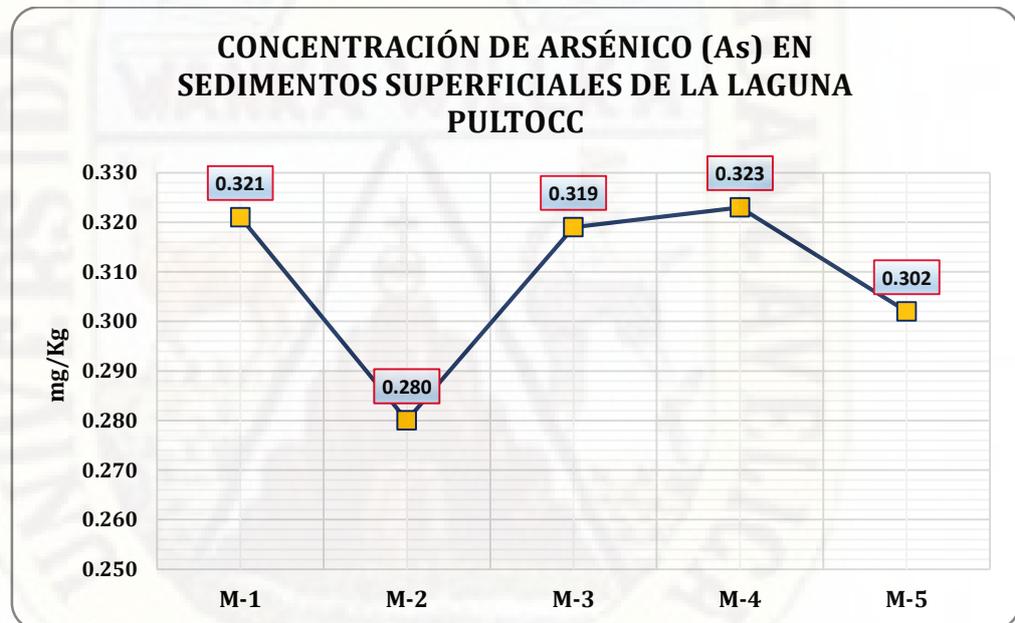
Como se aprecia en la tabla sobre los análisis realizados a los sedimentos superficiales, se tomó en cuenta los parámetros de Arsénico,

Cadmio, Cobalto, Cromo, Mercurio y Plomo, de los cuales se obtuvieron valores promedios de 0.030 mg/kg, 0.070 mg/kg, 4.864 mg/kg, 0.005 mg/kg, 0.032 mg/kg, y 3.362 mg/kg respectivamente.

4.1.1. Concentración de Arsénico en los sedimentos superficiales

A continuación, se muestran los valores hallados en el análisis de la concentración de Arsénico en los sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc:

Figura 3.
Concentración de Arsénico (As) en sedimentos superficiales de la Laguna Pultocc



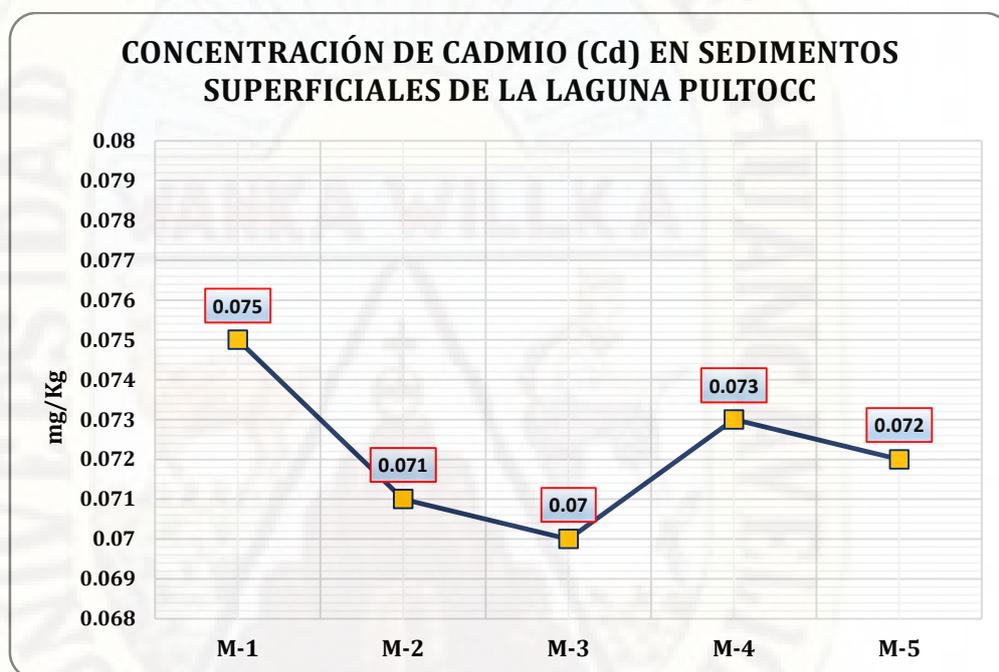
Elaboración Propia.

En la figura N° 01, se muestra los valores de concentración de Arsénico (As), en cada una de los puntos de muestreo. El valor fluctúa de 0.280 mg/Kg a 0.323 mg/Kg. Registrándose valores más altos en la muestra M-1 y M-4 (0.323 mg/Kg). Por otro lado, valores más bajos se registraron en la M-2 (0.280 mg/Kg).

4.1.2. Concentración de Cadmio en los sedimentos superficiales

En la siguiente tabla y figura se muestran los valores hallados en el análisis de la concentración de Cadmio en los sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc:

Figura 4.
Concentración de Cadmio (Cd) en sedimentos superficiales de la Laguna Pultocc



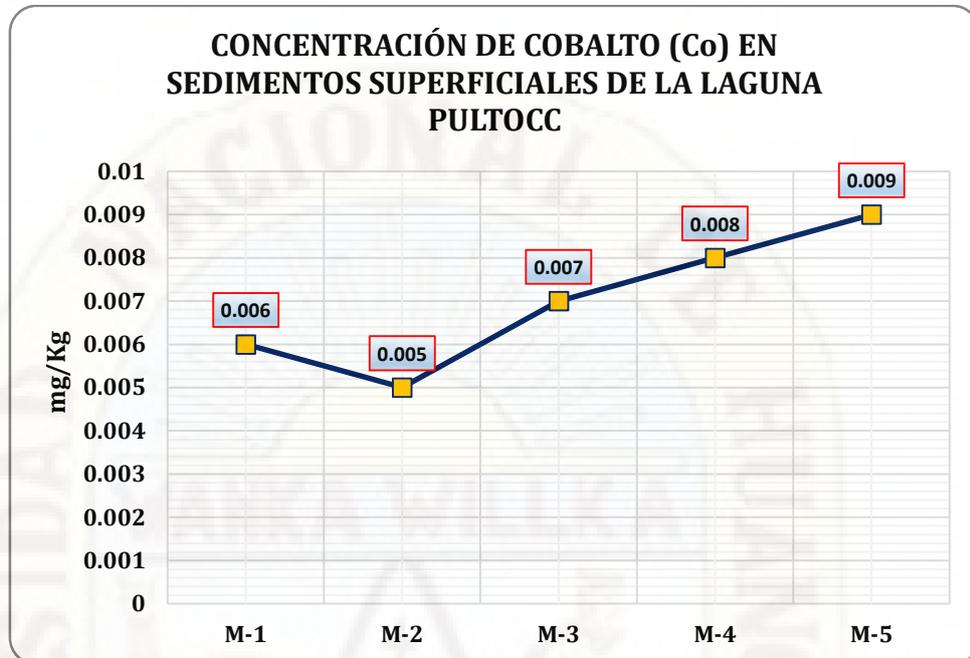
Elaboración Propia.

En la figura N° 02, se muestra los valores de concentración de Cadmio (Cd), en cada uno de los puntos de muestreo. El valor fluctúa de 0.070 mg/Kg a 0.075 mg/Kg. Registrándose el valor más alto en la muestra M-1 (0.075 mg/Kg). Por otro lado, valores más bajos se registraron en la M-3 (0.070 mg/Kg).

4.1.3. Concentración de Cobalto en los sedimentos superficiales

A continuación, se muestran los valores hallados en el análisis de la concentración de Cobalto en los sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc:

Figura 5.
Concentración de Cobalto (Co) en sedimentos superficiales de la Laguna Pultocc



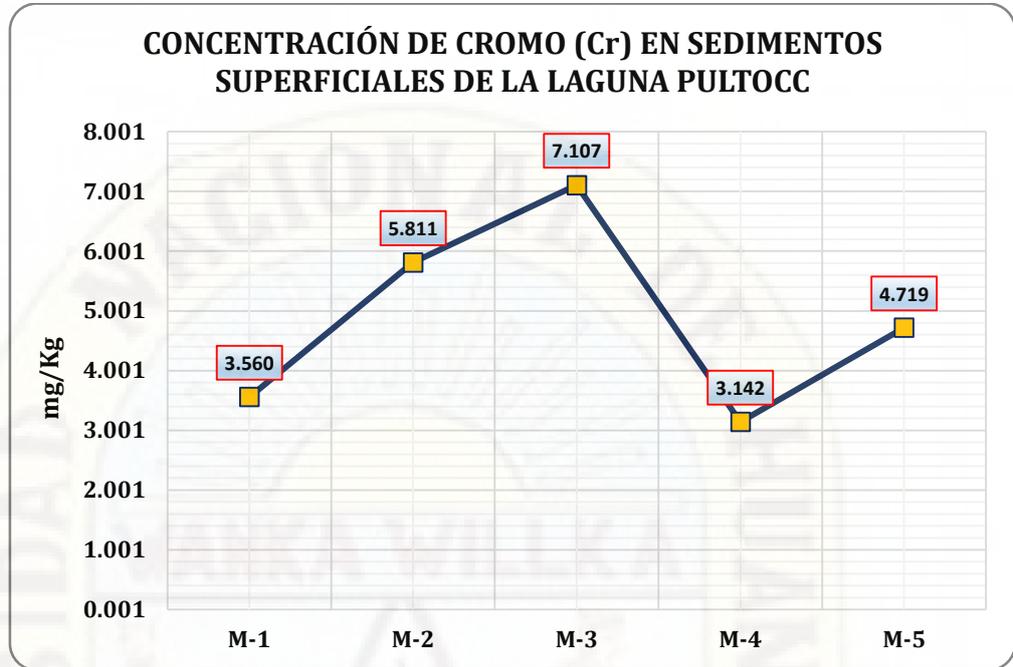
Elaboración Propia.

En la figura N° 03, se muestra los valores de concentración de Cobalto (Co), en cada uno de los puntos de muestreo. El valor fluctúa de 0.005 mg/Kg a 0.009 mg/Kg. Registrándose valores más altos en la muestra M-5 (0.009 mg/Kg). Por otro lado, el valor más bajo se registró en la M-2 (0.005 mg/Kg).

4.1.4. Concentración de Cromo en los sedimentos superficiales

En la siguiente tabla y figura se muestran los valores hallados en el análisis de la concentración de Cromo en los sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc:

Figura 6.
Concentración de Cromo (Cr) en sedimentos superficiales de la Laguna Pultocc



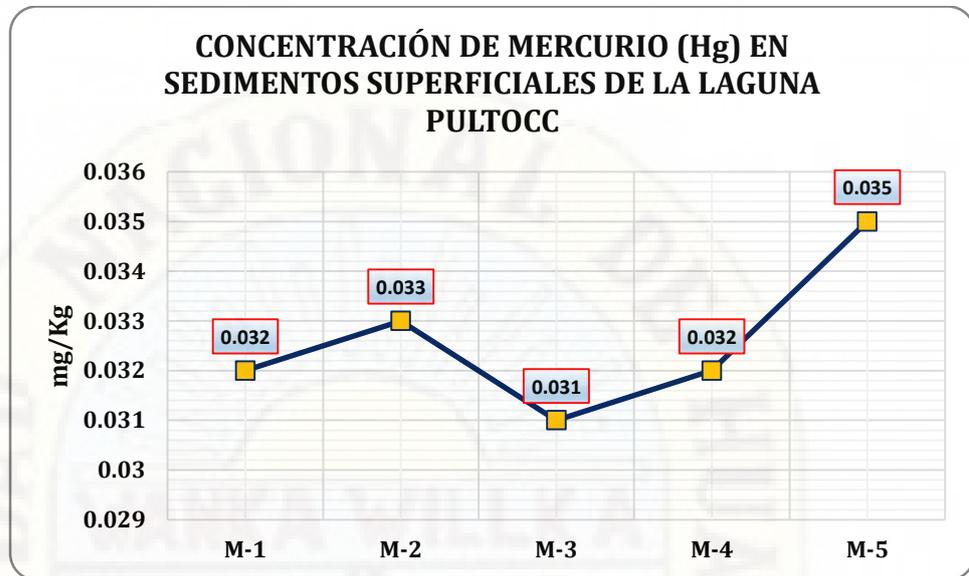
Elaboración Propia.

En la figura N° 04, se muestra los valores de concentración de Cromo (Cr), en cada uno de los puntos de muestreo. El valor fluctúa de 3.142 mg/Kg a 7.107 mg/Kg. Registrándose valores más altos en la muestra M-3 (7.107 mg/Kg). Por otro lado, el valor más bajo se registró en la M-4 (3.142 mg/Kg).

4.1.5. Concentración de Mercurio en los sedimentos superficiales

A continuación, se muestran los valores hallados en el análisis de la concentración de Mercurio en los sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc:

Figura 7.
Concentración de Mercurio (Hg) en sedimentos superficiales de la Laguna Pultocc



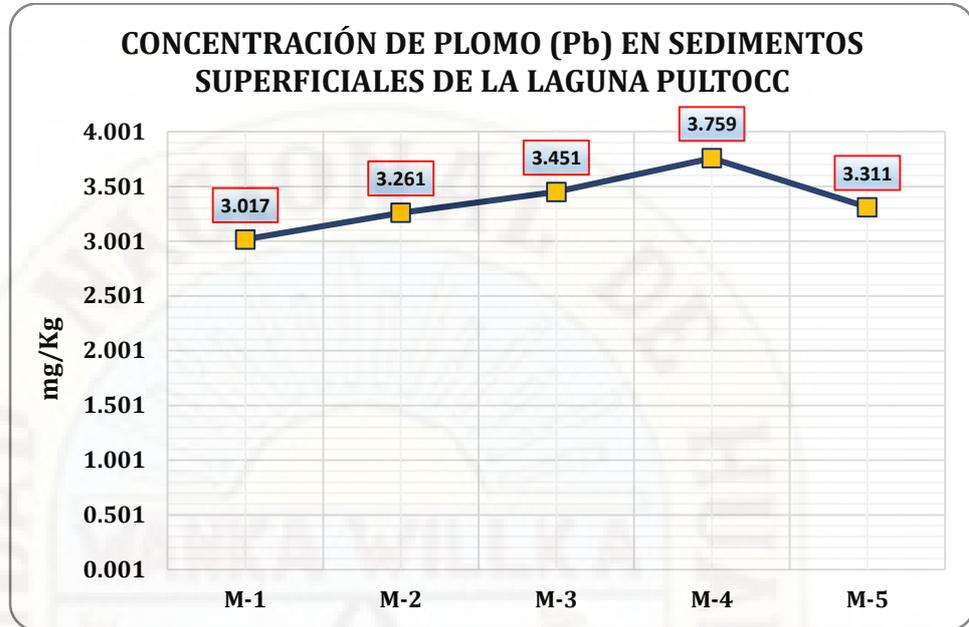
Elaboración Propia.

En la figura N° 05, se muestra los valores de concentración de Mercurio (Hg), en cada uno de los puntos de muestreo. El valor fluctúa de 0.031 mg/Kg a 0.035 mg/Kg. Registrándose valores más altos en la muestra M-5 (0.035 mg/Kg). Por otro lado, el valor más bajo se registró en la M-3 (0.031 mg/Kg).

4.1.6. Concentración de Plomo en los sedimentos superficiales

En la siguiente tabla y figura se muestran los valores hallados en el análisis de la concentración de Plomo en los sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc:

Figura 8.
Concentración de Plomo (Pb) en sedimentos superficiales de la Laguna Pultoc



Elaboración Propia.

En la figura N° 06, se muestra los valores de concentración de Plomo (Pb), en cada uno de los puntos de muestreo. El valor fluctúa de 3.017 mg/Kg a 3.759 mg/Kg. Registrándose el valor más alto en la muestra M-4 (3.759 mg/Kg). Por otro lado, valores más bajos se registraron en la M-1 (3.017 mg/Kg).

4.2. Prueba de hipótesis

La prueba de hipótesis se realiza por cada parámetro evaluado lo cual se muestra a continuación

4.2.1. Prueba de hipótesis de Arsénico

a. Comparación de Arsénico (As) con la norma canadiense ISQG

Tabla 3.
Normalidad para Arsénico (As)

Pruebas de normalidad		
Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl
Arsénico	,881	5
		Sig.
		,331

Se realizó el test de normalidad utilizando el estadístico de **Shapiro-Wilk**, porque la cantidad de datos evaluados son menores a 50 datos ($n < 50$), se muestran un comportamiento normal debido a que el $p\text{-value} > 0.05$.

b. Criterio para determinar Normalidad

- $P\text{-Valor} \geq \alpha$ Aceptar H_0 (Los datos provienen de una distribución **Normal**)
- $P\text{-Valor} < \alpha$ Aceptar H_1 (Los datos **No** provienen de una distribución **Normal**)

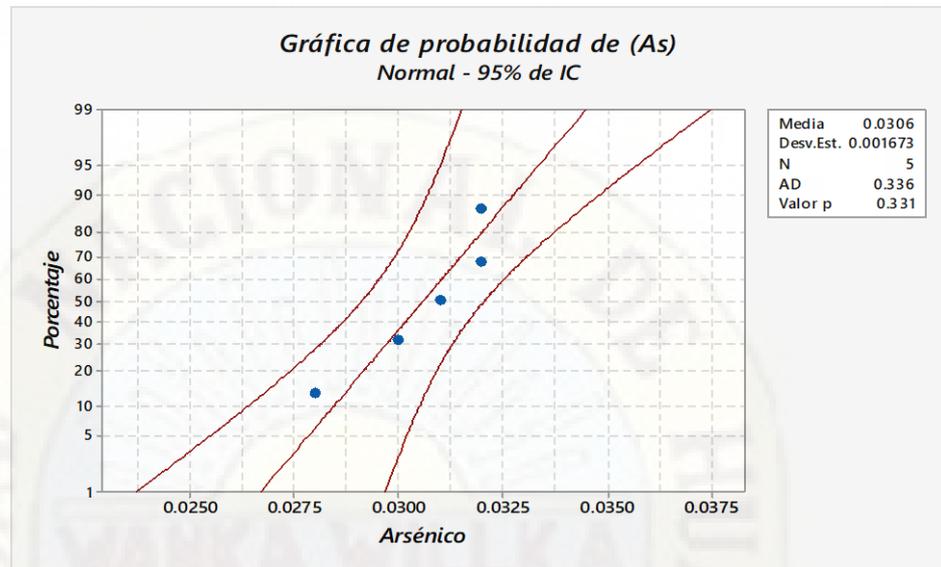
Tabla 4.
Comparación de normalidad de datos

NORMALIDAD		
$P\text{-Valor} = 0,331$	$>$	$\alpha = 0,05$

Interpretación

De la tabla, se obtuvo un $P\text{-valor}$ 0,331 es mayor que 0,05 por tanto aceptamos la homogeneidad de varianzas para los valores de Arsénico, por tanto, aceptamos H_0 (Los datos provienen de una distribución Normal).

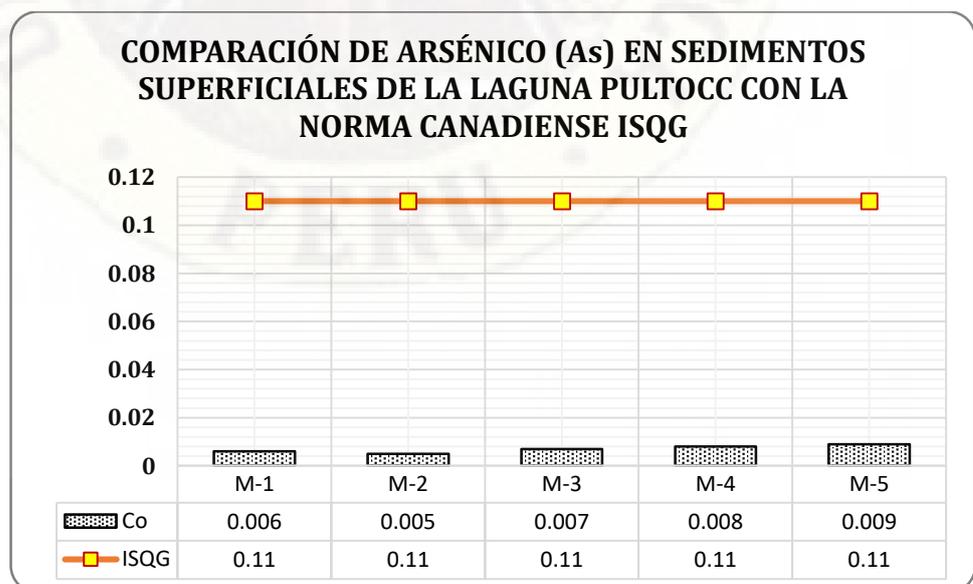
Figura 9.
Prueba de normalidad para Arsénico (As)



Interpretación

De la figura, se puede observar que existe una relación lineal positiva de la variable Arsénico, entre sus varianzas por tanto se encuentra homogeneidad y todos tienen la misma varianza.

Figura 10.
Comparación de Arsénico (As) en sedimentos superficiales de la Laguna Pultocc con la norma canadiense (ISQG).



Fuente: Elaboración propia.

c. Prueba de Hipótesis

Ha: La concentración de Arsénico (As) en sedimentos superficiales de la Laguna Pultocc – Huancavelica, se encuentran dentro valores permisibles por la norma canadiense de la calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática (ISQG).

$$\mathbf{Ha: u < 7.24 \text{ mg/Kg.}}$$

Ho: La concentración de Arsénico (As) en sedimentos superficiales de la Laguna Pultocc - Huancavelica, superan los valores permisibles por la norma canadiense de la calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática (ISQG).

$$\mathbf{Ho: u > 7.24 \text{ mg/Kg.}}$$

d. Niveles de significación

En el presente trabajo de investigación se trabajó con un error de 5%; el cual nos quiere decir lo siguiente:

$\alpha = 0.05$, es el nivel de significancia, por tanto, el error del trabajo no debe ser mayor al planteado, con un grado de confianza del 95%, $1 - \alpha = 0.95$.

e. Estadístico de prueba

Se utilizó la prueba de T de Student y se obtuvo un p – valor:

Prueba de $\mu = 0.01$ vs. > 0.01

Tabla 5.
Prueba de T de Student para la concentración de Arsénico (As).

N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite superior de 95%	T	P
5	0,03060	0,001673	0,000748	0,029005	27,53	0,000

Utilizamos el valor P:

Si, $P - \text{Valor} \geq \alpha$ (Nivel de significancia) Se acepta H_0 .

Si, $P - \text{Valor} < \alpha$ (Nivel de significancia) Se rechaza H_0 .

f. Regla de decisión

Tabla 6.
Comparación de valor de la prueba estadística

PRUEBA DE T		
$P - \text{Valor} = 0,000$	$<$	$\alpha = 0,05$

Como el $P - \text{Valor}$ es menor que el nivel de significancia ($0,000 < 0,05$), aceptamos la hipótesis alterna y rechazamos la hipótesis nula, luego podemos concluir que a un nivel de significancia del 0,05; la concentración de Arsénico (As) en sedimentos superficiales de la Laguna Pultoc - Huancavelica, se encuentran dentro valores permisibles por la norma canadiense de la calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática (ISQG).

Tabla 7.
Datos para la prueba de T de Student para la concentración de Arsénico (As).

Estadísticos	Datos
Nivel de significancia (NS)	0.05
Nivel de confianza (NC)	0.95
Media (\bar{x})	0.03060
Valor hipotético (μ)	7.24
Muestra (n)	5
Desviación estándar (S)	0.001673
T de tabla (valor crítico)	2.132
T de Student calculado	27.53

Para determinar la t calculada usamos la siguiente formula:

$$t = \frac{x - u}{s/\sqrt{n}}$$

Donde:

$t = t$ de Student calculado

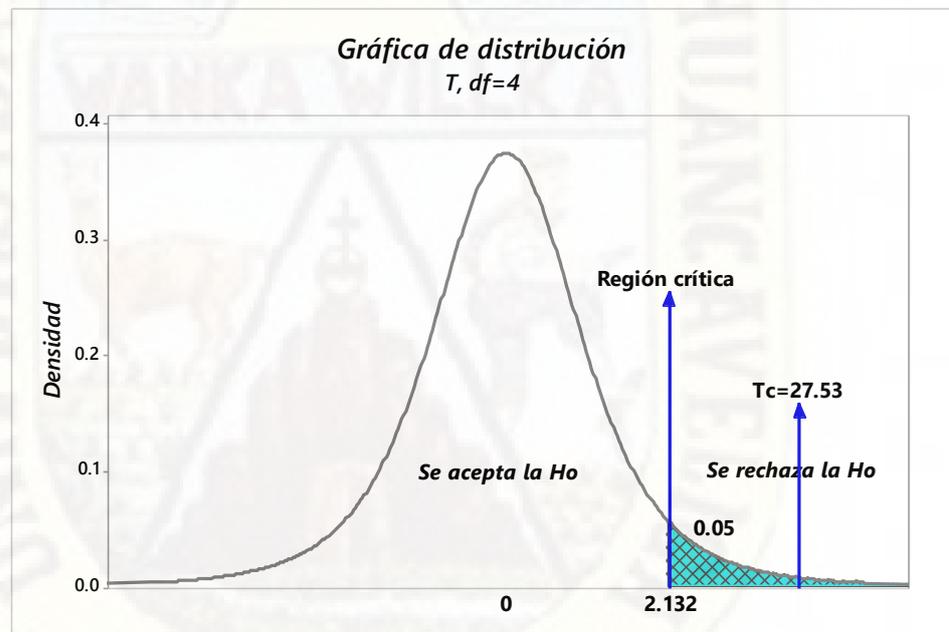
\bar{x} = Media

μ = Valor hipotético

S = Desviación estándar

n = Muestra

Figura 11.
Campana de gauss para la prueba de hipótesis de Arsénico (As).



g. Toma de decisión

El valor de $T_c = 27,53$ cae dentro de la región crítica ($RC = \langle -\infty, t_{(0.05, 5-1)} \rangle = \langle -\infty, 2,132 \rangle$), por tanto, se rechaza la Hipótesis nula y **acepto la Hipótesis (H_a)** la media de concentración de Arsénico (As) en sedimentos superficiales de la Laguna Pultocc - Huancavelica, se encuentran dentro valores permisibles por la norma canadiense de la calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática (ISQG), por el cual se valida el estudio de la variable con un grado de significancia estadística de 0.05.

4.2.2. Prueba de hipótesis de Cadmio

a. Comparación de Cadmio (Cd) con la norma canadiense ISQG

Tabla 8.
Normalidad para Cadmio (Cd)

Pruebas de normalidad			
Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.
Cadmio	,979	5	,871

Se realizó el test de normalidad utilizando el estadístico de **Shapiro-Wilk**, porque la cantidad de datos evaluados son menores a 50 datos ($n < 50$), se muestran un comportamiento normal debido a que el p-value > 0.05 .

b. Criterio para determinar Normalidad

- P – Valor $\geq \alpha$ Aceptar H_0 (Los datos provienen de una distribución **Normal**)
- P – Valor $< \alpha$ Aceptar H_1 (Los datos **No** provienen de una distribución **Normal**)

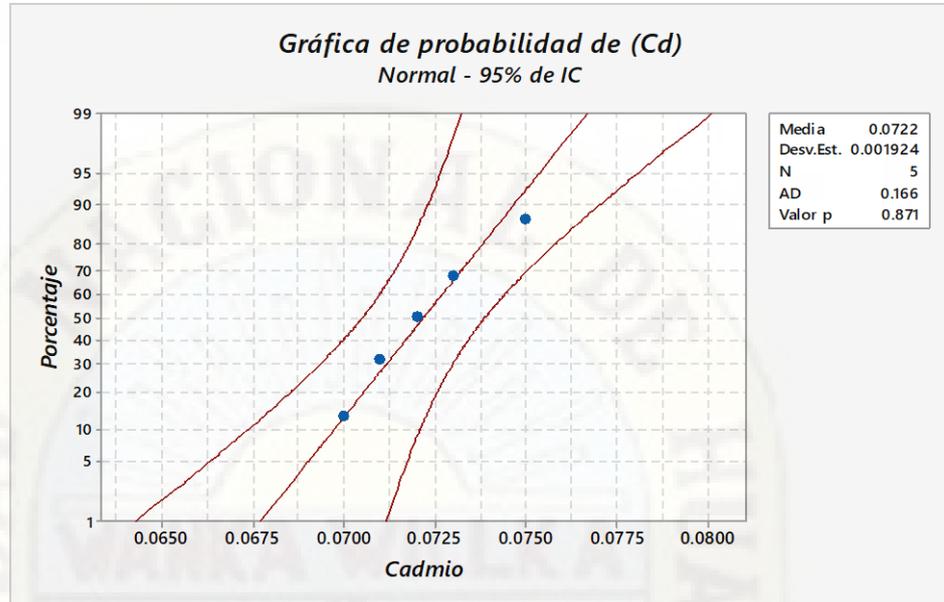
Tabla 9.
Comparación de normalidad de datos

NORMALIDAD		
P – Valor = 0,871	>	$\alpha = 0,05$

Interpretación

De la tabla, se obtuvo un P- valor 0,871 es mayor que 0,05 por tanto aceptamos la homogeneidad de varianzas para los valores de Cadmio, por tanto, aceptamos H_0 (Los datos provienen de una distribución Normal).

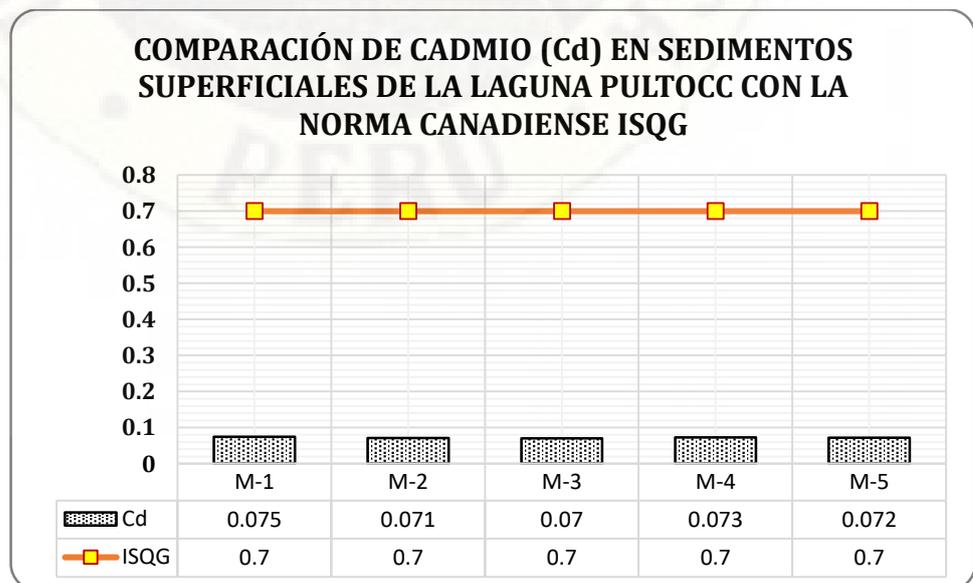
Figura 12.
Prueba de normalidad para Cadmio (Cd)



Interpretación

De la figura, se puede observar que existe una relación lineal positiva de la variable Cadmio, entre sus varianzas por tanto se encuentra homogeneidad y todos tienen la misma varianza.

Figura 13.
Comparación de Cadmio (Cd) en sedimentos superficiales de la Laguna Pultocc con la norma canadiense ISQG



Fuente: Elaboración propia.

c. Prueba de Hipótesis

Ha: La concentración de Cadmio (Cd) en sedimentos superficiales de la Laguna Pultocc - Huancavelica, se encuentran dentro valores permisibles por la norma canadiense de la calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática (ISQG).

Ha: $u < 0.7$ mg/Kg.

Ho: La concentración de Cadmio (Cd) en sedimentos superficiales de la Laguna Pultocc - Huancavelica, superan los valores permisibles por la norma canadiense de la calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática (ISQG).

Ho: $u > 0.7$ mg/Kg.

d. Niveles de significación

En el presente trabajo de investigación se trabajó con un error de 5%; el cual nos quiere decir lo siguiente:

$\alpha = 0.05$, es el nivel de significancia, por tanto, el error del trabajo no debe ser mayor al planteado, con un grado de confianza del 95%, $1 - \alpha = 0.95$.

e. Estadístico de prueba

Se utilizó la prueba de T de Student y se obtuvo un p – valor:

Prueba de $\mu = 0.7$ vs. > 0.95

Tabla 10.

Prueba de T de Student para la concentración de Cadmio (Cd).

N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite superior de 95%	T	P
5	0,0722	0,001924	0,000860	0,070366	79,28	0,000

Utilizamos el valor P:

Si, $P - \text{Valor} \geq \alpha$ (Nivel de significancia) Se acepta H_0 .

Si, $P - \text{Valor} < \alpha$ (Nivel de significancia) Se rechaza H_0 .

f. Regla de decisión

Tabla 11.
Comparación de valor de la prueba estadística

PRUEBA DE T		
P – Valor = 0,000	<	$\alpha = 0,05$

Como el P – Valor es menor que el nivel de significancia ($0,000 < 0,05$), aceptamos la hipótesis alterna y rechazamos la hipótesis nula, luego podemos concluir que a un nivel de significancia del 0,05; la concentración de Cadmio (Cd) en sedimentos superficiales de la Laguna Pultoc - Huancavelica, se encuentran dentro valores permisibles por la norma canadiense de la calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática (ISQG).

Tabla 12.
Datos para la prueba de T de Student para la concentración de Cadmio (Cd).

Estadísticos	Datos
Nivel de significancia (NS)	0.05
Nivel de confianza (NC)	0.95
Media (\bar{x})	0.0722
Valor hipotético (μ)	0.7
Muestra (n)	5
Desviación estándar (S)	0.001924
T de tabla (valor crítico)	2.132
T de Student calculado	79.28

Para determinar la t calculada usamos la siguiente formula:

$$t = \frac{x - u}{s/\sqrt{n}}$$

Donde:

$t = t$ de Student calculado

\bar{x} = Media

μ = Valor hipotético

S = Desviación estándar

n = Muestra

Figura 14.
Campana de gauss para la prueba de hipótesis de Cadmio (Cd).



g. Toma de decisión

El valor de $T_c = 79,28$ cae dentro de la región crítica ($RC = \langle -\infty, t_{(0.05, 5-1)} \rangle = \langle -\infty, 2,132 \rangle$), por tanto, se rechaza la Hipótesis nula y **acepto la Hipótesis (Ha)** la media de concentración de Cadmio (Cd) en sedimentos superficiales de la Laguna Pultocc - Huancavelica, se encuentran dentro valores permisibles por la norma canadiense de la calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática (ISQG), por el cual se valida el estudio de la variable con un grado de significancia estadística de 0.05.

4.2.3. Prueba de hipótesis de Cobalto

a. Comparación de Cobalto (Co) con la norma canadiense ISQG

Tabla 13.
Normalidad para Cobalto (Co)

Pruebas de normalidad			
Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.
Cobalto	,987	5	,920

Se realizó el test de normalidad utilizando el estadístico de **Shapiro-Wilk**, porque la cantidad de datos evaluados son menores a 50 datos ($n < 50$), se muestran un comportamiento normal debido a que el p -value > 0.05 .

b. Criterio para determinar Normalidad

- $P - \text{Valor} \geq \alpha$ Aceptar H_0 (Los datos provienen de una distribución Normal)
- $P - \text{Valor} < \alpha$ Aceptar H_1 (Los datos No provienen de una distribución Normal)

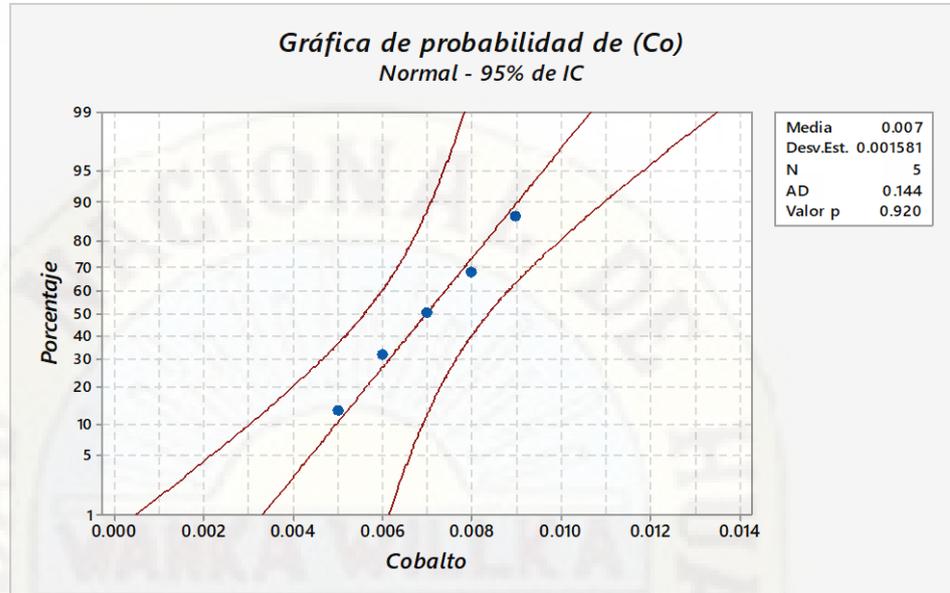
Tabla 14.
Comparación de normalidad de datos

NORMALIDAD		
$P - \text{Valor} = 0,920$	$>$	$\alpha = 0,05$

Interpretación

De la tabla, se obtuvo un P -valor 0,920 es mayor que 0,05 por tanto aceptamos la homogeneidad de varianzas para los valores de Cobalto, por tanto, aceptamos H_0 (Los datos provienen de una distribución Normal).

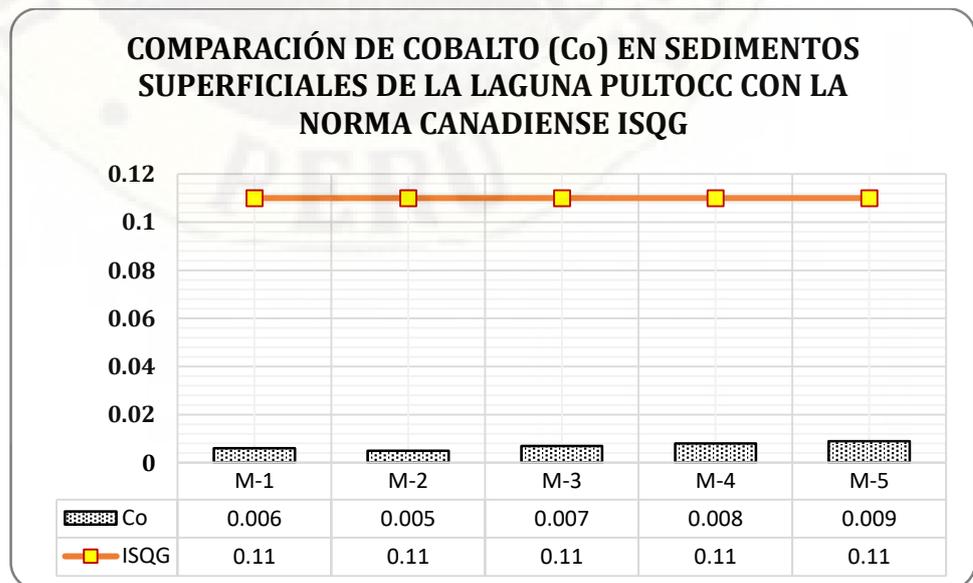
Figura 15.
Prueba de normalidad para Cobalto (Co)



Interpretación

De la figura, se puede observar que existe una relación lineal positiva de la variable Cobalto, entre sus varianzas por tanto se encuentra homogeneidad y todos tienen la misma varianza.

Figura 16.
Comparación de Cobalto (Co) en sedimentos superficiales de la Laguna Pultocc con la norma canadiense ISQG



Fuente: Elaboración propia.

c. Prueba de Hipótesis

Ha: La concentración de Cobalto (Co) en sedimentos superficiales de la Laguna Pultocc - Huancavelica, se encuentran dentro valores permisibles por la norma canadiense de la calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática (ISQG).

Ha: $u < 0.11 \text{ mg/Kg}$.

Ho: La concentración de Cobalto (Co) en sedimentos superficiales de la Laguna Pultocc - Huancavelica, superan los valores permisibles por la norma canadiense de la calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática (ISQG).

Ho: $u > 0.11 \text{ mg/Kg}$.

d. Niveles de significación

En el presente trabajo de investigación se trabajó con un error de 5%; el cual nos quiere decir lo siguiente:

$\alpha = 0.05$, es el nivel de significancia, por tanto, el error del trabajo no debe ser mayor al planteado, con un grado de confianza del 95%, $1 - \alpha = 0.95$.

e. Estadístico de prueba

Se utilizó la prueba de T de Student y se obtuvo un p – valor:

Prueba de $\mu = 0.11 \text{ vs. } > 0.05$

Tabla 15.

Prueba de T de Student para la concentración de Cobalto (Co).

N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite superior de 95%	T	P
5	0,0070	0,001581	0,000707	0,005493	-60,81	0,000

Utilizamos el valor P:

Si, $P - \text{Valor} \geq \alpha$ (Nivel de significancia) Se acepta H_0 .

Si, P – Valor < α (Nivel de significancia) Se rechaza H_0 .

f. Regla de decisión

Tabla 16.
Comparación de valor de la prueba estadística

PRUEBA DE T		
P – Valor = 1,000	>	$\alpha = 0,05$

Como el P – Valor es mayor que el nivel de significancia ($0,000 > 0,05$), aceptamos la hipótesis alterna y rechazamos la hipótesis nula, luego podemos concluir que a un nivel de significancia del 0,05; la concentración de Cobalto (Co) en sedimentos superficiales de la Laguna Pultoc - Huancavelica, se encuentran dentro valores permisibles por la norma canadiense de la calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática (ISQG).

Tabla 17.
Datos para la prueba de T de Student para la concentración de Cobalto (Co).

Estadísticos	Datos
Nivel de significancia (NS)	0.05
Nivel de confianza (NC)	0.95
Media (x)	0.0070
Valor hipotético (μ)	0.11
Muestra (n)	5
Desviación estándar (S)	0.001581
T de tabla (valor crítico)	2.132
T de Student calculado	60.81

Para determinar la t calculada usamos la siguiente formula:

$$t = \frac{x - u}{s/\sqrt{n}}$$

Donde:

$t = t$ de Student calculado

\bar{x} = Media

μ = Valor hipotético

S = Desviación estándar

n = Muestra

Figura 17.
Campana de gauss para la prueba de hipótesis de Cobalto (Co).



g. Toma de decisión

El valor de $T_c = -60,81$ cae fuera de la región crítica ($RC = <-\infty, t_{(0.05, 5-1)}> = <-\infty, 2,132>$), por tanto, se rechaza la Hipótesis nula y **acepto la Hipótesis (Ha)** la media de concentración de Cobalto (Co) en sedimentos superficiales de la Laguna Pultocc - Huancavelica, se encuentran dentro valores permisibles por la norma canadiense de la calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática (ISQG), por el cual se valida el estudio de la variable con un grado de significancia estadística de 0.05.

4.2.4. Prueba de hipótesis de Cromo

a. Comparación de Cromo (Cr) con la norma canadiense ISQG

Tabla 18.
Normalidad para Cromo (Cr)

Pruebas de normalidad			
Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.
Cromo	,987	5	,920

Se realizó el test de normalidad utilizando el estadístico de **Shapiro-Wilk**, porque la cantidad de datos evaluados son menores a 50 datos ($n < 50$), se muestran un comportamiento normal debido a que el $p\text{-value} > 0.05$.

b. Criterio para determinar Normalidad

- $P\text{-Valor} \geq \alpha$ Aceptar H_0 (Los datos provienen de una distribución **Normal**)
- $P\text{-Valor} < \alpha$ Aceptar H_1 (Los datos **No** provienen de una distribución **Normal**)

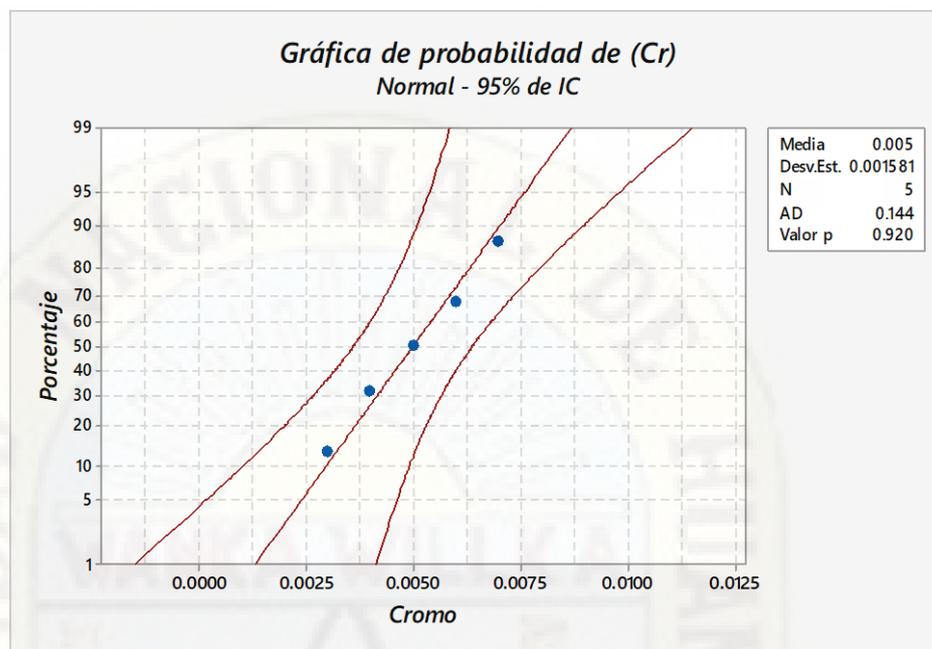
Tabla 19.
Comparación de normalidad de datos

NORMALIDAD		
P – Valor = 0,920	>	$\alpha = 0,05$

Interpretación

De la tabla, se obtuvo un P- valor 0,920 es mayor que 0,05 por tanto aceptamos la homogeneidad de varianzas para los valores de Cromo, por tanto, aceptamos H_0 (Los datos provienen de una distribución **Normal**).

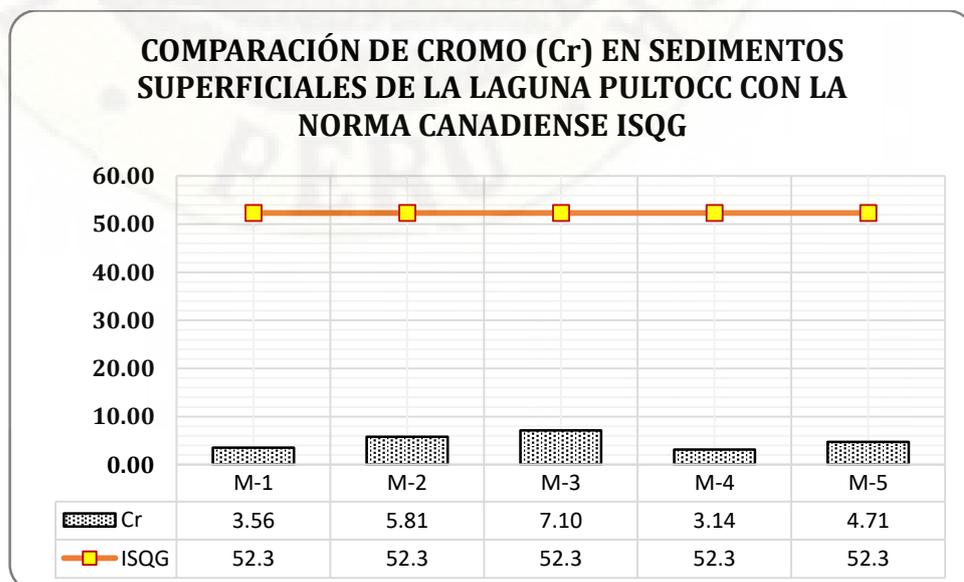
Figura 18.
Prueba de normalidad para Cromo (Cr)



Interpretación

De la figura, se puede observar que existe una relación lineal positiva de la variable Cromo, entre sus varianzas por tanto se encuentra homogeneidad y todos tienen la misma varianza.

Figura 19.
Comparación de Cromo (Cr) en sedimentos superficiales de la Laguna Pultocc con la norma canadiense ISQG.



Fuente: Elaboración propia.

c. Prueba de Hipótesis

Ha: La concentración de Cromo (Cr) en sedimentos superficiales de la Laguna Pultocc - Huancavelica, se encuentran dentro valores permisibles por la norma canadiense de la calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática (ISQG).

Ha: $\mu > 52.3 \text{ mg/Kg}$.

Ho: La concentración de Cromo (Cr) en sedimentos superficiales de la Laguna Pultocc - Huancavelica, superan los valores permisibles por la norma canadiense de la calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática (ISQG).

Ho: $\mu < 52.3 \text{ mg/Kg}$.

d. Niveles de significación

En el presente trabajo de investigación se trabajó con un error de 5%; el cual nos quiere decir lo siguiente:

$\alpha = 0.05$, es el nivel de significancia, por tanto, el error del trabajo no debe ser mayor al planteado, con un grado de confianza del 95%, $1 - \alpha = 0.95$.

e. Estadístico de prueba

Se utilizó la prueba de T de Student y se obtuvo un p – valor:

Prueba de $\mu = 0.05$ vs. > 0.05

Tabla 20.
Prueba de T de Student para la concentración de Cromo (Cr).

N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite superior de 95%	T	P
5	0,0050	0,001581	0,000707	0,003493	63,64	0,000

Utilizamos el valor P:

Si, P – Valor $\geq \alpha$ (Nivel de significancia) Se acepta H_0 .

Si, P – Valor $< \alpha$ (Nivel de significancia) Se rechaza H_0 .

f. Regla de decisión

Tabla 21.
Comparación de valor de la prueba estadística

PRUEBA DE T		
P – Valor = 1,000	>	$\alpha = 0,05$

Como el P – Valor es mayor que el nivel de significancia ($1,000 > 0,05$), aceptamos la hipótesis nula y rechazamos la hipótesis alterna, luego podemos concluir que a un nivel de significancia del 0,05; la concentración de Cromo (Cr) en sedimentos superficiales de la Laguna Pultocc - Huancavelica, **no superan** los (LMP) ECA-Agua, Categoría 4.

Tabla 22.
Datos para la prueba de T de Student para la concentración de Cromo (Cr).

Estadísticos	Datos
Nivel de significancia (NS)	0.05
Nivel de confianza (NC)	0.95
Media (x)	0.0050
Valor hipotético (μ)	52.3
Muestra (<i>n</i>)	5
Desviación estándar (<i>S</i>)	0.001581
T de tabla (valor crítico)	2.132
T de Student calculado	63.64

Para determinar la t calculada usamos la siguiente formula:

$$t = \frac{x - u}{s/\sqrt{n}}$$

Donde:

$t = t$ de Student calculado

\bar{x} = Media

μ = Valor hipotético

S = Desviación estándar

n = Muestra

Figura 20.
Campana de gauss para la prueba de hipótesis de Cromo (Cr).



g. Toma de decisión

El valor de $T_c = -63,64$ cae fuera de la región crítica ($RC = \langle -\infty, t_{(0.05, 5-1)} \rangle = \langle -\infty, 2,132 \rangle$), por tanto, se rechaza la Hipótesis nula y **acepto la Hipótesis (Ha)** la media de concentración de Cromo (Cr) en sedimentos superficiales de la Laguna Pultocc - Huancavelica, se encuentran dentro valores permisibles por la norma canadiense de la calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática (ISQG), por el cual se valida el estudio de la variable con un grado de significancia estadística de 0.05.

4.2.5. Prueba de hipótesis de Mercurio

a. Comparación de Mercurio (Hg) con la norma canadiense ISQG.

Tabla 23.
Normalidad para Mercurio (Hg)

Pruebas de normalidad			
Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.
Mercurio	,914	5	,353

Se realizó el test de normalidad utilizando el estadístico de **Shapiro-Wilk**, porque la cantidad de datos evaluados son menores a 50 datos ($n < 50$), se muestran un comportamiento normal debido a que el $p\text{-value} > 0.05$.

b. Criterio para determinar Normalidad

- $P - \text{Valor} \geq \alpha$ Aceptar H_0 (Los datos provienen de una distribución **Normal**)
- $P - \text{Valor} < \alpha$ Aceptar H_1 (Los datos **No** provienen de una distribución **Normal**)

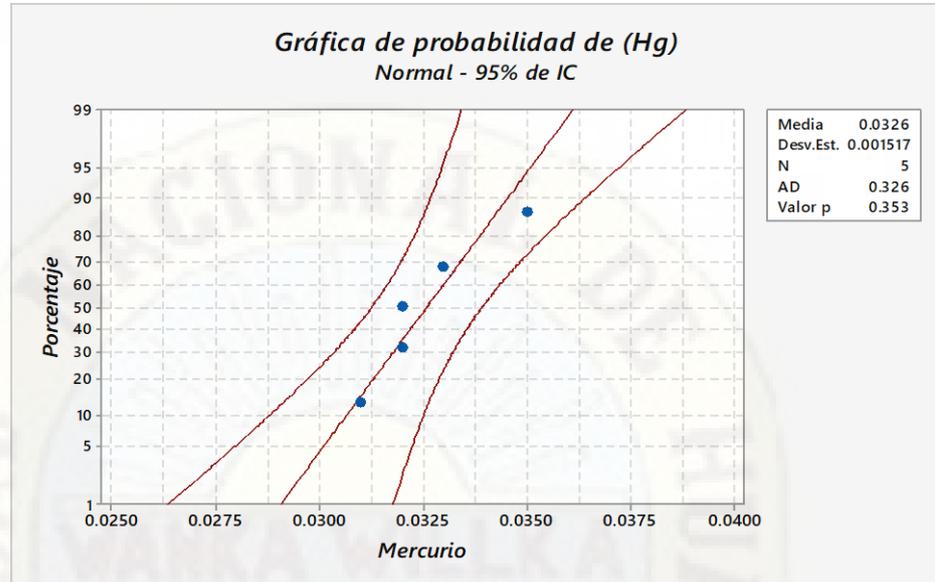
Tabla 24.
Comparación de normalidad de datos

NORMALIDAD		
$P - \text{Valor} = 0,353$	$>$	$\alpha = 0,05$

Interpretación

De la tabla, se obtuvo un P- valor 0,353 es mayor que 0,05 por tanto aceptamos la homogeneidad de varianzas para los valores de Mercurio, por tanto, aceptamos H_0 (Los datos provienen de una distribución Normal).

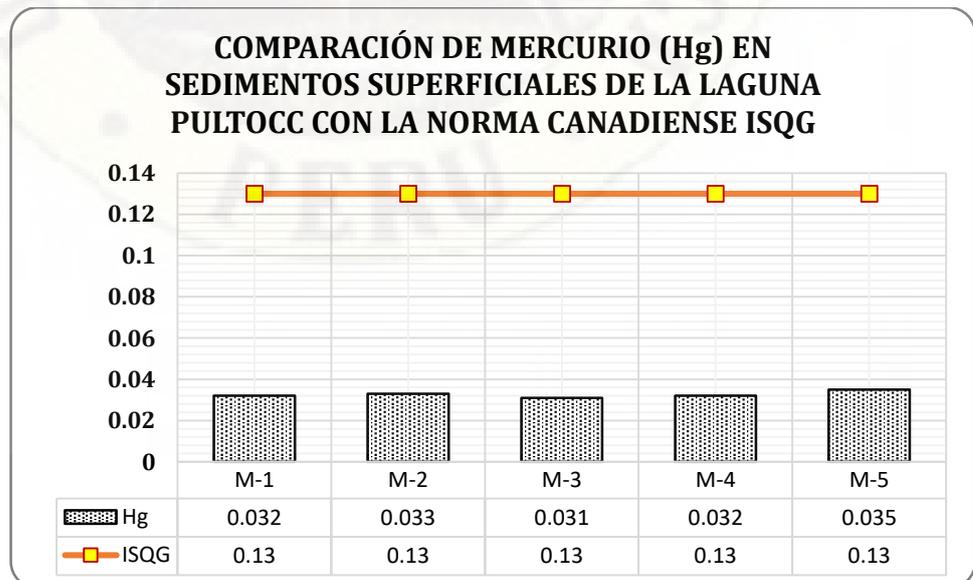
Figura 21.
Prueba de normalidad para Mercurio (Hg)



Interpretación

De la figura, se puede observar que existe una relación lineal positiva de la variable de Mercurio, entre sus varianzas por tanto se encuentra homogeneidad y todos tienen la misma varianza.

Figura 22.
Comparación de Mercurio (Hg) en sedimentos superficiales de la Laguna Pultocc con la norma canadiense ISQG.



Fuente: Elaboración propia.

c. Prueba de Hipótesis

Ha: La concentración de Mercurio (Hg) en sedimentos superficiales de la Laguna Pultocc - Huancavelica, se encuentran dentro valores permisibles por la norma canadiense de la calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática (ISQG).

Ha: $\mu > 0.13$ mg/Kg.

Ho: La concentración de Mercurio (Hg) en sedimentos superficiales de la Laguna Pultocc - Huancavelica, superan los valores permisibles por la norma canadiense de la calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática (ISQG).

Ho: $\mu < 0.13$ mg/Kg.

d. Niveles de significación.

En el presente trabajo de investigación se trabajó con un error de 5%; el cual nos quiere decir lo siguiente:

$\alpha = 0.05$, es el nivel de significancia, por tanto, el error del trabajo no debe ser mayor al planteado, con un grado de confianza del 95%, $1 - \alpha = 0.95$.

e. Estadístico de prueba.

Se utilizó la prueba de T de Student y se obtuvo un p – valor:

Prueba de $\mu = 0.13$ vs. > 0.095

Tabla 25.
Prueba de T de Student para la concentración de Mercurio (Hg).

N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite superior de 95%	T	P
5	0,0326	0,001517	0,000678	0,031154	47,92	0,000

Utilizamos el valor P:

Si, P – Valor $\geq \alpha$ (Nivel de significancia) Se acepta H_0 .

Si, P – Valor $< \alpha$ (Nivel de significancia) Se rechaza H_0 .

f. Regla de decisión

Tabla 26.
Comparación de valor de la prueba estadística

PRUEBA DE T		
P – Valor = 0,000	<	$\alpha = 0,05$

Como el P – Valor es menor que el nivel de significancia ($0,000 < 0,05$), aceptamos la hipótesis alterna y rechazamos la hipótesis nula, luego podemos concluir que a un nivel de significancia del 0,05; la concentración de Mercurio (Hg) en sedimentos superficiales de la Laguna Pultocc - Huancavelica, **superan** los (LMP) ECA-Agua, Categoría 4.

Tabla 27.
Datos para la prueba de T de Student para la concentración de Mercurio (Hg).

Estadísticos	Datos
Nivel de significancia (NS)	0.05
Nivel de confianza (NC)	0.95
Media (x)	0.0326
Valor hipotético (μ)	0.13
Muestra (<i>n</i>)	5
Desviación estándar (<i>S</i>)	0.001517
T de tabla (valor crítico)	2.132
T de Student calculado	47.92

Para determinar la t calculada usamos la siguiente formula:

$$t = \frac{x - u}{s/\sqrt{n}}$$

Donde:

t = t de Student calculado

x = Media

μ = Valor hipotético

S = Desviación estándar

n = Muestra

Figura 23.
Campana de gauss para la prueba de hipótesis de Mercurio (Hg).



g. Toma de decisión

El valor de $T_c = 47,92$ cae dentro de la región crítica ($RC = \langle -\infty, t_{(0.05, 5-1)} \rangle = \langle -\infty, 2,132 \rangle$), por tanto, se rechaza la Hipótesis nula y **acepto la Hipótesis (Ha)** la media de concentración de Mercurio (Hg) en sedimentos superficiales de la Laguna Pultocc - Huancavelica, se encuentran dentro valores permisibles por la norma canadiense de la calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática (ISQG), por el cual se valida el estudio de la variable con un grado de significancia estadística de 0.05.

4.2.6. Prueba de hipótesis de Plomo

a. Comparación de Plomo (Pb) con la norma canadiense ISQG.

Tabla 28.
Normalidad para Plomo (Pb)

Pruebas de normalidad			
Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.
Plomo	,984	5	,842

Se realizó el test de normalidad utilizando el estadístico de **Shapiro-Wilk**, porque la cantidad de datos evaluados son menores a 50 datos ($n < 50$), se muestran un comportamiento normal debido a que el $p\text{-value} > 0.05$.

b. Criterio para determinar Normalidad

- $P - \text{Valor} \geq \alpha$ Aceptar H_0 (Los datos provienen de una distribución **Normal**)
- $P - \text{Valor} < \alpha$ Aceptar H_1 (Los datos **No** provienen de una distribución **Normal**)

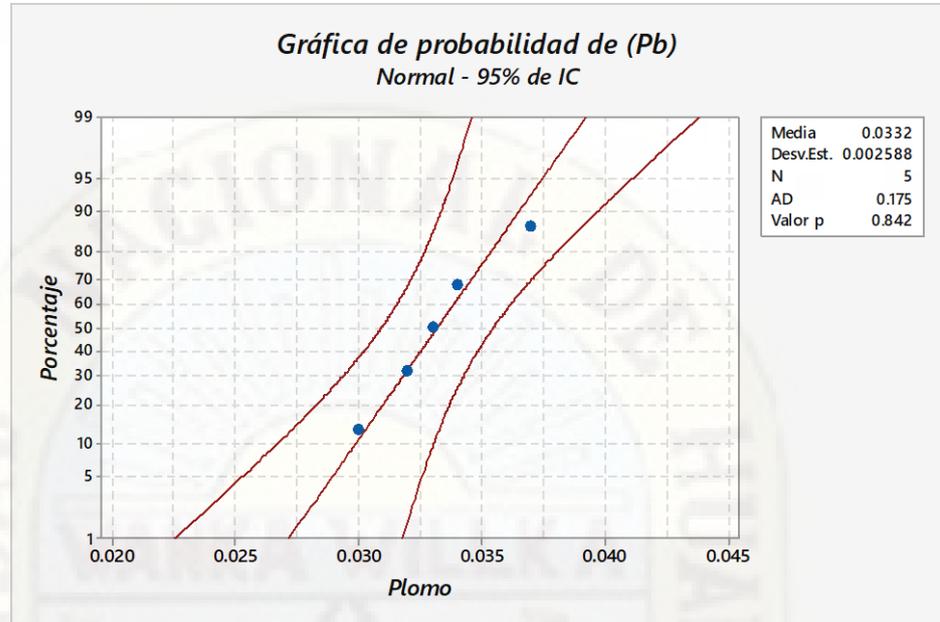
Tabla 29.
Comparación de normalidad de datos

NORMALIDAD		
$P - \text{Valor} = 0,842$	$>$	$\alpha = 0,05$

Interpretación

De la tabla, se obtuvo un P- valor 0,842 es mayor que 0,05 por tanto aceptamos la homogeneidad de varianzas para los valores de Plomo, por tanto, aceptamos H_0 (Los datos provienen de una distribución **Normal**).

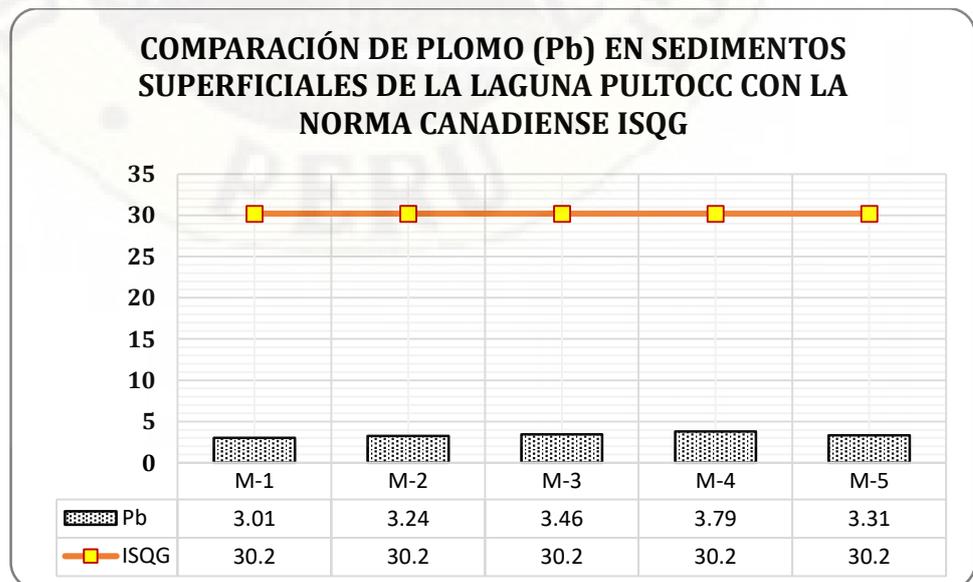
Figura 24.
Prueba de normalidad para Plomo (Pb)



Interpretación

De la figura, se puede observar que existe una relación lineal positiva de la variable Plomo, entre sus varianzas por tanto se encuentra homogeneidad y todos tienen la misma varianza.

Figura 25.
Comparación de Plomo (Pb) en sedimentos superficiales de la Laguna Pultocc con la norma canadiense ISQG.



Fuente: Elaboración propia.

c. Prueba de Hipótesis

Ha: La concentración de Plomo (Pb) en sedimentos superficiales de la Laguna Pultocc - Huancavelica, se encuentran dentro valores permisibles por la norma canadiense de la calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática (ISQG).

Ha: $u > 30.2 \text{ mg/Kg}$.

Ho: La concentración de Plomo (Pb) en sedimentos superficiales de la Laguna Pultocc - Huancavelica, superan los valores permisibles por la norma canadiense de la calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática (ISQG).

Ho: $u < 30.2 \text{ mg/Kg}$.

d. Niveles de significación

En el presente trabajo de investigación se trabajó con un error de 5%; el cual nos quiere decir lo siguiente:

$\alpha = 0.05$, es el nivel de significancia, por tanto, el error del trabajo no debe ser mayor al planteado, con un grado de confianza del 95%, $1 - \alpha = 0.95$.

e. Estadístico de prueba.

Se utilizó la prueba de T de Student y se obtuvo un p – valor:

Prueba de $\mu = 30.2 \text{ vs. } > 0.95$

Tabla 30.
Prueba de T de Student para la concentración de Plomo (Pb).

N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite superior de 95%	T	P
5	0,03320	0,00259	0,00116	0,03073	27,82	0,000

Utilizamos el valor P:

Si, $P - \text{Valor} \geq \alpha$ (Nivel de significancia) Se acepta H_0 .

Si, P – Valor < α (Nivel de significancia) Se rechaza H_0 .

f. Regla de decisión

Tabla 31.
Comparación de valor de la prueba estadística

PRUEBA DE T		
P – Valor = 0,000	<	$\alpha = 0,05$

Como el P – Valor es menor que el nivel de significancia ($0,000 < 0,05$), aceptamos la hipótesis alterna y rechazamos la hipótesis nula, luego podemos concluir que a un nivel de significancia del 0,05; la concentración de Plomo (Pb) en sedimentos superficiales de la Laguna Pultocc - Huancavelica, **superan** los (LMP) ECA-Agua, Categoría 4.

Tabla 32.
Datos para la prueba de T de Student para la concentración de Plomo (Pb).

Estadísticos	Datos
Nivel de significancia (NS)	0.05
Nivel de confianza (NC)	0.95
Media (x)	0.03320
Valor hipotético (μ)	30.2
Muestra (n)	5
Desviación estándar (S)	0.00259
T de tabla (valor crítico)	2.132
T de Student calculado	27.82

Para determinar la t calculada usamos la siguiente formula:

$$t = \frac{x - u}{s/\sqrt{n}}$$

Donde:

t = t de Student calculado

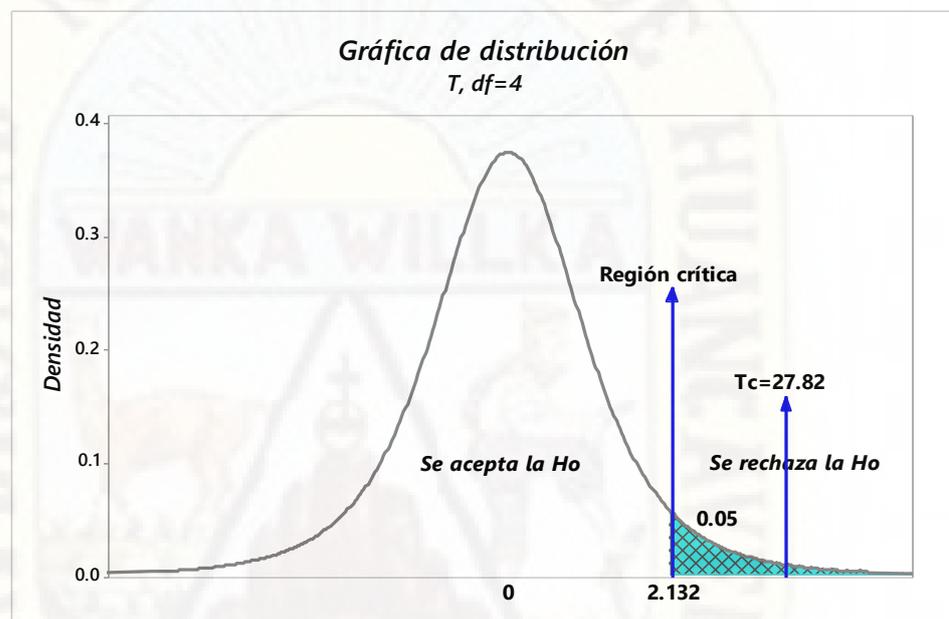
\bar{x} = Media

μ = Valor hipotético

S = Desviación estándar

n = Muestra

Figura 26.
Campana de gauss para la prueba de hipótesis de Plomo (Pb).



g. Toma de decisión

El valor de $T_c = 27,82$ cae dentro de la región crítica ($RC = \langle -\infty, t_{(0.05, 5-1)} \rangle = \langle -\infty, 2,132 \rangle$), por tanto, se rechaza la Hipótesis nula y **acepto la Hipótesis (Ha)** la media de concentración de Plomo (Pb) en sedimentos superficiales de la Laguna Pultocc - Huancavelica, se encuentran dentro valores permisibles por la norma canadiense de la calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática (ISQG), por el cual se valida el estudio de la variable con un grado de significancia estadística de 0.05.

4.3. Discusión de resultados

La discusión de resultados se realizó mediante la aplicación del método deductivo, por lo que se parte de la parte general a los contenidos específicos, tal como se muestra a continuación:

Como objetivo general se tuvo “Evaluar la concentración de metales pesados arsénico, cadmio, cobalto, cromo, mercurio y plomo en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica”, donde Cerro (2018), en su investigación denominada “Evaluación de los niveles de metales pesados en sedimentos superficiales aledaños al emisario submarino de Manzanillo, bahía de Cartagena, Colombia, durante el periodo 1998-2010”, obtuvo los siguientes valores de la concentración de metales pesados en los sedimentos superficiales, Cadmio de 1.1 mg/kg, para Cobalto de 0.2 mg/kg, Cromo de 5.1 mg/kg, , Plomo con valor de 4.9 mg/kg, finalmente concluye que en los resultados obtenidos mostraron diferencias significativas para Mn, Ni y Cr. Para Cd, Cu, Pb y Zn, buenos indicadores de contaminación urbana, no se encontró diferencias significativas entre los cuatro años, al respecto Cervantes y Moreno (2010), señalan que los metales pesados por lo general son aquellos elementos cuya densidad es mayor a 5 g/ml y para la mayoría de los organismos es extremadamente toxica la exposición a un exceso de metales pesados como el Cd, Hg, Cr, Ni y Pb, para la investigación se obtuvo de los análisis realizados a los sedimentos superficiales, se tomó en cuenta los parámetros de Arsénico, Cadmio, Cobalto, Cromo, Mercurio y Plomo, de los cuales se obtuvieron valores promedios de 0.030 mg/kg, 0.070 mg/kg, 4.864 mg/kg, 0.005 mg/kg, 0.032 mg/kg, y 3.362 mg/kg respectivamente, tal y como se detalló, los metales pesados evaluados en la investigación no superan los valores permitidos por la norma canadiense ISQG que determina la calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática en aguas dulces, pero cabe recalcar que existe presencia de metales que son tóxicos en concentraciones altas.

Como primer objetivo específico se identificó “Determinar la concentración de arsénico en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica”, donde Ávila y Cárdenas (2017), en su investigación sobre

“Determinación de metales pesados en sedimentos superficiales costeros del sistema Lago de Maracaibo, Venezuela” donde obtuvo para las concentraciones promedio de los metales pesados fueron del arsénico de 53.06 mg/Kg, finalmente concluyen que existe una variación del 84,33 % en los componentes de los metales pesados y los parámetros en el lugar de evaluación, al respecto Cervantes y Moreno (2010), señalan que la toxicidad del arsénico se muestra en forma natural por lo se considera de preocupación mundial, encontrándose en la atmósfera, suelo, aguas naturales y en los organismos vivos, generalmente la movilización en el medio ambiente se da por medio de niveles tróficos combinados con la reacción química que sirven para producir actividad biológica, el arsénico principalmente se da por emisiones volcánicas, desarrollo de actividades específicas como la minería, combustiones fósiles, uso de pesticidas, herbicidas y el curado de madera, para la investigación en la concentración de Arsénico (As), en cada una de los puntos de muestre, el valor fluctúa de 0.280 mg/Kg a 0.323 mg/Kg, registrándose valores más altos en la muestra M-1 y M-4 (0.323 mg/Kg), por otro lado, valores más bajos se registraron en la M-2 (0.280 mg/Kg), en cuanto a la concentración de Arsénico se encuentra por debajo de lo establecido por la norma canadiense pero es necesario señalar que la presencia del Arsénico en los sedimentos superficiales de la laguna evaluada puede generar cierta alteración del medio acuático.

Como segundo objetivo específico se identificó “Determinar la concentración de cadmio en sedimentos superficiales de la laguna de Pultoc – Huancavelica”, donde Calsin (2020), en su tesis sobre “Evaluación de la concentración de cromo, cadmio y plomo en sedimentos superficiales en el río Apurímac de la provincia de Caylloma – Arequipa” obtuvo para las concentraciones de Cadmio (Cd) en el Puente chuncho de 3.561 mg/kg, Tica tica de 4.094 mg/kg, Hacienda holleria de 4.204 mg/kg y Leon pampa 5.183 de mg/kg, cuyos valores se encuentran por encima de los estándares Sediment Quality Guidelines, concluyendo así que existe la presencia de metales pesados específicamente Plomo, Cromo y Cadmio en los sedimentos del río Apurímac a lo largo de los cuatro puntos de evaluación, y afirmando que la cuenca está

contaminada por Cadmio, al respecto Norberg (2009) menciona que el cadmio puede ser transportado a grandes distancias cuando es absorbido por el lodo, este lodo rico en cadmio puede contaminar las aguas superficiales y los suelos; el cadmio es fuertemente adsorbido por la materia orgánica del suelo; los suelos y las rocas contienen cadmio en diversas cantidades, generalmente pequeñas, aunque a veces puede encontrarse en cantidades más grandes (por ejemplo, en algunos combustibles fósiles o fertilizantes), para la investigación en la concentración de Cadmio (Cd), en cada uno de los puntos de muestreo, el valor fluctúa de 0.070 mg/Kg a 0.075 mg/Kg, registrándose el valor más alto en la muestra M-1 (0.075 mg/Kg), por otro lado, valores más bajos se registraron en la M-3 (0.070 mg/Kg), la presencia de cadmio en los sedimentos superficiales es menor a los valores admitidos por la norma canadiense ISQG, lo cual difiere con el antecedente citado, ello puede deberse a los puntos de muestreo o a factores antropogénicos, así mismo es necesario tener en consideración que este metal contamina las aguas superficiales y los suelos como lo señala Norberg.

Como tercer objetivo específico se identificó “Determinar la concentración de cobalto en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica”, donde Cerro (2018), en su investigación denominada “Evaluación de los niveles de metales pesados en sedimentos superficiales aledaños al emisario submarino de Manzanillo, bahía de Cartagena, Colombia, durante el periodo 1998-2010”, obtuvo los siguientes resultados en la evaluación de la concentración de metales pesados en los sedimentos superficiales, para Cobalto de 0.2 mg/kg, concluyendo así que existe una diferencia notable con la estación de referencia y no evidenció un gradiente de concentración en el tiempo para ninguno de los metales analizados, al respecto Alegre, Bernex, y Carrasco (2001) indican que el cobalto es un elemento que se presenta en forma natural en la corteza terrestre. Es una parte muy pequeña de nuestro medioambiente, el cobalto es un componente de la vitamina B12, la cual ayuda en la producción de glóbulos rojos; los animales y los seres humanos necesitan cantidades muy pequeñas para mantenerse saludables; la

intoxicación con cobalto puede ocurrir cuando usted se expone a grandes cantidades de este elemento, generalmente hay tres formas básicas por las cuales el cobalto puede causar intoxicación, usted puede ingerirlo, inhalarlo hacia los pulmones o por constante contacto con la piel, para la investigación en la concentración de Cobalto (Co), en cada uno de los puntos de muestreo, el valor fluctúa de 0.005 mg/Kg a 0.009 mg/Kg, registrándose valores más altos en la muestra M-5 (0.009 mg/Kg), por otro lado, el valor más bajo se registró en la M-2 (0.005 mg/Kg), como se indica, los valores no superan a los indicados por la norma canadiense ISQG lo cual concuerda con lo señalado por el antecedente citado, además de ello, es relevante indicar que este metal es tóxico en concentraciones altas y se puede transmitir por diversos medios a las personas y animales.

Como cuarto objetivo específico se identificó “Determinar la concentración de cromo en sedimentos superficiales de la laguna de Pultoc – Huancavelica”, donde Calsin (2020), en su tesis sobre “Evaluación de la concentración de cromo, cadmio y plomo en sedimentos superficiales en el río Apurímac de la provincia de Caylloma – Arequipa” obtuvo las concentraciones de Cromo(Cr) en los siguientes puntos: Puente Chuncho de 1.622 mg/kg , Tica tica de 3.006 mg/kg , Hacienda Holleria de 2.478 mg/kg y Leon Pampa de 1.194 mg/kg, concluyendo así que existe la presencia de metales pesados específicamente Plomo, Cromo y Cadmio en los sedimentos del río Apurímac a lo largo de los cuatro puntos de evaluación, al respecto Díaz y Garcia (2003) mencionan que los diversos compuestos de este elemento, pueden atravesar la placenta, lo cual representa un alto riesgo para los embriones y fetos, la intoxicación aguda con compuestos del cromo hexavalente, se manifiesta, por ejemplo, en lesiones renales, mientras que la intoxicación crónica, puede producir mutaciones en el tracto gastrointestinal, así como acumulación del elemento en el hígado, riñón, glándula tiroidea y en la médula ósea, para la investigación en la concentración de Cromo (Cr), en cada uno de los puntos de muestreo, el valor fluctúa de 3.142 mg/Kg a 7.107 mg/Kg, registrándose valores más altos en la muestra M-3 (7.107 mg/Kg), por otro lado, el valor más

bajo se registró en la M-1 (3.142 mg/Kg), como se aprecia, los valores hallados indican que existe presencia de metales pesados pero en concentraciones bajas por lo que no altera significativamente en medio acuático pero como indica los autores Díaz y Garcia, este metal puede causar diferentes tipos de problemas a la salud de las personas y mas a las especies acuaticas que viven en este medio.

Como quinto objetivo específico se identificó “Determinar la concentración de mercurio en sedimentos superficiales de la laguna de Pultoc – Huancavelica”, donde Incahuanaco (2018), en su investigación de “Identificación de puntos críticos por contaminación de metales tóxicos (Cadmio, Mercurio, Plomo y Arsénico) mediante análisis de sedimentos superficiales de la Subcuenca del Río Crucero, Cuenca Azángaro – Puno, 2018” donde para la evaluación de sedimentos; obtuvo que en la E3 (Hg) concentraciones en sedimentos sin efectos biológicos adversos, lo valores hallados de la concentración de metales pesados son: Mercurio de 0.015 mg/kg a 0.171 mg/Kg, Cadmio de 0.081 mg/Kg a 1.933 mg/Kg. Se concluye la existencia de cuatro estaciones (E1, E3, E4 y E6) como puntos críticos en concentraciones en los sedimentos que presentan efectos biológicos ocasionales, por exposición a metales tóxicos, al respecto Machaca (2013), señala que el mercurio puede ser tóxico cuando se produce por la alta afinidad de grupo SH que tiene que reemplazar al hidrógeno; reaccionando con grupos carboxilo, amida y fosforilo, provocando graves alteraciones en proteínas con actividad enzimática, funciones de transporte y estructurales; los efectos que provoca son principalmente a nivel de sistema nervioso, ocasionando la disminución de la habilidad para aprender, pérdida de memoria, temblores, sordera, cambios en la visión entre otros efectos, para la investigación en la concentración de Mercurio (Hg), en cada uno de los puntos de muestreo, el valor fluctúa de 0.031 mg/Kg a 0.035 mg/Kg, registrándose valores más altos en la muestra M-5 (0.035 mg/Kg), por otro lado, el valor más bajo se registró en la M-3 (0.031 mg/Kg), como se indica líneas arriba, los valores hallados para este metal pesado son mínimos y se encuentran dentro del rango permitido por la norma canadiense ISQG lo cual concuerda con el antecedente citado,

pero también se debe señalar que estos valores pueden incrementar debido a las actividades que se realizan en los alrededores de la laguna, lo cual sería de gran perjuicio para las especies acuáticas ya que se generaría la alteración del medio.

Como sexto objetivo específico se identificó “Determinar la concentración de plomo en sedimentos superficiales de la laguna de Pultoc – Huancavelica”, Calsin (2020), en su tesis sobre “Evaluación de la concentración de cromo, cadmio y plomo en sedimentos superficiales en el río Apurímac de la provincia de Caylloma – Arequipa” obtuvo para las concentraciones de Plomo en los siguientes puntos: Puente Chuncho de 2.000 mg/kg, Tica tica de 2.278 mg/kg, Hacienda Holleria de 0.833 mg/kg y Leon Pampa de 1.500 mg/kg, concluyendo así que existe la presencia de metales pesados específicamente Plomo, Cromo y Cadmio en los sedimentos del río Apurímac a lo largo de los cuatro puntos de evaluación, al respecto Bautista (2009), menciona que los niveles ambientales de plomo han aumentado más de mil veces durante los tres últimos siglos como consecuencia de la actividad humana, los vertederos pueden contener desechos de minerales de plomo proveniente de la manufactura de municiones o de otras actividades industriales como por ejemplo la manufactura de baterías, para la investigación en la concentración de Plomo (Pb), en cada uno de los puntos de muestreo, el valor fluctúa de 3.017 mg/Kg a 3.759 mg/Kg, registrándose el valor más alto en la muestra M-4 (3.759 mg/Kg), por otro lado, valores más bajos se registraron en la M-1 (3.017 mg/Kg), los valores hallados en los análisis realizados se encuentran dentro del rango permitido por la normativa canadiense ISQG lo cual concuerda con el antecedente citado, pero es necesario recalcar que este metal pesado se encuentra presente en niveles promedios que en el futuro puede generar alteraciones en las especies acuáticas y más aún en la salud de las personas.

Conclusiones

- ♣ Se realizó el análisis de la concentración de metales pesados, en donde se identificó los parámetros de Arsénico, Cadmio, Cobalto, Cromo, Mercurio y Plomo, de los cuales se obtuvieron valores promedios de 0.030 mg/kg, 0.070 mg/kg, 4.864 mg/kg, 0.005 mg/kg, 0.032 mg/kg, y 3.362 mg/kg respectivamente, estos fueron comparados con la normativa canadiense ISQG que son las Línea Guía sobre la Calidad de Sedimentos para la Protección de Vida Acuática.
- ♣ En cuanto a la concentración de arsénico, se identificó que se encuentra dentro de los valores establecidos por las Directrices Canadienses de Calidad Ambiental cuyos valores varían de 0.280 mg/Kg a 0.323 mg/Kg.
- ♣ Sobre la concentración de cadmio se obtuvieron valores que fluctúan entre 0.070 mg/Kg a 0.075 mg/Kg, estos fueron comparados con las Directrices Canadienses de Calidad Ambiental (ISQG) que establece un valor de 0.7 mg/Kg para este metal pesado.
- ♣ Para la concentración de cobalto se obtuvo un resultado con valor mínimo de 0.005 mg/Kg y un valor máximo de 0.009 mg/Kg, que comparados con los valores referenciales de la Línea Guía sobre la Calidad de Sedimentos para la Protección de Vida Acuática se encuentran dentro de los valores permitidos.
- ♣ En cuanto a la concentración de cromo, se identificó que se encuentra dentro de los valores establecidos por las Directrices Canadienses de Calidad Ambiental cuyos valores varían de 3.142 mg/Kg a 7.107 mg/Kg, y estos se encuentran dentro del valor permitido (52.3 mg/Kg).
- ♣ Sobre la concentración de mercurio se obtuvieron valores que fluctúan entre 0.031 mg/Kg a 0.035 mg/Kg, estos fueron comparados con las Directrices Canadienses de Calidad Ambiental (ISQG) que establece un valor de 0.13 mg/Kg para este metal pesado.
- ♣ Para la concentración de plomo se obtuvo un resultado con valor mínimo de 3.017 mg/Kg y un valor máximo de 3.759 mg/Kg, que comparados

con los valores referenciales de la Línea Guía sobre la Calidad de Sedimentos para la Protección de Vida Acuática se encuentran dentro de los valores permitidos.



Recomendaciones

- ♣ Formular una normativa legal nacional para la evaluación de la calidad de sedimentos fluviales, motivo por el presente trabajo se evaluó con la normativa internacional canadiense, Línea Guía sobre la Calidad de Sedimentos para la Protección de Vida Acuática, de las Directrices Canadienses de Calidad Ambiental (ISQG).
- ♣ Sensibilizar en temas de cuidado del agua y gestión de residuos sólidos, en conjunto con las autoridades municipales competentes.
- ♣ Realizar los estudios de evaluación de metales pesados que no han sido evaluados en el presente trabajo de investigación.
- ♣ Se recomienda a la Facultad de Ingeniería realizar estudios de evaluación en el agua, plantas que se encuentran alrededor de la laguna, así también los peces para así poder determinar el grado de contaminación en la zona.
- ♣ Realizar estudios complementarios de los puntos de monitoreo, así como de la caracterización del agua de la laguna.
- ♣ Tomar muestras en temporadas de periodos lluviosos, con el fin del descarte del arrastre de sólidos en suspensión durante los periodos de lluvia.

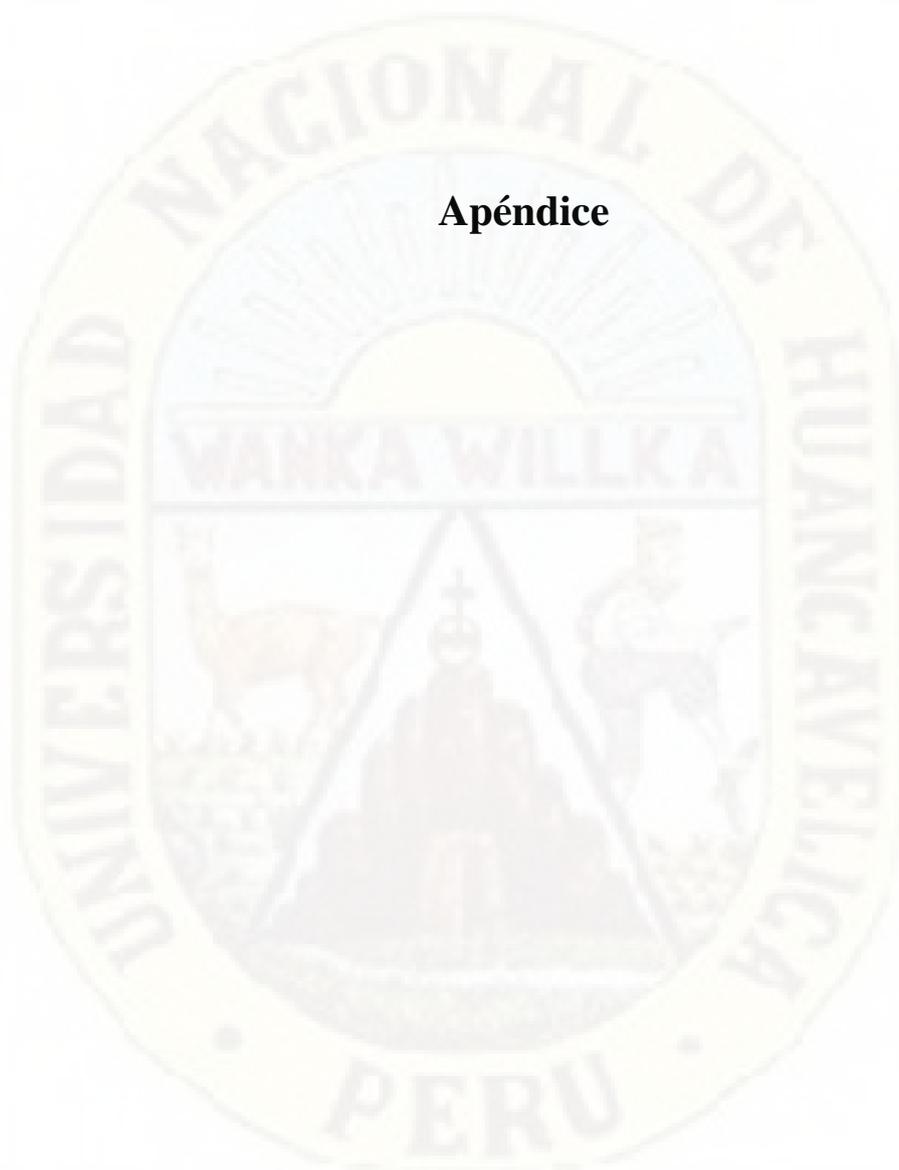
Referencias bibliográficas

- Alegre, M., Bernex, N., & Carrasco, A. (2001). *El medio ambiente en el Perú*. Lima: Mantaro S.A.
- Arias, F. (2006). *El proyecto de investigación. Guía para su elaboración*. Caracas - Venezuela: ORIAL Editores.
- Baena, G. (2017). *Metodología de la investigación* (Tercera ed.). México: Editorial Patria.
- Bautista, Z. (2009). *Introducción al estudio de la contaminación del suelo por metales*. México: Ediciones UADY.
- Behar, D. (2008). *Metodología de la investigación*. Editorial Shalom.
- Calsin, M. (2020). *Evaluación de la concentración de cromo, cadmio y plomo en sedimentos superficiales en el río Apurímac de la provincia de Caylloma - Arequipa*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- CEDEX. (2010). *SEDIMENTOLOGIA, Química del sedimento. Sedimento. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas*. Madrid, España: Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino.
- Cerro, C. (2018). *Evaluación de los niveles de metales pesados en sedimentos superficiales aledaños al emisario submarino de Manzanillo, bahía de Cartajena, Colombia, durante el periodo 1998-2010*. Cartajena: Universidad de Cartajena.
- Cervantes, G., & Moreno, W. (2010). *Contaminación ambiental por metales pesados impacto en los seres vivos*. México: AGT Editor S.A.
- Díaz, G., & Garcia, A. (2003). *Avances en toxicología de contaminantes químicos en alimentos*. Madrid: Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo.
- Duffus, J. (1983). *Toxicología ambiental*. Barcelona: Editorial Omega.

- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. Mc Graw Hill.
- Herrera, J., & Rodríguez, J. (2018). Evaluación de metales pesados en los sedimentos superficiales del río Pirro. *Tecnología en marcha*, 27-36.
- Herrera, J., Rodríguez, J., Coto, J., Salgado, V., & Borbón, H. (2012). Evaluación de metales pesados en los sedimentos superficiales del río Pirro Tecnología en Marcha. *Costa Rica*, 27 - 36.
- Huaranga, F., Méndez, E. Q., & Huaranga, A. (2012). Pollution by heavy metals in the Moche River Basin, 1980 - 2010. *Scientia Agropecuaria*, 20-38.
- Incahuanaco, V. (2018). *Identificación de puntos críticos por contaminación de metales tóxicos (Cadmio, Mercurio, Plomo y Arsénico) mediante análisis de sedimentos superficiales de la Subcuenca del Río Crucero, Cuenca Azángaro – Puno, 2018*. Juliaca: Universidad Peruana Unión.
- Jurado, C. (2021). *Concentración de metales pesados en sedimento superficial en la laguna de Choclococha - Huancavelica*. Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica.
- Kabata-Pendias, W. (2008). Trace Elements in Soils and Plants. *CRC Press*, 3-20.
- López, F., Senior, W., Fermín, I., Marquéz, A., & Martínez, G. (2006). Fraccionamiento de los Metales Pesados Fe, Cd, Cr y Pb en los Sedimentos Superficiales de la Laguna de Píritu Estado Anzoátegui, Venezuela. *Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad Oriente*, 51–60.
- Machaca, H. (2013). Determinación de metales pesados en la laguna Choquene, Quilcapunco - Putina - Puno. *Rev. Investig. Altoandina*, 213 - 224.
- Márquez, A., García, O., Senior, W., Martínez, G., González, A., & Fermín, I. (2012). Metales pesados en sedimentos superficiales del Río Orinoco, Venezuela. *Boletín Instituto Oceanográfico de Venezuela*, 3-18.

- Ministerio del Ambiente. (7 de Junio de 2017). Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. *Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM*, pág. 10.
- Molina, U., & Minas, M. (2009). Investigación y Monitoreo de los Ríos Carabaya - Ramis y Cabanillas y del Lago Titicaca. *Paho*, 3-18.
- Momenech, X. (1995). *Química de la hidrosfera. Origen y destino d los contaminantes*. Madrid: Miraguano Ediciones.
- Moreno, M. (2003). *Toxicología ambiental. Evaluación de riesgos de contamiannates para la salud*. Madrid: Editorial McGraw-Hill.
- Niño, V. M. (2011). *Metodología de la Investgación - Diseño y Ejecución* (Primera ed.). Bogotá: Ediciones de la U.
- Norberg, F. (2009). Historical perspective aon cadmium toxicology . *Toxicol Appl Pharmacol*, 192-200.
- Pansu, G., & Gautheytou, R. (2006). *Handbook of Soil Analysis*. Berlín: Springer.
- Peña, C., & Canter, D. (2001). *Toxicología Ambiental*. México: Ediciones Arizona.
- Pérez, J., Mendoza, C., & Gomez, A. (2004). Determinación de Metales Pesados en Aguas y Sedimentos del Río Haina. *Ciencia y Sociedad - Redalyc*, 38-71.
- Quispe, R. (2017). *Evaluación de la concentración de metales pesados (Cromo, Cadmio y plomo en los sedimentos superficiales en el río Coata, 2017*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Rosas, H. (2001). *Estudio de la contaminación por metales pesados en la cuenca del Llobregat*. Universidad Politécnica de Catalunya.
- Salazar, H. (2013). *Manual de Metodología de la investigación*. Lima - Perú.
- Valderrama, S. (2002). *Pasos para elaborar protectos de investigacion científica*. San Marcos: Lima, Peru .

Apéndice



Apéndice 1 matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA	MUESTRA	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>Problema General: ¿Cuál es la concentración de metales pesados arsénico, cadmio, cobalto, cromo, mercurio y plomo en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica?</p> <p>Problemas Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es la concentración de arsénico en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica? • ¿Cuál es la concentración de cadmio en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica? • ¿Cuál es la concentración de cobalto en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica? 	<p>Objetivo General: Evaluar la concentración de metales pesados arsénico, cadmio, cobalto, cromo, mercurio y plomo en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica.</p> <p>Objetivos Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar la concentración de arsénico en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica • Determinar la concentración de cadmio en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica. • Determinar la concentración de cobalto en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica. 	<p>Hipótesis General: La concentración de metales pesados: arsénico, cadmio, cobalto, cromo, mercurio y plomo en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica, se encuentran dentro valores permisibles por la norma canadiense de la calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática (ISQG).</p> <p>Hipótesis Específicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La concentración de arsénico en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica, se encuentran dentro valores permisibles por la norma canadiense de la calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática (ISQG). • La concentración de cadmio en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica, se encuentran dentro valores permisibles por la norma canadiense de la calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática (ISQG). 	<p>Variable Dependiente: Sedimentos superficiales</p> <p>Variables Independientes: Metales pesados</p>	<p>Tipo de Investigación: Investigación básica</p> <p>Nivel de Investigación: Investigación descriptiva</p> <p>Método General: Método científico</p> <p>Diseño: Diseño no experimental</p>	<p>Población: Sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc</p> <p>Muestra: 5 puntos de muestreo ubicados alrededor de la laguna Pultocc</p> <p>Muestreo: Muestreo no probabilístico por conveniencia</p>	<p>Técnicas: Observación</p> <p>Instrumentos: Ficha de observación Trabajo de campo</p>

-
- ¿Cuál es la concentración de cromo en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica?
 - ¿Cuál es la concentración de mercurio en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica?
 - ¿Cuál es la concentración de plomo en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica?
- Determinar la concentración de cromo en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica.
 - Determinar la concentración de mercurio en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica.
 - Determinar la concentración de plomo en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica.
- La concentración de cobalto en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica, se encuentran dentro valores permisibles por la norma canadiense de la calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática (ISQG).
 - La concentración de cromo en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica, se encuentran dentro valores permisibles por la norma canadiense de la calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática (ISQG).
 - La concentración de mercurio en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica, se encuentran dentro valores permisibles por la norma canadiense de la calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática (ISQG).
 - La concentración de plomo en sedimentos superficiales de la laguna de Pultocc – Huancavelica, se encuentran dentro valores permisibles por la norma canadiense de la calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática (ISQG).
-