



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
FACTOR DE CONTAMINACIÓN Y RIESGO POTENCIAL ECOLÓGICO POR
METALES PESADOS EN SEDIMENTOS ACUÁTICOS DE LAS LAGUNAS DEL
DISTRITO DE SAN MIGUEL DE CAURI, HUÁNUCO

Línea de investigación:

Ecotoxicología y química ambiental

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Suárez Cerrón, James Christian

Asesora:

Aylas Humareda, María del Carmen

ORCID: 0000-0002-2063-0005

Jurado:

Alva Velasquez, Miguel

Paricoto Simon, María Mercedes

Portuguez Yactayo, Hubert Orlando

Lima - Perú

2024

“FACTOR DE CONTAMINACIÓN Y RIESGO POTENCIAL ECOLÓGICO POR METALES PESADOS EN SEDIMENTOS ACUÁTICOS DE LAS LAGUNAS DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL DE CAURI, HUÁNUCO”

INFORME DE ORIGINALIDAD

29%

INDICE DE SIMILITUD

26%

FUENTES DE INTERNET

11%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	6%
2	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	3%
3	repositorio.usil.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	Submitted to Universidad Nacional Federico Villarreal Trabajo del estudiante	1%
5	visorsig.oefa.gob.pe Fuente de Internet	1%
6	www.researchgate.net Fuente de Internet	1%
7	repositorio.upsc.edu.pe Fuente de Internet	1%

geologiaweb.com



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

**FACTOR DE CONTAMINACIÓN Y RIESGO POTENCIAL ECOLÓGICO POR
METALES PESADOS EN SEDIMENTOS ACUÁTICOS DE LAS LAGUNAS DEL
DISTRITO DE SAN MIGUEL DE CAURI, HUÁNUCO**

Línea de investigación:

Ecotoxicología y química ambiental

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Suárez Cerrón, James Christian

Asesora:

Aylas Humareda, María del Carmen

ORCID: 0000-0002-2063-0005

Jurado:

Alva Velasquez, Miguel

Paricoto Simon, María Mercedes

Portuguez Yactayo, Hubert Orlando

Lima, Perú

2024

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	Descripción y formulación del problema.....	1
1.1.1.	Descripción del problema.	1
1.1.2.	Formulación del problema.	4
1.2.	Antecedentes.....	5
1.2.1.	Internacionales.	5
1.2.2.	Nacionales.	9
1.3.	Objetivos.....	12
1.3.1.	Objetivo general.	12
1.3.2.	Objetivos específicos.	12
1.4.	Justificación.....	12
1.4.1.	Justificación teórica.	12
1.4.2.	Justificación práctica.	12
1.4.3.	Justificación metodológica.....	13
1.5.	Hipótesis.	13
1.5.1.	Hipótesis general.	13
1.5.2.	Hipótesis específicas.	13
II.	MARCO TEÓRICO	14
2.1.	Bases teóricas sobre el tema de investigación.	14
2.1.1.	Generalidades.	14
2.1.2.	Sedimentos.	15
2.1.3.	Metales pesados.	20
2.1.4.	Factor de Contaminación y Riesgo Potencial Ecológico.....	25
2.1.5.	Parámetros fisicoquímicos.....	31

2.1.6. Metodología empleada para la toma de muestra.	33
2.2. Definición de términos básicos.	34
III. MÉTODO	36
3.1. Tipo de investigación.	36
3.2. Ámbito temporal y espacial.	36
3.2.1. Ámbito temporal.	36
3.2.2. Ámbito espacial.	36
3.3. Variables.	41
3.3.1. Operacionalización de variables.	42
3.4. Población y muestra.	46
3.4.1. Población.	46
3.4.2. Muestra.	46
3.5. Instrumentos.	53
3.5.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	53
3.6. Procedimientos.	54
3.6.1. Fase 1: Recopilación de información e identificación de los puntos.	54
3.6.2. Fase 2: Medición de las variables en estudio.	55
3.7. Análisis de datos.	55
3.7.1. Fase 3: Análisis y procesamiento de datos.	55
3.8. Consideraciones éticas.	56
3.8.1. Limitantes de la investigación.	56
3.8.2. Aspectos éticos.	56
IV. RESULTADOS	57
4.1. Metales pesados.	57
4.1.1. Directrices Canadienses de Calidad Ambiental.	57

4.1.2. Nivel de Fondo.....	74
4.1.3. Índice de Geoacumulación.....	80
4.1.4. Factor de Enriquecimiento.....	84
4.2. Factor de Contaminación.....	88
4.2.1. Grado de Contaminación.....	91
4.3. Factor de Riesgo Potencial Ecológico.....	92
4.3.1. Índice de Riesgo Ecológico Potencial.....	96
V. DISCUSION DE RESULTADOS	98
VI. CONCLUSIONES	101
VII. RECOMENDACIONES	103
VIII. REFERENCIAS.....	104
IX. ANEXOS.....	111

FIGURAS

Figura 1	Tamaño de gramo.....	17
Figura 2	Forma de los sedimentos.....	18
Figura 3	Redondez de los sedimentos.....	18
Figura 4	Esfericidad de los sedimentos.....	19
Figura 5	Sorteo o clasificación en sedimentos.	19
Figura 6	Gradación en sedimentos.....	20
Figura 7	Mapa de ubicación del área de estudio.....	38
Figura 8	Mapa de ubicación de las lagunas evaluadas.....	39
Figura 9	Mapa de referencia de las lagunas evaluadas y nivel de fondo.....	40
Figura 10	Puntos de muestreo.	49
Figura 11	Puntos de muestreo.	52
Figura 12	Mapa de pH, MO y As de la Laguna Santa Ana.	59
Figura 13	Mapa de Cd, Cr y Cu de la Laguna Santa Ana.	60
Figura 14	Mapa de Hg, Pb y Zn de la Laguna Santa Ana.	61
Figura 15	Mapa de pH, MO y As de la Laguna Caballococha.....	65
Figura 16	Mapa de Cd, Cr y Cu de la Laguna Caballococha.....	66
Figura 17	Mapa de Hg, Pb y Zn de la Laguna Caballococha.....	67
Figura 18	Mapa de pH, MO y As de la Laguna Tinquicocha.....	71
Figura 19	Mapa de Cd, Cr y Cu de la Laguna Tinquicocha.	72
Figura 20	Mapa de Hg, Pb y Zn de la Laguna Tinquicocha.....	73
Figura 21	Mapa de laguna Lauricocha (arriba) y Mapa general de lagunas (abajo).	77
Figura 22	Gráfica del Índice de Geoacumulación de la Laguna Santa Ana.	81
Figura 23	Gráfica del Índice de Geoacumulación de la Laguna Caballococha.	82
Figura 24	Gráfica del Índice de Geoacumulación de la Laguna Tinquicocha.....	84

Figura 25 Gráfica del Factor de Enriquecimiento de la Laguna Santa Ana.....	85
Figura 26 Gráfica del Factor de Enriquecimiento de la Laguna Caballococha.	86
Figura 27 Gráfica del Factor de Contaminación de la Laguna Tinquicocha.....	87
Figura 28 Gráfica del Factor de Contaminación de la Laguna Santa Ana.	89
Figura 29 Gráfica del Factor de Contaminación de la Laguna Caballococha.....	90
Figura 30 Gráfica del Factor de Contaminación de la Laguna Tinquicocha.....	91
Figura 31 Gráfica del Grado de Contaminación.	92
Figura 32 Gráfica del Factor de Riesgo Pot. Ecológico de la Laguna Santa Ana.....	93
Figura 33 Gráfica del Factor de Riesgo Pot. Ecológico de la Laguna Caballococha.....	95
Figura 34 Gráfica del Factor de Riesgo Pot. Ecológico de la Laguna Tinquicocha.	96
Figura 35 Gráfica del Índice de Riesgo Ecológico Potencial.....	97

TABLAS

Tabla 1 Límites máximos permisibles para metales en sedimentos, Canadá.....	22
Tabla 2 Clasificación del índice de geoacumulación.....	24
Tabla 3 Clasificación del factor de enriquecimiento.	25
Tabla 4 Metales en rocas sedimentarias y valores de referencia preindustrial.	26
Tabla 5 Clasificación del factor de contaminación.	27
Tabla 6 Clasificación del grado de contaminación.	28
Tabla 7 Contenido del factor tóxico y factor de respuesta tóxica.....	29
Tabla 8 Clasificación del factor de riesgo potencial ecológico.	30
Tabla 9 Clasificación del índice de riesgo ecológico potencial.....	31
Tabla 10 Niveles de pH en el suelo.	32
Tabla 11 Niveles de materia orgánica en el suelo.....	33
Tabla 12 Métodos de ensayo de laboratorio.	34
Tabla 13 Accesos vía terrestre hasta el área de estudio.	37
Tabla 14 Operacionalización de variables.....	42
Tabla 15 Puntos de muestreo para la matriz sedimentos (lagunas evaluadas).....	46
Tabla 16 Puntos de muestreo para la matriz sedimentos (nivel de fondo).....	50
Tabla 17 Zonas de muestreo para sedimentos.	55
Tabla 18 Resultados del análisis químico de sedimentos de la Laguna Santa Ana.	58
Tabla 19 Resultados del análisis químico de sedimentos de la Laguna Caballococha. ...	63
Tabla 20 Resultados del análisis químico de sedimentos de la Laguna Tinquicocha.....	69
Tabla 21 Resultados del análisis químico de sedimentos de la Laguna Lauricocha.....	75
Tabla 22 Resultados de comparación con el nivel de fondo.....	79
Tabla 23 Índice de Geoacumulación de la Laguna Santa Ana.	80
Tabla 24 Índice de Geoacumulación de la Laguna Caballococha.....	82

Tabla 25 Índice de Geoacumulación de la Laguna Tinquicocha.....	83
Tabla 26 Factor de Enriquecimiento de la Laguna Santa Ana.	85
Tabla 27 Factor de Enriquecimiento de la Laguna Caballococha.	86
Tabla 28 Factor de Enriquecimiento de la Laguna Tinquicocha.....	87
Tabla 29 Factor de Contaminación de la Laguna Santa Ana.....	88
Tabla 30 Factor de Contaminación de la Laguna Caballococha.....	89
Tabla 31 Factor de Contaminación de la Laguna Tinquicocha.	91
Tabla 32 Grado de Contaminación de las Lagunas.....	92
Tabla 33 Factor de Riesgo Potencial Ecológico de la Laguna Santa Ana.....	93
Tabla 34 Factor de Riesgo Potencial Ecológico de la Laguna Caballococha.	94
Tabla 35 Factor de Riesgo Potencial Ecológico de la Laguna Tinquicocha.	96
Tabla 36 Índice de Riesgo Ecológico Potencial de las Lagunas.	97

RESUMEN

Objetivo: Determinar el Factor de Contaminación (FC) y Factor de Riesgo Potencial Ecológico (FRPE) por metales pesados en sedimentos acuáticos de las lagunas del distrito de San Miguel de Cauri, Huánuco. **Método:** De enfoque cuantitativo (deductivo) y nivel descriptivo, de diseño no experimental, transversal y prospectivo. La muestra estuvo conformada por tres (03) Lagunas (Santa Ana, Cabalococha y Tinquicocha) además de una Laguna de referencia (nivel de fondo) llamada Lauricocha. El FC y el FRPE mediante el análisis de las concentraciones de metales pesados en los sedimentos y niveles de referencia.

Resultados: Se determinó que las concentraciones de As (236.5 – 617.4 mg/kg), Cd (30.3 – 39.1 mg/kg), Cr (8.2 – 265.8 mg/kg), Cu (382 – 3167 mg/kg), Hg (0.35 – 0.73 mg/kg), Pb (4301.4 – 4860 mg/kg) y Zn (3952.45 – 15642.45 mg/kg) encontrados en las tres lagunas exceden las Guías de Calidad Ambiental Canadiense para sedimentos de cuerpos de agua continental. El 71% de los parámetros analizados (As, Cd, Cu, Pb y Zn) tuvieron un FC “muy alto” para las lagunas. También el 29% de los parámetros analizados (Cd y Pb) tuvieron un FRPE “muy alto” para la Laguna Santa Ana, el 14% de los parámetros analizados (Cd) tuvo un FRPE “muy alto” para la Laguna Cabalococha y el 29% de los parámetros analizados (As y Cd) tuvieron un FRPE “muy alto” para la Laguna Tinquicocha. **Conclusiones:** Existe un alto factor de contaminación y riesgo potencial ecológico por metales pesados en sedimentos acuáticos de las lagunas Santa Ana, Cabalococha y Tinquicocha.

Palabras clave: metales pesados, sedimentos, lagunas.

ABSTRACT

Objective: Determine the Pollution Factor (CF) and Potential Ecological Risk Factor (FRPE) for heavy metals in aquatic sediments from the lagoons of the district of San Miguel de Cauri, Huánuco. **Method:** This study has a quantitative (deductive) approach and descriptive level, with a non-experimental, cross-sectional and prospective design. The sample was made up of three (03) Lagoons (Santa Ana, Caballococha and Tinquicocha) in addition to a reference Lagoon (bottom level) called Lauricocha. The FC and FRPE were determined by analyzing the concentrations of heavy metals in the sediments and reference levels. **Results:** It was determined that the concentrations of As (236.5 – 617.4 mg/kg), Cd (30.3 – 39.1 mg/kg), Cr (8.2 – 265.8 mg/kg), Cu (382 – 3167 mg/kg), Hg (0.35 – 0.73 mg/kg), Pb (4301.4 – 4860 mg/kg) and Zn (3952.45 – 15642.45 mg/kg) found in the three lagoons exceed the Canadian Environmental Quality Guidelines for sediments of continental water bodies. 71% (FC > 6) of the analyzed parameters (As, Cd, Cu, Pb and Zn) had a “very high” FC for the lagoons. Also 29% of the analyzed parameters (Cd and Pb) had a “very high” FRPE for Laguna Santa Ana. Likewise, 14% of the analyzed parameters (Cd) had a “very high” FRPE ” for Laguna Caballococha and 29% of the analyzed parameters (As and Cd) had a “very high” FRPE for Laguna Tinquicocha; They also obtained a “very high” IREP. **Conclusions:** There is a high contamination factor and potential ecological risk due to heavy metals in aquatic sediments of the Santa Ana, Caballococha and Tinquicocha.

Keywords: Heavy metals, Sediments, Lagoons.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción y formulación del problema.

1.1.1. Descripción del problema.

La vida humana moderna da como resultado cantidades crecientes de compuestos metálicos en el medio ambiente, que se originan principalmente por el uso de fertilizantes y pesticidas, minería, manufactura, descarga de desechos domésticos o industriales y combustión de carbón (Wagner y Boman, 2003). Entre los factores primordiales que impactan los ecosistemas debido a la presencia de metales pesados, se incluyen las acciones humanas, siendo las más predominantes las operaciones mineras, de fundición y otras actividades industriales y urbanas. (Vílchez, 2005), en este contexto, se estima que la cantidad de contaminantes en el agua puede llegar a aproximadamente 200 millones de metros cúbicos al día (Reyes et al., 2016). Las operaciones industriales y mineras liberan al medio ambiente metales nocivos como el plomo, mercurio, cadmio, arsénico y cromo, los cuales resultan perjudiciales tanto para la salud humana como para la mayoría de los seres vivos.

A nivel global, la presencia de metales pesados en el medio ambiente constituye uno de los principales desafíos que impactan la salud de la población humana (Gamalero et al., 2009), dado que los metales pesados son elementos que no se descomponen, permanecen inalterables y perduran en el entorno (Lebeau et al., 2008), tienen la capacidad de desplazarse a través del suelo, aire y agua a través de modificaciones en su estado de oxidación y reducción (Young, 2012) o incorporarse a los seres vivos a través de las cadenas tróficas. El término “metales pesados” se refiere a sustancias químicas con una masa mayor a 5 g.cm⁻³ o un número atómico mayor a 20, excluyendo metales y metales alcalinotérreos (Jiménez et al, 2017).

Los metales pesados tienen la característica importante de bioacumulación a largo plazo en cuerpos de agua, causando efectos tóxicos en áreas alejadas de fuentes de contaminación (Weber et al., 2013). Los metales pesados que ingresan al agua de mar pueden almacenarse en humedales, acumularse en organismos bentónicos y luego consumirse (Varol, 2011). Los ríos y lagos pueden servir como transportadores y fuentes de iones metálicos al medio marino, y los aportes fluviales transportan metales desde la tierra al océano (Botsou et al., 2011).

Muchos contaminantes que llegan a las aguas superficiales, ya sean naturales o provocados por el hombre, se acumulan en los sedimentos de los ríos y provocan muertes humanas (Bohn et al., 2001). Estos sedimentos son particularmente adecuados para estudios de campo porque preservan la historia de contaminación ocurrida en áreas cercanas a su paso, y cuando interactúan con los flujos de agua, liberan contaminantes acumulados y alteran el comportamiento de los cuerpos de agua (Mariani y Pompeo, 2008). Así por ejemplo cambios en el pH, salinidad y las características de oxidación-reducción en los flujos de agua pueden desencadenar la liberación y redistribución de compuestos químicos que se han acumulado en los sedimentos, intensificando, incluso, su capacidad para causar efectos tóxicos, como ocurre con los metales pesados (Ruiz et al., 1994).

Los sedimentos presentes en un sistema acuático son un indicador de la salud del agua y revelan las fluctuaciones en el tiempo de ciertos factores hidrológicos y químicos. Los depósitos sedimentarios desempeñan un papel crucial en la detección, seguimiento y dispersión de metales contaminantes, ya que estos elementos quedan atrapados en los sedimentos a través de interacciones con arcillas, óxidos hidratados de hierro, manganeso y aluminio, carbonatos y materia orgánica (Pineda, 2009). En este contexto, los sedimentos se erigen como uno de los principales almacenes de estos elementos y funcionan como fuentes de contaminación en el entorno marino. La cantidad de estos elementos en los sedimentos está vinculada al tamaño de las partículas y a la cantidad de materia orgánica presente en el lecho marino, lo que perturba

el equilibrio ecológico y biogeoquímico del ecosistema. Por lo general, la concentración de metales en los sedimentos suele ser de tres a cinco veces mayor que los niveles en el agua, y esto depende de la composición química y mineralógica de dichos sedimentos (Kennish, 2002).

En Perú, las actividades mineras implican la contaminación del agua por lodos de depuradora, como los lodos de depuradora. La contaminación ha aumentado en ríos, lagos, estanques y lagunas, que son portadores de desechos generados por las actividades humanas. El Ministerio de Ambiente (2015) advirtió que más de 30 ríos y 06 cuerpos de agua en el país se encuentran contaminados debido a actividades mineras e industriales sin una limpieza adecuada (Comisión de Ambiente y Ecología, 2015). La contaminación del agua, caracterizada por cambios significativos en su composición físico-química debido a la presencia de metales pesados en altas concentraciones, como plomo, hierro, cobre, zinc, arsénico, cromo, cadmio, magnesio y ciertos reactivos químicos utilizados en los procesos de las plantas de procesamiento de minerales, no es fácilmente remediada a corto plazo mediante enfoques tanto biológicos como químicos (Moronta y Riverón, 2016), resultando en un nivel preocupante de peligro para la salud humana y la fauna.

En el distrito de San Miguel de Cauri, en la provincia de Lauricocha, dentro del departamento de Huánuco, se encuentra la Compañía Minera Raura S.A., una entidad dedicada a la explotación y procesamiento de minerales polimetálicos, generando concentrados de cobre, plomo y zinc a partir de su yacimiento en la "Unidad Económica Administrativa Raura". Esta compañía ha estado operando desde 1960 en las cabeceras de las cuencas, donde se localizan varias lagunas y lagos dentro de su Área de Influencia Directa e Indirecta. A lo largo del tiempo, estas operaciones han resultado en infracciones ambientales, como la liberación directa e indirecta de desechos industriales y domésticos en los cuerpos de agua, particularmente lagunas y lagos, sin previo tratamiento. Estas acciones han causado alteraciones y daños a estos cuerpos de agua debido a la alta concentración de metales pesados en su composición. Estos metales se

han acumulado en los sedimentos del fondo de estos cuerpos de agua y, a través de cambios en sus condiciones físico-químicas, pueden movilizarse y liberarse en el agua. Esta liberación de metales pesados podría ser transferida a través de la cadena alimentaria a los peces, otros animales que se alimentan de peces y, en última instancia, a los seres humanos. Esto plantea preocupaciones tanto en términos de salud pública como de conservación del medio ambiente.

Por lo tanto, esta investigación tiene como objetivo determinar el Factor de Contaminación y el Riesgo Potencial Ecológico asociado a la presencia de metales pesados en los sedimentos de las lagunas del distrito de San Miguel de Cauri, Huánuco.

1.1.2. Formulación del problema.

1.1.2.1. Problema general.

- ¿Cuál es el Factor de Contaminación y Riesgo Potencial Ecológico por metales pesados en sedimentos acuáticos de las lagunas del distrito de San Miguel de Cauri, Huánuco?

1.1.2.2. Problemas específicos.

- ¿Cuál es el Factor de Contaminación por metales pesados en sedimentos acuáticos de las lagunas del distrito de San Miguel de Cauri, Huánuco?
- ¿Cuál es el Factor Riesgo Potencial Ecológico por metales pesados en sedimentos acuáticos de las lagunas del distrito de San Miguel de Cauri, Huánuco?

1.2. Antecedentes.

1.2.1. Internacionales.

Marín et al. (2022); en su estudio titulado “Evaluación de riesgo ecológico de elementos potencialmente tóxicos en sedimentos costeros de estuarios tropicales eutróficos en Venezuela”; tuvo como objetivo principal evaluar el enriquecimiento de elementos mediante: factor de enriquecimiento (EF), grado de contaminación (GC), carga contaminante, así como evaluar el índice de riesgo ecológico (PLI) y el índice de geoacumulación (Igeo) causado por EFA (Pb, Cd, Cr, Zn y Cu) en sedimentos del Lago de Maracaibo y evaluación de riesgo ecológico potencial: DCS (TEL, PEL, ERL, ERM y m-ERM-Q) y PERI. Para ello, se recolectaron 33 muestras de sedimentos superficiales en 11 sitios de muestreo a lo largo de las zonas costeras del lago. Las muestras se sometieron a digestión ácida en un reactor de alta presión y se evaluó el contenido total de elementos potencialmente tóxicos (PTE) mediante espectrometría de absorción atómica en horno de grafito. Las concentraciones promedio en peso seco fueron Pb $3,811 \pm 3,161$ mg/kg, Cd $0,032 \pm 0,090$ mg/kg, Cr $8,574 \pm 6,429$ mg/kg, Zn $26,480 \pm 3,762$ mg/kg y $2,644 \pm 3,1$ mg/kg. Los resultados obtenidos del índice utilizado indican que determinados lugares presentan un riesgo ecológico medio o importante debido a la presencia de cadmio. Sin embargo, vale la pena mencionar que las Directrices sobre la calidad de los sedimentos enfatizan el potencial de impactos negativos. Los impactos son muy bajos o casi inexistentes (alrededor del 9%), lo que indica que el entorno sigue siendo adecuado para los organismos acuáticos. De los AGE evaluados, se consideró que el Cd y el Zn tenían el mayor potencial de riesgo ecológico, mientras que el Cu tenía un menor riesgo de efectos adversos.

Dickson et al. (2021); en su estudio titulado “Contaminación por metales de sedimentos y bivalvos en la laguna Marovo, Islas Salomón”; tuvo como objetivo principal identificar

sedimentos y muestras de bivalvos de la laguna Marovo, Islas Salomón. Concentración de metales medios y pesados. Muestras combinadas de sedimentos de 09 sitios y muestras de bivalvos recolectadas de 05 sitios aleatorios. Los resultados mostraron que las concentraciones máximas de Cu, Pb, Cr y Cd fueron 418, 371, 351 y 47 mg/kg, respectivamente. Los resultados del Índice de Geoacumulación (Igeo) muestran que Cu, Cr y Pb son los metales más contaminantes en la Laguna de Marovo. Para todos los sitios de la laguna, los valores de Igeo para los tres metales antes mencionados estuvieron en los siguientes rangos: $3 < Igeo < 4$ y $4 < Igeo < 5$, correspondientes a contaminación severa, con clasificación Igeo de fuerte a muy fuerte. Sin embargo, el cadmio en los sedimentos parece ser el metal menos contaminado de todos los sitios portuarios, $0 < Igeo < 1$ (sin contaminar a moderadamente contaminado). Además, el nivel más alto de contaminación por metales pesados en los mejillones fue de 10, 42, 76 y 86 mg/kg de Cd, Cr, Cu y Pb, respectivamente. Se concluyó que el alto contenido de metales en los sedimentos de la laguna Marovo está relacionado con las actividades madereras intensivas alrededor de la laguna y otras posibles fuentes antropogénicas como la minería y la descarga de desechos en la laguna.

Mrozinska y Bakowska (2020); en su estudio titulado "Efectos de los metales pesados en el agua del lago, los sedimentos y los invertebrados bentónicos en un lago costero salobre en Lebsko, en la costa sur del Báltico de Polonia"; tuvo como objetivo principal evaluar el impacto de la contaminación por metales pesados (aluminio, níquel, plomo, cobre, cromo) en las aguas y sedimentos de los lagos salinos costeros de Lebsko sobre la estructura de la comunidad de invertebrados bentónicos. La muestra está compuesta por 11 puntos ubicados en las partes oriental, central y occidental del lago. No hubo diferencias significativas en las concentraciones de metales en el agua entre las partes del lago, pero en el oeste las concentraciones de metales en los sedimentos fueron generalmente mayores. Los resultados mostraron que las concentraciones máximas promedio de Al, Cr, Ni, Pb y Cu en los sedimentos

fueron 5283,28, 30,48, 44,85, 33,50 y 46,52 mg.kg⁻¹, respectivamente. La contaminación por sedimentos en el lago Lebusko occidental y central fue moderada con cromo (CF = 1,1), altos niveles de níquel (CF = 3,5) y plomo (CF = 3,1) y niveles muy altos de cobre (CF = 3,1). = 6,6). En comparación, el este (región exportadora) tiene niveles ligeramente más bajos de cromo (bajo), plomo (medio) y cobre (alto). Los valores del índice de carga contaminante (PLI) en todas las partes del lago superaron 1 (rango 2,7-3,2), lo que indica que los sedimentos del lago están gravemente contaminados con los metales pesados analizados. Además, los descriptores y la cantidad de los principales grupos de fauna bentónica (oligoquetos y dípteros) cambiaron significativamente, principalmente entre el este y el oeste. En conclusión, estos hallazgos pueden ayudarnos a mejorar los principios de la gestión de los lagos costeros, incluidas las condiciones hidrológicas cambiantes.

Cabrera (2018); en su estudio titulado “Evaluación de la contaminación por metales pesados en sedimentos y suelos en la Reserva Biológica Limoncocha, Ecuador mediante índices de contaminación”; tuvo como objetivo principal analizar la presencia de metales pesados en sedimentos y suelos. Niveles de contaminación por metales para que esta información pueda ser utilizada por la Reserva Laguna de Limoncocha. En las muestras se incluyeron un total de 07 puntos de monitoreo de sedimentos y 06 puntos de monitoreo de suelos. Los resultados mostraron que las concentraciones máximas de Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn y otros metales en los sedimentos alcanzaron 7000, 1,33, 12,8, 1,68 y 5,34, 0,014, 109 239. , 12,7, 4,23, 37,4 mg/kg. La relación de enriquecimiento muestra un enriquecimiento alto y muy alto del elemento Cd, mientras que el elemento Cu muestra un enriquecimiento significativo. Por otro lado, al aplicar el índice de geoacumulación se observó que el elemento Cu no presentó contaminación, mientras que el Cd continuó presentando una contaminación moderada. El uso de diversos indicadores, como índice de carga contaminante, grado de contaminación corregido, riesgo potencial ecológico, unidades tóxicas, etc., no arrojó

resultados decisivos para el grado de contaminación. Sin embargo, mostraron niveles más altos de contaminación y toxicidad en muestras cercanas a las ciudades, especialmente en medio del lago. Al comparar las concentraciones de metales con los umbrales de calidad del sedimento (SQG), se encontró que el Cd en todos los puntos de muestreo excede el valor del Nivel de Efecto Umbral (TEL), lo que puede causar efectos adversos sobre las poblaciones bentónicas en condiciones específicas. Por otro lado, Cu superó los valores del rango inferior de efecto (ERL) en la mayoría de los sitios de muestreo y en ocasiones mostró efectos adversos, pero en particular los valores mERLq y mERMq no superaron el valor de lo que muestra la posibilidad la toxicidad generalizada es menor.

Flores et al. (2018); en su estudio titulado “Evaluación de Parámetros Físicoquímicos y Metales Pesados en Aguas y Sedimentos Superficiales de la Laguna de las Ilusiones, Estado de Tabasco, México”; tuvo como objetivo principal evaluar los parámetros físicoquímicos y evaluar la presencia de metales pesados en el agua y sedimentos superficiales de Ilusiones. Se utilizó un enfoque exploratorio para seleccionar aleatoriamente muestras de tres áreas diferentes. Los resultados mostraron que el valor del pH del agua estaba entre 8,9 y 9,6, lo que está por encima del límite prescrito (6,5-9,0). El pH de los sedimentos oscila entre 5,9 (que muestra propiedades moderadamente ácidas) y 8,4 (que muestra propiedades moderadamente alcalinas). Los metales pesados como cadmio (Cd), níquel (Ni), cromo (Cr), manganeso (Mn), zinc (Zn), aluminio (Al) y plomo (Pb) en el agua están por debajo del límite legal. NOM-001-Semarnat- Fundada en 1996 (Semarnat, 1996b). Sin embargo, las concentraciones de cadmio, níquel, cromo, manganeso, zinc, plomo y aluminio en los sedimentos excedieron los estándares para metales pesados establecidos por las normas canadienses y estadounidenses. En resumen, se especula que la laguna sufre contaminación por descargas ilegales de aguas residuales de viviendas cercanas, desechos hospitalarios e infiltración de otras lagunas que también están contaminadas.

1.2.2. Nacionales.

Chambi (2019); en su estudio titulado “Determinación de Mercurio y Cadmio en sedimentos de la Laguna Umayo en el distrito de Atuncolla, departamento de Puno”; t tuvo como objetivo principal analizar la concentración de mercurio (Hg) y cadmio (Cd) en los sedimentos de la laguna Umayo en el distrito de Atuncolla provincia de Puno. La muestra estuvo conformada por 06 puntos de muestreo en total seleccionados al azar de acuerdo al área y accesibilidad a la Laguna Umayo. El diseño de investigación es de tipo no experimental, enfoque cuantitativo (deductivo) y de nivel descriptivo. Los resultados indicaron que la concentración promedio de Hg y Cd fueron de 2.56 y 5.61 mg/kg respectivamente. Asimismo, adicionalmente se determinó que la concentración promedio de Pb, Ba y As fueron de 6.76, 215.74 y 6.24 mg/kg respectivamente. Se concluyó que en los sedimentos analizados en esta laguna, se encuentra concentraciones elevadas de Hg y Cd en su composición, superando los estándares de calidad ambiental canadiense para sedimentos acuáticos.

Condori (2019); en su estudio titulado “Evaluación de factores de enriquecimiento, índice de geoacumulación y riesgo ecológico de elementos ecotóxicos en sedimentos marinos en Matarani Puerto, provincia de Arequipa en 2019”; tuvo como objetivo principal evaluar el factor de enriquecimiento, índice de geoacumulación y riesgo ecológico de elementos ecotóxicos en sedimentos marinos durante el transporte de concentrados desde Puerto de Matarani. La prueba consta de 04 puntos de seguimiento. El diseño de la investigación fue no experimental, cuantitativo (deductivo) y de nivel descriptivo. Los resultados muestran que los contenidos de Cu, Cr, Ni, Pb y Zn son 20,84, 17,51, 17,68, 11,93 y 21,21 mg/kg, respectivamente. De manera similar, el factor de enriquecimiento del Pb varía de moderado a alto, y el factor de enriquecimiento del Cu varía de moderado a moderado. Según la evaluación del índice de geoacumulación, tanto el Cu como el Ni se encuentran en la zona no contaminada. Finalmente, los riesgos ecológicos de todos los metales analizados tuvieron valores de

toxicidad bajos en las cuatro estaciones. Se concluyó que las actividades en el puerto de Matarani afectan la calidad de los sedimentos marinos debido a elementos ecotóxicos.

Moreno et al. (2018); en su estudio titulado “Cuantificación de metales pesados en la bahía interior del Lago Titicaca, Provincia de Puno”; tuvo como objetivo principal en el estudio fue medir la presencia de metales pesados en los sedimentos superficiales de la bahía interior del Lago Titicaca. De enero a noviembre de 2016 se realizaron análisis para detectar cobre (Cu), zinc (Zn), plomo (Pb), cadmio (Cd), arsénico (As) y mercurio (Hg) en seis zonas.). Estaciones de muestreo seleccionadas mediante el método de muestreo no probabilístico por conveniencia. Los resultados mostraron que las concentraciones medias máximas de Cu, Zn, Pb y Cd fueron 7,39, 9,19, 0,06 y 0,06 mg/kg, respectivamente. Además, la concentración promedio de As y Hg fue de 0,00013 mg/kg. La principal conclusión del estudio es que no existe un riesgo general de exposición a metales en los sedimentos superficiales de la Bahía de Punone, ya que su concentración corresponde a los valores de referencia especificados en la norma medioambiental "Directrices provisionales de calidad de los sedimentos".

Huayhua et al., (2018); en su estudio titulado “Acumulación de Arsénico y Cadmio en Sedimentos Acuáticos de la Presa Cotarsaya Progreso, Provincia de Puno”; tuvo como objetivo principal medir los niveles de arsénico y cadmio en los sedimentos de la Presa Cotarsaya Progreso y sugerir posibles formas de gestionar adecuadamente el mantenimiento y protección de los ecosistemas acuáticos. La muestra consta de 4 sitios de muestreo y se analiza tanto en temporada seca como en temporada de inundaciones. Los resultados de la temporada de inundaciones mostraron una concentración máxima de 46 mg/kg de arsénico y menos de 0,3 mg/kg de cadmio. En la estación seca, la concentración de arsénico fue de 98 mg/kg y la concentración de cadmio fue inferior a 0,3 mg/kg. La principal conclusión es que la acumulación de metales en los sedimentos aumentará, lo que conducirá a una degradación irreversible de estos ecosistemas si no se toman medidas inmediatas.

Ibarcena (2011); en su estudio titulado “Estudio sobre contaminación por metales ecotóxicos en los sedimentos de la Bahía de Ite, Provincia de Tacna”; tuvo como objetivo principal determinar el impacto de las actividades humanas, especialmente en el medio ambiente, provocado por los residuos vertidos. Minas de Bahía Toquepara y Quahone y niveles de contaminación por elementos ecotóxicos en sedimentos marinos. Se recolectaron muestras en tres ubicaciones, con tres muestras recolectadas en cada ubicación. Los resultados muestran que las concentraciones de metales ecotóxicos Cu, Zn, As, Cd, Hg, Pb y Fe en los sedimentos superficiales de la Bahía de Ite están ordenadas de mayor a menor: $Fe > Cu > Zn > As > Plomo > Cadmio > Mercurio$. Los valores medios registrados para Cu, Zn, As, Cd, Hg, Pb y Fe fueron 608,06, 39,92, 8,66, 0,41, <0,01, 8,47 y 33078,63 mg/kg. En general, se determinó que los valores excedían los límites máximos permitidos por las regulaciones de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) para cobre, hierro y arsénico, y la agencia clasificó el sitio como contaminado con estos elementos. Comparando los resultados obtenidos en It Bay con los valores reportados en las zonas al sur de Las Mesa o Punta Mesa, que no son afectadas por la influencia humana, se encontraron diferencias significativas en las concentraciones de metales ecotóxicos, especialmente hierro, cobre, Zn, Como. , Pb y Cd. En todos los casos, excepto en el caso del mercurio, su concentración fue mayor en It Bay, lo que indica contaminación humana en la zona.

1.3. Objetivos.

1.3.1. Objetivo general.

- Determinar el Factor de Contaminación y Riesgo Potencial Ecológico por metales pesados en sedimentos acuáticos de las lagunas del distrito de San Miguel de Cauri, Huánuco.

1.3.2. Objetivos específicos.

- Determinar el Factor de Contaminación por metales pesados en sedimentos acuáticos de las lagunas del distrito de San Miguel de Cauri, Huánuco.
- Determinar el Factor Riesgo Potencial Ecológico por metales pesados en sedimentos acuáticos de las lagunas del distrito de San Miguel de Cauri, Huánuco.

1.4. Justificación.

1.4.1. Justificación teórica.

Los resultados de este estudio permitirán a nuestra comunidad científica ampliar el conocimiento de los niveles de contaminación de diversos recursos hídricos cercanos a la minería en la región, utilizando un índice de contaminación aplicado internacionalmente y poco utilizado en nuestro país.

1.4.2. Justificación práctica.

Asimismo, los resultados de este estudio permitirán a las instituciones competentes (ministerios y municipios) conocer la situación actual de lagunas y lagos de la región central de nuestro país y así tomar medidas preventivas y correctivas ambientales y ecológicas. Concentrarse en el futuro.

1.4.3. Justificación metodológica.

Para concluir, el diseño y la ejecución de esta investigación pueden servir como modelo para futuros estudios en situaciones similares. Una vez que se haya validado y garantizado su confiabilidad, estos métodos podrán aplicarse en otras regiones que enfrenten problemas semejantes.

1.5. Hipótesis.

1.5.1. Hipótesis general.

- Existe un alto Factor de Contaminación y Riesgo Potencial Ecológico por metales pesados en sedimentos acuáticos de las lagunas del distrito de San Miguel de Cauri, Huánuco.

1.5.2. Hipótesis específicas.

- Existe un alto Factor de Contaminación por metales pesados en sedimentos acuáticos de las lagunas del distrito de San Miguel de Cauri, Huánuco.
- Existe un alto Factor de Riesgo Potencial Ecológico por metales pesados en sedimentos acuáticos de las lagunas del distrito de San Miguel de Cauri, Huánuco.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación.

2.1.1. Generalidades.

2.1.1.1. Ecosistemas Lénticos: Lagunas y lagos.

Los lagos y lagunas representan depresiones en la superficie terrestre que retienen aguas estancadas, las cuales a menudo son drenadas por ríos. La profundidad de estos cuerpos de agua puede variar desde 1 metro hasta 2000 metros, y su tamaño puede abarcar desde menos de una hectárea en el caso de las pequeñas lagunas, hasta miles de kilómetros cuadrados en el caso de los grandes lagos, que pueden llegar a asemejarse a los ecosistemas marinos (Blume, 2003).

Según Juste (2017), Una de las principales distinciones entre lagos y lagunas se relaciona con la forma en que el agua se desaloja de estos cuerpos de agua. Tanto los lagos como las lagunas reciben agua a través de ríos y arroyos, es decir, estas depresiones geográficas se llenan de agua gracias a la entrada de agua proveniente de cursos de agua.

Sin embargo, la manera en que el agua se retira de estos cuerpos de agua es donde radica la diferencia más destacada. Los lagos están equipados con afluentes en forma de pequeños ríos y arroyos que permiten el drenaje del agua, aunque es importante señalar que la cantidad de agua que entra es considerablemente mayor que la que fluye hacia afuera. Esto puede dar la impresión de que el agua se estanca en los lagos, pero en realidad existe un proceso de circulación aunque sea gradual. Por otro lado, las lagunas, en contraste, pierden su agua principalmente debido a la evaporación o a la filtración, ya que carecen de ríos o arroyos que actúen como puntos de drenaje para su contenido hídrico (Juste, 2017).

2.1.1.2. Unidad Minera Raura.

La Compañía Minera Raura fue fundada en septiembre de 1960 y se encuentra ubicada en la zona que abarca los distritos de San Miguel de Cauri, perteneciente a la provincia de Lauricocha en el departamento de Huánuco, así como Oyón, ubicado en la provincia de Oyón en el departamento de Lima. Su principal actividad se centra en la extracción de minerales no ferrosos, así como la producción y comercialización de concentrados de zinc, plomo y cobre. La compañía opera en la mina Santiago de Cauri, ubicada en la Región Huánuco, en el interior de Perú, y además es propietaria de la Planta Concentradora de Raura y la Central Hidroeléctrica de Cashaucro.

En lo que respecta a sus exportaciones de zinc y plomo, aproximadamente el 81% de ellas se dirige a China, mientras que el resto se distribuye entre Brasil con un 9.9% y España con un 8.2%. La compañía, bajo la dirección del grupo Breca, logró una producción en el año 2014 de 24006 toneladas de zinc, 12188 toneladas de plomo, 1752 toneladas de cobre y 65 toneladas de plata. Su capacidad de tratamiento, considerada dentro del rango de minería mediana, alcanza las 2500 toneladas métricas diarias (TMD/d) (EMIS, 2021).

2.1.2. Sedimentos.

Los sedimentos se componen de partículas sueltas de diversos tipos de suelos, incluyendo limo, arena y arcilla, que son transportadas por el viento, se filtran o lixivian y finalmente se depositan en el lecho de sistemas acuáticos. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Agencia de Protección Ambiental (EPA), la contaminación presente en los sedimentos se considera una de las principales fuentes de contaminación físico-química que afecta a las aguas naturales, como ríos, quebradas, arroyos, lagos y otros cuerpos de agua (AGQ Labs, 2017).

Según Llanso y Betts (2001), los sedimentos se dividen en:

- Terrígenos, clásticos o detríticos.
- Biogénicos.
- Químicos.
- Volcanogénicos o volcanoclásticos.

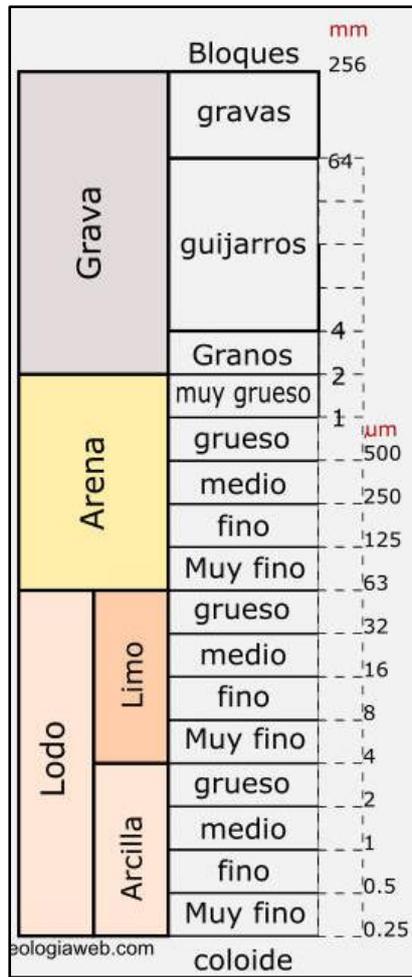
Un sedimento tiene varias características, de ellos se puede obtener información acerca del tamaño de grano, textura, estructura, fábrica, composición, color, etc.

Se deben considerar tres aspectos de la morfología del grano en un sedimento en el campo (Llanso y Betts, 2001):

- Forma: determinada por las proporciones de los ejes cortos, largos e intermedios.
- Esfericidad: una medida de qué tan cerca se aproxima el grano a una forma igual o esférica.
- Redondez: determinada por el grado de curvatura de las protuberancias de grano.

Figura 1

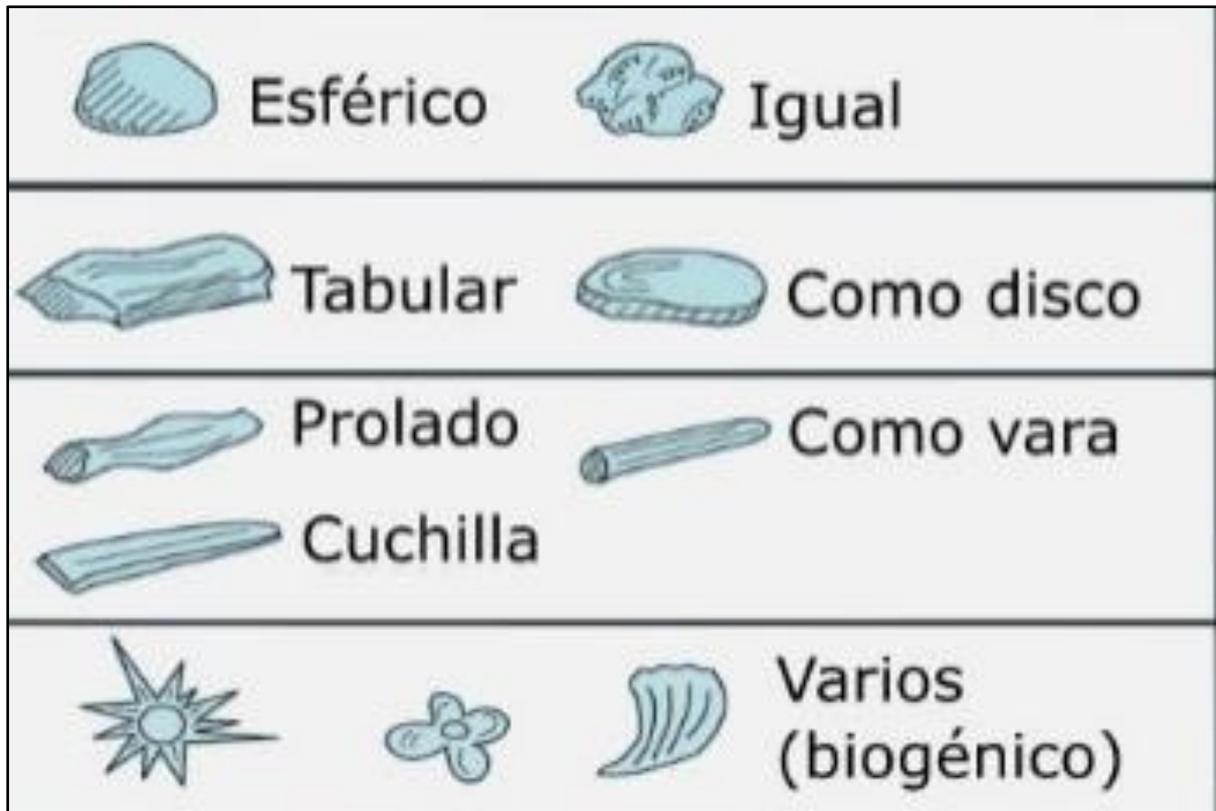
Tamaño de gramo.



Fuente: Llanso y Betts, 2001.

Figura 2

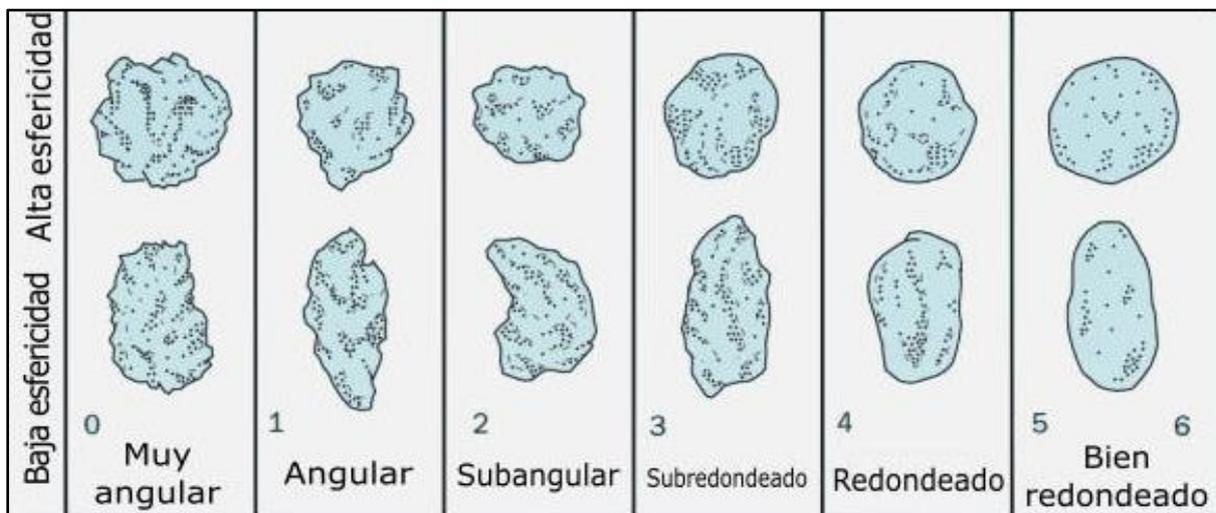
Forma de los sedimentos.



Fuente: Llanso y Betts, 2001.

Figura 3

Redondez de los sedimentos.



Fuente: Llanso y Betts, 2001.

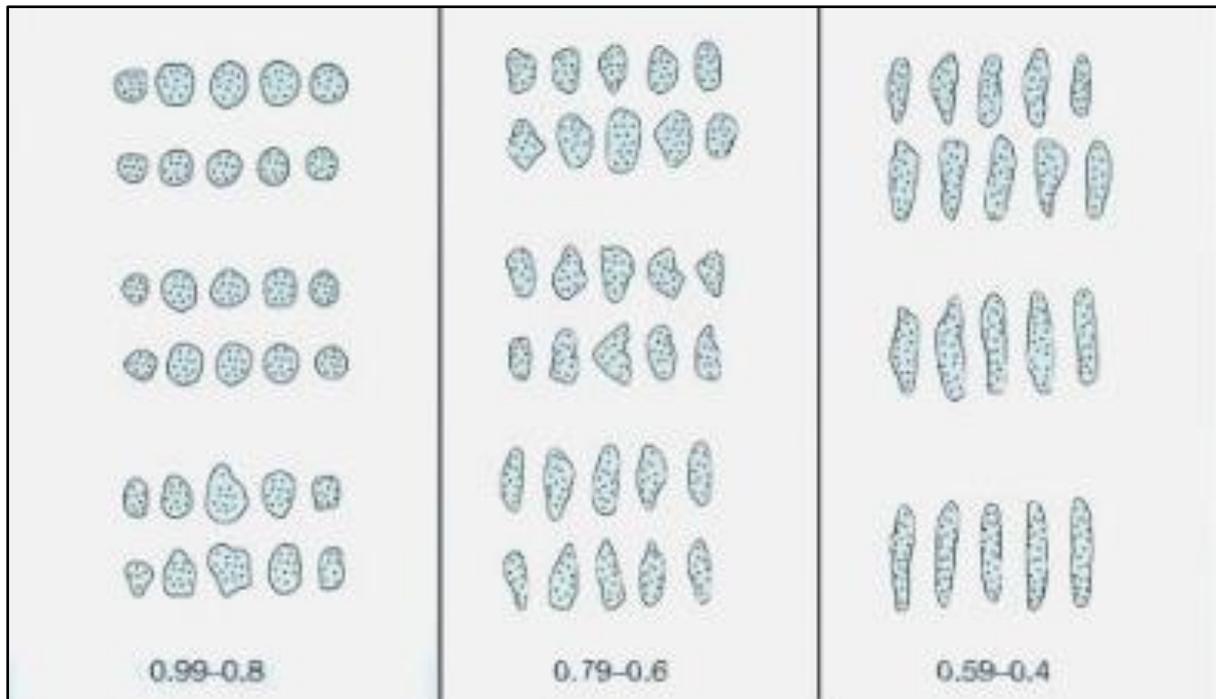
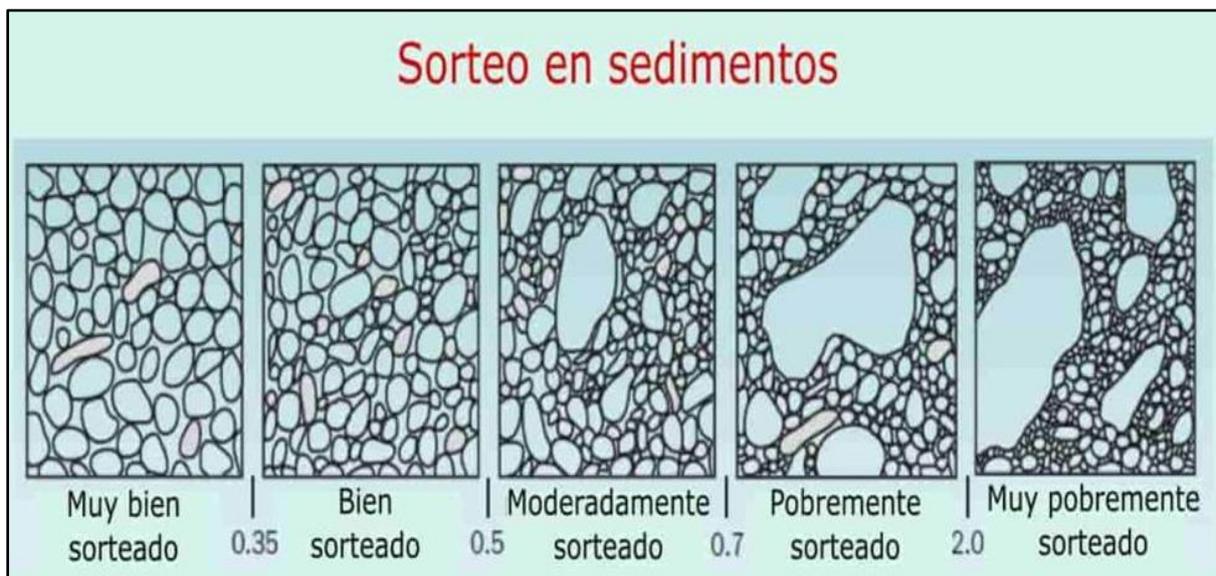
Figura 4*Esfericidad de los sedimentos.**Fuente: Llanso y Betts, 2001.***Figura 5***Sorteo o clasificación en sedimentos.**Fuente: Llanso y Betts, 2001.*

Figura 6

Gradación en sedimentos.



Fuente: Llanso y Betts, 2001.

2.1.3. Metales pesados.

2.1.3.1. Definición y características.

Los metales pesados son elementos químicos que exhiben una densidad igual o mayor a 5 g/cm³ en su forma elemental o tienen un número atómico superior a 20 (Vardanyan y Ingole, 2006).

Estos elementos se encuentran de forma natural en diferentes capas de la corteza terrestre, pero múltiples actividades humanas, como la minería, la industria, la experimentación nuclear, la tecnología eléctrica, la metalurgia y la agricultura, han acelerado la liberación de estos metales hacia los ecosistemas. Esto ha generado preocupantes problemas ambientales y representa un grave riesgo para la salud humana (Das y Ranjan, 2017).

2.1.3.2. Metales pesados en sedimentos.

La minería se considera una de las actividades más perjudiciales y polucionantes debido a la continua liberación de contaminantes a lo largo del tiempo, en especial, en lo que respecta a metales pesados que no pueden descomponerse. Esta actividad genera residuos y lodos que contienen metales pesados, los cuales penetran y causan impacto en la superficie del área minera (Soraya, 2006). Los elementos altamente perjudiciales abarcan antimonio (Sb), arsénico (As), cadmio (Cd), cobre (Cu), cromo (Cr), mercurio (Hg), níquel (Ni), plomo (Pb), selenio (Se) y zinc (Zn). En esta circunstancia, los sedimentos, que constituyen una de las principales causas de la acumulación de estos elementos, se transforman en fuentes adicionales de contaminación en el entorno acuático (Rubio et al., 1996). Los metales traza muestran niveles significativos en los sedimentos superficiales de zonas acuáticas alteradas por la influencia humana, y su cantidad está relacionada con el tamaño de las partículas y la presencia de materia orgánica en los sedimentos. Esto perturba el equilibrio ecológico y biogeoquímico del ecosistema (Sadiq, 1992). En esta perspectiva, el análisis de metales en los sedimentos se convierte en una herramienta valiosa para discernir el origen de las sustancias contaminantes en el ambiente marino y evaluar los posibles impactos que estos contaminantes pueden ejercer sobre la vida marina. Los sedimentos albergan diversas sustancias, como arcilla, ácido húmico, materia orgánica, óxidos de hierro y manganeso, entre otras, las cuales poseen la capacidad de formar compuestos con los iones metálicos. La creación de estos compuestos y la adhesión de

los metales a partículas de pequeño tamaño son procesos esenciales para el transporte y la dispersión de los metales en el medio acuático (Kennish, 2002).

2.1.3.3. Directrices canadienses de calidad ambiental para sedimentos.

La norma canadiense Ontario, conocida como "Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life," establece directrices de calidad de sedimentos en Canadá con el propósito de proteger la vida acuática. Estas pautas se basan en las Canadian Environmental Quality Guidelines, que son desarrolladas por el Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente, y fueron inicialmente publicadas en 1999 y posteriormente actualizadas en 2001.

Tabla 1

Límites máximos permisibles para metales en sedimentos, Canadá.

Norma (mg.kg ⁻¹)	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Zn
ISQG	5.9	0.6	37.3	35.7	0.17	35	123
CEQG PEL	17	3.5	90	197	0.486	91.3	315

CEQG: Guías de Calidad Ambiental Canadiense (por sus siglas en inglés, Canadian Environmental Quality Guidelines) para sedimentos de cuerpos de agua continental. **ISQG:** Guía provisional de calidad de los sedimentos (por sus siglas en inglés, Interim Sediment Quality Guidelines). **PEL:** Nivel de efecto probable (por sus siglas en inglés, Probable Effect Level). Fuente: CCME, 2021.

- Concentración en los sedimentos < ISQG = Sin efectos biológicos adversos.
- Concentración en los sedimentos > ISQG, < PEL = Efectos biológicos ocasionales.
- Concentración en los sedimentos > PEL = Efectos biológicos adversos frecuentes.

2.1.3.4. Índice de geoacumulación (I_{geo}).

El Índice de Geoacumulación (I_{geo}) permite la evaluación de la contaminación mediante la comparación de las concentraciones actuales y preindustriales. Originalmente utilizado con los sedimentos del fondo (Müller, 1969), también se puede aplicar en la evaluación de la contaminación del suelo.

Se calcula usando la siguiente ecuación:

$$I_{geo} = \text{Log}_2 \left[\frac{C_n}{1.5 \times B_n} \right]$$

Donde:

- I_{geo} : Índice de Geoacumulación (Geoaccumulation Index).
- C_n : Concentración del elemento n en el sedimento, en mg/kg.
- B_n : Fondo geoquímico o valor referencia preindustrial del elemento en mg/kg.
- **1.5**: Esta constante nos permite analizar las fluctuaciones naturales en el contenido de una sustancia dada en el ambiente y las influencias antropogénicas muy pequeñas.

Müller (1981) ha distinguido seis clases del Índice de Geoacumulación (I_{geo}) que se indican en la Tabla 2.

Tabla 2*Clasificación del índice de geoacumulación.*

Rango de Contaminación	Índice de Geoacumulación	Trama
$I_{geo} \leq 0$	Prácticamente sin contaminar	
$0 < I_{geo} \leq 1$	No contaminado a moderadamente contaminado	
$1 < I_{geo} \leq 2$	Moderadamente contaminado	
$2 < I_{geo} \leq 3$	Moderada a fuertemente contaminado	
$3 < I_{geo} \leq 4$	Muy contaminado	
$4 < I_{geo} \leq 5$	Muy a extremadamente contaminado	
$I_{geo} > 5$	Extremadamente contaminado	

Fuente: Müller, 1981.**2.1.3.5. Factor de enriquecimiento (FE).**

El Factor de Enriquecimiento (FE) se basó en la estandarización de un elemento probado frente a uno de referencia. Un elemento de referencia es el que se caracteriza por una baja variabilidad de ocurrencia. Los elementos de referencia más comunes son: Sc, Mn, Ti, Al y Fe (Pacyna y Winchester, 1990).

Eventualmente, el valor del Factor de Enriquecimiento se calculó usando la fórmula modificada basada en la ecuación sugerida por Buat-Menard y Chesselet (1979).

$$FE = \frac{[C_n/C_{ref}]_{\text{muestra}}}{[C_n/C_{ref}]_{\text{valor de fondo}}}$$

Donde:

- **FE:** Factor de Enriquecimiento (Enrichment Factor).
- **C_n:** Concentración del elemento n en el sedimento, en mg/kg.
- **C_{ref}:** Concentración del elemento de referencia, en mg/kg.

Este último debe poseer baja variabilidad y puede ser algún elemento relativamente común en la naturaleza, como Al, Fe o Mn. Según Sutherland, (2010) cinco categorías de contaminación se reconocen en función del Factor de Enriquecimiento (Tabla 3):

Tabla 3

Clasificación del factor de enriquecimiento.

Rango de contaminación	Incide de geoacumulación	Trama
FE < 2	Enriquecimiento deficiente	
2 ≤ FE < 5	Enriquecimiento moderado	
5 ≤ FE < 20	Enriquecimiento significativo	
20 ≤ FE < 40	Enriquecimiento muy alto	
FE ≥ 40	Enriquecimiento extremadamente alto	

Fuente: Sutherland, 2010.

2.1.4. Factor de Contaminación y Riesgo Potencial Ecológico.

2.1.4.1. Factor de Contaminación (C_f).

Según Hakanson (1979), para describir la contaminación de sustancias tóxicas en un lago o una subcuenca, podemos definir un Factor de Contaminación (C_f), en consecuencia tenemos:

$$C_f = \frac{C_n}{B_n}$$

Donde:

- C_f : Factor de Contaminación.
- C_n : Concentración del elemento n en el sedimento, en mg/kg.
- B_n : Fondo geoquímico o valor referencia preindustrial del elemento en mg/kg.

Tabla 4

Metales en rocas sedimentarias y valores de referencia preindustrial.

Elemento	Rocas sedimentarias (mg.kg ⁻¹)	Valor referencial preindustrial (mg.kg ⁻¹)
As	1 – 13	15
Cd	0.035 – 0.3	1
Cr	10 – 100	90
Cu	4 – 50	50
Hg	0.03 – 0.4	0.25
Pb	7 – 20	70
Zn	15 – 100	175

Fuente: Hakanson, 1979.

El Factor de Contaminación (C_f) explica la contaminación de elementos individuales. Si $C_n \geq B_n$ podemos definir la sustancia como un contaminante enriquecido. Si $C_n < B_n$ entonces el elemento no debe caracterizarse como contaminante. La siguiente terminología puede usarse

en este enfoque de índice de riesgo para obtener una forma uniforme de describir el Factor de Contaminación:

Tabla 5

Clasificación del factor de contaminación.

Rango de contaminación	Factor de contaminación	Trama
$C_f < 1$	Bajo	
$1 \leq C_f < 3$	Moderado	
$3 \leq C_f < 6$	Alto	
$C_f \geq 6$	Muy alto	

Fuente: Hakanson, 1979.

También debemos definir el Grado de Contaminación (C_d), es decir, la suma de todos Factores de Contaminación (C_f) para un lago determinado:

$$C_d = \sum_{n=1}^7 C_f = \sum_{n=1}^7 \frac{C_n}{B_n}$$

Con este enfoque, tenemos un Factor de Contaminación (C_f), que representa la contaminación de elementos individuales de acuerdo con el nivel de concentración, y un valor de C_d , que representa el total de la contaminación de sedimentos dentro de una cuenca o lago.

Se puede utilizar la siguiente terminología para describir el Grado de Contaminación (C_d):

Tabla 6*Clasificación del grado de contaminación.*

Rango de contaminación	Grado de contaminación	Trama
$C_d < 8$	Bajo	
$8 \leq C_d < 16$	Moderado	
$16 \leq C_d < 32$	Alto	
$C_d \geq 32$	Muy alto	

Fuente: Hakanson, 1979.**2.1.4.2. Factor de Riesgo Potencial Ecológico (Er).**

Para expresar cuantitativamente el riesgo ecológico potencial de un contaminante dado en un lago, podemos definir el Factor de Riesgo Potencial Ecológico (Er), en consecuencia, tenemos:

$$E_r = T_r \times C_f$$

Donde:

- E_r : Factor de Riesgo Potencial Ecológico.
- T_r : Factor de respuesta tóxica para una sustancia determinada.
- C_f : Factor de Contaminación.

Con base a dos principios y factores tóxicos sedimentológicos discutidos por Hakanson (1979), podemos definir un factor llamado factor de respuesta tóxica (T_r), que explica tanto el requisito del factor tóxico (S_t) como el requisito de sensibilidad (BPI) de la siguiente manera para las siguientes sustancias:

Tabla 7

Contenido del factor tóxico y factor de respuesta tóxica.

Elemento	Factor tóxico (S_t)	Factor de respuesta tóxica (T_r)	Valor de T_r
As	10	10	10
Cd	30	$30\sqrt{5}/\sqrt{\text{BPI}}$	30
Cr	2	$2\sqrt{5}/\sqrt{\text{BPI}}$	2
Cu	5	$5\sqrt{5}/\sqrt{\text{BPI}}$	5
Hg	40	$40 \times 5/\text{BPI}$	40
Pb	5	$5\sqrt{5}/\sqrt{\text{BPI}}$	5
Zn	1	$1\sqrt{5}/\sqrt{\text{BPI}}$	1

Nota: El valor T_r se ha relacionado con un valor intermedio de BPI (BPI = 5.0), que puede ser considerado como una referencia o un valor normativo en este contexto; es decir, todas las comparaciones están relacionadas con las condiciones característico de los lagos moderadamente eutróficos. BPI: Índice de bioproducción. **Fuente:** Hakanson, 1979.

Se puede utilizar la siguiente terminología para describir el factor de riesgo:

Tabla 8

Clasificación del factor de riesgo potencial ecológico.

Rango de contaminación	Factor de riesgo potencial ecológico	Trama
$E_r < 40$	Bajo	
$40 \leq E_r < 80$	Moderado	
$80 \leq E_r < 160$	Considerable	
$160 \leq E_r < 320$	Alto	
$E_r \geq 320$	Muy alto	

Fuente: Hakanson, 1979.

En analogía con la discusión anterior sobre el Factor de Contaminación (C_f) y el Factor de Riesgo Potencial Ecológico (E_r), ahora podemos definir el Índice de Riesgo Ecológico Potencial (RI) solicitado como la suma de los Factores de Riesgo Potencial Ecológico, es decir:

$$RI = \sum_{n=1}^7 E_r = \sum_{n=1}^7 T_r \times C_f$$

Se puede utilizar la siguiente terminología para el valor del índice de riesgo ecológico potencial (RI):

Tabla 9*Clasificación del índice de riesgo ecológico potencial.*

Rango de contaminación	Índice de riesgo ecológico potencial	Trama
$RI < 150$	Bajo	
$150 \leq RI < 300$	Moderado	
$300 \leq RI < 600$	Alto	
$RI \geq 600$	Muy alto	

Fuente: Hakanson, 1979.**2.1.5. Parámetros fisicoquímicos.****2.1.5.1. Potencial de hidrogeno (pH).**

El pH de un suelo se relaciona con la concentración de iones H^+ en la solución del suelo, lo que se conoce como acidez activa, y se determina mediante métodos potenciométricos, como se detalla en la Tabla 10. De acuerdo con Galán y Romero (2008), en su mayoría, los metales tienden a ser más solubles en un entorno con pH ácido, ya que se adhieren de manera menos firme al suelo, con la excepción de As, Mo, Se y Cr, que muestran mayor movilidad en condiciones alcalinas.

Tabla 10*Niveles de pH en el suelo.*

Descripción	pH (Unidades)
Ultra ácido	< 3.5
Extremadamente ácido	3.5 – 4.4
Muy fuertemente ácido	4.5 – 5.0
Fuertemente ácido	5.1 – 5.5
Moderadamente ácido	5.6 – 6.0
Ligeramente ácido	6.1 – 6.5
Neutro	6.6 – 7.3
Ligeramente alcalino	7.4 – 7.8
Moderadamente alcalino	7.9 – 8.4
Fuertemente alcalino	8.5 – 9.0
Muy fuertemente alcalino	> 9.0

Fuente: Soil Survey Manual, (2017).**2.1.5.2. Materia orgánica (MO).**

La MO constituye una porción reducida de la masa de la mayoría de los suelos, como se detalla en la Tabla 11. Por lo general, se encuentra en una proporción que oscila entre el 1% y el 6% del horizonte A, disminuyendo a medida que se profundiza en el suelo.

Según Galán y Romero (2008), la materia orgánica interactúa con los metales para crear compuestos de intercambio o quelatos. La adsorción puede ser tan robusta que los metales se mantienen estables en esta forma, como ocurre con el cobre (Cu), o pueden dar lugar a quelatos igualmente sólidos, como en el caso del plomo (Pb) y el zinc (Zn). En muchas ocasiones, se

generan complejos orgánico-metal, lo que aumenta la solubilidad del metal, su disponibilidad y capacidad de dispersión, ya que estos complejos pueden ser descompuestos por los organismos del suelo. Este proceso contribuye a la persistencia de la toxicidad.

Tabla 11

Niveles de materia orgánica en el suelo.

Descripción	Materia Orgánica (%)
Bajo	< 2.0
Medio	2.1 – 4.0
Alto	4.1 – 10.0
Muy alto	> 10.0

Fuente: Soil Survey Manual, (2017).

2.1.6. Metodología empleada para la toma de muestra.

En este momento, en nuestra nación no se dispone de un procedimiento o directriz nacional para la recolección de muestras de sedimentos de aguas continentales, por lo que se ha desarrollado el manual que se presenta a continuación.

2.1.6.1. Manual Técnico.

El manual técnico de métodos de colección, almacenamiento y manipulación de sedimentos para análisis químicos y toxicológicos de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA-823-B-01-002) que se empleará para el diseño de muestreo de la presente investigación, considera lo descrito en el Capítulo 2 del referido manual (EPA, 2001).

2.1.6.2. Herramientas

Adicionalmente, el Procedimiento operativo de muestreo de sedimento de la USEPA, a través de la División de apoyo de Ciencia y Ecosistema de Georgia (SESDPROC 200-R3) señala las alternativas de herramientas de muestreo para sedimentos.

2.1.6.3. Método de ensayo.

Cabe precisar que, se ha de considerar las especificaciones indicadas por el laboratorio acreditado ante INACAL, respecto al tipo de material para recabar las muestras, las condiciones del transporte y perecibilidad.

El laboratorio acreditado ante INACAL proporciona pautas sobre aspectos relacionados con el muestreo, como la elección del material para recolectar las muestras, los métodos de preservación, las condiciones de almacenamiento, transporte y la vida útil de las muestras de suelo.

Tabla 12

Métodos de ensayo de laboratorio.

Parámetro	Matriz	Norma Referencia
Metales totales y mercurio	Sedimento	EPA METHOD 3050B Rev.2 (1996) / EPA METHOD 6020B Rev.2 (2014) VAL

Fuente: OEFA, 2023.

2.2. Definición de términos básicos.

Lagunas: Un océano es agua dulce separada del océano, generalmente agua poco profunda, salobre o salobre. Como resultado de la profundización y el drenaje, los humedales

a menudo se recuperan y se convierten en hábitat para la vida silvestre. A diferencia del océano, donde las plantas rara vez crecen en la costa, en el agua se pueden encontrar plantas con raíces en todo el cuerpo de agua (Roldan y Ramírez, 2008).

Lagos: El lago es acuoso, de naturaleza fresca, de gran superficie y alejado del mar. El agua de mar proviene de diversas fuentes, como arroyos, ríos, aguas subterráneas y agua de lluvia. Contrariamente a la creencia popular, un lago no es sólo una masa de agua tranquila, ya que en realidad tiene dos vías fluviales, como un río que suministra agua y un río que puede llevar el agua a otras masas de agua o al océano. De hecho, aunque a veces sea invisible, el agua del océano se encuentra en constante movimiento (Roldan y Ramírez, 2008).

Metales pesados: Compuesto caracterizado por la presencia de un metal con una densidad igual o superior a 5.0 g/cm^3 , aproximadamente cinco veces la densidad del agua (Manahan, 1992).

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación.

Este estudio se realizó utilizando métodos deductivos y de referencias cruzadas. El objetivo era evaluar la cantidad de contaminación y los riesgos ambientales asociados con los metales pesados encontrados en las aguas locales asociadas con el sitio minero de Raura. Este análisis detecta la presencia de metales mediante pruebas físicas y químicas. Además, se clasifican como muestras no experimentales porque rara vez se utilizan muestras recolectadas en el campo y analizadas en el laboratorio.

3.2. *Ámbito temporal y espacial.*

3.2.1. *Ámbito temporal.*

Este estudio tiene un ámbito temporal transversal, ya que se tomarán las muestras en un solo periodo de tiempo y prospectivo por que se realizará después de la aprobación del Plan de Tesis.

3.2.2. *Ámbito espacial.*

La investigación se realizará en el Área de Influencia Directa (AID) de las operaciones de la Unidad Minera Raura, ubicado en el distrito de San Miguel de Cauri, provincia de Lauricocha, departamento de Huánuco (Ver Figura 7).

Los accesos hasta el área de estudio pueden darse como se muestra en la Tabla 13:

Tabla 13

Accesos vía terrestre hasta el área de estudio.

Tramo	Distancia (km)	Tramo	Tipo de vía
Lima – Oyon	239	4h 50'	Asfaltada
Oyon – Mina Raura	28	1h 00'	Trocha carrozable
Total	267	5h 50'	

Fuente: Google Maps, 2023.

Figura 7

Mapa de ubicación del área de estudio.

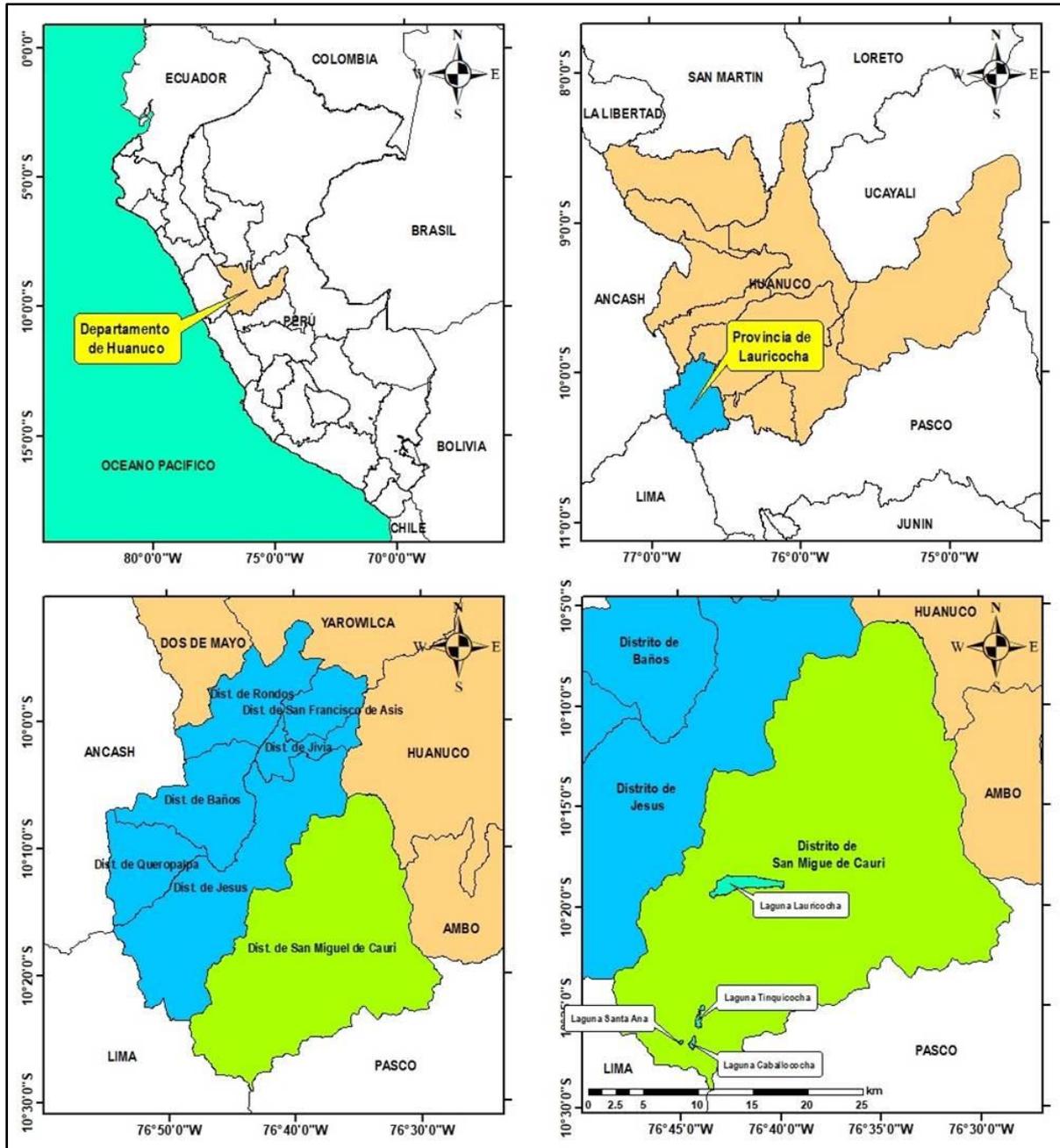


Figura 8

Mapa de ubicación de las lagunas evaluadas.

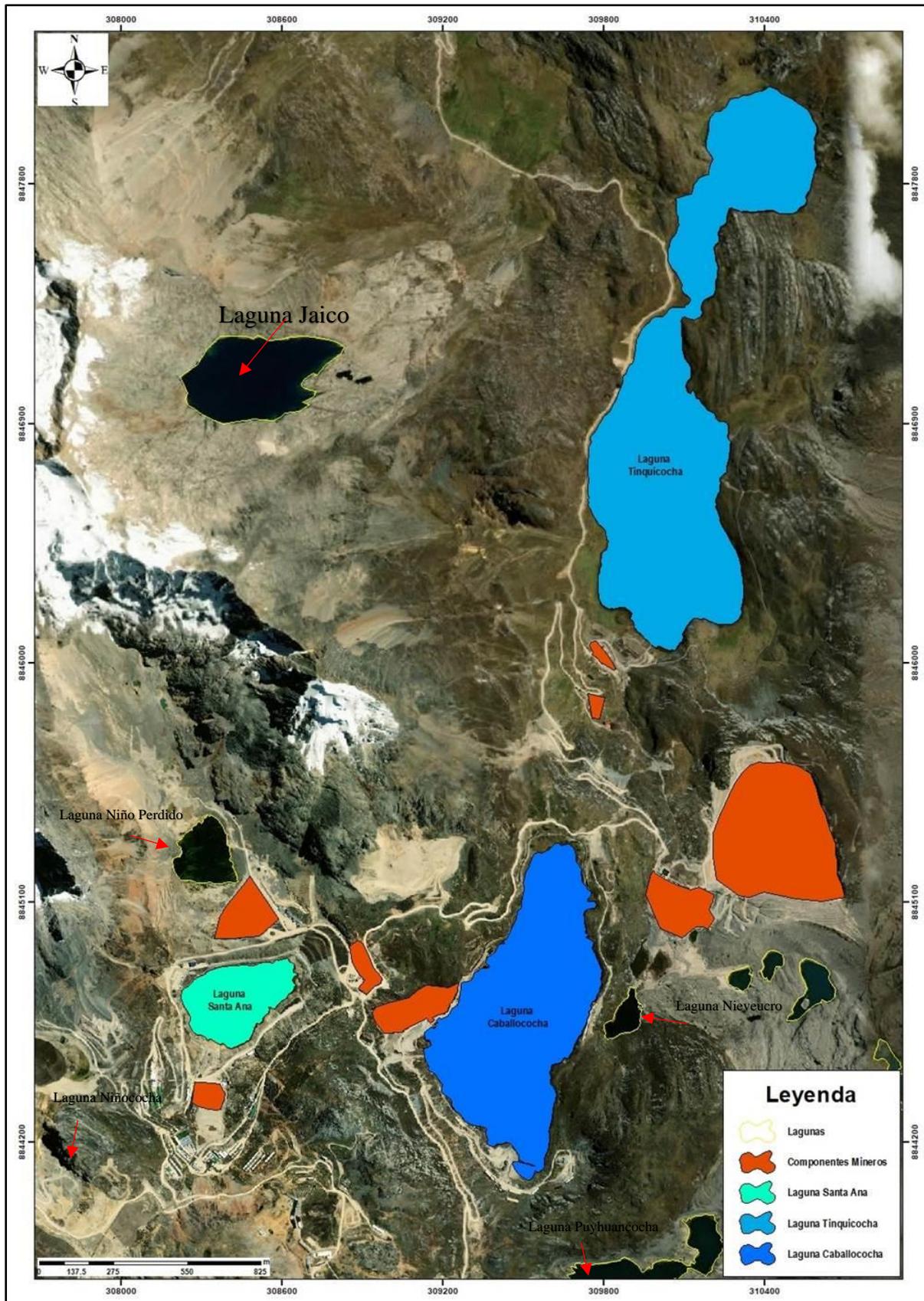
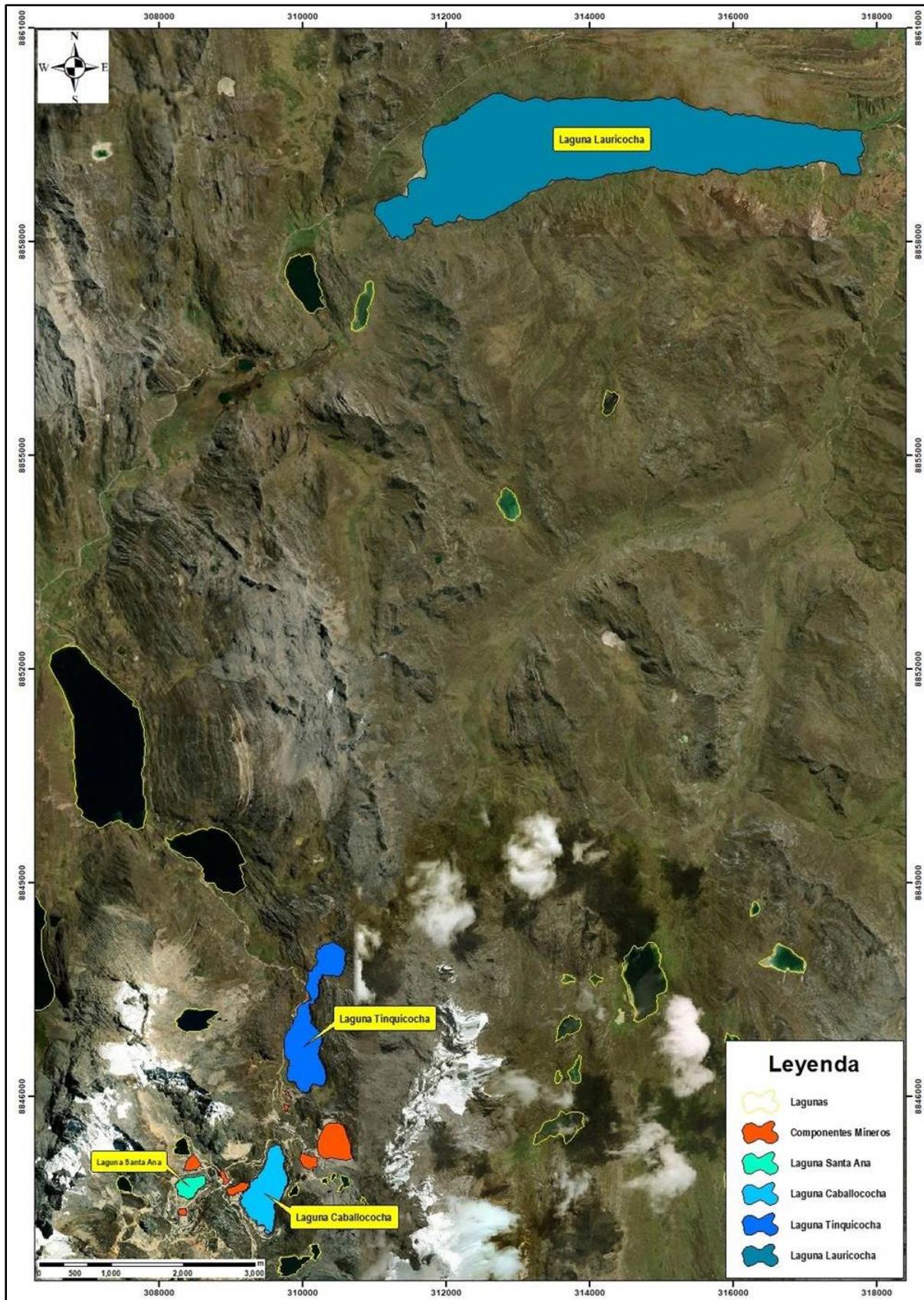


Figura 9

Mapa de referencia de las lagunas evaluadas y nivel de fondo.



3.3. Variables.

Las variables de esta investigación son “**Metales Pesados**” y “**Factor de Contaminación & Factor de Riesgo Potencial Ecológico**”, y como es de nivel descriptivo, estas son denominadas variables de interés y caracterización respectivamente, según Hernández, Fernández y Baptista (2020).

Variable Independiente (X): Metales Pesados.

Variable Dependiente (Y): Factor de Contaminación & Factor de Riesgo Potencial Ecológico.

A continuación, se presenta en la Tabla 14 la operacionalización de variables junto con su definición conceptual, definición operacional, dimensiones e indicadores:

3.3.1. Operacionalización de variables.

Tabla 14

Operacionalización de variables.

Variable (s)	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
(Variable Independiente) Metales pesados	Los Metales Pesados son aquellos metales que tienen una densidad mayor o igual a 5g/cm^3 ; también se refiere a elementos que son tóxicos para los humanos y son ampliamente usados en la industria.	Sera analizado en laboratorio mediante ICP-MS (Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente).	Directrices canadienses de calidad ambiental	ISQG (Interim Sediment Quality Guideline) As=5.9; Cd=0.6; Cr=37.3; Cu=35.7; Hg=0.17; Pb=35 y Zn=123. PEL (Probable Effect Level) As=17; Cd=3.5; Cr=90; Cu=197; Hg=0.486; Pb=91.3 y Zn=315.

<p>El Índice de Geoacumulación (Igeo) índice es ampliamente utilizado para evaluar la contaminación a través de la relación de la concentración de un analito en la matriz de estudio frente a los valores de referencia o control.</p>	<p>Sera analizado mediante cálculo matemático:</p> $I_{geo} = \text{Log}_2 \left[\frac{C_n}{1.5 \times B_n} \right]$	<p>Índice de Geoacumulación</p>	<p>Igeo ≤ 0 0 < Igeo ≤ 1 1 < Igeo ≤ 2 2 < Igeo ≤ 3 3 < Igeo ≤ 4 4 < Igeo ≤ 5 Igeo > 5</p>	
<p>El Factor de Enriquecimiento (EF) permite distinguir entre origen natural o antropogénico de los metales evaluados.</p>	<p>Sera analizado mediante cálculo matemático:</p> $FE = \frac{[C_n/C_{ref}]_{muestra}}{[C_n/C_{ref}]_{valor\ de\ fondo}}$	<p>Factor de Enriquecimiento</p>	<p>FE < 2 2 ≤ FE < 5 5 ≤ FE < 20 20 ≤ FE < 40 FE ≥ 40</p>	
<p>(Variable Dependiente)</p>	<p>El Factor de Contaminación (Cf) se define como la relación directa que existe entre la</p>	<p>Sera analizado mediante cálculo matemático:</p>	<p>Factor de Contaminación</p>	<p>Cf < 1 Bajo 1 ≤ Cf < 3 Moderado 3 ≤ Cf < 6 Alto</p>

Factor de Contaminación & Factor de Riesgo Potencial Ecológico	concentración de un elemento en un lago o laguna con respecto a la concentración de un fondo geoquímico o valor referencial.	$C_f = \frac{C_n}{B_n}$		$C_f \geq 6$	Muy alto
<hr/>					
El Grado de Contaminación					
(Cd) se define como la suma de todos los factores de contaminación para un lago o laguna y representa el total de la contaminación en esa zona.	Sera analizado mediante cálculo matemático:		Grado de Contaminación	$C_d < 8$	Bajo
		$C_d = \sum_{n=1}^7 C_f = \sum_{n=1}^7 \frac{C_n}{B_n}$		$8 \leq C_d < 16$	Moderado
				$16 \leq C_d < 32$	Alto
				$C_d \geq 32$	Muy alto
<hr/>					
El Factor de Riesgo Potencial Ecológico (Er) se define como el producto entre el factor de toxicidad de una sustancia y el	Sera analizado mediante cálculo matemático:		Factor de Riesgo Potencial Ecológico	$E_r < 40$	Bajo
		$E_r = T_r \times C_f$		$40 \leq E_r < 80$	Moderado
				$80 \leq E_r < 160$	Considerable
				$160 \leq E_r < 320$	Alto
				$E_r \geq 320$	Muy alto

factor de contaminación de la misma.

El Índice de Riesgo Ecológico

Potencial (RI) se define como la suma de todos los factores de riesgo potencial ecológico para un lago o laguna y representa el riesgo de toxicidad frente a un contaminante

Sera analizado mediante cálculo matemático:

$$RI = \sum_{n=1}^7 E_r = \sum_{n=1}^7 T_r \times C_f$$

Índice de Riesgo Ecológico Potencial

RI < 150 Bajo
 150 ≤ RI < 300 Moderado
 300 ≤ RI < 600 Alto
 RI ≥ 600 Muy alto

3.4. Población y muestra.

3.4.1. Población.

A ciencia cierta se desconoce la cantidad total de lagunas que existen en el Perú, pero el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI), indica que existen un total de 12202 lagunas en el país, la mayoría (61%) se encuentra en la vertiente del Atlántico, seguida por la vertiente del Pacífico (32%) y la del Titicaca (7%).

3.4.2. Muestra.

La muestra está conformada por 03 lagunas (Santa Ana, Cabalcocha y Tinquicocha), ubicadas en el en el Área de Influencia Directa (AID) de las operaciones de la Unidad Minera Raura, donde se tomarán cuarenta (40) puntos de muestreo en total (Ver Figura 10). Asimismo, se tomó veintidós (22) puntos de muestreo en la Laguna Lauricocha ubicada en el distrito de San Miguel de Cauri (Ver Figura 11) como referencia para determinar el nivel de fondo de los metales pesados.

Tabla 15

Puntos de muestreo para la matriz sedimentos (lagunas evaluadas).

Nombre de la Laguna	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM		Altitud (m s.n.m.)
		WGS 84 - Zona 18 L		
		Este	Norte	
	LSA-SED-1	308573	8844847	4634
Laguna Santa Ana	LSA-SED-2	308423	8844848	4634
(9.22 ha)	LSA-SED-3	308275	8844748	4634
	LSA-SED-4	308300	8844656	4634

	LSA-SED-5	308433	8844616	4634
	LSA-SED-6	308434	8844743	4634
	LSA-SED-7	308557	8844727	4634
	LC-SED-1	309553	8844119	4580
	LC-SED-2	309298	8844337	4580
	LC-SED-3	309424	8844212	4580
	LC-SED-4	309417	8844461	4580
	LC-SED-5	309286	8844590	4580
	LC-SED-6	309546	8844332	4580
Laguna Caballococha (43.14 ha)	LC-SED-7	309534	8844587	4580
	LC-SED-8	309403	8844712	4580
	LC-SED-9	309525	8844842	4580
	LC-SED-10	309771	8844829	4580
	LC-SED-11	309640	8844957	4580
	LC-SED-12	309631	8845201	4580
	LC-SED-13	309514	8845081	4580
	LC-SED-14	309652	8844711	4580
	LT-SED-1	309923	8846189	4370
	LT-SED-2	309955	8846322	4370
	LT-SED-3	310073	8846447	4370
Laguna Tinquicocha (71.28 ha)	LT-SED-4	310084	8846195	4370
	LT-SED-5	309811	8846700	4370
	LT-SED-6	310190	8846566	4370
	LT-SED-7	310060	8846695	4370
	LT-SED-8	309824	8846454	4370

LT-SED-9	309940	8846571	4370
LT-SED-10	309932	8846821	4370
LT-SED-11	310047	8846946	4370
LT-SED-12	310180	8846820	4370
LT-SED-13	310204	8846317	4370
LT-SED-14	310456	8847906	4370
LT-SED-15	310318	8847942	4370
LT-SED-16	310153	8847487	4370
LT-SED-17	310403	8847769	4370
LT-SED-18	310243	8847758	4370
LT-SED-19	310142	8847659	4370

Figura 10

Puntos de muestreo.

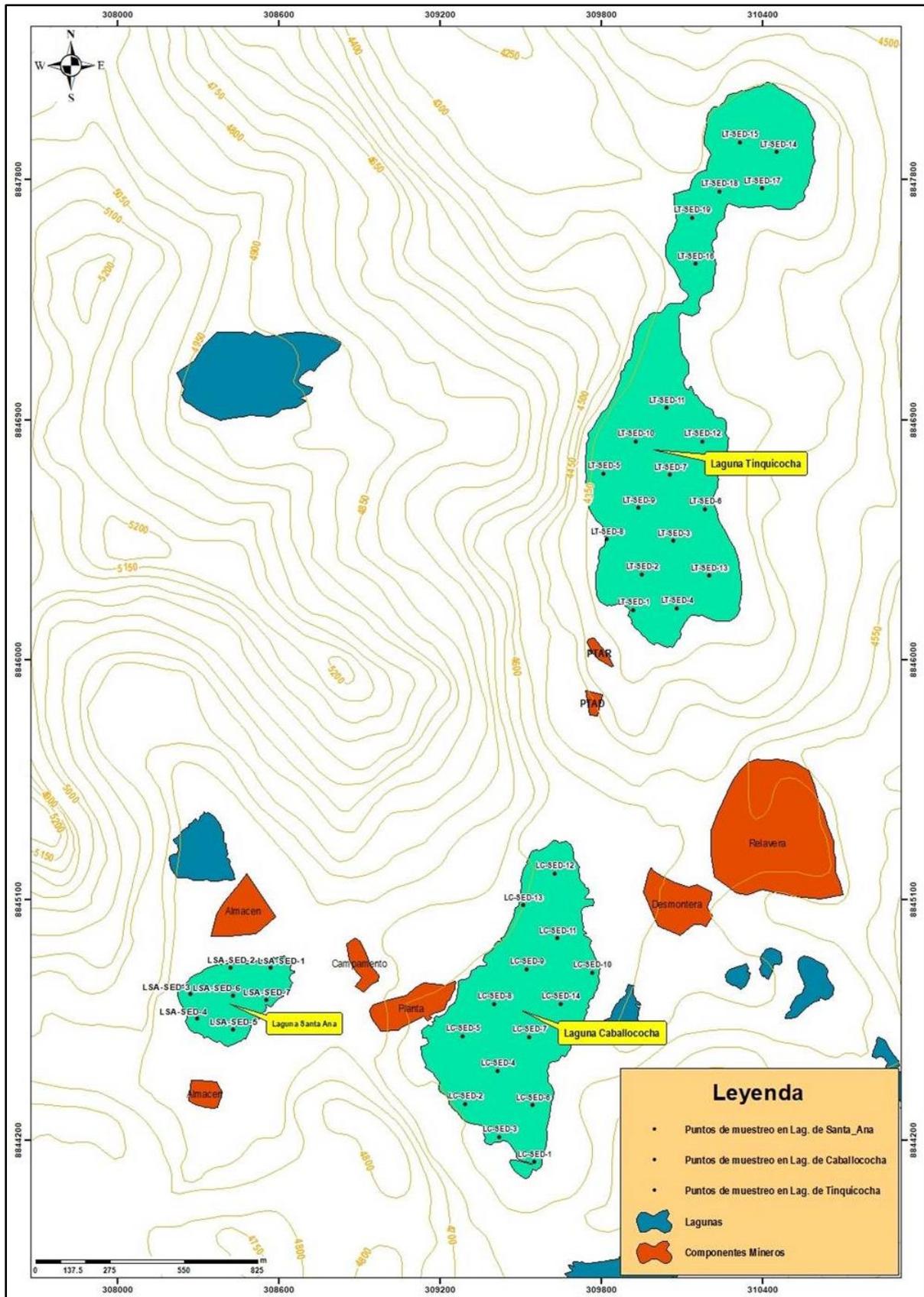


Tabla 16*Puntos de muestreo para la matriz sedimentos (nivel de fondo).*

Nombre de la Laguna	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM		Altitud (m s.n.m.)
		WGS 84 - Zona 18 L		
		Este	Norte	
	LL-NF-1	312207	8858453	3872
	LL-NF-2	312131	8858948	3872
	LL-NF-3	312055	8859445	3872
	LL-NF-4	313026	8859529	3872
	LL-NF-5	317060	8859305	3872
	LL-NF-6	316603	8859071	3872
	LL-NF-7	316521	8859558	3872
	LL-NF-8	316019	8859568	3872
	LL-NF-9	316097	8859079	3872
Laguna Lauricocha	LL-NF-10	315590	8859097	3872
(664.50 ha)	LL-NF-11	315522	8859580	3872
	LL-NF-12	312553	8859437	3872
	LL-NF-13	313112	8859028	3872
	LL-NF-14	313500	8859625	3872
	LL-NF-15	314001	8859616	3872
	LL-NF-16	314080	8859121	3872
	LL-NF-17	314594	8859117	3872
	LL-NF-18	314515	8859593	3872
	LL-NF-19	312628	8858928	3872
	LL-NF-20	317555	8859295	3872

LL-NF-21	317060	8859305	3872
LL-NF-22	315023	8859596	3872

Figura 11

Puntos de muestreo.

3.5. Instrumentos.

Como herramientas de recolección de datos se utilizaron la cadena de custodia (ver Anexo C) y los informes de pruebas de laboratorio, en los que se almacenan datos estadísticos sobre el análisis químico de muestras de suelo. Además, el instrumento está certificado por el Instituto Nacional de la Calidad - INACAL, organismo técnico adscrito al Ministerio de Inversiones del Perú y cuya misión es establecer, aprobar y medir estándares que regulen los productos en diversas categorías. Contribuir al desarrollo del mercado de este país y seguir las políticas nacionales.

3.5.1. *Técnicas e instrumentos de recolección de datos.*

3.5.1.1. Variable 1: Metales Pesados.

Dimensión 1	: Metales pesados.
Método	: Muestreo no probabilístico.
Técnica	: Toma de muestras en campo.
Instrumento	: Cadena de custodia.
Escala de medición	: Intervalo.

3.5.1.2. Variable 2: Factor de Contaminación y Riesgo Potencial Ecológico.

Dimensión 2	: Factor de Contaminación
Método	: Muestreo no probabilístico.
Técnica	: Toma de muestras en campo.
Instrumento	: Cadena de custodia.
Escala de medición	: Intervalo.

Dimensión 3	: Factor de Riesgo Potencial Ecológico
Método	: Muestreo no probabilístico.
Técnica	: Toma de muestras en campo.
Instrumento	: Cadena de custodia.
Escala de medición	: Intervalo.

3.6. Procedimientos.

Para elaboración de este estudio, se tuvo en cuenta como referencia los procedimientos y criterios establecidos en la “ISO 5667-12:2017, Guidance on sampling of bottom sediments from rivers, lakes and estuarine áreas”, “Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 5667-12, Guía para el muestreo de sedimentos de fondo” y “AGQ Labs PICH-303, “Toma de muestras de sedimentos”.

3.6.1. Fase 1: Recopilación de información e identificación de los puntos.

En una primera fase, la información principal se recopiló a través de documentos oficiales, como informes técnicos, opiniones y artículos científicos citados sobre el tema; luego, mediante consulta a la Oficina Huánuco de Laurie de San Miguel de San Miguel La información secundaria se recopiló a través de entrevistas con personal local de manejo y conservación marina, empresas privadas y organismos públicos, y mediante observaciones de campo; además, se determinaron puntos de muestreo, parámetros a analizar y frecuencia de recolección de muestras.

Tabla 17*Zonas de muestreo para sedimentos.*

Puntos de muestreo	Parámetros a analizar	Frecuencia de recolección
Laguna Santa Ana (07 puntos)		
Laguna Caballococha (14 puntos)	Metales pesados (As, Cd, Cr,	Una (01) sola toma.
Laguna Tinquicocha (19 puntos)	Cu, Hg, Pb y Zn), pH y	
Laguna Lauricocha (22 puntos)	Materia Orgánica.	

3.6.2. Fase 2: Medición de las variables en estudio.

En la segunda fase se midieron parámetros físicos in situ (in situ) a cuarenta (40) muestras de las lagunas Santa Ana, Caballococha y Tinquicocha y se realizaron análisis de laboratorio para metales pesados y materia orgánica. Además, se midieron pH, MO y metales pesados para determinar el contenido en la laguna Lauricocha. El pH se midió in situ utilizando un instrumento multiparamétrico aprobado y algunas muestras que contenían MO y metales pesados se enviaron al laboratorio de AGQ Perú S.A.C Consorcio y Laboratorio y Servicios Técnicos AGQ Sociedad Limitada, certificados por el Instituto Nacional de la Calidad (INACAL) y, por tanto, los productos ocuparon el primer y segundo lugar.

3.7. Análisis de datos.

3.7.1. Fase 3: Análisis y procesamiento de datos.

En la tercera y última etapa, se completa el análisis y procesamiento de los datos interpretando y aceptando o rechazando las ideas propuestas; además, el procesamiento de los datos recopilados se realiza mediante software especializado como SPSS 27.0, ArcGIS 10.3 y Surfer 13. Realizar análisis estadísticos no cuantitativos de datos como tablas, gráficos e imágenes, realizar análisis geográficos de metales pesados y, finalmente, utilizar indicadores

de contaminación (grado de contaminación y riesgo ambiental). La traducción se utiliza para discusiones, hechos y opiniones.

3.8. Consideraciones éticas.

3.8.1. *Limitantes de la investigación.*

- La limitación más importante es la cantidad de indicadores y parámetros que deben estudiarse debido al presupuesto limitado, el tiempo limitado del investigador y el mantenimiento de los equipos disponibles.
- El diseño a aplicarse, que no es experimental, solo observacional, limitará a establecer la descripción de los resultados y verificar que cumplan los estándares de calidad ambiental e índices de contaminación establecidos en la matriz de operacionalización de variables.

3.8.2. *Aspectos éticos.*

El investigador no tendrá ninguna opinión favorable o desfavorable en los datos obtenidos ya que serán analizados de manera imparcial.

IV. RESULTADOS

4.1. Metales pesados.

4.1.1. Directrices Canadienses de Calidad Ambiental.

En las Tablas 18, 19 y 20 se observan los resultados del análisis químico de los cuarenta puntos de medición de sedimentos en las tres lagunas evaluadas y su comparación con las Directrices Canadienses de Calidad Ambiental para Sedimento.

De la Tabla 18, se infiere lo siguiente:

- Los resultados indican un promedio de 7.32 unidades para el parámetro pH en sedimentos y tomando como referencia el Soil Survey Manual (2017), nos indica que son de clase “neutra”.
- Los resultados indican un promedio de 1.43 % para el parámetro MO en sedimentos y tomando como referencia el Soil Survey Manual (2017), nos indica que son de un nivel bajo de materia orgánica.
- Los resultados para Metales Totales indican que todos los puntos de medición superan los valores establecidos en la Norma Canadiense, *Canadian Environmental Quality Guidelines (CEQG) for the Protection of Aquatic Life. Freshwater PEL - Probable Effect Level (en adelante, PEL de la CEQG) e ISQG - Interim Sediment Quality Guideline (en adelante, ISQG de la CEQG)* para Arsénico total, Cadmio total, Cobre total, Mercurio total, Plomo total y Zinc total a excepción del Cromo total.

Tabla 18

Resultados del análisis químico de sedimentos de la Laguna Santa Ana.

Puntos de medición	Nombre Unidades	pH Unidad pH	MO %	As mg/kg PS	Cd mg/kg PS	Cr mg/kg PS	Cu mg/kg PS	Hg mg/kg PS	Pb mg/kg PS	Zn mg/kg PS
LSA-SED-1	Laguna Santa Ana	7.35	1.45	239.4	32.3	8.4	1810	0.30	4687.7	11753.50
LSA-SED-2	Laguna Santa Ana	7.30	1.42	187.3	39.7	9.5	2480	0.48	4244.5	15271.32
LSA-SED-3	Laguna Santa Ana	7.34	1.43	278.7	39.5	8.5	2700	0.53	4905.2	14798.10
LSA-SED-4	Laguna Santa Ana	7.31	1.44	277.6	58.1	7.0	2590	0.79	5859.1	17780.20
LSA-SED-5	Laguna Santa Ana	7.30	1.43	268.4	40.1	7.0	2940	0.57	4807.8	15355.71
LSA-SED-6	Laguna Santa Ana	7.32	1.45	220.6	31.0	9.1	2660	0.79	4798.7	12493.31
LSA-SED-7	Laguna Santa Ana	7.31	1.42	183.4	33.1	7.6	1860	0.75	4717.3	10862.82
PROMEDIO		7.32	1.43	236.5	39.1	8.2	2434	0.60	4860.0	14045.0
ISQG		---	---	5.9	0.6	37.3	35.7	0.17	35	123
PEL		---	---	17	3.5	90	197	0.486	91.3	315

Nota: PS: Peso Seco. Fuente: Informe de Ensayo JUN1094.R23.

Figura 12

Mapa de pH, MO y As de la Laguna Santa Ana.

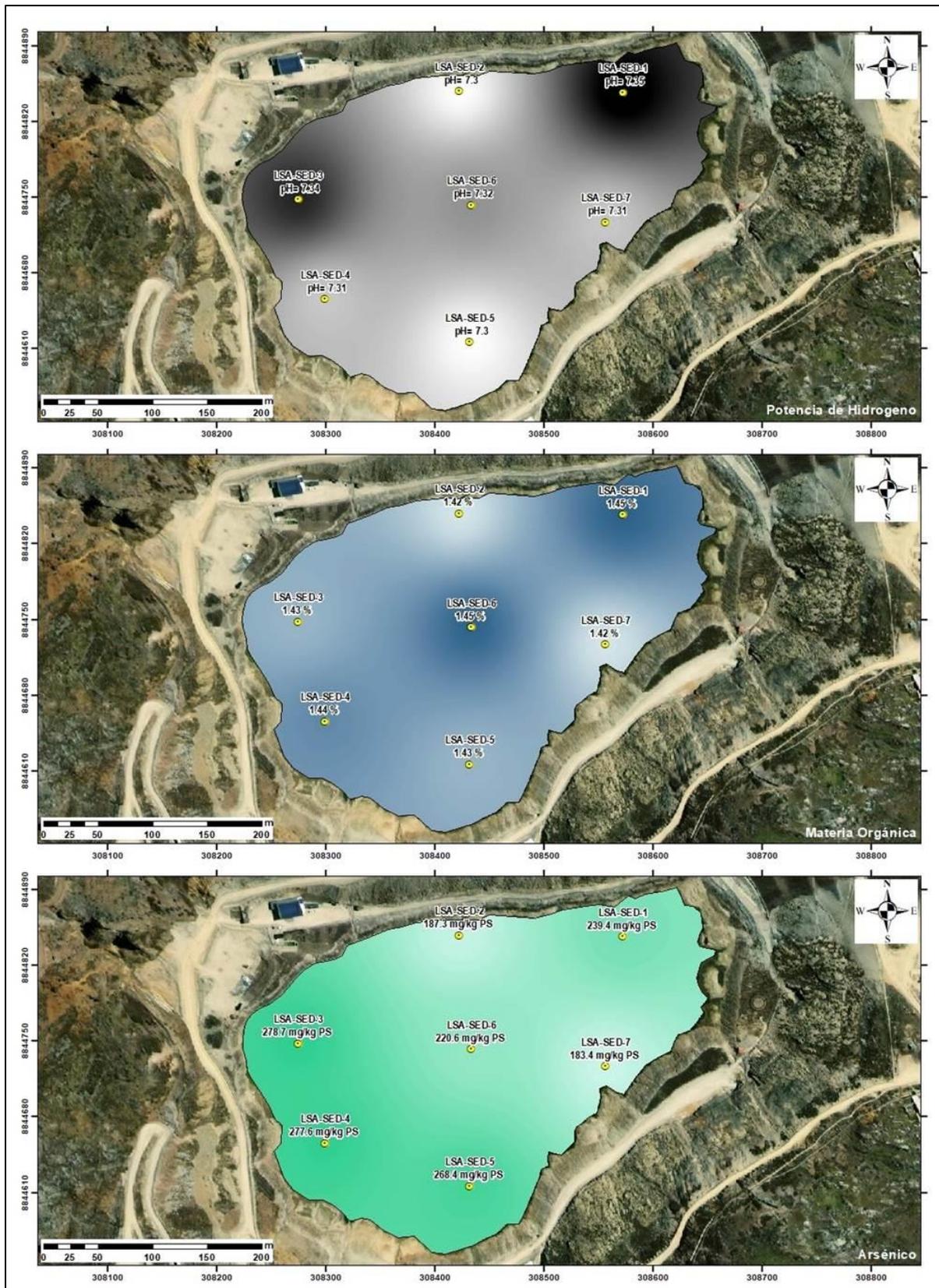


Figura 13

Mapa de Cd, Cr y Cu de la Laguna Santa Ana.

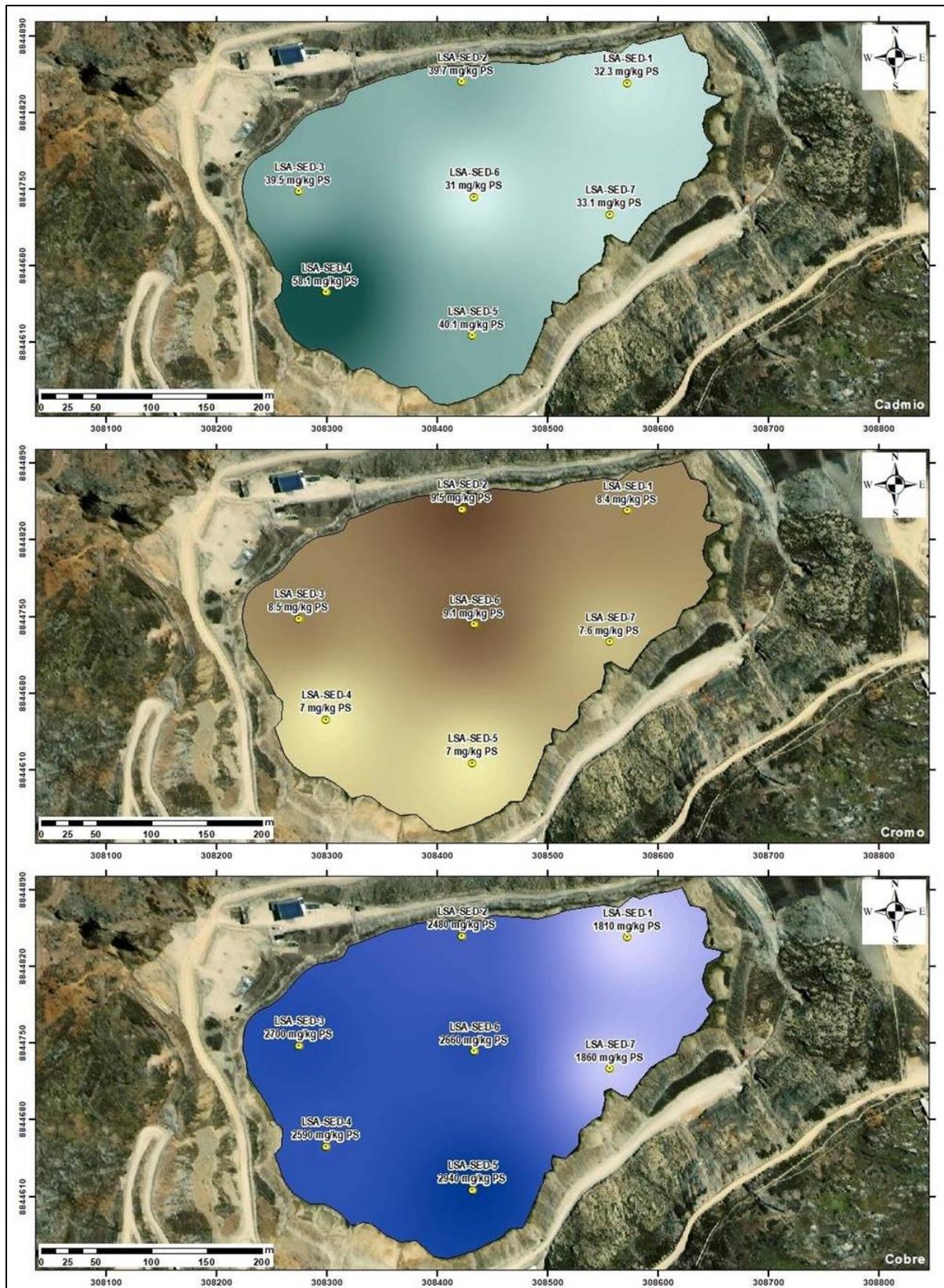
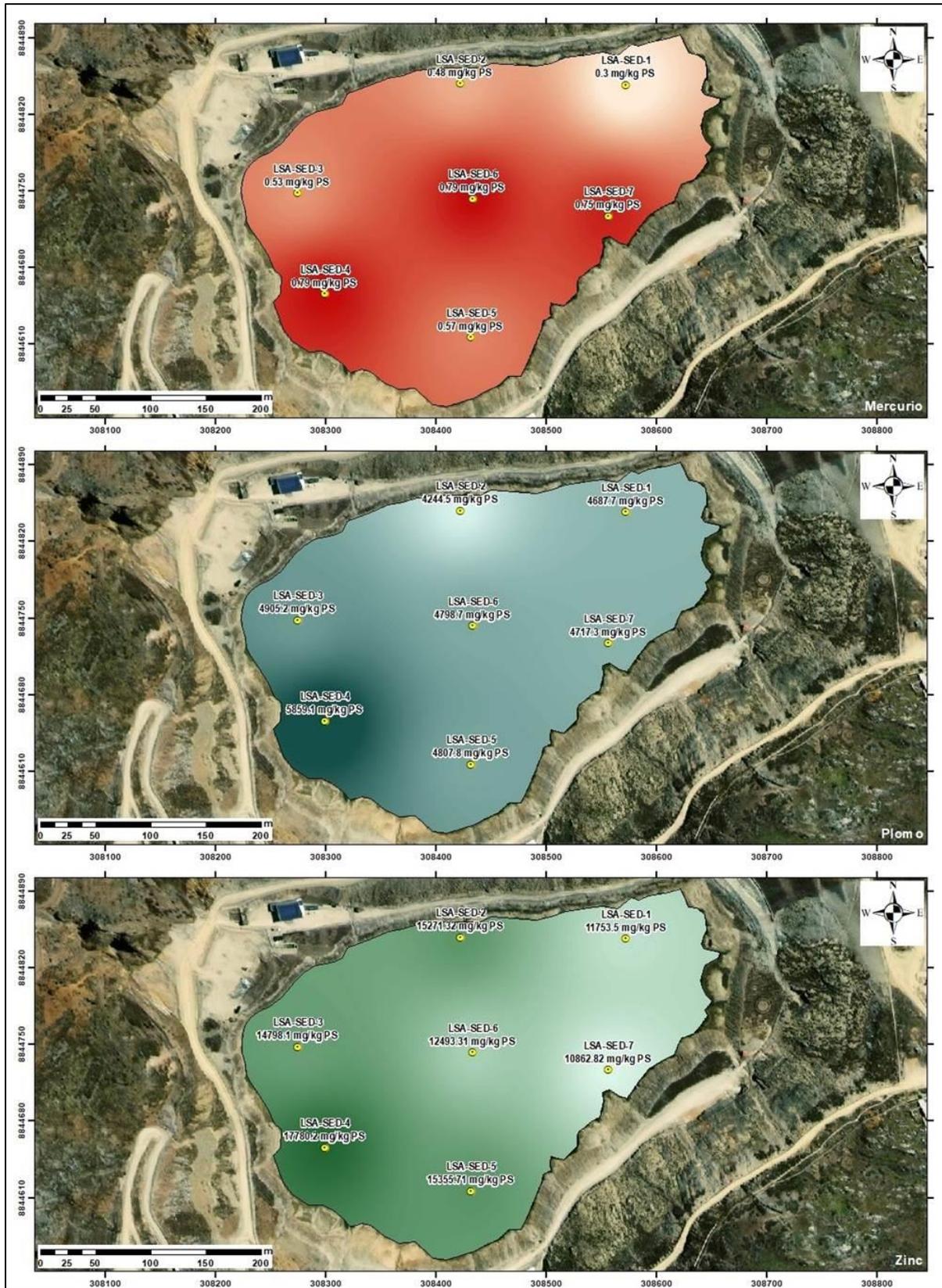


Figura 14

Mapa de Hg, Pb y Zn de la Laguna Santa Ana.



De la Tabla 19, se infiere lo siguiente:

- Los resultados indican un promedio de 7.24 unidades para el parámetro pH en sedimentos y tomando como referencia el Soil Survey Manual (2017), nos indica que son de clase “neutra”.
- Los resultados indican un promedio de 1.54 % para el parámetro MO en sedimentos y tomando como referencia el Soil Survey Manual (2017), nos indica que son de un nivel bajo de materia orgánica.
- Los resultados para Metales Totales indican que todos los puntos de medición superan los valores establecidos en la Norma Canadiense, *Canadian Environmental Quality Guidelines (CEQG) for the Protection of Aquatic Life. Freshwater PEL - Probable Effect Level (en adelante, PEL de la CEQG) e ISQG - Interim Sediment Quality Guideline (en adelante, ISQG de la CEQG)* para Arsénico total, Cadmio total, Cobre total, Mercurio total, Plomo total y Zinc total a excepción del Cromo total.

Tabla 19*Resultados del análisis químico de sedimentos de la Laguna Caballococha.*

Puntos de medición	Nombre Unidades	pH Unidad pH	MO %	As mg/kg PS	Cd mg/kg PS	Cr mg/kg PS	Cu mg/kg PS	Hg mg/kg PS	Pb mg/kg PS	Zn mg/kg PS
LC-SED-1	Laguna Caballococha	7.23	1.54	179.8	30.4	32.8	134	0.38	4904.6	8766.14
LC-SED-2	Laguna Caballococha	7.21	1.52	336.4	31.3	27.9	208	0.54	6191.4	1177.38
LC-SED-3	Laguna Caballococha	7.20	1.53	268.4	32.5	24.8	147	0.49	7717.6	1123.35
LC-SED-4	Laguna Caballococha	7.27	1.57	252.1	10.6	18.6	421	0.22	1877.1	3242.35
LC-SED-5	Laguna Caballococha	7.24	1.55	246.6	35.7	27.4	170	0.21	5379.2	1204.26
LC-SED-6	Laguna Caballococha	7.25	1.58	129.1	33.8	34.9	136	0.25	3716.3	1283.07
LC-SED-7	Laguna Caballococha	7.28	1.53	199.5	48.1	15.5	457	0.18	1793.4	2828.43
LC-SED-8	Laguna Caballococha	7.20	1.52	272.9	22.7	14.5	310	0.22	5576.6	6948.18
LC-SED-9	Laguna Caballococha	7.23	1.56	115.2	31.9	26.2	150	0.56	3789.3	5698.17
LC-SED-10	Laguna Caballococha	7.24	1.58	160.3	43.5	18.3	509	0.53	1757.8	1465.57
LC-SED-11	Laguna Caballococha	7.24	1.54	196.9	28.1	17.1	805	0.34	4574.4	8583.15
LC-SED-12	Laguna Caballococha	7.23	1.53	262.3	26.4	36.3	862	0.19	3171.8	6722.33
LC-SED-13	Laguna Caballococha	7.21	1.52	172.4	16.7	17.9	693	0.19	4050.4	5167.14
LC-SED-14	Laguna Caballococha	7.28	1.50	140.7	32.9	26.4	342	0.54	5720.1	1124.73
PROMEDIO		7.24	1.54	209.5	30.3	24.2	382	0.35	4301.4	3952.45

ISQG	---	---	5.9	0.6	37.3	35.7	0.17	35	123
PEL	---	---	17	3.5	90	197	0.486	91.3	315

Nota: PS: Peso Seco. Fuente: Informe de Ensayo JUN1094.R23.

Figura 15

Mapa de pH, MO y As de la Laguna Caballococha.

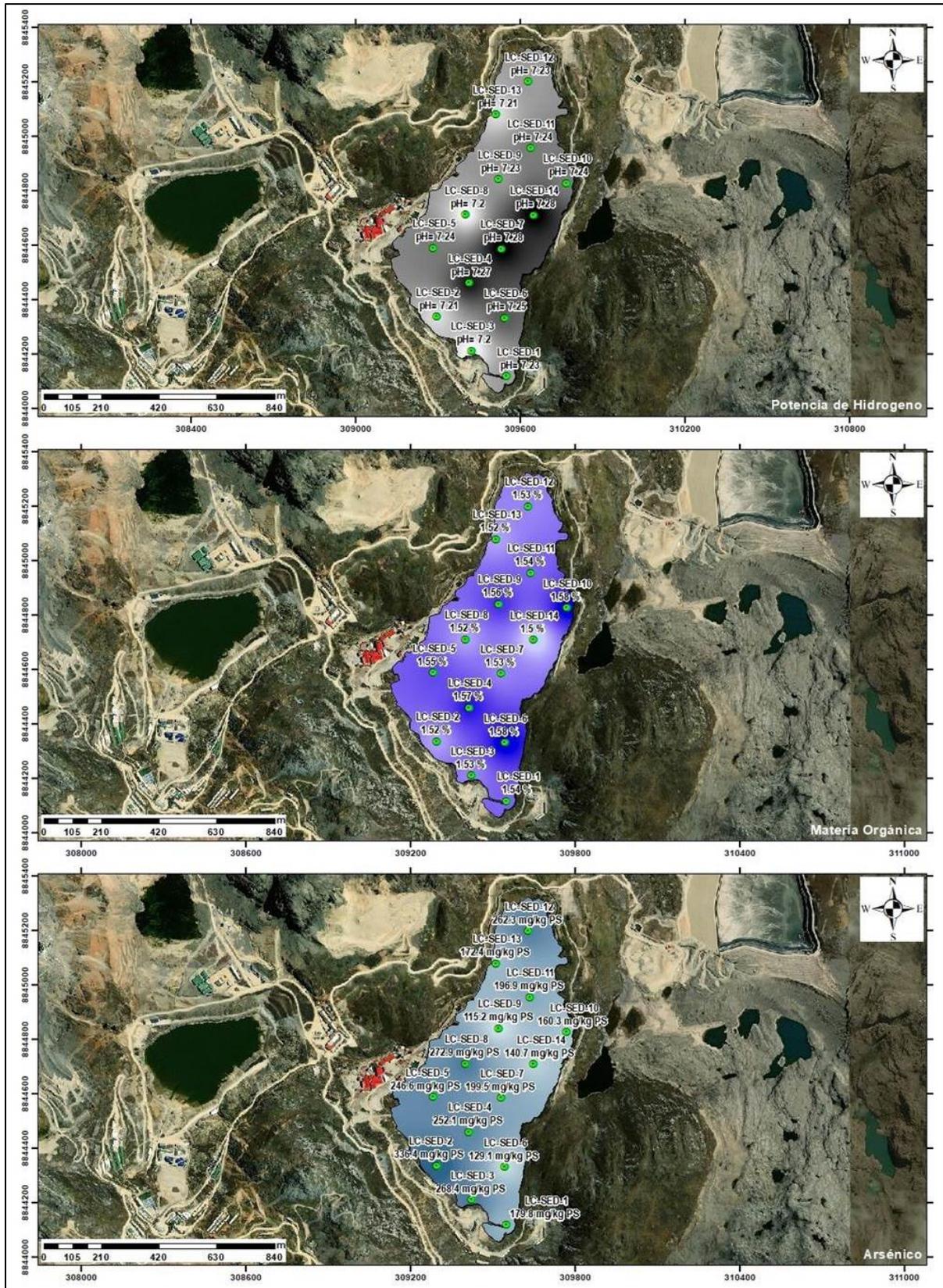


Figura 16

Mapa de Cd, Cr y Cu de la Laguna Caballococha.

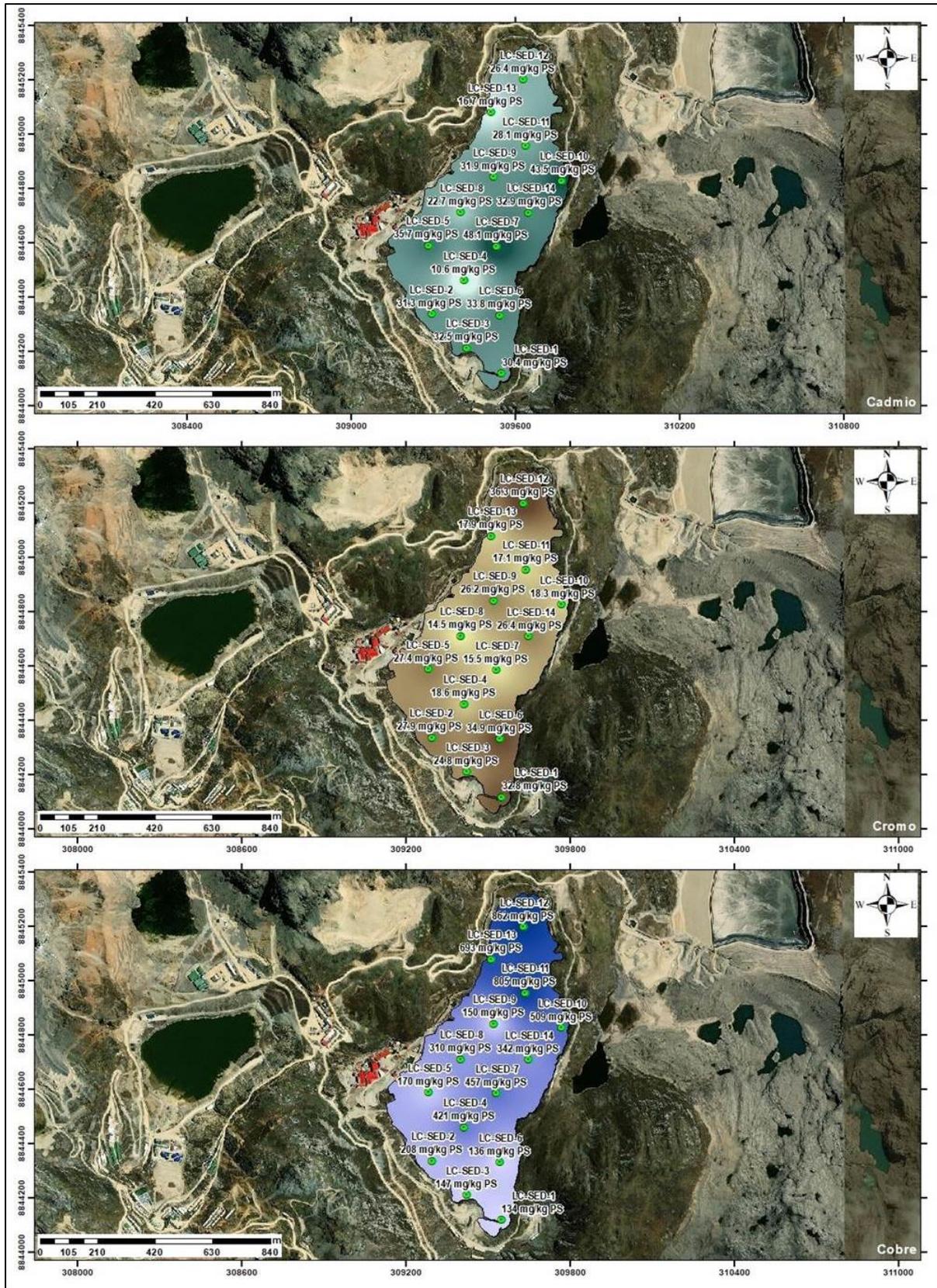
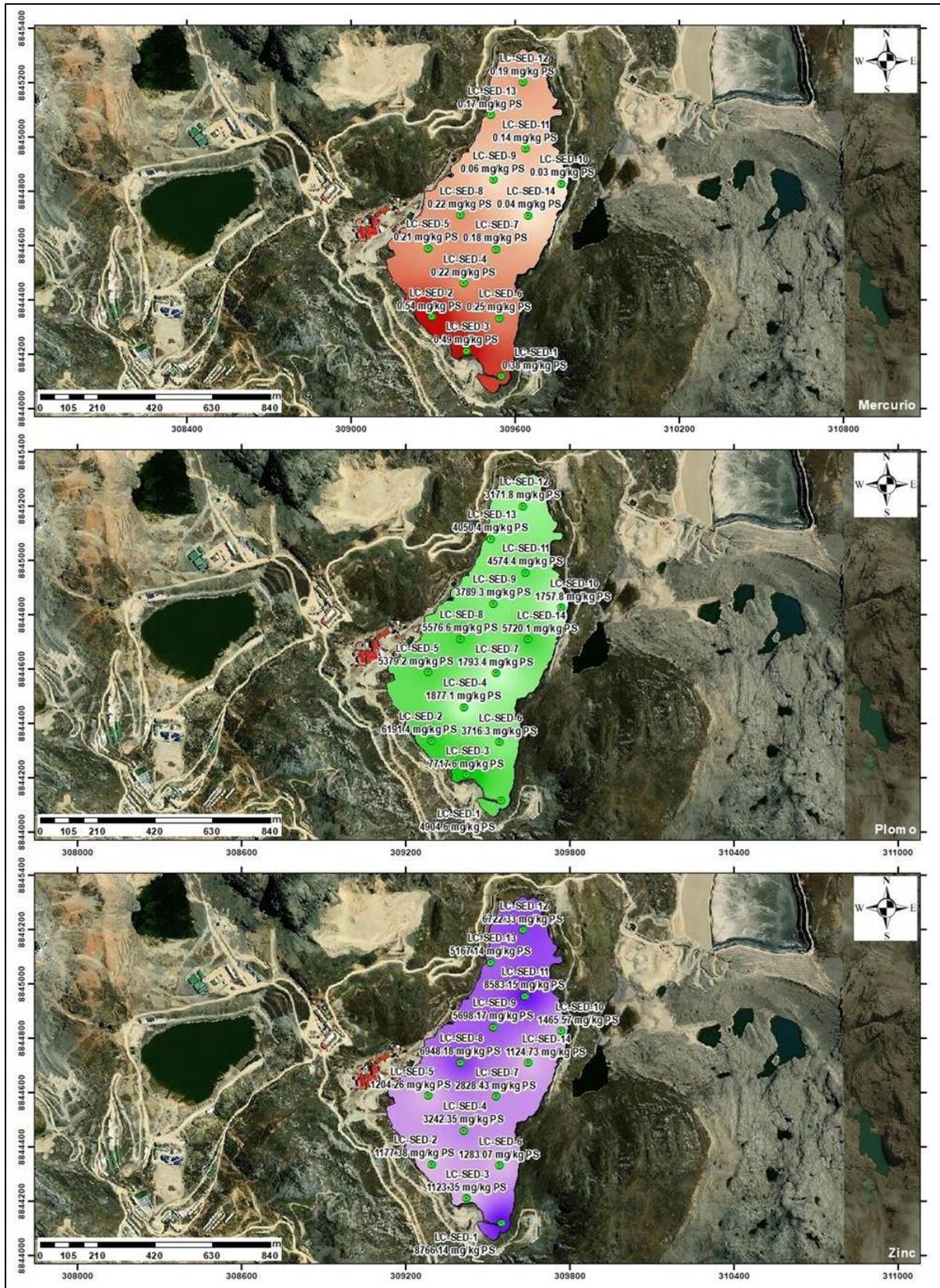


Figura 17

Mapa de Hg, Pb y Zn de la Laguna Caballococha.



De la Tabla 20, se infiere lo siguiente:

- Los resultados indican un promedio de 7.74 unidades para el parámetro pH en sedimentos y tomando como referencia el Soil Survey Manual (2017), nos indica que son de clase “ligeramente alcalino”.
- Los resultados indican un promedio de 2.54 % para el parámetro MO en sedimentos y tomando como referencia el Soil Survey Manual (2017), nos indica que son de un nivel medio de materia orgánica.
- Los resultados para Metales Totales indican que todos los puntos de medición superan los valores establecidos en la Norma Canadiense, *Canadian Environmental Quality Guidelines (CEQG) for the Protection of Aquatic Life. Freshwater PEL - Probable Effect Level (en adelante, PEL de la CEQG) e ISQG - Interim Sediment Quality Guideline (en adelante, ISQG de la CEQG)* para Arsénico total, Cadmio total, Cobre total, Cromo total, Mercurio total, Plomo total y Zinc total.

Tabla 20*Resultados del análisis químico de sedimentos de la Laguna Tinquicocha.*

Puntos de medición	Nombre Unidades	pH Unidad pH	MO %	As mg/kg PS	Cd mg/kg PS	Cr mg/kg PS	Cu mg/kg PS	Hg mg/kg PS	Pb mg/kg PS	Zn mg/kg PS
LT-SED-1	Laguna Tinquicocha	7.72	2.53	956.8	43.5	133.9	3170	1.01	5150.2	14061.31
LT-SED-2	Laguna Tinquicocha	7.70	2.51	284.2	43.4	457.7	3910	1.09	5499.4	13994.99
LT-SED-3	Laguna Tinquicocha	7.71	2.54	799.8	57.8	233.7	3510	0.83	6276.0	21079.01
LT-SED-4	Laguna Tinquicocha	7.71	2.54	601.1	52.2	225.8	5350	1.29	7077.6	15815.50
LT-SED-5	Laguna Tinquicocha	7.72	2.55	807.5	56.5	236.8	3350	0.78	6161.7	19695.91
LT-SED-6	Laguna Tinquicocha	7.76	2.53	776.3	48.4	226.6	3080	0.74	5522.2	16808.54
LT-SED-7	Laguna Tinquicocha	7.79	2.57	658.9	33.2	177.9	2260	0.46	3422.8	10610.80
LT-SED-8	Laguna Tinquicocha	7.74	2.58	300.2	39.6	105.3	2438	0.63	1247.1	12790.92
LT-SED-9	Laguna Tinquicocha	7.71	2.59	706.3	32.5	172.3	2100	0.73	3890.2	11315.83
LT-SED-10	Laguna Tinquicocha	7.73	2.53	726.3	41.5	172.5	2840	0.86	4838.7	13761.53
LT-SED-11	Laguna Tinquicocha	7.71	2.54	345.8	14.8	265.8	2747	0.42	1746.1	14216.25
LT-SED-12	Laguna Tinquicocha	7.75	2.56	388.4	11.4	559.5	4379	0.54	1723.1	11526.89
LT-SED-13	Laguna Tinquicocha	7.71	2.51	980.6	63.1	438.4	3730	0.70	6793.2	22508.01
LT-SED-14	Laguna Tinquicocha	7.77	2.54	565.6	41.2	583.2	4430	0.87	5461.3	10242.10
LT-SED-15	Laguna Tinquicocha	7.75	2.54	674.2	21.4	296.9	2434	0.77	4773.0	14255.21

LT-SED-16	Laguna Tinquicocha	7.71	2.50	766.1	31.4	138.6	1518	0.52	4437.2	24460.26
LT-SED-17	Laguna Tinquicocha	7.72	2.57	860.4	41.6	343.5	2459	0.50	1145.8	14167.68
LT-SED-18	Laguna Tinquicocha	7.78	2.53	263.8	12.7	177.8	2219	0.61	4439.2	22815.85
LT-SED-19	Laguna Tinquicocha	7.79	2.51	268.2	13.9	103.1	4251	0.58	3490.7	13079.93
PROMEDIO		7.74	2.54	617.4	36.8	265.8	3167	0.73	4373.4	15642.45
ISQG		---	---	5.9	0.6	37.3	35.7	0.17	35	123
PEL		---	---	17	3.5	90	197	0.486	91.3	315

Nota: PS: Peso Seco. Fuente: Informe de Ensayo JUN1094.R23.

Figura 19

Mapa de Cd, Cr y Cu de la Laguna Tinquicocha.

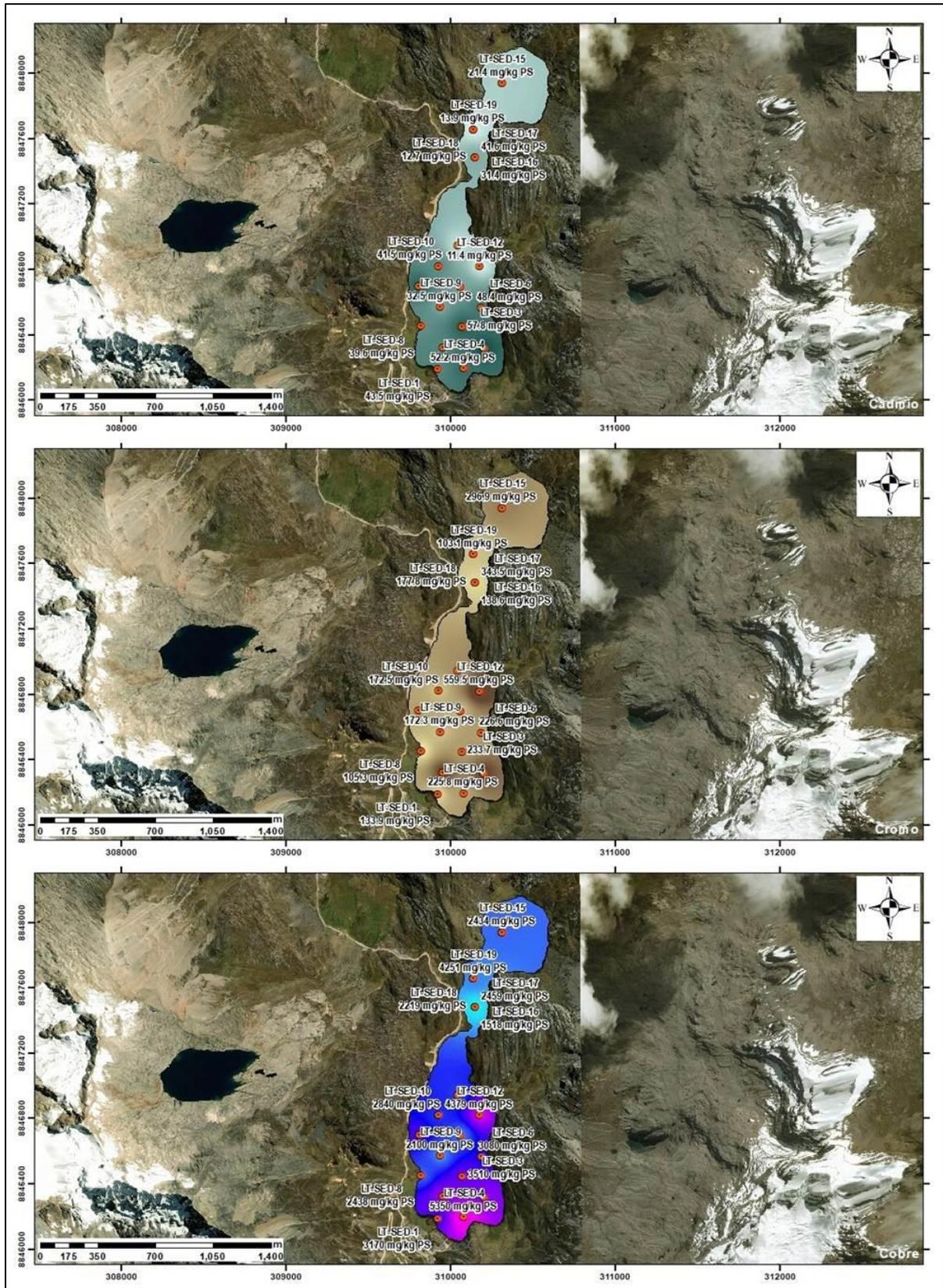
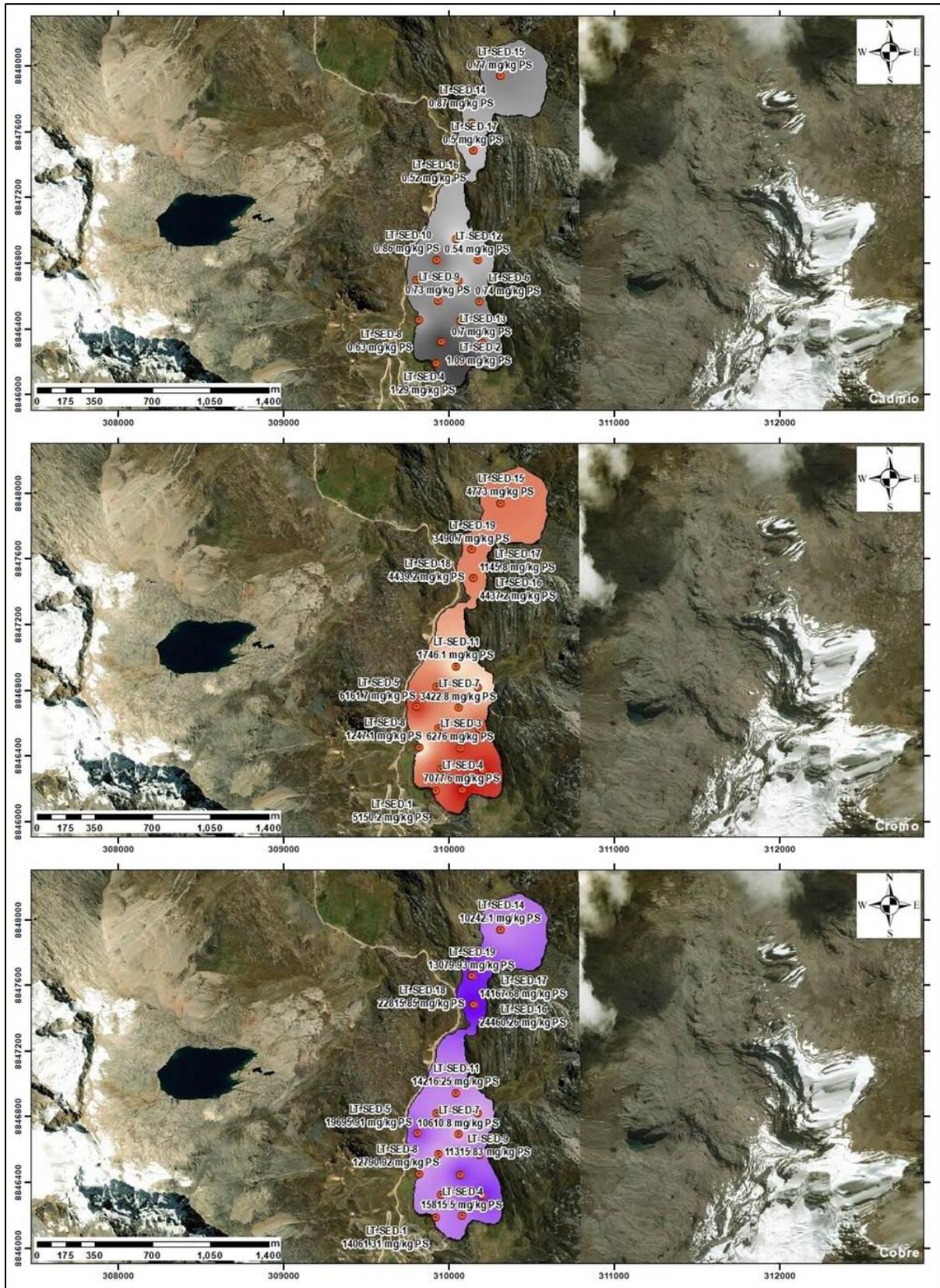


Figura 20

Mapa de Hg, Pb y Zn de la Laguna Tinquicocha.



4.1.2. Nivel de Fondo.

A continuación, se presenta los resultados del análisis químico realizado a las muestras obtenidas de la Laguna Lauricocha, donde se analizaron las concentraciones de pH, materia orgánica y metales pesados para la determinación del fondo geoquímico o nivel de fondo.

De la Tabla 21, se infiere lo siguiente:

- Los resultados indican un promedio de 7.32 unidades para el parámetro pH en sedimentos y tomando como referencia el Soil Survey Manual (2017), nos indica que son de clase “ligeramente alcalino”.
- Los resultados indican un promedio de 3.60 % para el parámetro MO en sedimentos y tomando como referencia el Soil Survey Manual (2017), nos indica que son de un nivel medio de materia orgánica.
- Los resultados para Metales Totales indican que todos los puntos de medición no superan los valores establecidos en la Norma Canadiense, *Canadian Environmental Quality Guidelines (CEQG) for the Protection of Aquatic Life. Freshwater PEL - Probable Effect Level (en adelante, PEL de la CEQG) e ISQG - Interim Sediment Quality Guideline (en adelante, ISQG de la CEQG)* para Arsénico total, Cadmio total, Cobre total, Cromo total, Mercurio total, Plomo total y Zinc total.

Tabla 21*Resultados del análisis químico de sedimentos de la Laguna Lauricocha.*

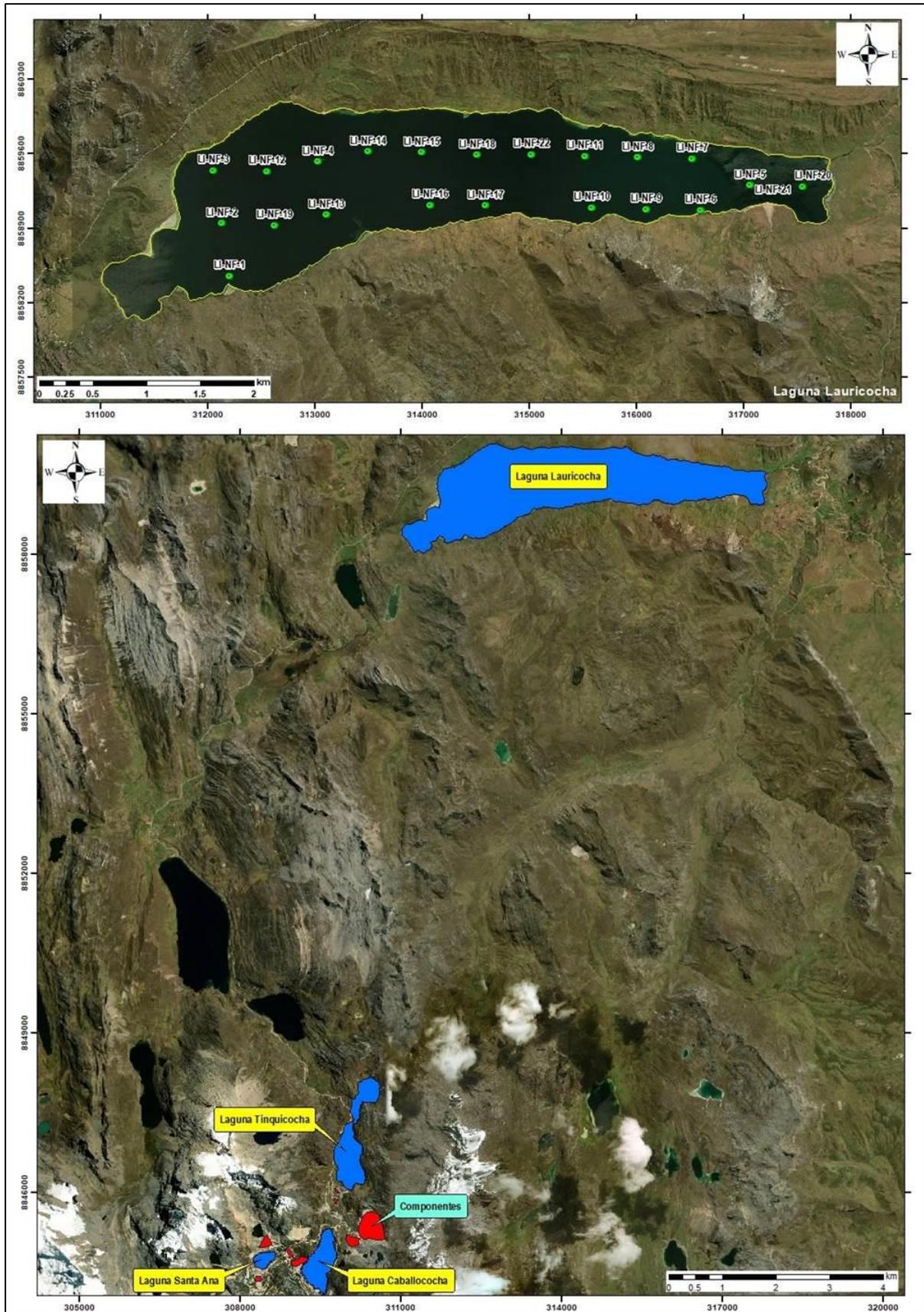
Puntos de medición	Nombre Unidades	pH Unidad pH	MO %	As mg/kg PS	Cd mg/kg PS	Cr mg/kg PS	Cu mg/kg PS	Hg mg/kg PS	Pb mg/kg PS	Zn mg/kg PS
LL-NF-1	Laguna Lauricocha	7.21	3.26	4.5	0.4	18.7	19.60	0.08	20.9	38.29
LL-NF-2	Laguna Lauricocha	7.42	3.45	5.2	0.5	13.4	18.50	0.09	21.6	43.23
LL-NF-3	Laguna Lauricocha	7.12	3.47	5.4	0.3	10.9	10.40	0.11	26.2	79.36
LL-NF-4	Laguna Lauricocha	7.25	3.23	4.6	0.4	13.4	17.50	0.14	25.1	29.16
LL-NF-5	Laguna Lauricocha	7.39	3.49	5.8	0.2	14.9	14.70	0.04	19.5	61.13
LL-NF-6	Laguna Lauricocha	7.43	3.41	3.0	0.2	12.7	18.50	0.12	24.6	29.19
LL-NF-7	Laguna Lauricocha	7.36	3.21	4.0	0.5	16.2	12.30	0.07	20.6	56.99
LL-NF-8	Laguna Lauricocha	7.54	3.41	3.6	0.4	15.7	16.07	0.14	17.9	84.48
LL-NF-9	Laguna Lauricocha	7.24	3.89	3.2	0.2	17.4	14.70	0.09	28.9	69.64
LL-NF-10	Laguna Lauricocha	7.35	3.56	5.2	0.1	11.2	18.63	0.08	23.6	53.89
LL-NF-11	Laguna Lauricocha	7.41	3.21	4.9	0.5	14.5	14.30	0.11	14.9	66.51
LL-NF-12	Laguna Lauricocha	7.01	3.84	5.8	0.4	14.3	17.01	0.07	13.8	85.79
LL-NF-13	Laguna Lauricocha	7.08	3.85	5.0	0.5	13.2	11.60	0.10	26.2	77.45
LL-NF-14	Laguna Lauricocha	7.09	3.95	4.1	0.5	14.6	19.10	0.09	20.1	54.09
LL-NF-15	Laguna Lauricocha	7.32	3.78	5.7	0.4	11.8	13.70	0.14	27.6	99.81

LL-NF-16	Laguna Lauricocha	7.42	3.83	2.1	0.5	17.4	10.60	0.14	18.6	85.31
LL-NF-17	Laguna Lauricocha	7.14	3.78	3.9	0.5	13.6	18.10	0.09	28.4	31.68
LL-NF-18	Laguna Lauricocha	7.53	3.59	4.0	0.5	10.6	16.30	0.02	19.2	68.91
LL-NF-19	Laguna Lauricocha	7.23	3.77	2.9	0.3	11.8	15.40	0.08	16.8	78.24
LLI-NF-20	Laguna Lauricocha	7.41	3.89	5.8	0.5	16.6	10.50	0.01	19.7	62.89
LL-NF-21	Laguna Lauricocha	7.48	3.65	5.1	0.3	10.2	13.20	0.14	31.8	99.85
LL-NF-22	Laguna Lauricocha	7.69	3.74	5.6	0.5	19.7	12.90	0.11	24.7	74.86
PROMEDIO		7.32	3.60	4.5	0.4	14.2	15.2	0.09	22.3	65.03
ISQG		---	---	5.9	0.6	37.3	35.7	0.17	35	123
PEL		---	---	17	3.5	90	197	0.486	91.3	315

Nota: PS: Peso Seco. Fuente: Informe de Ensayo JUN1094.R23.

Figura 21

Mapa de laguna Lauricocha (arriba) y Mapa general de lagunas (abajo).



De la Tabla 22, se infiere lo siguiente:

- Los resultados indican que el parámetro pH en sedimentos se encuentra cercano a los valores de niveles de fondo.
- Los resultados indican que el parámetro MO en sedimentos son menores a los valores de niveles de fondo.
- Los resultados de Arsénico total, Cadmio total, Cobre total, Cromo total, Mercurio total, Plomo total y Zinc total indican que son mayores que los valores de niveles de fondo.

Tabla 22

Resultados de comparación con el nivel de fondo.

Nombre	pH	MO	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Zn
Unidades	Unidad pH	%	mg/kg PS						
Laguna Santa Ana	7.32	1.43	236.5	39.1	8.2	2434	0.60	4860.0	14045.0
Laguna Cabalcocha	7.24	1.54	209.5	30.3	24.2	382	0.35	4301.4	3952.45
Laguna Tinquicocha	7.74	2.54	617.4	36.8	265.8	3167	0.73	4373.4	15642.45
Nivel de Fondo*	7.32	3.60	4.5	0.4	14.2	15.2	0.09	22.3	65.03

Nota: PS: Peso Seco. (*) Laguna Lauricocha. Los valores indicados en la tabla son promedios de cada tabla. Fuente: Informe de Ensayo JUN1094.R23.

4.1.3. Índice de Geoacumulación.

En las Tablas 23, 24 y 25 se observan los resultados del cálculo de Índice de Geoacumulación de las tres lagunas evaluadas.

De la Tabla 23 y Figura 22, se infiere que el 71% de los parámetros analizados (Arsénico Total, Cadmio Total, Cobre Total, Plomo Total y Zinc Total) tuvieron un Índice de Geoacumulación “extremadamente contaminado”. Caso contrario sucedió con el Cromo Total que obtuvo un Índice de Geoacumulación “prácticamente sin contaminar”. Asimismo, el Mercurio Total tuvo un valor de Índice de Geoacumulación “moderada a fuertemente contaminado”.

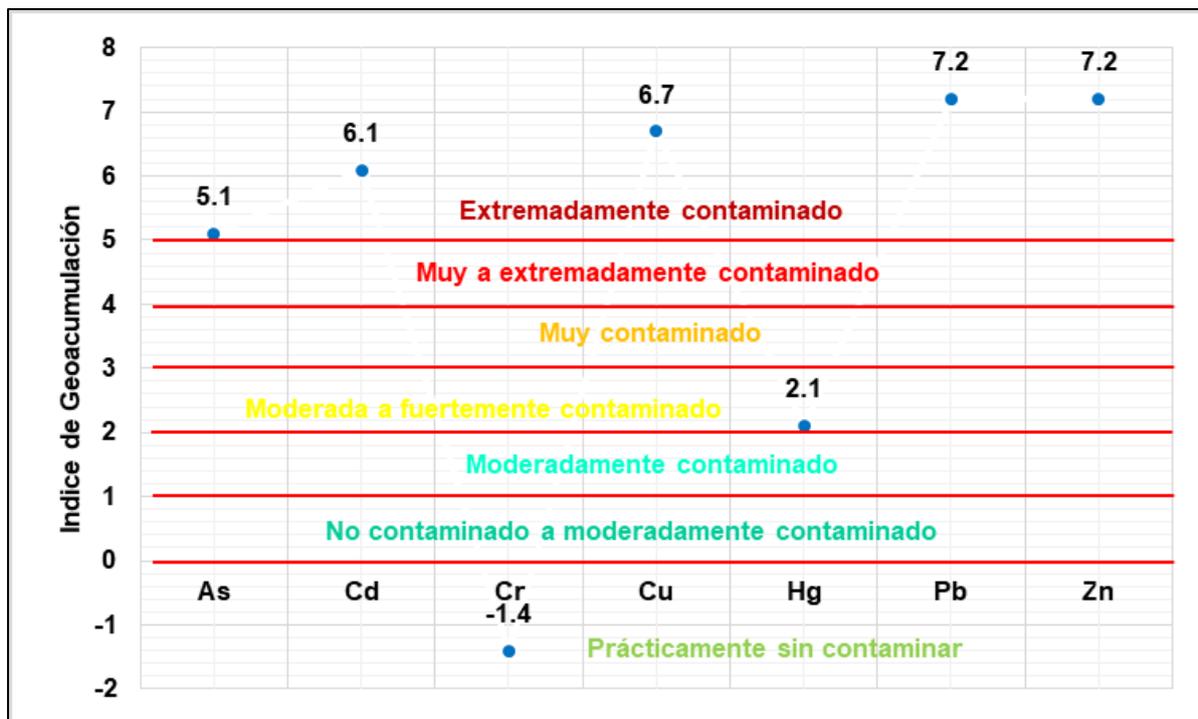
Tabla 23

Índice de Geoacumulación de la Laguna Santa Ana.

Parámetros	I _{geo}	Descripción	Trama
Arsénico	5.1	Extremadamente contaminado	
Cadmio	6.1	Extremadamente contaminado	
Cromo	-1.4	Prácticamente sin contaminar	
Cobre	6.7	Extremadamente contaminado	
Mercurio	2.1	Moderada a fuertemente contaminado	
Plomo	7.2	Extremadamente contaminado	
Zinc	7.2	Extremadamente contaminado	

Figura 22

Gráfica del Índice de Geoacumulación de la Laguna Santa Ana.



De la Tabla 24 y Figura 23, se infiere que el 43% de los parámetros analizados (Cadmio Total, Plomo Total y Zinc Total) tuvieron un Índice de Geoacumulación “extremadamente contaminado”. Caso contrario sucedió con el Cromo Total que obtuvo un Índice de Geoacumulación “prácticamente sin contaminar”. Asimismo, el Arsénico y Cobre Total tuvieron un Índice de Geoacumulación “muy a extremadamente contaminado”. Por último, el Mercurio Total tuvo un valor de Índice de Geoacumulación “moderadamente contaminado”.

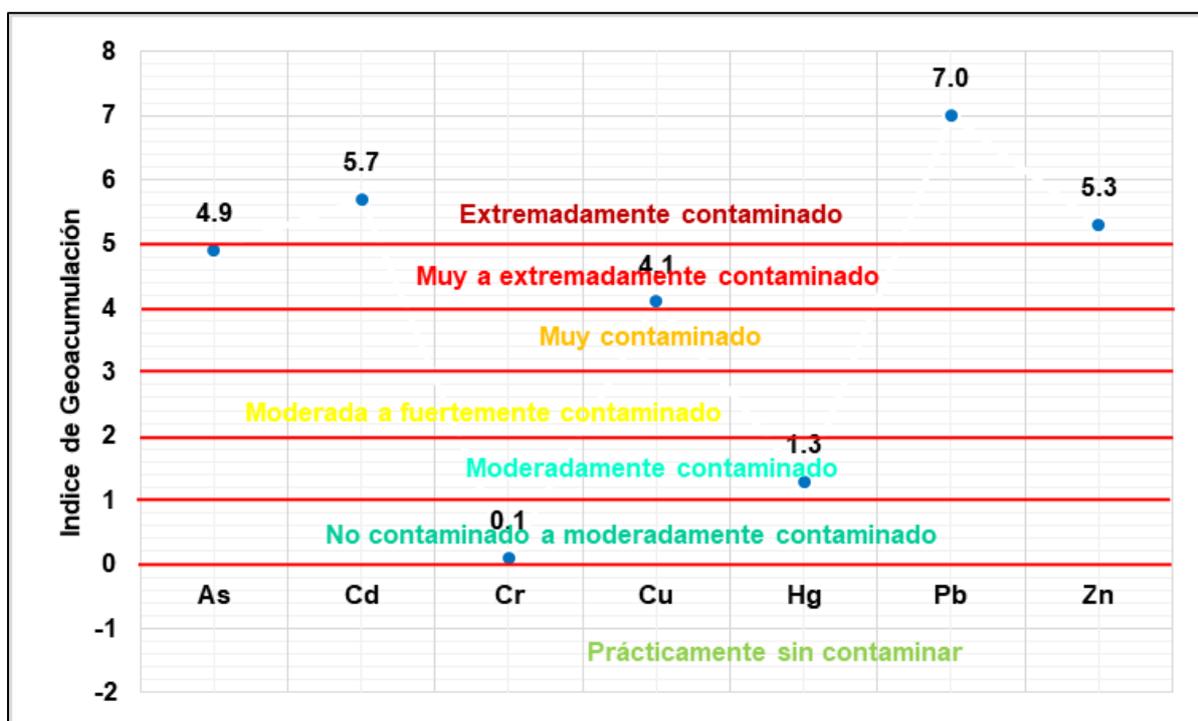
Tabla 24

Índice de Geoacumulación de la Laguna Caballococha.

Parámetros	I _{geo}	Descripción	Trama
Arsénico	4.9	Muy a extremadamente contaminado	
Cadmio	5.7	Extremadamente contaminado	
Cromo	0.1	No contaminado a moderadamente contaminado	
Cobre	4.1	Muy a extremadamente contaminado	
Mercurio	1.3	Moderadamente contaminado	
Plomo	7.0	Extremadamente contaminado	
Zinc	5.3	Extremadamente contaminado	

Figura 23

Gráfica del Índice de Geoacumulación de la Laguna Caballococha.



De la Tabla 25 y Figura 24, se infiere que el 71% de los parámetros analizados (Arsénico Total, Cadmio Total, Cobre Total, Plomo Total y Zinc Total) tuvieron un Índice de Geoacumulación “extremadamente contaminado”. Asimismo, el Cromo Total y Mercurio Total tuvieron un valor de Índice de Geoacumulación “muy contaminado” y “moderada a fuertemente contaminado”, respectivamente.

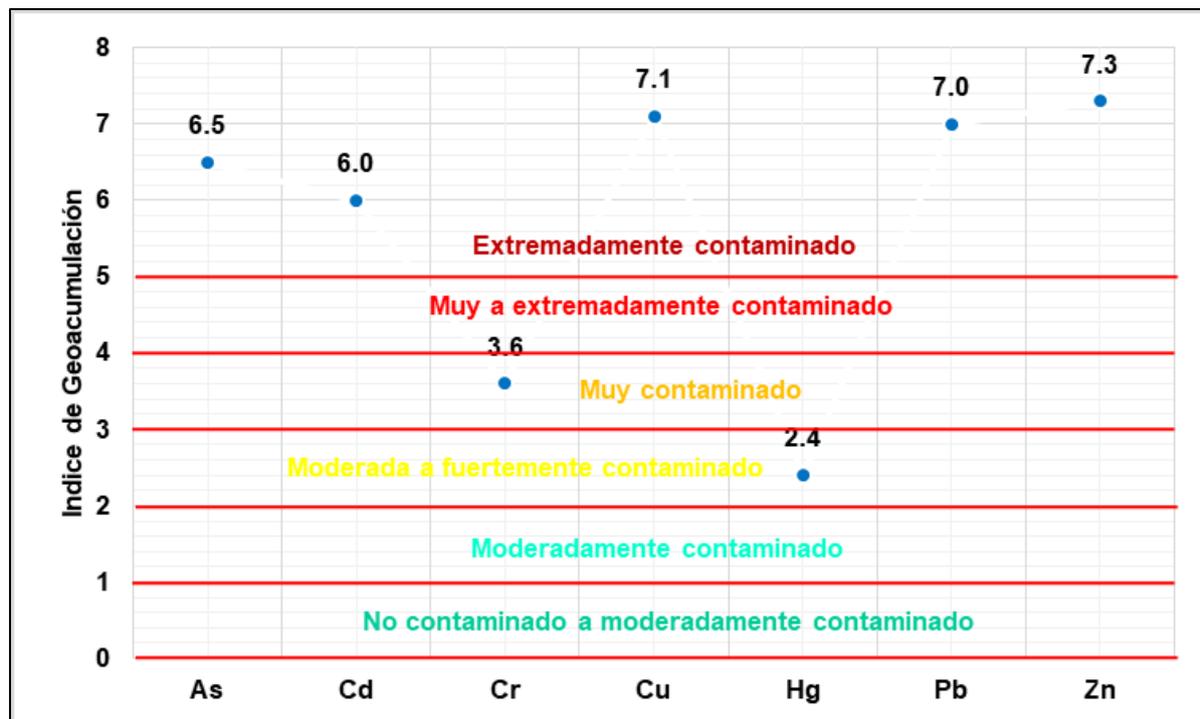
Tabla 25

Índice de Geoacumulación de la Laguna Tinquicocha.

Parámetros	I_{geo}	Descripción	Trama
Arsénico	6.5	Extremadamente contaminado	
Cadmio	6.0	Extremadamente contaminado	
Cromo	3.6	Muy contaminado	
Cobre	7.1	Extremadamente contaminado	
Mercurio	2.4	Moderada a fuertemente contaminado	
Plomo	7.0	Extremadamente contaminado	
Zinc	7.3	Extremadamente contaminado	

Figura 24

Gráfica del Índice de Geoacumulación de la Laguna Tinquicocha.



4.1.4. Factor de Enriquecimiento.

En las Tablas 26, 27 y 28 se observan los resultados del cálculo de Índice de Geoacumulación de las tres lagunas evaluadas.

De la Tabla 26 y Figura 25, se infiere que el 57% de los parámetros analizados (Cadmio Total, Cobre Total, Plomo Total y Zinc Total) tuvieron un Factor de Enriquecimiento “extremadamente alto”. Caso contrario sucedió con el Cromo Total que obtuvo un Factor de Enriquecimiento “deficiente”. Asimismo, el Arsénico y Mercurio Total tuvieron un Factor de Enriquecimiento “muy alto” y “moderado”, respectivamente.

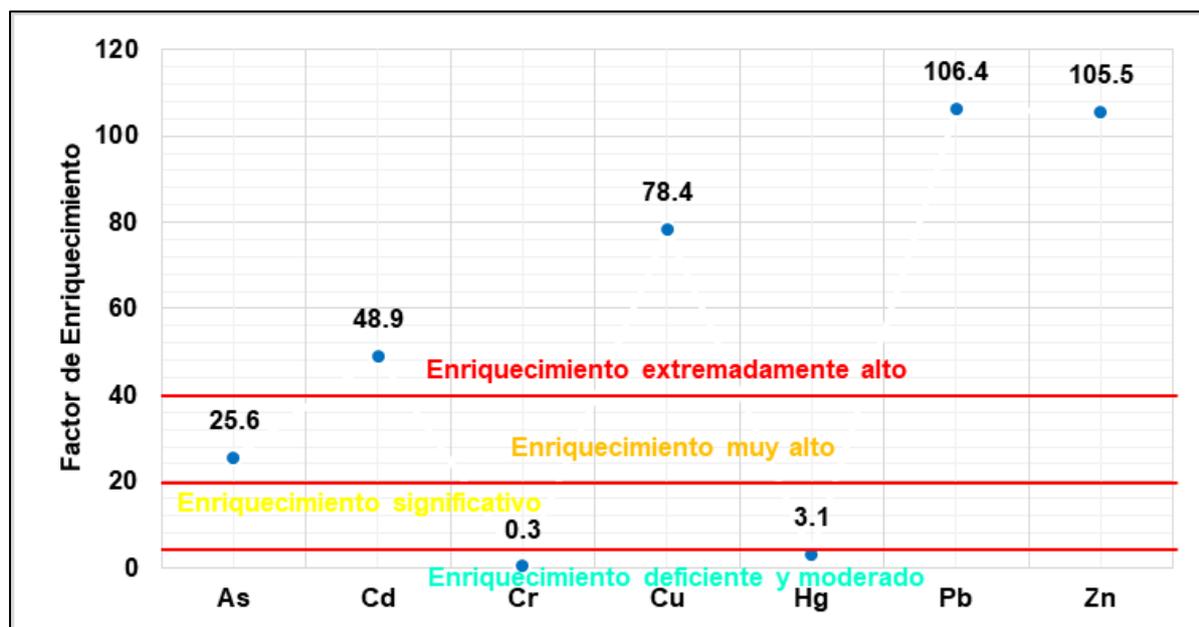
Tabla 26

Factor de Enriquecimiento de la Laguna Santa Ana.

Parámetros	FE	Descripción	Trama
Arsénico	25.8	Enriquecimiento muy alto	
Cadmio	48.9	Enriquecimiento extremadamente alto	
Cromo	0.3	Enriquecimiento deficiente	
Cobre	78.4	Enriquecimiento extremadamente alto	
Mercurio	3.1	Enriquecimiento moderado	
Plomo	106.4	Enriquecimiento extremadamente alto	
Zinc	105.5	Enriquecimiento extremadamente alto	

Figura 25

Gráfica del Factor de Enriquecimiento de la Laguna Santa Ana.



De la Tabla 27 y Figura 26, se infiere que el 57% de los parámetros analizados (Arsénico Total, Cadmio Total, Plomo Total y Zinc Total) tuvieron un Factor de Enriquecimiento “extremadamente alto”. Caso contrario sucedió con el Cromo Total que

obtuvo un Factor de Enriquecimiento “deficiente”. Asimismo, el Cobre y Mercurio Total tuvieron un Factor de Enriquecimiento “muy alto” y “moderado”, respectivamente.

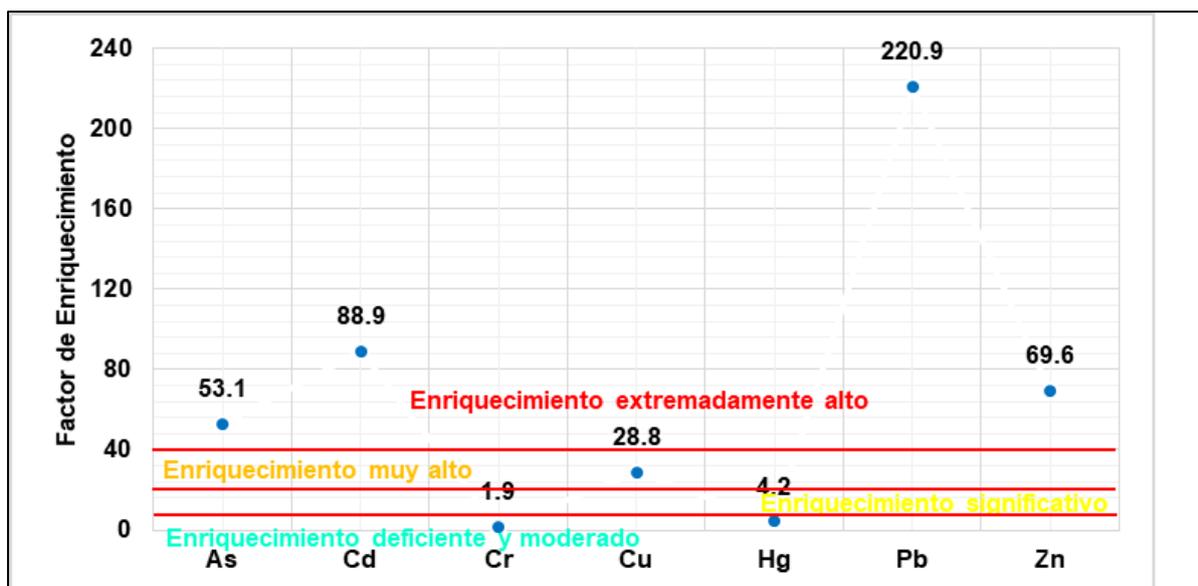
Tabla 27

Factor de Enriquecimiento de la Laguna Caballococha.

Parámetros	FE	Descripción	Trama
Arsénico	53.1	Enriquecimiento extremadamente alto	
Cadmio	88.9	Enriquecimiento extremadamente alto	
Cromo	1.9	Enriquecimiento deficiente	
Cobre	28.8	Enriquecimiento muy alto	
Mercurio	4.2	Enriquecimiento moderado	
Plomo	220.9	Enriquecimiento extremadamente alto	
Zinc	69.6	Enriquecimiento extremadamente alto	

Figura 26

Gráfica del Factor de Enriquecimiento de la Laguna Caballococha.



De la Tabla 28 y Figura 27, se infiere que el 71% de los parámetros analizados (Arsénico Total, Cadmio Total, Plomo Total, Cobre Total y Zinc Total) tuvieron un Factor de

Enriquecimiento “extremadamente alto”. Asimismo, el Cromo y Mercurio Total tuvieron un Factor de Enriquecimiento “muy alto” y “significativo”, respectivamente.

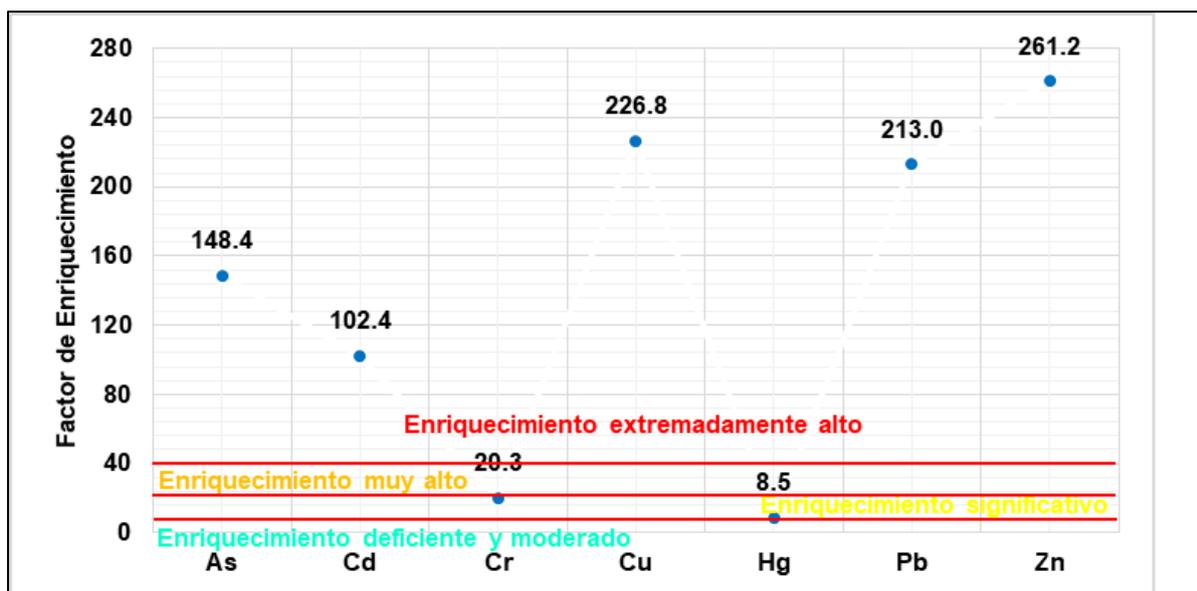
Tabla 28

Factor de Enriquecimiento de la Laguna Tinquicocha.

Parámetros	FE	Descripción	Trama
Arsénico	148.4	Enriquecimiento extremadamente alto	■
Cadmio	102.4	Enriquecimiento extremadamente alto	■
Cromo	20.3	Enriquecimiento muy alto	■
Cobre	226.8	Enriquecimiento extremadamente alto	■
Mercurio	8.5	Enriquecimiento significativo	■
Plomo	213.0	Enriquecimiento extremadamente alto	■
Zinc	261.2	Enriquecimiento extremadamente alto	■

Figura 27

Gráfica del Factor de Contaminación de la Laguna Tinquicocha.



4.2. Factor de Contaminación.

En las Tablas 29, 30 y 31 se observan los resultados del cálculo de Índice de Geoacumulación de las tres lagunas evaluadas.

De la Tabla 29 y Figura 28, se infiere que el 71% de los parámetros analizados (Arsénico Total, Cadmio Total, Cobre Total, Plomo Total y Zinc Total) tuvieron un Factor de Contaminación “muy alto”. Caso contrario sucedió con el Cromo Total que obtuvo un Factor de Contaminación “bajo”. Asimismo, el Mercurio Total tuvo un valor de Factor de Contaminación “moderado”.

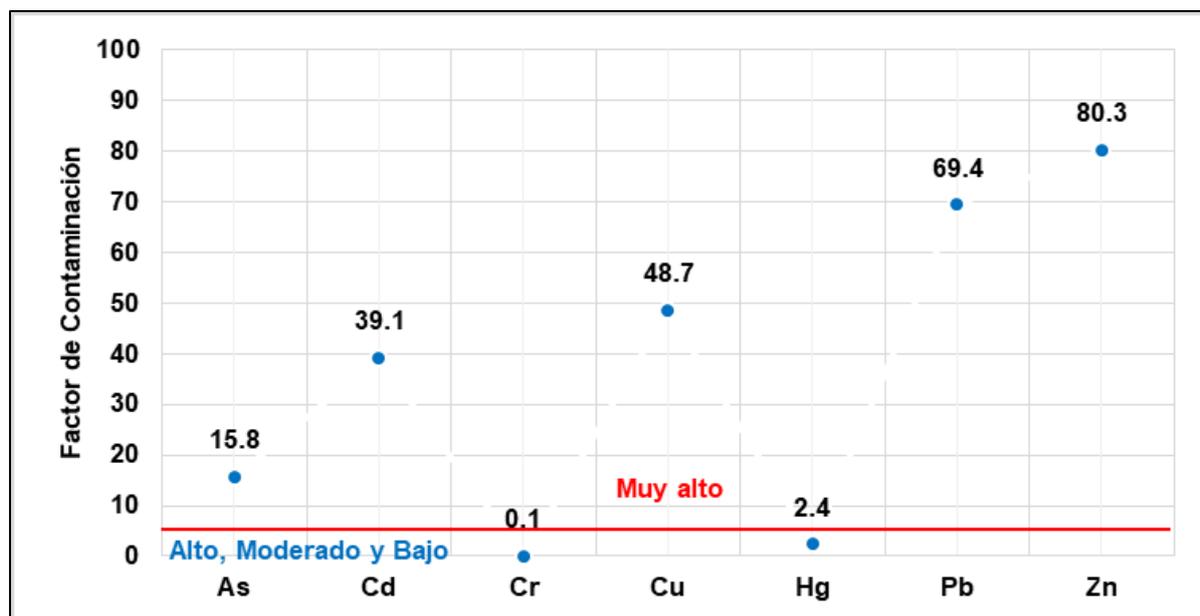
Tabla 29

Factor de Contaminación de la Laguna Santa Ana.

Parámetros	FC	Descripción	Trama
Arsénico	15.8	Muy alto	
Cadmio	39.1	Muy alto	
Cromo	0.1	Bajo	
Cobre	48.7	Muy alto	
Mercurio	2.4	Moderado	
Plomo	69.4	Muy alto	
Zinc	80.3	Muy alto	

Figura 28

Gráfica del Factor de Contaminación de la Laguna Santa Ana.



De la Tabla 30 y Figura 29, se infiere que el 71% de los parámetros analizados (Arsénico Total, Cadmio Total, Cobre Total, Plomo Total y Zinc Total) tuvieron un Factor de Contaminación “muy alto”. Caso contrario sucedió con el Cromo Total que obtuvo un Factor de Contaminación “bajo”. Asimismo, el Mercurio Total tuvo un valor de Factor de Contaminación “moderado”.

Tabla 30

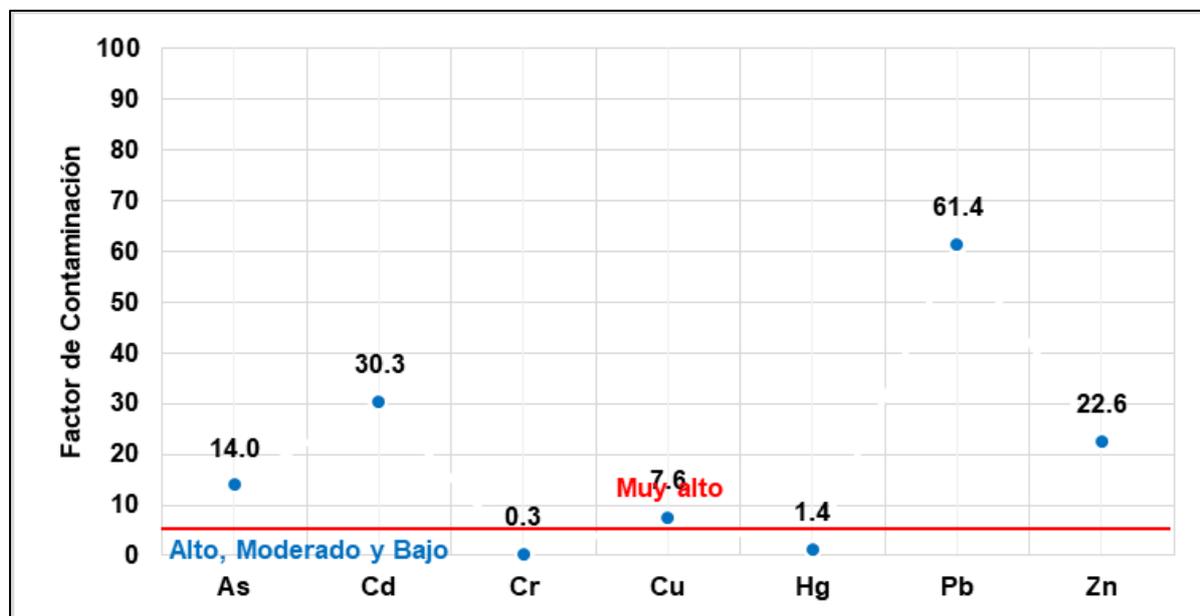
Factor de Contaminación de la Laguna Caballococha.

Parámetros	FC	Descripción	Trama
Arsénico	14.0	Muy alto	■
Cadmio	30.3	Muy alto	■
Cromo	0.3	Bajo	■
Cobre	7.6	Muy alto	■
Mercurio	1.4	Moderado	■
Plomo	61.4	Muy alto	■

Zinc	22.6	Muy alto	
------	------	----------	--

Figura 29

Gráfica del Factor de Contaminación de la Laguna Caballococha.



De la Tabla 31 y Figura 30, se infiere que el 71% de los parámetros analizados (Arsénico Total, Cadmio Total, Cobre Total, Plomo Total y Zinc Total) tuvieron un Factor de Contaminación “muy alto”. Caso contrario sucedió con el Cromo Total que obtuvo un Factor de Contaminación “alto”. Asimismo, el Mercurio Total tuvo un valor de Factor de Contaminación “moderado”.

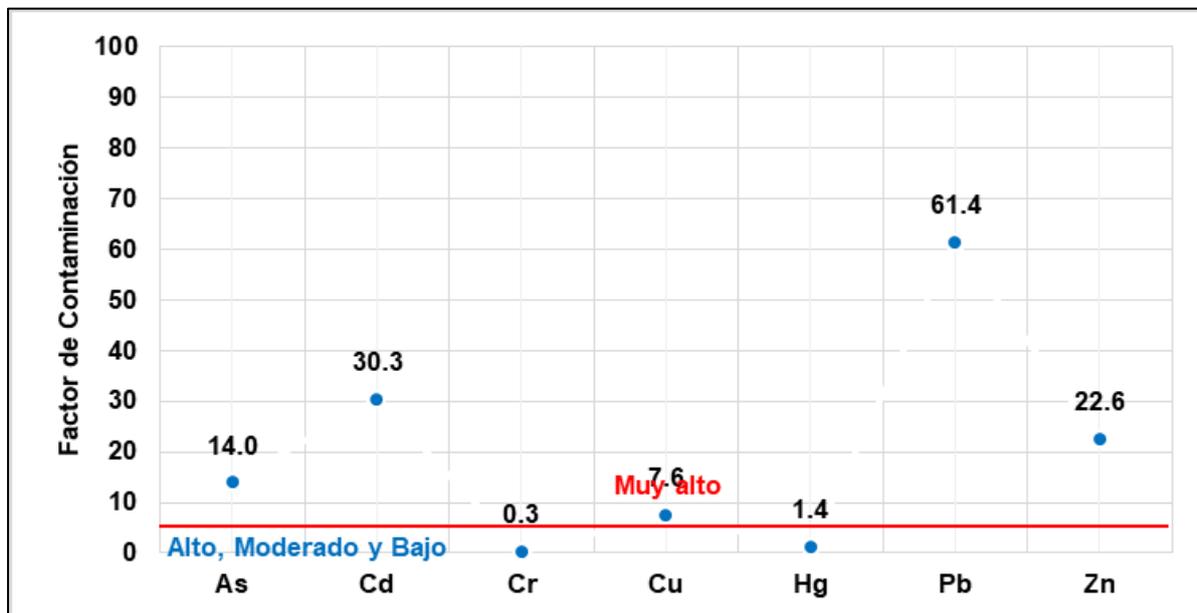
Tabla 31

Factor de Contaminación de la Laguna Tinquicocha.

Parámetros	FC	Descripción	Trama
Arsénico	41.2	Muy alto	
Cadmio	36.8	Muy alto	
Cromo	3.0	Alto	
Cobre	63.3	Muy alto	
Mercurio	2.9	Moderado	
Plomo	62.5	Muy alto	
Zinc	89.4	Muy alto	

Figura 30

Gráfica del Factor de Contaminación de la Laguna Tinquicocha.



4.2.1. Grado de Contaminación.

De la Tabla 32 y Figura 31, se infiere que las tres (03) lagunas obtuvieron un Grado de Contaminación “muy alto”.

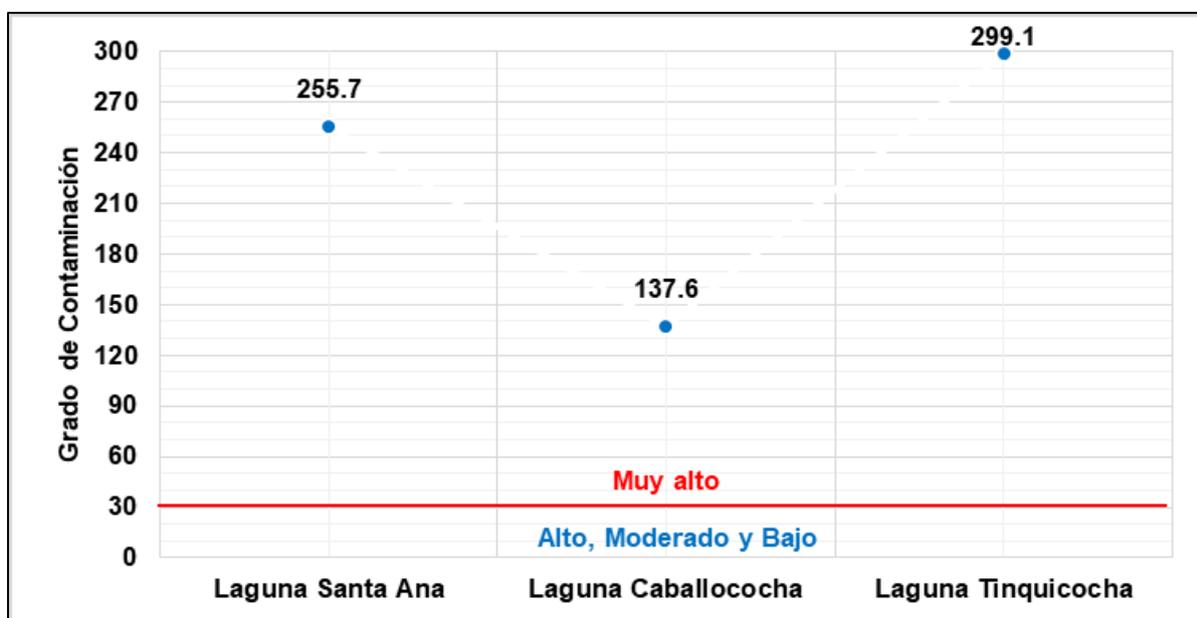
Tabla 32

Grado de Contaminación de las Lagunas.

Parámetros	GC	Descripción	Trama
Laguna Santa Ana	255.7	Muy alto	
Laguna Caballococha	137.6	Muy alto	
Laguna Tinquicocha	299.1	Muy alto	

Figura 31

Gráfica del Grado de Contaminación.



4.3. Factor de Riesgo Potencial Ecológico.

En las Tablas 33, 34 y 35 se observan los resultados del cálculo de Índice de Geoacumulación de las tres lagunas evaluadas.

De la Tabla 33 y Figura 32, se infiere que el 29% de los parámetros analizados (Cadmio Total y Plomo Total) tuvieron un Factor de Riesgo Potencial Ecológico “muy alto”. Asimismo, Arsénico Total, Mercurio Total y Zinc Total tuvieron un valor de Factor de Riesgo Potencial

Ecológico “considerable”. Caso contrario sucedió con el Cromo Total obtuvieron un Factor de Riesgo Potencial Ecológico “bajo”. Por último, el Cobre Total tuvo un valor de Factor de Riesgo Potencial Ecológico “alto”.

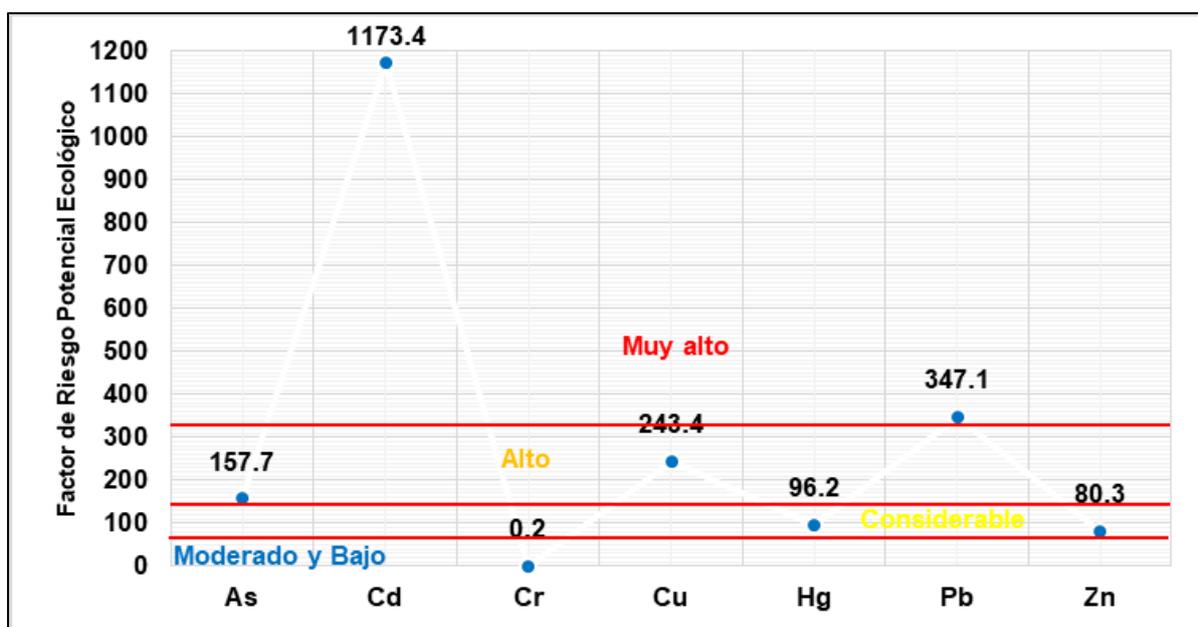
Tabla 33

Factor de Riesgo Potencial Ecológico de la Laguna Santa Ana.

Parámetros	FRPE	Descripción	Trama
Arsénico	157.7	Considerable	
Cadmio	1173.4	Muy alto	
Cromo	0.2	Bajo	
Cobre	243.4	Alto	
Mercurio	96.2	Considerable	
Plomo	347.1	Muy alto	
Zinc	80.3	Considerable	

Figura 32

Gráfica del Factor de Riesgo Pot. Ecológico de la Laguna Santa Ana.



De la Tabla 34 y Figura 33, se infiere que el 14% de los parámetros analizados (Cadmio Total) tuvieron un Factor de Riesgo Potencial Ecológico “muy alto”. Caso contrario sucedió con el Cromo Total, Cobre Total y Zinc Total que obtuvieron un Factor de Riesgo Potencial Ecológico “bajo”. Asimismo, el Arsénico Total, Mercurio Total y Plomo Total tuvieron un valor de Factor de Riesgo Potencial Ecológico “considerable”, “moderado” y “alto”, respectivamente.

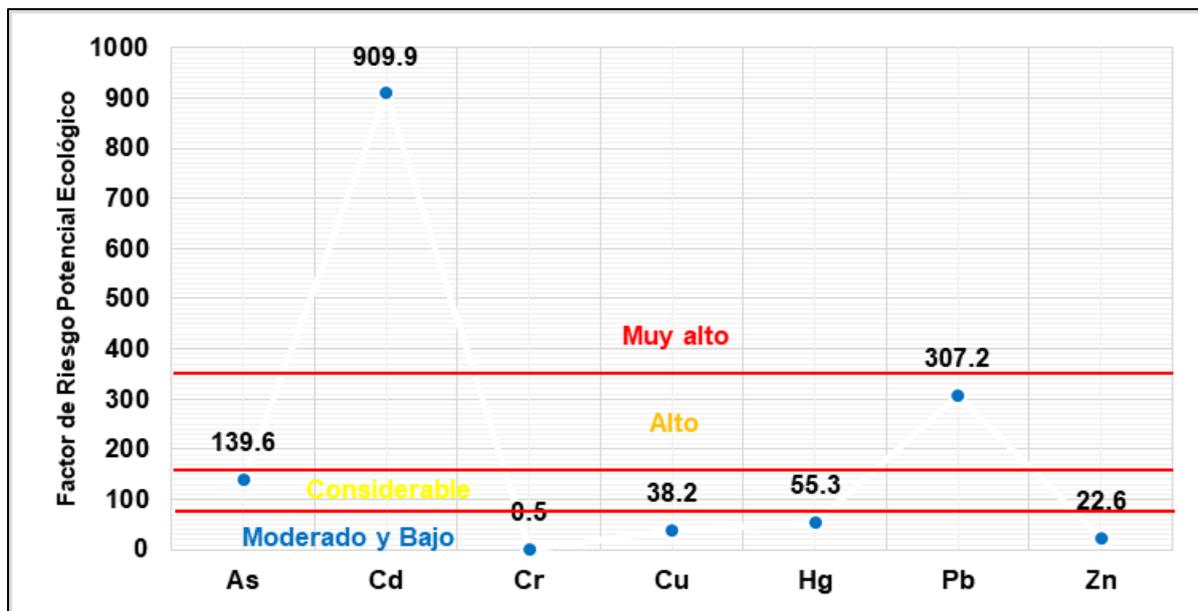
Tabla 34

Factor de Riesgo Potencial Ecológico de la Laguna Caballococha.

Parámetros	FRPE	Descripción	Trama
Arsénico	139.6	Considerable	
Cadmio	909.9	Muy alto	
Cromo	0.5	Bajo	
Cobre	38.2	Bajo	
Mercurio	55.3	Moderado	
Plomo	307.2	Alto	
Zinc	22.6	Bajo	

Figura 33

Gráfica del Factor de Riesgo Pot. Ecológico de la Laguna Caballococha.



De la Tabla 35 y Figura 34, se infiere que el 29% de los parámetros analizados (Arsénico Total y Cadmio Total) tuvieron un Factor de Riesgo Potencial Ecológico “muy alto”. Caso contrario sucedió con el Cromo Total que obtuvo un Factor de Riesgo Potencial Ecológico “bajo”. Asimismo, el Mercurio Total y Zinc Total obtuvieron un valor de Factor de Riesgo Potencial Ecológico “considerable”. Por último, Cobre Total y Plomo Total obtuvieron un valor de Factor de Riesgo Potencial Ecológico “alto”.

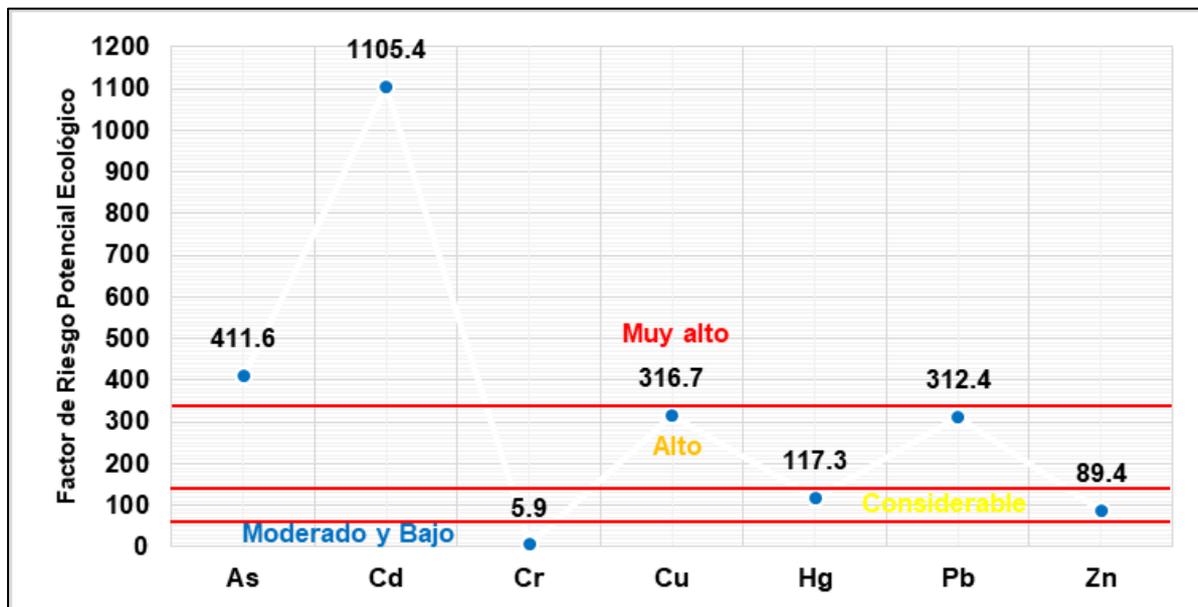
Tabla 35

Factor de Riesgo Potencial Ecológico de la Laguna Tinquicocha.

Parámetros	FRPE	Descripción	Trama
Arsénico	411.6	Muy alto	
Cadmio	1105.4	Muy alto	
Cromo	5.9	Bajo	
Cobre	316.7	Alto	
Mercurio	117.3	Considerable	
Plomo	312.4	Alto	
Zinc	89.4	Considerable	

Figura 34

Gráfica del Factor de Riesgo Pot. Ecológico de la Laguna Tinquicocha.



4.3.1. Índice de Riesgo Ecológico Potencial.

De la Tabla 36 y Figura 35, se infiere que las tres (03) lagunas obtuvieron un Índice de Riesgo Ecológico Potencial “muy alto”.

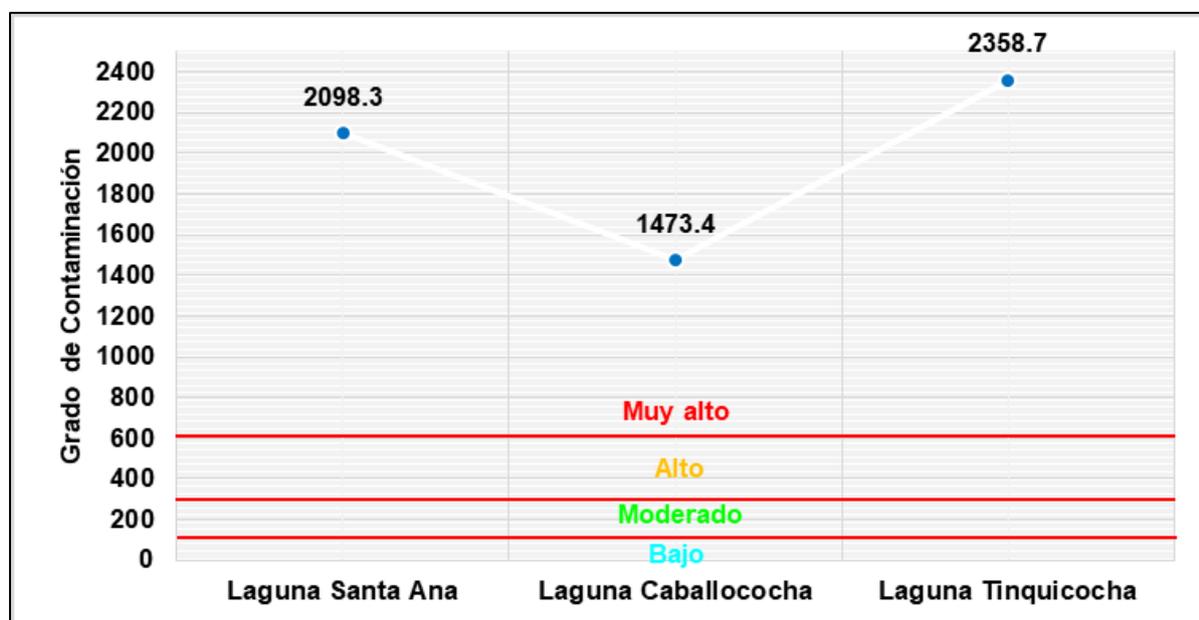
Tabla 36

Índice de Riesgo Ecológico Potencial de las Lagunas.

Parámetros	IREP	Descripción	Trama
Laguna Santa Ana	2098.3	Muy alto	■
Laguna Caballococha	1473.4	Muy alto	■
Laguna Tinquicocha	2358.7	Muy alto	■

Figura 35

Gráfica del Índice de Riesgo Ecológico Potencial.



V. DISCUSION DE RESULTADOS

Los resultados de este estudio muestran que el pH del lodo en los tres humedales de Santa Ana, Caballococha y Tinquicocha se encuentra en el rango de 7.24 - 7.74, el cual se considera neutro. Además, fue similar al pH de fondo medido en la Laguna Lauricocha, que resultó en 7,32 unidades. Sin embargo, esto no concuerda con los valores de pH de 5.9 – 8.4 encontrados por Flores et al (2018) en el humedal “Las Ilusiones” en México. Tres humedales, Santa Ana, Caballococha y Tinquicocha, tienen un contenido de materia orgánica (MO) entre 1,43 y 2,54%, lo que se considera muy bajo. Además, este resultado es inferior al OM encontrado al fondo (Laguna de Lauricocha), que tuvo un resultado de 3.60%. Sin embargo, según Covarrubias et al., es similar al material encontrado en los sedimentos del lago "La Zacatecana" en México. (2018), que oscila entre 4,3 - 1,2%. Las fuentes de subsidencia se pueden dividir en fuentes de subsidencia internas y fuentes de subsidencia externas. El primero proviene de grandes organismos marinos como bacterias marinas, algas y plantas acuáticas, mientras que el segundo proviene de plantas terrestres y actividades humanas (Xu et al., 2017).

Los resultados de la investigación muestran que el arsénico total (236,5 - 617,4 mg/kg), el cadmio total (30,3 - 39,1 mg/kg), el cromo total (8,2 - 265,8 mg/kg), el cobre total (382 - 3167 mg/kg) y otros metales pesados. Los metales estaban presentes. En las lagunas Santa Pozo, Caballococha y Tinquicocha se encontraron mercurio total (0,35 - 0,73 mg/kg), plomo total (4301,4 - 4860 mg/kg) y zinc total (3952,45 - 15642,45 mg/kg) y Directrices canadienses sobre calidad ambiental de los sedimentos marinos. Además, estos resultados son superiores a los niveles de fondo observados en la Laguna Lauricocha. Las fuentes de metales pesados son aguas como las cimas de cuencas, especialmente el océano, lo que puede tener impactos antropogénicos ya que en la zona se realizan muchas actividades, como la minería de mediana y gran escala.

Los resultados de este estudio mostraron que el 71% de los parámetros analizados (arsénico total, cadmio total, cobre total, plomo total y zinc total) contaminaron significativamente el "índice de geoacumulación" del lago Santa Ana. Asimismo, el 43% de los parámetros analizados (cadmio total, plomo total y zinc total) constituyeron el "índice de geoacumulación" más contaminado en Laguna Caballococha. De igual forma, el 71% de los parámetros analizados (concentración de arsénico, cadmio total, cobre total, plomo total y zinc total) en la Laguna de Tinquicocha tuvieron un índice de geoacumulación de "contaminación severa". Estos resultados son consistentes con los hallazgos de Dickson y otros (2021) de que los metales más contaminados en el lago "Marovo" en las Islas Salomón fueron el cobre total, el cromo total y el plomo total, que fueron clasificados como altamente contaminados. El índice de geoacumulación varía de moderado a severo. Aunque el cadmio en los sedimentos parece ser el metal más anormal que existe.

Los resultados de este estudio mostraron que el 57% de los parámetros analizados (cadmio total, cobre total, plomo total y zinc total) tuvieron beneficios "muy altos" para el lago Santa Ana. Asimismo, el 57% de los parámetros analíticos de Laguna Caballococha (arsénico total, cadmio total, plomo total y zinc total) tuvieron valores "muy altos". Asimismo, el 71% de los parámetros analizados (arsénico total, cadmio total, plomo total, cobre total y zinc total) en la Laguna de Tinquicocha tuvieron valores "muy altos". Estos resultados no coinciden con los de Amii et al., (2016), quienes encontraron niveles bajos a moderados de enriquecimiento de arsénico en las aguas "abiertas tropicales" de Nigeria.

Los resultados de este estudio indican que el 71% ($FC > 6$) del Pozo Laguna Santa tiene contaminación "muy alta" en los parámetros analíticos (arsénico total, cadmio total, cobre total, plomo total y zinc total). Asimismo, el 71% ($FC > 6$) de los parámetros analizados (arsénico total, cadmio total, cobre total, plomo total y zinc total) fueron considerados factores de contaminación "muy altos" para Laguna Caballococha. De manera similar, para el lago

Tinquicocha, el 71% (FC>6) de los parámetros analizados (arsénico total, cadmio total, cobre total, plomo total y zinc total) fueron de oscuridad "muy alta". Estos resultados son similares a los encontrados por Mrozinska y Mrozinska. Bakowska (2020) afirmó que las zonas occidental y central del lago "Lebsko" en Polonia se caracterizan por la contaminación por desechos, con cromo total (FC = 1,1), níquel total elevado (FC = 3,5) y contaminación total por desechos. Plomo (FC = 3,1) y sustancias contaminadas con Total Block (FC = 6,6). En comparación, la zona oriental (zona de exportación) tuvo valores más bajos de cromo total (bajo), plomo total (medio) y negro total (alto).

Los resultados de este estudio indicaron que las tres lagunas (Santa Ana, Caballococha y Tinquicocha) obtuvieron un Grado de Contaminación "muy alto".

Los resultados de este estudio indican que el 29% de los parámetros analizados (cadmio total y plomo total) tienen un peligro ambiental potencial "muy alto" para el lago Santa Ana. Asimismo, el 14% de los parámetros analizados (cadmio total) presentaron un potencial "muy alto" de daño ecológico a Laguna Caballococha. Asimismo, el 29% de los parámetros analizados (arsénico total y cadmio total) tuvieron permisibilidad ecológica "muy alta" para la tribu Tinquicocha. Estos resultados son consistentes con los hallazgos de Marín, Rojas y Polo (2022) de que los elementos más peligrosos que representan una amenaza para el medio ambiente son el cadmio total y el zinc total, mientras que el cobre total muestra la menor cantidad de enfermedades costeras. En los ríos oceánicos de Venezuela.

Los resultados de este estudio indicaron que las tres lagunas (Santa Ana, Caballococha y Tinquicocha) obtuvieron un Índice de Riesgo Ecológico Potencial "muy alto".

VI. CONCLUSIONES

De los resultados se concluye que:

- 6.1** Las tres lagunas Santa Ana, Caballococha y Tinquicocha obtuvieron un Grado de Contaminación “muy alto” con valores de 255.7, 137.6 y 299.1, respectivamente. Teniendo en cuenta que el factor de enriquecimiento en la laguna Caballococha en los metales pesados zinc, plomo, arsénico y cadmio tiene un enriquecimiento extremadamente alto, en el cobre muy alto por lo tanto se puede deducir que son de origen antropogénico, mientras que en el caso del cromo que es deficiente se puede inferir que es origen natural. El factor de enriquecimiento de la Laguna Tinquicocha en los metales pesados Arsenio, cadmio, cobre, plomo y zinc son extremadamente altos y en el cromo es muy alta por lo tanto se puede inferir que es de origen antropogénico, mientras que el mercurio es deficiente lo cual puede demostrarse que es de origen natural. El factor de enriquecimiento de la laguna de Santa Ana en los metales pesados cadmio, cobre, plomo y zinc son extremadamente altos, el mercurio es moderado y el arsénico muy alto por lo tanto se puede deducir son de origen antropogénico, mientras que el cromo es deficiente lo cual denotaría que es de origen natural.
- 6.2** El factor de contaminación son altas en la laguna Santa Ana, Caballococha y Tinquicocha debido a altas concentraciones en los metales pesados como el arsénico, cadmio, cobre, plomo y zinc.
- 6.3** Asimismo, se concluye que las tres lagunas Santa Ana, Caballococha y Tinquicocha obtuvieron un Índice de Riesgo Ecológico Potencial “muy alto” con valores de 2098.3, 1473.4 y 2358.7, respectivamente. Por lo cual se puede deducir que las tres lagunas en estudio son perjudiciales para la flora, fauna y seres humanos.

Por lo tanto; se concluye que existe un alto factor de contaminación y riesgo potencial ecológico por metales pesados en sedimentos acuáticos de las lagunas Santa Ana, Caballococha y Tinquicocha del distrito de San Miguel de Cauri, Huánuco. La cual nos permite determinar el origen de la contaminación y de la afectación a los seres vivos.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda:

- 7.1** Realizar muestreo de calidad del agua para metales pesados a las lagunas Santa Ana, Caballococha y Tinquicocha para verificar si existe correlación con los resultados de sedimentos.
- 7.2** Realizar muestreo de calidad del suelo a la zona circundante a las lagunas Santa Ana, Caballococha y Tinquicocha para verificar si existe correlación con los resultados de sedimentos.
- 7.3** Realizar muestreo de calidad de agua a los efluentes que desembocan en las lagunas Santa Ana, Caballococha y Tinquicocha.
- 7.4** Realizar muestreo de calidad de agua y sedimentos a las lagunas que no han sido tomadas en cuenta para esta investigación.
- 7.5** Realizar el tratamiento de las lagunas aplicando la fitorremediación, la aireación del agua o el uso de tecnologías de tratamiento.
- 7.6** Promover proyectos de inversión de restauración en las lagunas cercanas al área de influencia directa de la unidad minera Raura.

VIII. REFERENCIAS

- AGQ Labs (2017). “Evaluación de la contaminación en sedimentos. La contaminación en sedimentos constituye una de las principales fuentes de contaminación de las aguas naturales”. Lima, Perú.
- Amii Usese, Obinna Lucian Chukwu, Mohammad Mahmudur Rahman, Ravi Naidu, Shofiqul Islam, E.O. Oyewo (2016). “Factor de enriquecimiento (EF), Factor de contaminación (CF) e índice de geoacumulación (Igeo) para evaluar la contaminación por arsénico en el sedimento de una laguna tropical abierta, suroeste de Nigeria”. *Environmental Technology & Innovation*. Nigeria.
- Botsou, F., Karageorgis, A.P., Dassenakis, E., Scoullou, M., (2011). “Assessment of heavy metal contamination and mineral magnetic characterization of the Asopos river sediments (Central Greece)”. *Mar. Pollut. Bull* 62, 547-563. Atenas, Grecia.
- Bohn, H., McNeal, B. & O'Connor, G. (2001). “Soil Chemistry”. 2da ed. Canadá: John Wiley & Sons, Inc, 341 p. Ontario, Canada.
- Blume H. (2003). “Ríos, lagos, lagunas y marismas: Ecología para descubrir la naturaleza”. Paris, Francia.
- Buat-Menard P. y Chesselet R. (1979). “Variable influence of the atmospheric flux on the trace metal chemistry of oceanic suspended matter”. *Earth Planet Sci Lett*; 42:398 – 411. Atlántico norte tropical.
- Cabrera D. Juan (2018). “Evaluación de la contaminación por metales pesados en sedimentos y suelos de la Reserva Biológica Limoncocha mediante índices de polución – Ecuador”. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación. Universidad de Cantabria, España.

- Chambi Huayta Vanesa (2019). “Determinación de Mercurio y Cadmio en sedimentos de la Laguna Umayo en el distrito de Atuncolla, departamento de Puno - 2018”. Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental. Universidad Privada San Carlos, Puno, Perú.
- Condori S. Kenyo A. (2019). “Estimación del Factor de Enriquecimiento, Índice de Geoacumulación y el Riesgo Ecológico de elementos ecotóxicos en los sedimentos marinos del Puerto de Matarani, 2019, departamento de Arequipa”. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental. Perú.
- CCME, (2021). “Canadian Council of Ministers of the Environment”. Ontario, Canada.
- Covarrubias S., Flores de la Torre J., Maldonado M., Avelar F. & Peña J. (2018). “Spatial Variability of Heavy Metals in Soils and Sediments of “La Zacatecana” Lagoon, Mexico”. Applied and Environmental Soil Science. Ciudad de México, México.
- Comisión de Ambiente y Ecología, (2015). “30 ríos y 06 lagunas a nivel nacional con grave contaminación”. Lima, Perú.
- Das, Surajit y Rajan D. (2017). “Handbook of metal-microbe interactions and bioremediation”. CRC PRESS, pp. 7-43. Florida, EE.UU.
- Dickson Boboria, Matakite Maata, Francis S. Mani (2021). “Contaminación por metales en sedimentos y bivalvos en la laguna Marovo, Islas Salomón”. Marine Pollution Bulletin 164. Islas Salomon.
- EMIS (2021). Compañía Minera Raura S.A. (PERÚ). Lima, Perú.
- EPA (2001). “Manual técnico de métodos de colección, almacenamiento y manipulación de sedimentos”. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA). Washington, EE.UU.
- Flores Carmen M., Ebaelia del Angel., Fria Dora M., y Gomez Ana L. (2018). “Evaluación de parámetros fisicoquímicos y metales pesados en agua y sedimento superficial de la

- Laguna de las Ilusiones, Tabasco, México”. Vol. 9 Núm. 2 (2018). Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Ciudad de México, México.
- Gamalero, E., Lingua, G., Berta, G., & Glick, B. R. (2009). Beneficial role of plant growth promoting bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi on plant response on heavy metal stress. *Canadian Journal of Microbiology*, 55(5), 501-514.
- Jiménez B. Raimundo (2017). “Introducción a la contaminación de suelos”. Mundi-Prensa Libros. Madrid, España.
- Galán H. Emilio y Romero B. Antonio. (2008). “Contaminación de Suelos por Metales Pesados”. Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola. Facultad de Química. UNMSM, Lima, Perú.
- Google Maps (2023). <https://www.google.com/maps>. Lima, Perú.
- Hakanson Lars (1979). “An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach”. *Water Research* Vol. 14, pp. 975 to 1001. Ontario, Canada.
- Huayhua H. Edwin, Mamani M. Enrique, Tito H. Juan (2018). “Evaluación de la acumulación de arsénico y cadmio en sedimentos acuáticos de la Represa de Cotarsaya Progreso, departamento de Puno”. *Revista de Investigación Científica*, Vol. 1 Núm. 1. Lima, Perú.
- Hernández S. Roberto; Fernández C. Carlos y Baptista L. María (2020). “Metodología de la Investigación”. Quinta Edición. Mc Graw Hill. México.
- Ibarcena F. Lorenzo W. (2011). “Estudio de la contaminación por metales ecotóxicos en sedimentos en la Bahía de Ite, departamento de Tacna”. *Ciencia & Desarrollo*. Vol. 13. Tacna, Perú.
- Kennish, M. (2002). “Environmental Threats and environmental future of estuaries. *Environmental Conservation*”. 29:78-107. Wellington, Nueva Zelanda.

- Jiménez B. Raimundo, Navarro P. José, Gómez L. Ignacio, Almendro C. María Belén (2017). “Introducción a la contaminación de suelos”. Contaminación de suelos por metales pesados. Madrid, España.
- Juste Irene (2017). “Diferencias entre lago y laguna”. Ministerio del Ambiente (MINAM). Lima, Perú.
- Lebeau, T., Braud, A., & Jezequel, K. (2008). “Performance of bioaugmentation assisted phytoextraction applied to metal contaminated soils: A review. Environmental Pollution”, 153(3), 497-522. Berlín, Alemania.
- Llanso Roberto y Betts Brett (2001). “Programas de gestión de sedimentos contaminados”. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid, España.
- Marín L. Julio., Rojas R. Jose., y Polo V. Cristian (2022). “Evaluación de riesgo ecológico por elementos potencialmente tóxicos en sedimentos costeros de un estuario tropical hipereutrófico”. Rev. Int. Contam. Ambient vol.38 Ciudad de México, México.
- Manahan, S. E. (1992). Toxicological chemistry. Lewis Publishers. E.U.A. 449 pp. Washington, EE.UU.
- Mariani, C. y Pompêo, M. (2008). “La calidad del sedimento: La contaminación por metales puede ser una amenaza para los seres vivos”. Revista Ciencia Hoy, 18(107): 48-53. Ginebra, Suiza.
- Moronta-Riera, J. L. y Riverón-Zaldivar A.B. (2016). “Evaluación de la calidad físico-química de las aguas y sedimentos en la costa oriental del lago de Maracaibo”. Minería Geol., 32(2), 102–111. Valencia, Venezuela.
- Moreno T. Edmundo, Argota P. George, Alfaro T. René, Aparicio S. Martha, Atencio L. Sabino, Goyzueta C. Gilmar (2018). “Cuantificación de metales pesados en sedimentos superficiales de la bahía interior del lago Titicaca, departamento de Puno”. Journal of High Andean Research. Revista de Investigaciones Altoandinas. Puno, Perú.

- Mrozinska Natalia y Bakowska Martyna (2020). “Efectos de metales pesados en el agua del lago, los sedimentos y los invertebrados del fondo que habitan el lago costero salobre Lebsko en la costa báltica meridional, Polonia”. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. Varsovia, Polonia.
- Müller G. (1969). “Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River”. *Geojournal*, 2:108 – 18. Nepal.
- Müller G. (1981). “Die Schwermetallbelastung der Sedimenten des Neckars und Seiner Nebenflüsse”. *Chemiker-Zeitung*; 6: 157 – 64. Nepal.
- OEFA (2023). “Informe Técnico de muestreo ambiental de sedimentos”. Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA). Lima, Perú
- Pineda, V. (2009). “Granulometría y geoquímica de los sedimentos marinos en el área comprendida entre el Seno Reloncaví y Golfo Corcovado, Chile”. *Crucero Cimar 10 Fiordos. Ciencia y Tecnología del Mar*, 32, 27-47. Santiago, Chile.
- Pacyna JM y Winchester JW. (1990). “Contamination of the global environment as observed in the Arctic”. *Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol* 1990; 82:149 – 57. Artículo.
- Ruiz, E.; Echenandía, A. & Romero, F. (1994). “Relaciones entre agua y sedimento en río de origen torrencial. *Limnética*”, 10(1), 101-107. Universidad del País Vasco. Bilbao, España.
- Reyes Y. C., Vergara I., Torres O. E., Díaz M. y González E. E. (2016). “Contaminación por metales pesados: Implicaciones En Salud, Ambiente y Seguridad Alimentaria”. *Ing. Investig. y Desarro.*, vol. 16, no. 2, pp. 66–77. Bogotá, Colombia.
- Rubio, B., L. Gago, F. Vilas, M. Nombela, S. García-Gil, I. Alejo & O. Pazos. (1996). “Interpretación de tendencias históricas de contaminación por metales pesados en testigos de sedimentos de la Ría de Pontevedra”. *Thalassa*, 12: 137-152. Galicia, España.

- Roldán Pérez Gabriel y Ramírez Restrepo John Jairo (2008). “Fundamentos de limnología neotropical”. Página 49. Medellín, Colombia.
- Sutherland RA. (2010). “Bed sediment-associated trace metals in an urban stream, Oahu, Hawaii”. *Environ Geol*; 39:611 – 27. Hawaii, EE.UU.
- Soil Survey Manual. (2017). “Soil Science División Staff. United States Department of Agriculture”. Pág. 199, 202. San Francisco, EE.UU.
- Sadiq, M. (1992). “Heavy metals. In: Toxic metal chemistry in marine environments”. Marcel Dekker, Inc., New York, 390 pp. Teherán, Irán.
- Soraya Puga; Manuel Sosa; Toutcha Lebgue; Cesar Quintana; Alfredo Campos (2006). “Contaminación por metales pesados en suelo provocada por la industria minera”. *Ecol. apl.* v.5 n.1-2 Lima dic. Perú.
- Vilchez R. (2005). “Eliminación de metales pesados de aguas subterráneas mediante sistemas de lechos sumergidos: Estudio microbiológico de las biopelículas”. Universidad de Granada. Granada, España.
- Varol M., (2011). “Assessment of heavy metal contamination in sediments of the Tigris River (Turkey) using pollution indices and multivariate statistical techniques”. *I. Hazard Mater.* 195, 355-364. Turquía.
- Vardanyan, L. y Ingole, B. (2006). “Studies on heavy metal accumulation in aquatic macrophytes from Sevan (Armenia) and Carambolim (India) lake systems. *Environment International*”. 32: 208-218.
- Wagner, A y Boman J., (2003). Biomonitoring of trace elements in muscle and liver tissue of freshwater fish. *Spectrochim. Acta B* 58, 2215 - 2226. India.
- Weber, P., Behr, E.R., De Lellis Knorr, C., Secretti Vendruscolo, D., Flores, E.M.M., Dressler, V.L., Baldisserotto B., (2013). “Metals in the water, sediment, and tissues of tow fish

species from different trophic levels in a subtropical Brazilian river, *Microchem*". J. 106, 61-66. Rio de Janeiro, Brasil.

Xu F.-L., Yang C., He W., He Q.-S., Li Y.-L., Kang L., Liu W.-X., Xiong Y.-Q. & Xing B. (2017). "Bias and association of sediment organic matter source apportionment indicators: A case study in a eutrophic Lake Chaohu, China". *Science of the total environment*, 581-582: 874-884. Pekín, China.

Young, S. D. (2012). "Chemistry of heavy metals and metaloids in soils". En B. J.Alloway (Ed.), *Heavy metals in soils trace metals and metaloids in soils and their bioavailability*. Berlin: Springer. Alemania.

IX. ANEXOS

Anexo A. Panel Fotográfico.

Anexo B. Cálculos.

Anexo C. Cadenas de Custodia.

Anexo D. Informes de Ensayo.

Anexo E. Control de Calidad.

Anexo F. Condiciones para Conservación, Preservación y Muestreo de Suelo.

ANEXO A

-PANEL FOTOGRÁFICO-

FOTOGRAFÍA 01**TOMA DE MUESTRA**

Se observa la toma de muestra de sedimentos en la Laguna Santa Ana.



Coordenadas UTM – WGS 84. Zona 18 L

Hora: 09:00 AM / Fecha: 22/06/2023

Norte	Este	Altitud
8844779	308456	4653

FOTOGRAFÍA 02**TOMA DE MUESTRA**

Se observa la toma de muestra de sedimentos en la Laguna Caballococha.



Coordenadas UTM – WGS 84. Zona 18 L

Hora: 09:00 AM / Fecha: 23/06/2023

Norte	Este	Altitud
8844640	309484	4575

FOTOGRAFÍA 03**TOMA DE MUESTRA**

Se observa la toma de muestra de sedimentos en la Laguna Tinquicocha.



Coordenadas UTM – WGS 84. Zona 18 L

Hora: 09:00 AM / Fecha: 24/06/2023

Norte	Este	Altitud
8846517	310019	4353

FOTOGRAFÍA 04**TOMA DE MUESTRA**

Se observa la toma de muestra de sedimentos en la Laguna Lauricocha.



Coordenadas UTM – WGS 84. Zona 18 L

Hora: 09:00 AM / Fecha: 25/06/2023

Norte	Este	Altitud
8859343	314030	3856

FOTOGRAFÍA 05**LAGUNA
SANTA ANA**

Se observa la Laguna Santa Ana en el Área de Influencia de la Unidad Minera Raura.



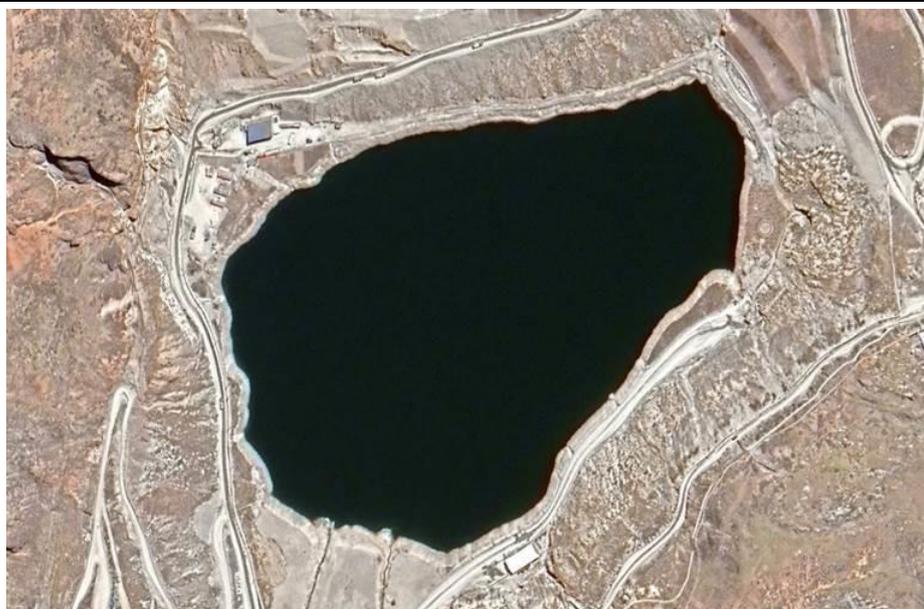
Coordenadas UTM – WGS 84. Zona 18 L

Hora: 09:00 AM / Fecha: 22/06/2023

Norte	Este	Altitud
8844779	308456	4653

FOTOGRAFÍA 06**LAGUNA
SANTA ANA**

Se observa la Laguna Santa Ana en el Área de Influencia de la Unidad Minera Raura.



Coordenadas UTM – WGS 84. Zona 18 L

Hora: 09:00 AM / Fecha: 22/06/2023

Norte	Este	Altitud
8844779	308456	4653

FOTOGRAFÍA 07**LAGUNA
CABALLOCO
CHA**

Se observa la
Laguna
Caballococha en
el Área de
Influencia de la
Unidad Minera
Raura.



Coordenadas UTM – WGS 84. Zona 18 L

Hora: 09:00 AM / Fecha: 23/06/2023

Norte	Este	Altitud
8844640	309484	4575

FOTOGRAFÍA 08**LAGUNA
CABALLOCO
CHA**

Se observa la
Laguna
Caballococha en
el Área de
Influencia de la
Unidad Minera
Raura.



Coordenadas UTM – WGS 84. Zona 18 L

Hora: 09:00 AM / Fecha: 23/06/2023

Norte	Este	Altitud
8844640	309484	4575

FOTOGRAFÍA 09**LAGUNA
TINQUICOC
HA**

Se observa la
Laguna
Tinquicocha en
el Área de
Influencia de la
Unidad Minera
Raura.



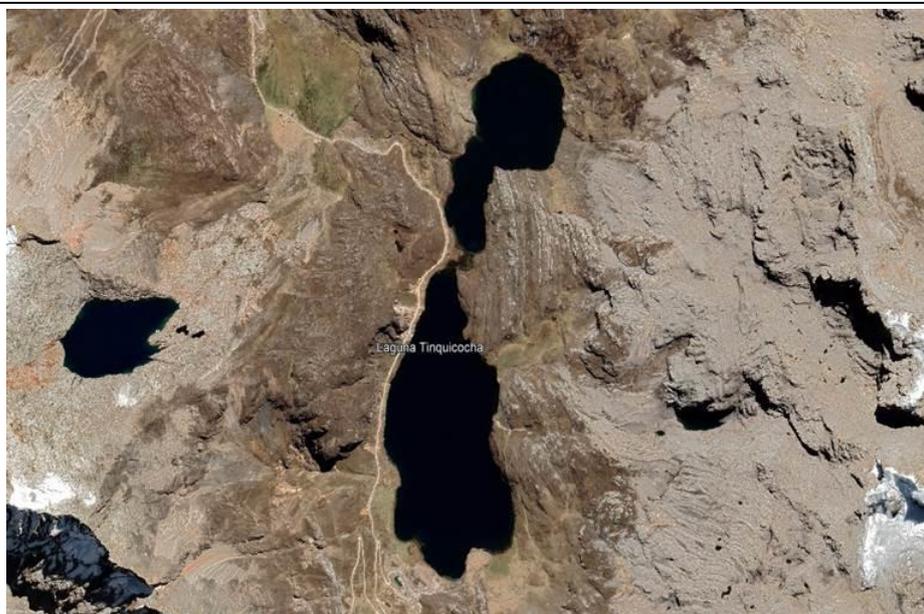
Coordenadas UTM – WGS 84. Zona 18 L

Hora: 09:00 AM / Fecha: 24/06/2023

Norte	Este	Altitud
8846517	310019	4353

FOTOGRAFÍA 10**LAGUNA
TINQUICOC
HA**

Se observa la
Laguna
Tinquicocha en
el Área de
Influencia de la
Unidad Minera
Raura.



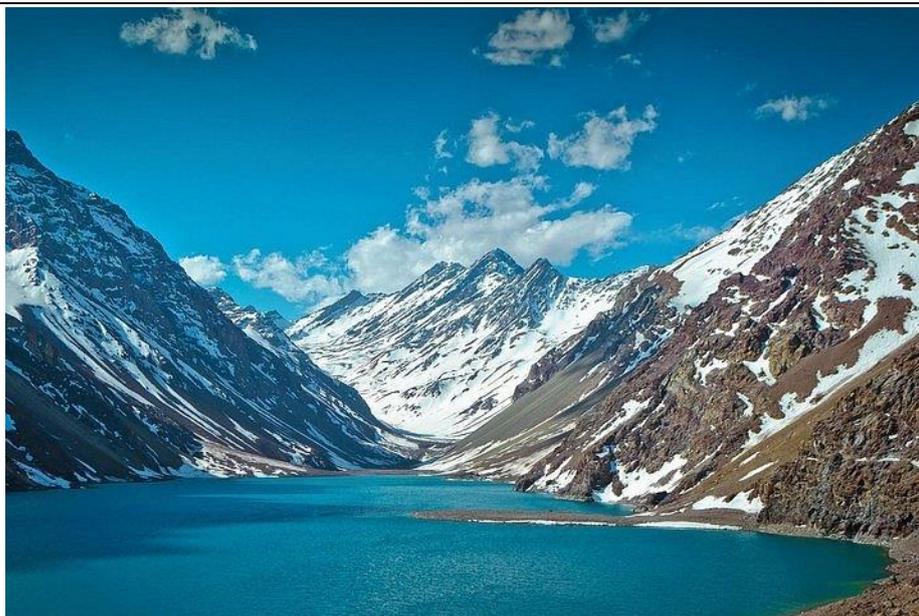
Coordenadas UTM – WGS 84. Zona 18 L

Hora: 09:00 AM / Fecha: 24/06/2023

Norte	Este	Altitud
8846517	310019	4353

FOTOGRAFÍA 11**LAGUNA
LAURICOCH****A**

Se observa la
Laguna
Lauricocha.



Coordenadas UTM – WGS 84. Zona 18 L

Hora: 09:00 AM / Fecha: 25/06/2023

Norte	Este	Altitud
8859343	314030	3856

FOTOGRAFÍA 12**LAGUNA
LAURICOCH****A**

Se observa la
Laguna
Lauricocha.



Coordenadas UTM – WGS 84. Zona 18 L

Hora: 09:00 AM / Fecha: 25/06/2023

Norte	Este	Altitud
8859343	314030	3856

FOTOGRAFÍA 13**UNIDAD
MINERA
RAURA**

Se observa el campamento de la Unidad Minera Raura.



Coordenadas UTM – WGS 84. Zona 18 L

Hora: 07:00 AM / Fecha: 25/06/2023

Norte	Este	Altitud
8844840	308908	4679

FOTOGRAFÍA 14**UNIDAD
MINERA
RAURA**

Se observa la planta de procesamiento de la Unidad Minera Raura.



Coordenadas UTM – WGS 84. Zona 18 L

Hora: 08:00 AM / Fecha: 25/06/2023

Norte	Este	Altitud
8844668	309065	4609

FOTOGRAFÍA 15

**UNIDAD
MINERA
RAURA**

Se observa la
entrada a la
Unidad Minera
Raura.



Coordenadas UTM – WGS 84. Zona 18 L

Hora: 08:00 AM / Fecha: 25/06/2023

Norte	Este	Altitud
8842769	309047	4759

ANEXO B

-CÁLCULOS-

CÁLCULO DEL INCIDE DE GEOACUMULACIÓN

Incide de Geoacumulación (Laguna Santa Ana)						
Elemento	Concentración (C_n)*	Constante (k)	Fondo geoquímico (B_n)	$k \times B_n$	$C_n/(k \times B_n)$	$\text{Log}_2[C_n/(k \times B_n)]$
Arsénico (As)	236.5	1.5	4.5	6.8	34.9	5.1
Cadmio (Cd)	39.1	1.5	0.4	0.6	66.7	6.1
Cromo (Cr)	8.2	1.5	14.2	21.3	0.4	-1.4
Cobre (Cu)	2434.3	1.5	15.2	22.7	107.0	6.7
Mercurio (Hg)	0.6	1.5	0.1	0.1	4.3	2.1
Plomo (Pb)	4860.0	1.5	22.3	33.5	145.3	7.2
Zinc (Zn)	14045.0	1.5	65.0	97.6	144.0	7.2

Nota: *Promedio de las concentraciones de los puntos de medición en la Laguna Santa Ana.

Incide de Geoacumulación (Laguna Caballococha)						
Elemento	Concentración (C_n)*	Constante (k)	Fondo geoquímico (B_n)	$k \times B_n$	$C_n/(k \times B_n)$	$\text{Log}_2[C_n/(k \times B_n)]$
Arsénico (As)	209.5	1.5	4.5	6.78	30.9	4.9
Cadmio (Cd)	30.3	1.5	0.4	0.59	51.7	5.7
Cromo (Cr)	24.2	1.5	14.2	21.33	1.1	0.2
Cobre (Cu)	381.7	1.5	15.2	22.75	16.8	4.1
Mercurio (Hg)	0.3	1.5	0.1	0.14	2.5	1.3
Plomo (Pb)	4301.4	1.5	22.3	33.46	128.6	7.0
Zinc (Zn)	3952.4	1.5	65.0	97.55	40.5	5.3

Nota: *Promedio de las concentraciones de los puntos de medición en la Laguna Caballococha.

Incide de Geoacumulación (Laguna Tinquicocha)						
Elemento	Concentración (C_n)*	Constante (k)	Fondo geoquímico (B_n)	$k \times B_n$	$C_n/(k \times B_n)$	$\text{Log}_2[C_n/(k \times B_n)]$
Arsénico (As)	617.4	1.5	4.5	6.78	91.1	6.5
Cadmio (Cd)	36.8	1.5	0.4	0.59	62.8	6.0
Cromo (Cr)	265.8	1.5	14.2	21.33	12.5	3.6
Cobre (Cu)	3167.1	1.5	15.2	22.75	139.2	7.1
Mercurio (Hg)	0.7	1.5	0.1	0.14	5.2	2.4
Plomo (Pb)	4373.4	1.5	22.3	33.46	130.7	7.0
Zinc (Zn)	15642.4	1.5	65.0	97.55	160.4	7.3

Nota: *Promedio de las concentraciones de los puntos de medición en la Laguna Tinquicocha.

CÁLCULO DEL FACTOR DE ENRIQUECIMIENTO

Factor de Enriquecimiento (Laguna Santa Ana)							
Elemento	Muestra		Valor de Fondo		Muestra C_m/C_{ref}	Valor de Fondo C_f/C_{ref}	$[C_n/C_{ref}]_m / [C_n/C_{ref}]_f$
	Concentración (C_m) [*]	Aluminio (C_{ref}) [*]	Concentración (C_n) [*]	Aluminio (C_{ref}) [*]			
Arsénico (As)	236.5	12933.8	4.5	6317.2	0.018	0.001	25.6
Cadmio (Cd)	39.1	12933.8	0.4	6317.2	0.003	0.000	48.9
Cromo (Cr)	8.2	12933.8	14.2	6317.2	0.001	0.002	0.3
Cobre (Cu)	2434.3	12933.8	15.2	6317.2	0.188	0.002	78.4
Mercurio (Hg)	0.6	12933.8	0.1	6317.2	0.000	0.000	3.1
Plomo (Pb)	4860.0	12933.8	22.3	6317.2	0.376	0.004	106.4
Zinc (Zn)	14045.0	12933.8	65.0	6317.2	1.086	0.010	105.5

Nota: *Promedio de las concentraciones de los puntos de medición en la Laguna Santa Ana.

Factor de Enriquecimiento (Laguna Cabalococha)							
Elemento	Muestra		Valor de Fondo		Muestra C_m/C_{ref}	Valor de Fondo C_f/C_{ref}	$[C_n/C_{ref}]_m / [C_n/C_{ref}]_f$
	Concentración (C_m) [*]	Aluminio (C_{ref}) [*]	Concentración (C_n) [*]	Aluminio (C_{ref}) [*]			
Arsénico (As)	209.5	5514.8	4.5	6317.2	0.038	0.001	53.1
Cadmio (Cd)	30.3	5514.8	0.4	6317.2	0.005	0.000	88.9
Cromo (Cr)	24.2	5514.8	14.2	6317.2	0.004	0.002	1.9
Cobre (Cu)	381.7	5514.8	15.2	6317.2	0.069	0.002	28.8
Mercurio (Hg)	0.3	5514.8	0.1	6317.2	0.000	0.000	4.2
Plomo (Pb)	4301.4	5514.8	22.3	6317.2	0.780	0.004	220.9
Zinc (Zn)	3952.4	5514.8	65.0	6317.2	0.717	0.010	69.6

Nota: *Promedio de las concentraciones de los puntos de medición en la Laguna Cabalococha.

Factor de Enriquecimiento (Laguna Tinquicocha)							
Elemento	Muestra		Valor de Fondo		Muestra C_m/C_{ref}	Valor de Fondo C_f/C_{ref}	$[C_n/C_{ref}]_m / [C_n/C_{ref}]_f$
	Concentración (C_m) [*]	Aluminio (C_{ref}) [*]	Concentración (C_n) [*]	Aluminio (C_{ref}) [*]			
Arsénico (As)	617.4	5816.7	4.5	6317.2	0.106	0.001	148.4
Cadmio (Cd)	36.8	5816.7	0.4	6317.2	0.006	0.000	102.4
Cromo (Cr)	265.8	5816.7	14.2	6317.2	0.046	0.002	20.3
Cobre (Cu)	3167.1	5816.7	15.2	6317.2	0.544	0.002	226.8
Mercurio (Hg)	0.7	5816.7	0.1	6317.2	0.000	0.000	8.5
Plomo (Pb)	4373.4	5816.7	22.3	6317.2	0.752	0.004	213.0
Zinc (Zn)	15642.4	5816.7	65.0	6317.2	2.689	0.010	261.2

Nota: *Promedio de las concentraciones de los puntos de medición en la Laguna Tinquicocha.

CÁLCULO DEL FACTOR DE CONTAMINACIÓN

Grado de Contaminación (Laguna Santa Ana)			
Elemento	Concentración (C _n)*	Valor referencial (B _n) **	C _n /B _n
Arsénico (As)	236.5	15.0	15.8
Cadmio (Cd)	39.1	1.0	39.1
Cromo (Cr)	8.2	90.0	0.1
Cobre (Cu)	2434.3	50.0	48.7
Mercurio (Hg)	0.6	0.3	2.4
Plomo (Pb)	4860.0	70.0	69.4
Zinc (Zn)	14045.0	175.0	80.3
Grado de Contaminación			255.7

Nota: *Promedio de las concentraciones de los puntos de medición en la Laguna Santa Ana.

**Valor referencial preindustrial.

Grado de Contaminación (Laguna Caballococha)			
Elemento	Concentración (C _n)*	Valor referencial (B _n) **	C _n /B _n
Arsénico (As)	209.5	15.0	14.0
Cadmio (Cd)	30.3	1.0	30.3
Cromo (Cr)	24.2	90.0	0.3
Cobre (Cu)	381.7	50.0	7.6
Mercurio (Hg)	0.3	0.3	1.4
Plomo (Pb)	4301.4	70.0	61.4
Zinc (Zn)	3952.4	175.0	22.6
Grado de Contaminación			137.6

Nota: *Promedio de las concentraciones de los puntos de medición en la Laguna Caballococha.

**Valor referencial preindustrial.

Grado de Contaminación (Laguna Tinquicocha)			
Elemento	Concentración (C _n)*	Valor referencial (B _n) **	C _n /B _n
Arsénico (As)	617.4	15.0	41.2
Cadmio (Cd)	36.8	1.0	36.8
Cromo (Cr)	265.8	90.0	3.0
Cobre (Cu)	3167.1	50.0	63.3
Mercurio (Hg)	0.7	0.3	2.9
Plomo (Pb)	4373.4	70.0	62.5
Zinc (Zn)	15642.4	175.0	89.4
Grado de Contaminación			299.1

Nota: *Promedio de las concentraciones de los puntos de medición en la Laguna Tinquicocha.

**Valor referencial preindustrial.

CÁLCULO DEL FACTOR DE RIESGO POTENCIAL ECOLÓGICO

Grado de Contaminación (Laguna Santa Ana)			
Elemento	Factor de Contaminación (C_i)	Factor de Respuesta Tóxica (T_i)	$C_i \cdot T_i$
Arsénico (As)	15.8	10	157.7
Cadmio (Cd)	39.1	30	1173.4
Cromo (Cr)	0.1	2	0.2
Cobre (Cu)	48.7	5	243.4
Mercurio (Hg)	2.4	40	96.2
Plomo (Pb)	69.4	5	347.1
Zinc (Zn)	80.3	1	80.3
Grado de Contaminación			2098.3

Grado de Contaminación (Laguna Cabalococha)			
Elemento	Concentración (C_n)*	Valor referencial (B_n)**	C_n/B_n
Arsénico (As)	14.0	10	139.6
Cadmio (Cd)	30.3	30	909.9
Cromo (Cr)	0.3	2	0.5
Cobre (Cu)	7.6	5	38.2
Mercurio (Hg)	1.4	40	55.3
Plomo (Pb)	61.4	5	307.2
Zinc (Zn)	22.6	1	22.6
Grado de Contaminación			1473.4

Grado de Contaminación (Laguna Tinquicocha)			
Elemento	Concentración (C_n)*	Valor referencial (B_n)**	C_n/B_n
Arsénico (As)	41.2	10	411.6
Cadmio (Cd)	36.8	30	1105.4
Cromo (Cr)	3.0	2	5.9
Cobre (Cu)	63.3	5	316.7
Mercurio (Hg)	2.9	40	117.3
Plomo (Pb)	62.5	5	312.4
Zinc (Zn)	89.4	1	89.4
Grado de Contaminación			2358.7

ANEXO C

-CADENAS DE CUSTODIA-



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N°LE-022



Registro N° LE - 072

N° de referencia :	JUN1094.R23	Registrada en :	AGQ Perú	Cliente (^) :	Suárez James
Análisis :	Físico-Químico	Centro de análisis :	AGQ Perú	Domicilio :	---
Tipo de muestra :	Sedimentos	Fecha de recepción :	26/06/2023	Contrato :	---
Fecha inicial :	27/06/2023	Fecha final :	06/07/2023		
Descripción (^) :	---				

Fecha inicial de muestreo :	22/06/2023	Fecha final de muestreo :	25/06/2023
Lugar de muestreo :	San Miguel de Cauri - Lauricocha - Huánuco		
Puntos de muestreo :	---		

A continuación, se expone el **Informe de Ensayo y Anexo Técnico** asociados a las muestras tomadas en campo, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los resultados reflejados en el presente informe se refieren únicamente a las muestras sometidas a ensayo. Queda prohibida la reproducción parcial o total de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, tanto la asociada a la toma de muestras realizada por el cliente como a otros datos descriptivos, marcados con (^) y que se encuentran fuera de nuestro alcance de Acreditación.

Roberto Chuquimayo Arellano
CQP-779

Liliana Dedios Alegria
CQP-824

FECHA DE EMISIÓN: 06/07/2023

OBSERVACIONES (*):

CA: 0056-6-2023-102. Anexo Control de Calidad.

INFORMES DE ENSAYO

N° de referencia :	JUN1094.R23	Tipo de muestra :	Sedimentos
Descripción (^) :	Laguna Santa Ana	Fecha de muestreo :	22/06/2023

Parámetros	Unidades	LSA-SED-1	LSA-SED-2	LSA-SED-3	LSA-SED-4	LSA-SED-5
Materia Orgánica	%	1.45	1.42	1.43	1.44	1.43
Potencial de Hidrógeno	Unidad pH	7.35	7.30	7.34	7.31	7.30
Metales Totales						
Aluminio Total	mg/kg PS	12590.51	13843.22	11985.99	17820.70	10049.99
Antimonio Total	mg/kg PS	15.62	31.07	41.54	18.12	36.06
Arsénico Total	mg/kg PS	239.40	187.30	278.70	277.60	268.40
Bario Total	mg/kg PS	49.00	38.00	40.00	22.00	27.00
Berilio Total	mg/kg PS	1.60	2.00	2.00	1.20	1.90
Bismuto Total	mg/kg PS	32.94	39.72	37.44	48.24	29.35
Boro Total	mg/kg PS	0.73	0.85	0.49	0.56	0.84
Cadmio Total	mg/kg PS	32.30	39.70	39.50	58.10	40.10
Calcio Total	mg/kg PS	64014.12	64758.45	64757.76	64965.47	64622.55
Cobalto Total	mg/kg PS	16.67	21.17	15.37	9.41	10.43
Cobre Total	mg/kg PS	1810.00	2480.00	2700.00	2590.00	2940.00
Cromo Total	mg/kg PS	8.40	9.50	8.50	7.00	7.00
Estaño Total	mg/kg PS	15.23	17.47	16.97	17.20	14.33
Estroncio Total	mg/kg PS	120.49	118.45	154.88	199.47	152.84
Fósforo Total	mg/kg PS	1300.62	1462.40	1604.50	1306.25	1489.64
Hierro Total	mg/kg PS	47306.57	45991.55	41351.65	35112.10	51013.02
Litio Total	mg/kg PS	1.85	1.77	1.69	1.66	1.74
Magnesio Total	mg/kg PS	8185.82	8833.84	8920.47	8422.37	8444.89
Manganeso Total	mg/kg PS	1814.40	1908.79	2211.44	2506.89	2129.61
Mercurio Total	mg/kg PS	0.30	0.48	0.53	0.79	0.57
Molibdeno Total	mg/kg PS	6.23	6.56	8.34	6.20	5.03
Níquel Total	mg/kg PS	21.93	28.46	24.02	29.62	20.13
Plata Total	mg/kg PS	19.30	23.10	25.00	24.80	24.90
Plomo Total	mg/kg PS	4687.70	4244.50	4905.20	5859.10	4807.80
Potasio Total	mg/kg PS	1204.55	1214.70	1500.90	1735.96	1747.37
Selenio Total	mg/kg PS	1.90	2.70	2.60	2.70	2.20
Sodio Total	mg/kg PS	165.00	167.14	177.28	159.00	173.00
Talio Total	mg/kg PS	0.45	0.78	0.85	0.83	0.59
Titanio Total	mg/kg PS	296.78	257.79	278.03	275.41	279.69
Vanadio Total	mg/kg PS	34.20	36.41	32.94	33.94	32.36
Zinc Total	mg/kg PS	11753.50	15271.32	14798.10	17780.20	15355.71

Los resultados de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Parámetros	Unidades	LSA-SED-6	LSA-SED-7	---	---	---
Materia Orgánica	%	1.45	1.42	-	-	-
Potencial de Hidrógeno	Unidad pH	7.32	7.31	-	-	-
Metales Totales						
Aluminio Total	mg/kg PS	14239.31	10006.80	-	-	-
Antimonio Total	mg/kg PS	24.97	16.21	-	-	-
Arsénico Total	mg/kg PS	220.60	183.40	-	-	-
Bario Total	mg/kg PS	52.00	34.00	-	-	-
Berilio Total	mg/kg PS	2.10	1.20	-	-	-
Bismuto Total	mg/kg PS	41.15	50.93	-	-	-
Boro Total	mg/kg PS	0.74	0.69	-	-	-
Cadmio Total	mg/kg PS	31.00	33.10	-	-	-
Calcio Total	mg/kg PS	64193.57	64371.42	-	-	-
Cobalto Total	mg/kg PS	14.84	14.61	-	-	-
Cobre Total	mg/kg PS	2660.00	1860.00	-	-	-
Cromo Total	mg/kg PS	9.10	7.60	-	-	-
Estaño Total	mg/kg PS	13.54	14.25	-	-	-
Estroncio Total	mg/kg PS	134.96	146.21	-	-	-
Fósforo Total	mg/kg PS	1487.16	1085.93	-	-	-
Hierro Total	mg/kg PS	48067.62	49218.93	-	-	-
Litio Total	mg/kg PS	1.64	1.88	-	-	-
Magnesio Total	mg/kg PS	8753.00	8924.68	-	-	-
Manganeso Total	mg/kg PS	1937.15	2201.07	-	-	-
Mercurio Total	mg/kg PS	0.79	0.75	-	-	-
Molibdeno Total	mg/kg PS	7.38	7.23	-	-	-
Níquel Total	mg/kg PS	22.57	27.31	-	-	-
Plata Total	mg/kg PS	24.10	22.80	-	-	-
Plomo Total	mg/kg PS	4798.70	4717.30	-	-	-
Potasio Total	mg/kg PS	1179.28	1039.02	-	-	-
Selenio Total	mg/kg PS	3.60	3.50	-	-	-
Sodio Total	mg/kg PS	167.30	137.78	-	-	-
Talio Total	mg/kg PS	0.75	0.53	-	-	-
Titanio Total	mg/kg PS	219.51	219.39	-	-	-
Vanadio Total	mg/kg PS	37.15	37.59	-	-	-
Zinc Total	mg/kg PS	12493.31	10862.82	-	-	-

Los resultados de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

N° de referencia :	JUN1094.R23	Tipo de muestra :	Sedimentos
Descripción (^) :	Laguna Cabalococha	Fecha de muestreo :	23/06/2023

Parámetros	Unidades	LC-SED-1	LC-SED-2	LC-SED-3	LC-SED-4	LC-SED-5
Materia Orgánica	%	1.54	1.52	1.53	1.57	1.55
Potencial de Hidrógeno	Unidad pH	7.23	7.21	7.20	7.27	7.24
Metales Totales						
Aluminio Total	mg/kg PS	9030.16	5125.47	6272.19	4418.36	5141.60
Antimonio Total	mg/kg PS	17.28	19.96	16.19	15.98	14.37
Arsénico Total	mg/kg PS	179.80	336.40	268.40	252.10	246.60
Bario Total	mg/kg PS	122.00	115.00	106.00	135.00	121.00
Berilio Total	mg/kg PS	1.30	1.10	1.10	1.50	1.60
Bismuto Total	mg/kg PS	45.45	73.17	45.78	29.75	79.35
Boro Total	mg/kg PS	0.73	0.85	0.49	0.56	0.84
Cadmio Total	mg/kg PS	30.40	31.30	32.50	10.60	35.70
Calcio Total	mg/kg PS	77448.66	78113.39	77279.09	73299.79	73958.48
Cobalto Total	mg/kg PS	10.81	11.15	10.93	16.12	14.60
Cobre Total	mg/kg PS	134.00	208.00	147.00	421.00	170.00
Cromo Total	mg/kg PS	32.80	27.90	24.80	18.60	27.40
Estaño Total	mg/kg PS	12.30	11.50	11.20	15.60	14.30
Estroncio Total	mg/kg PS	146.38	154.29	175.86	131.47	121.93
Fósforo Total	mg/kg PS	1877.92	1934.08	1807.30	1931.45	1488.84
Hierro Total	mg/kg PS	47103.88	66299.66	59333.87	81375.76	94572.91
Litio Total	mg/kg PS	1.85	1.77	1.69	1.66	1.74
Magnesio Total	mg/kg PS	8813.21	8732.38	8645.44	8593.81	8789.08
Manganeso Total	mg/kg PS	2432.14	4753.30	4337.32	4849.79	3756.04
Mercurio Total	mg/kg PS	0.38	0.54	0.49	0.22	0.21
Molibdeno Total	mg/kg PS	9.75	8.01	9.71	8.37	9.50
Níquel Total	mg/kg PS	18.48	22.86	21.59	29.78	20.76
Plata Total	mg/kg PS	25.50	31.20	26.20	23.00	25.20
Plomo Total	mg/kg PS	4904.60	6191.40	7717.60	1877.10	5379.20
Potasio Total	mg/kg PS	1970.64	1157.32	1278.49	1399.72	1464.12
Selenio Total	mg/kg PS	3.10	2.70	3.20	1.50	4.50
Sodio Total	mg/kg PS	130.64	157.02	149.74	125.36	148.62
Talio Total	mg/kg PS	0.58	0.45	0.84	0.05	0.42
Titanio Total	mg/kg PS	172.12	183.36	193.85	125.30	136.50
Vanadio Total	mg/kg PS	26.13	28.31	29.04	20.79	27.67
Zinc Total	mg/kg PS	8766.14	1177.38	1123.35	3242.35	1204.26

Los resultados de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Parámetros	Unidades	LC-SED-6	LC-SED-7	LC-SED-8	LC-SED-9	LC-SED-10
Materia Orgánica	%	1.58	1.53	1.52	1.56	1.58
Potencial de Hidrógeno	Unidad pH	7.25	7.28	7.20	7.23	7.24
Metales Totales						
Aluminio Total	mg/kg PS	3209.52	6418.69	2373.55	3955.77	4233.34
Antimonio Total	mg/kg PS	15.23	14.85	16.20	14.88	12.59
Arsénico Total	mg/kg PS	129.10	199.50	272.90	115.20	160.30
Bario Total	mg/kg PS	104.00	110.00	107.00	105.00	118.00
Berilio Total	mg/kg PS	1.50	1.60	1.40	1.40	1.70
Bismuto Total	mg/kg PS	19.02	28.96	17.12	15.90	26.97
Boro Total	mg/kg PS	0.74	0.69	0.23	0.85	0.47
Cadmio Total	mg/kg PS	33.80	48.10	22.70	31.90	43.50
Calcio Total	mg/kg PS	76902.99	70937.59	79322.72	70077.02	73173.51
Cobalto Total	mg/kg PS	11.46	19.37	13.10	11.93	10.37
Cobre Total	mg/kg PS	136.00	457.00	310.00	150.00	509.00
Cromo Total	mg/kg PS	34.90	15.50	14.50	26.20	18.30
Estaño Total	mg/kg PS	11.20	18.90	11.90	12.40	12.70
Estroncio Total	mg/kg PS	158.20	155.22	154.33	142.15	165.70
Fósforo Total	mg/kg PS	1628.69	1932.15	1920.19	1768.76	1759.84
Hierro Total	mg/kg PS	66111.23	63411.59	79854.52	44744.95	51489.16
Litio Total	mg/kg PS	1.64	1.88	1.26	1.52	1.10
Magnesio Total	mg/kg PS	8622.11	8778.53	8374.40	8286.64	8110.28
Manganeso Total	mg/kg PS	4793.22	4069.34	3134.95	2600.97	3897.46
Mercurio Total	mg/kg PS	0.25	0.18	0.22	0.56	0.53
Molibdeno Total	mg/kg PS	9.02	8.73	8.11	8.19	7.26
Níquel Total	mg/kg PS	14.02	18.07	15.32	14.40	20.88
Plata Total	mg/kg PS	27.90	22.60	27.30	32.60	21.50
Plomo Total	mg/kg PS	3716.30	1793.40	5576.60	3789.30	1757.80
Potasio Total	mg/kg PS	1281.21	1615.48	1305.30	1328.97	1098.89
Selenio Total	mg/kg PS	1.70	2.00	2.10	1.10	2.80
Sodio Total	mg/kg PS	178.22	144.08	115.89	105.52	186.89
Talio Total	mg/kg PS	0.25	0.13	0.25	0.07	0.39
Titanio Total	mg/kg PS	148.30	189.70	102.60	127.05	122.63
Vanadio Total	mg/kg PS	21.04	29.79	28.62	21.76	25.01
Zinc Total	mg/kg PS	1283.07	2828.43	6948.18	5698.17	1465.57

Los resultados de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Parámetros	Unidades	LC-SED-11	LC-SED-12	LC-SED-13	LC-SED-14	---
Materia Orgánica	%	1.54	1.53	1.52	1.50	-
Potencial de Hidrógeno	Unidad pH	7.24	7.23	7.21	7.28	-
Metales Totales						
Aluminio Total	mg/kg PS	8849.79	5544.76	8817.32	3816.81	-
Antimonio Total	mg/kg PS	16.91	13.19	17.68	11.70	-
Arsénico Total	mg/kg PS	196.90	262.30	172.40	140.70	-
Bario Total	mg/kg PS	119.00	141.00	109.00	107.00	-
Berilio Total	mg/kg PS	1.70	1.30	1.60	1.40	-
Bismuto Total	mg/kg PS	49.79	41.76	51.30	26.21	-
Boro Total	mg/kg PS	0.69	0.88	0.32	0.52	-
Cadmio Total	mg/kg PS	28.10	26.40	16.70	32.90	-
Calcio Total	mg/kg PS	72992.09	79714.19	78139.73	71781.05	-
Cobalto Total	mg/kg PS	16.31	12.60	19.04	19.12	-
Cobre Total	mg/kg PS	805.00	862.00	693.00	342.00	-
Cromo Total	mg/kg PS	17.10	36.30	17.90	26.40	-
Estaño Total	mg/kg PS	12.19	15.36	15.63	17.20	-
Estroncio Total	mg/kg PS	134.09	139.70	142.67	119.79	-
Fósforo Total	mg/kg PS	1352.03	1757.44	1344.74	1735.39	-
Hierro Total	mg/kg PS	65689.25	52671.83	94364.97	68140.83	-
Litio Total	mg/kg PS	1.84	1.45	1.63	1.47	-
Magnesio Total	mg/kg PS	8234.72	8513.79	8252.99	8815.50	-
Manganeso Total	mg/kg PS	4465.09	3428.52	5489.62	3569.47	-
Mercurio Total	mg/kg PS	0.34	0.19	0.19	0.54	-
Molibdeno Total	mg/kg PS	7.64	8.05	9.22	9.21	-
Níquel Total	mg/kg PS	11.02	29.67	12.97	22.60	-
Plata Total	mg/kg PS	24.90	29.60	24.20	29.50	-
Plomo Total	mg/kg PS	4574.40	3171.80	4050.40	5720.10	-
Potasio Total	mg/kg PS	1581.45	1219.78	1618.86	1387.38	-
Selenio Total	mg/kg PS	2.40	4.50	1.40	2.50	-
Sodio Total	mg/kg PS	162.25	124.88	102.20	110.30	-
Talio Total	mg/kg PS	0.08	5.24	0.09	0.07	-
Titanio Total	mg/kg PS	144.16	194.28	185.49	122.15	-
Vanadio Total	mg/kg PS	27.64	27.80	28.57	23.63	-
Zinc Total	mg/kg PS	8583.15	6722.33	5167.14	1124.73	-

Los resultados de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

N° de referencia :	JUN1094.R23	Tipo de muestra :	Sedimentos
Descripción (^) :	Laguna Tinquicocha	Fecha de muestreo :	24/06/2023

Parámetros	Unidades	LT-SED-1	LT-SED-2	LT-SED-3	LT-SED-4	LT-SED-5
Materia Orgánica	%	2.53	2.51	2.54	2.54	2.55
Potencial de Hidrógeno	Unidad pH	7.72	7.70	7.71	7.71	7.72
Metales Totales						
Aluminio Total	mg/kg PS	4310.74	8161.23	6739.87	7024.95	5462.47
Antimonio Total	mg/kg PS	52.82	36.15	42.60	42.74	38.12
Arsénico Total	mg/kg PS	956.80	284.20	799.80	601.10	807.50
Bario Total	mg/kg PS	32.00	59.00	58.00	52.00	54.00
Berilio Total	mg/kg PS	0.70	0.80	0.40	0.90	0.60
Bismuto Total	mg/kg PS	49.03	61.29	52.36	70.12	66.80
Boro Total	mg/kg PS	0.25	0.32	0.41	0.75	0.89
Cadmio Total	mg/kg PS	43.50	43.40	57.80	52.20	56.50
Calcio Total	mg/kg PS	102578.13	102305.22	109338.94	100696.23	106688.63
Cobalto Total	mg/kg PS	12.83	11.22	11.31	13.57	11.12
Cobre Total	mg/kg PS	3170.00	3910.00	3510.00	5350.00	3350.00
Cromo Total	mg/kg PS	133.90	457.70	233.70	225.80	236.80
Estaño Total	mg/kg PS	15.23	15.20	14.20	17.50	18.20
Estroncio Total	mg/kg PS	242.69	215.62	260.70	256.49	253.88
Fósforo Total	mg/kg PS	509.44	803.48	833.73	803.45	830.75
Hierro Total	mg/kg PS	35291.76	33866.52	52151.82	33356.91	48395.11
Litio Total	mg/kg PS	1.52	1.63	1.45	1.84	1.52
Magnesio Total	mg/kg PS	6750.33	6940.27	6557.76	6492.11	6911.78
Manganeso Total	mg/kg PS	4751.91	3573.14	5254.91	3705.74	4862.74
Mercurio Total	mg/kg PS	1.01	1.09	0.83	1.29	0.78
Molibdeno Total	mg/kg PS	17.64	11.04	18.78	12.28	18.79
Níquel Total	mg/kg PS	24.46	49.47	37.10	30.67	31.24
Plata Total	mg/kg PS	74.30	94.00	89.40	73.40	83.20
Plomo Total	mg/kg PS	5150.20	5499.40	6276.00	7077.60	6161.70
Potasio Total	mg/kg PS	556.57	854.30	620.82	856.16	644.41
Selenio Total	mg/kg PS	2.80	2.00	2.50	2.10	2.40
Sodio Total	mg/kg PS	125.60	133.89	116.51	133.85	108.58
Talio Total	mg/kg PS	7.69	7.34	3.38	5.84	3.30
Titanio Total	mg/kg PS	185.30	178.20	168.79	104.93	148.69
Vanadio Total	mg/kg PS	15.50	27.61	30.25	24.84	29.41
Zinc Total	mg/kg PS	14061.31	13994.99	21079.01	15815.50	19695.91

Los resultados de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Parámetros	Unidades	LT-SED-6	LT-SED-7	LT-SED-8	LT-SED-9	LT-SED-10
Materia Orgánica	%	2.53	2.57	2.58	2.59	2.53
Potencial de Hidrógeno	Unidad pH	7.76	7.79	7.74	7.71	7.73
Metales Totales						
Aluminio Total	mg/kg PS	6102.68	7148.53	6431.42	9352.42	8099.56
Antimonio Total	mg/kg PS	25.39	41.13	56.30	57.41	55.52
Arsénico Total	mg/kg PS	776.30	658.90	300.20	706.30	726.30
Bario Total	mg/kg PS	62.00	80.00	35.00	56.00	43.00
Berilio Total	mg/kg PS	0.80	0.20	0.70	0.60	0.50
Bismuto Total	mg/kg PS	58.66	43.02	69.30	58.21	88.18
Boro Total	mg/kg PS	0.23	0.45	0.63	0.78	0.99
Cadmio Total	mg/kg PS	48.40	33.20	39.60	32.50	41.50
Calcio Total	mg/kg PS	107727.45	105354.36	106439.95	104520.23	101105.45
Cobalto Total	mg/kg PS	12.77	11.88	12.56	11.70	9.98
Cobre Total	mg/kg PS	3080.00	2260.00	2438.00	2100.00	2840.00
Cromo Total	mg/kg PS	226.60	177.90	105.30	172.30	172.50
Estaño Total	mg/kg PS	19.20	12.30	11.40	14.70	15.60
Estroncio Total	mg/kg PS	225.82	230.81	237.53	213.12	211.59
Fósforo Total	mg/kg PS	911.84	653.79	786.18	955.72	962.47
Hierro Total	mg/kg PS	50308.94	44548.91	24345.22	36809.98	38393.25
Litio Total	mg/kg PS	1.32	1.42	1.23	1.56	1.33
Magnesio Total	mg/kg PS	6655.07	6381.23	6780.84	6284.12	6698.07
Manganeso Total	mg/kg PS	4597.63	3151.81	1198.98	3308.03	3195.23
Mercurio Total	mg/kg PS	0.74	0.46	0.63	0.73	0.86
Molibdeno Total	mg/kg PS	11.46	19.00	17.27	9.95	18.78
Níquel Total	mg/kg PS	34.09	27.45	30.48	23.96	21.27
Plata Total	mg/kg PS	74.90	71.80	81.40	72.80	84.90
Plomo Total	mg/kg PS	5522.20	3422.80	1247.10	3890.20	4838.70
Potasio Total	mg/kg PS	510.80	767.34	723.72	631.40	698.94
Selenio Total	mg/kg PS	2.60	3.00	2.30	2.30	2.50
Sodio Total	mg/kg PS	138.57	185.87	148.32	127.31	111.34
Talio Total	mg/kg PS	3.72	4.92	6.69	5.53	3.25
Titanio Total	mg/kg PS	129.30	152.80	148.60	195.96	199.26
Vanadio Total	mg/kg PS	39.10	39.83	24.30	29.02	35.20
Zinc Total	mg/kg PS	16808.54	10610.80	12790.92	11315.83	13761.53

Parámetros	Unidades	LT-SED-11	LT-SED-12	LT-SED-13	LT-SED-14	LT-SED-15
Materia Orgánica	%	2.54	2.56	2.51	2.54	2.54
Potencial de Hidrógeno	Unidad pH	7.71	7.75	7.71	7.77	7.75
Metales Totales						
Aluminio Total	mg/kg PS	9731.28	2508.76	8529.52	2917.91	3158.82
Antimonio Total	mg/kg PS	35.12	42.16	73.64	25.63	45.85
Arsénico Total	mg/kg PS	345.80	388.40	980.60	565.60	674.20
Bario Total	mg/kg PS	77.00	51.00	40.00	30.00	48.00
Berilio Total	mg/kg PS	0.70	0.90	1.50	0.50	0.40
Bismuto Total	mg/kg PS	77.62	55.78	47.82	45.88	63.25
Boro Total	mg/kg PS	0.23	0.54	0.63	0.23	0.41
Cadmio Total	mg/kg PS	14.80	11.40	63.10	41.20	21.40
Calcio Total	mg/kg PS	100270.01	102515.37	106965.17	101604.41	103881.59
Cobalto Total	mg/kg PS	15.58	18.64	10.21	16.02	13.51
Cobre Total	mg/kg PS	2747.00	4379.00	3730.00	4430.00	2434.00
Cromo Total	mg/kg PS	265.80	559.50	438.40	583.20	296.90
Estaño Total	mg/kg PS	17.80	18.20	12.30	11.30	14.50
Estroncio Total	mg/kg PS	218.21	271.08	251.09	244.88	276.53
Fósforo Total	mg/kg PS	741.24	291.24	820.17	517.52	663.66
Hierro Total	mg/kg PS	25413.31	28656.12	39177.51	17646.25	18912.11
Litio Total	mg/kg PS	1.47	1.23	1.52	1.88	1.42
Magnesio Total	mg/kg PS	6297.36	6989.42	6337.31	7929.49	5286.68
Manganeso Total	mg/kg PS	1482.50	1032.72	3723.28	1686.76	1764.79
Mercurio Total	mg/kg PS	0.42	0.54	0.70	0.87	0.77
Molibdeno Total	mg/kg PS	17.87	14.38	17.76	12.34	12.81
Níquel Total	mg/kg PS	31.59	31.38	30.02	47.28	39.68
Plata Total	mg/kg PS	78.90	88.60	91.10	70.60	88.20
Plomo Total	mg/kg PS	1746.10	1723.10	6793.20	5461.30	4773.00
Potasio Total	mg/kg PS	806.74	501.70	874.02	705.79	439.30
Selenio Total	mg/kg PS	2.70	2.00	2.70	2.90	2.80
Sodio Total	mg/kg PS	182.57	127.80	112.57	148.63	188.00
Talio Total	mg/kg PS	2.63	4.77	3.28	5.51	4.52
Titanio Total	mg/kg PS	145.80	174.80	105.33	196.30	104.07
Vanadio Total	mg/kg PS	32.62	24.60	23.79	11.18	8.28
Zinc Total	mg/kg PS	14216.25	11526.89	22508.01	10242.10	14255.21

Los resultados de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Parámetros	Unidades	LT-SED-16	LT-SED-17	LT-SED-18	LT-SED-19	---
Materia Orgánica	%	2.50	2.57	2.53	2.51	-
Potencial de Hidrógeno	Unidad pH	7.71	7.72	7.78	7.79	-
Metales Totales						
Aluminio Total	mg/kg PS	3652.76	3052.76	3714.12	4416.64	-
Antimonio Total	mg/kg PS	22.52	69.27	22.52	69.27	-
Arsénico Total	mg/kg PS	766.10	860.40	263.80	268.20	-
Bario Total	mg/kg PS	41.00	56.00	41.00	65.00	-
Berilio Total	mg/kg PS	0.60	0.40	0.60	0.40	-
Bismuto Total	mg/kg PS	44.85	49.35	59.63	49.35	-
Boro Total	mg/kg PS	0.44	0.52	0.67	0.63	-
Cadmio Total	mg/kg PS	31.40	41.60	12.70	13.90	-
Calcio Total	mg/kg PS	100551.39	106960.36	100551.39	106960.36	-
Cobalto Total	mg/kg PS	18.84	18.84	12.45	16.23	-
Cobre Total	mg/kg PS	1518.00	2459.00	2219.00	4251.00	-
Cromo Total	mg/kg PS	138.60	343.50	177.80	103.10	-
Estaño Total	mg/kg PS	12.20	13.20	14.50	11.70	-
Estroncio Total	mg/kg PS	251.11	225.18	251.11	225.18	-
Fósforo Total	mg/kg PS	540.89	794.95	540.89	794.95	-
Hierro Total	mg/kg PS	22655.25	19819.55	19562.70	20014.88	-
Litio Total	mg/kg PS	1.89	1.23	1.45	1.63	-
Magnesio Total	mg/kg PS	6741.08	6464.61	6741.08	6464.61	-
Manganeso Total	mg/kg PS	2891.05	3810.42	2132.75	2401.50	-
Mercurio Total	mg/kg PS	0.52	0.50	0.61	0.58	-
Molibdeno Total	mg/kg PS	18.94	11.79	18.94	11.79	-
Níquel Total	mg/kg PS	34.62	36.62	34.62	36.62	-
Plata Total	mg/kg PS	74.20	72.70	82.20	72.70	-
Plomo Total	mg/kg PS	4437.20	1145.80	4439.20	3490.70	-
Potasio Total	mg/kg PS	530.57	798.90	530.57	798.90	-
Selenio Total	mg/kg PS	2.20	2.20	2.20	2.20	-
Sodio Total	mg/kg PS	153.42	116.30	125.20	122.53	-
Talio Total	mg/kg PS	6.69	4.84	6.69	4.84	-
Titanio Total	mg/kg PS	112.20	133.90	147.20	133.90	-
Vanadio Total	mg/kg PS	14.49	18.57	14.49	18.57	-
Zinc Total	mg/kg PS	24460.26	14167.68	22815.85	13079.93	-

Los resultados de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

N° de referencia :	JUN1094.R23	Tipo de muestra :	Sedimentos
Descripción (^) :	Laguna Lauricocha	Fecha de muestreo :	25/06/2023

Parámetros	Unidades	LL-NF-1	LL-NF-2	LL-NF-3	LL-NF-4	LL-NF-5
Materia Orgánica	%	3.26	3.45	3.47	3.23	3.49
Potencial de Hidrógeno	Unidad pH	7.21	7.42	7.12	7.25	7.39
Metales Totales						
Aluminio Total	mg/kg PS	8483.82	9291.71	4190.13	9506.65	6740.64
Antimonio Total	mg/kg PS	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00
Arsénico Total	mg/kg PS	4.50	5.20	5.40	4.60	5.80
Bario Total	mg/kg PS	69.00	71.00	65.00	71.00	61.00
Berilio Total	mg/kg PS	0.70	0.80	0.90	0.60	0.80
Bismuto Total	mg/kg PS	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00
Boro Total	mg/kg PS	0.63	0.85	0.47	0.75	0.89
Cadmio Total	mg/kg PS	0.40	0.50	0.30	0.40	0.20
Calcio Total	mg/kg PS	180441.19	138725.75	113564.93	161828.28	136224.63
Cobalto Total	mg/kg PS	6.97	7.97	9.77	4.11	6.23
Cobre Total	mg/kg PS	19.60	18.50	10.40	17.50	14.70
Cromo Total	mg/kg PS	18.70	13.40	10.90	13.40	14.90
Estaño Total	mg/kg PS	<10.00	<10.00	<10.00	<10.00	<10.00
Estroncio Total	mg/kg PS	161.20	173.09	162.52	123.18	188.36
Fósforo Total	mg/kg PS	540.84	608.15	752.51	554.09	815.24
Hierro Total	mg/kg PS	16941.99	17356.49	10408.94	19687.37	15690.15
Litio Total	mg/kg PS	1.52	1.63	1.45	1.23	1.63
Magnesio Total	mg/kg PS	3361.27	3641.19	3567.43	2836.26	3978.79
Manganeso Total	mg/kg PS	389.41	301.14	516.11	552.60	357.73
Mercurio Total	mg/kg PS	0.08	0.09	0.11	0.14	0.04
Molibdeno Total	mg/kg PS	1.35	1.08	1.79	1.15	1.42
Níquel Total	mg/kg PS	16.29	24.50	11.49	15.19	13.90
Plata Total	mg/kg PS	0.30	0.70	0.50	0.60	0.70
Plomo Total	mg/kg PS	20.90	21.60	26.20	25.10	19.50
Potasio Total	mg/kg PS	334.60	642.29	518.26	485.51	650.57
Selenio Total	mg/kg PS	1.30	1.60	1.90	1.50	1.30
Sodio Total	mg/kg PS	<100.00	<100.00	<100.00	<100.00	<100.00
Talio Total	mg/kg PS	0.42	0.78	0.98	0.50	0.66
Titanio Total	mg/kg PS	<100.00	<100.00	<100.00	<100.00	<100.00
Vanadio Total	mg/kg PS	29.91	30.33	42.36	16.65	41.51
Zinc Total	mg/kg PS	38.29	43.23	79.36	29.16	61.13

Los resultados de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Parámetros	Unidades	LL-NF-6	LL-NF-7	LL-NF-8	LL-NF-9	LL-NF-10
Materia Orgánica	%	3.41	3.21	3.41	3.89	3.56
Potencial de Hidrógeno	Unidad pH	7.43	7.36	7.54	7.24	7.35
Metales Totales						
Aluminio Total	mg/kg PS	9601.08	5334.41	1813.63	5639.33	3555.50
Antimonio Total	mg/kg PS	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00
Arsénico Total	mg/kg PS	3.00	4.00	3.60	3.20	5.20
Bario Total	mg/kg PS	80.00	63.00	72.00	69.00	43.00
Berilio Total	mg/kg PS	0.50	0.80	0.50	0.60	0.50
Bismuto Total	mg/kg PS	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00
Boro Total	mg/kg PS	0.23	0.23	0.36	0.78	0.99
Cadmio Total	mg/kg PS	0.20	0.50	0.40	0.20	0.10
Calcio Total	mg/kg PS	172055.45	136040.73	169107.03	180441.19	133627.28
Cobalto Total	mg/kg PS	4.56	7.25	4.36	6.45	4.36
Cobre Total	mg/kg PS	18.50	12.30	16.07	14.70	18.63
Cromo Total	mg/kg PS	12.70	16.20	15.70	17.40	11.20
Estaño Total	mg/kg PS	<10.00	<10.00	<10.00	<10.00	<10.00
Estroncio Total	mg/kg PS	125.85	189.36	122.48	161.20	197.45
Fósforo Total	mg/kg PS	490.96	844.83	457.99	140.84	496.14
Hierro Total	mg/kg PS	10777.28	14105.83	15586.47	12748.55	17723.00
Litio Total	mg/kg PS	1.32	1.42	1.42	1.56	1.33
Magnesio Total	mg/kg PS	4502.68	3152.08	3910.28	3361.27	3381.54
Manganeso Total	mg/kg PS	578.45	342.59	316.54	329.60	225.26
Mercurio Total	mg/kg PS	0.12	0.07	0.14	0.09	0.08
Molibdeno Total	mg/kg PS	1.35	1.56	1.33	1.35	1.63
Níquel Total	mg/kg PS	16.09	14.34	14.62	16.29	18.23
Plata Total	mg/kg PS	0.30	0.80	0.90	0.30	0.70
Plomo Total	mg/kg PS	24.60	20.60	17.90	28.90	23.60
Potasio Total	mg/kg PS	980.02	684.14	699.64	334.60	750.45
Selenio Total	mg/kg PS	1.20	1.50	1.30	1.50	1.30
Sodio Total	mg/kg PS	<100.00	<100.00	<100.00	<100.00	<100.00
Talio Total	mg/kg PS	0.18	0.66	0.23	0.42	0.32
Titanio Total	mg/kg PS	<100.00	<100.00	<100.00	<100.00	<100.00
Vanadio Total	mg/kg PS	42.17	43.41	40.36	29.91	34.68
Zinc Total	mg/kg PS	29.19	56.99	84.48	69.64	53.89

Los resultados de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Parámetros	Unidades	LL-NF-11	LL-NF-12	LL-NF-13	LL-NF-14	LL-NF-15
Materia Orgánica	%	3.21	3.84	3.85	3.95	3.78
Potencial de Hidrógeno	Unidad pH	7.41	7.01	7.08	7.09	7.32
Metales Totales						
Aluminio Total	mg/kg PS	6330.01	2952.03	4374.79	9843.42	4902.26
Antimonio Total	mg/kg PS	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00
Arsénico Total	mg/kg PS	4.90	5.80	5.00	4.10	5.70
Bario Total	mg/kg PS	45.00	61.00	33.00	52.00	69.00
Berilio Total	mg/kg PS	0.80	0.50	0.60	0.50	0.60
Bismuto Total	mg/kg PS	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00
Boro Total	mg/kg PS	0.23	0.54	0.63	0.23	0.41
Cadmio Total	mg/kg PS	0.50	0.40	0.50	0.50	0.40
Calcio Total	mg/kg PS	155922.48	102345.66	171519.70	133526.81	180441.19
Cobalto Total	mg/kg PS	3.03	6.23	4.41	6.78	4.23
Cobre Total	mg/kg PS	14.30	17.01	11.60	19.10	13.70
Cromo Total	mg/kg PS	14.50	14.30	13.20	14.60	11.80
Estaño Total	mg/kg PS	<10.00	<10.00	<10.00	<10.00	<10.00
Estroncio Total	mg/kg PS	128.89	156.56	129.88	103.34	161.20
Fósforo Total	mg/kg PS	351.25	509.29	459.52	488.01	140.84
Hierro Total	mg/kg PS	18592.11	17298.03	19156.41	15740.56	11947.82
Litio Total	mg/kg PS	1.36	1.23	1.69	1.88	1.42
Magnesio Total	mg/kg PS	2425.70	3159.50	3515.24	2633.71	3361.27
Manganeso Total	mg/kg PS	240.80	149.56	361.36	296.12	888.18
Mercurio Total	mg/kg PS	0.11	0.07	0.10	0.09	0.14
Molibdeno Total	mg/kg PS	1.12	1.58	1.69	1.84	1.52
Níquel Total	mg/kg PS	10.99	14.23	11.20	12.41	16.29
Plata Total	mg/kg PS	0.30	0.40	0.40	0.60	0.30
Plomo Total	mg/kg PS	14.90	13.80	26.20	20.10	27.60
Potasio Total	mg/kg PS	460.09	790.11	413.52	560.55	334.60
Selenio Total	mg/kg PS	1.50	1.10	1.30	1.10	1.80
Sodio Total	mg/kg PS	<100.00	<100.00	<100.00	<100.00	<100.00
Talio Total	mg/kg PS	0.32	0.27	0.37	0.47	0.42
Titanio Total	mg/kg PS	<100.00	<100.00	<100.00	<100.00	<100.00
Vanadio Total	mg/kg PS	15.49	37.69	12.60	18.50	9.91
Zinc Total	mg/kg PS	66.51	85.79	77.45	54.09	99.81

Los resultados de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Parámetros	Unidades	LL-NF-16	LL-NF-17	LL-NF-18	LL-NF-19	LL-NF-20
Materia Orgánica	%	3.83	3.78	3.59	3.77	3.89
Potencial de Hidrógeno	Unidad pH	7.42	7.14	7.53	7.23	7.41
Metales Totales						
Aluminio Total	mg/kg PS	4707.97	9956.33	8684.82	8597.28	3957.76
Antimonio Total	mg/kg PS	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00
Arsénico Total	mg/kg PS	2.10	3.90	4.00	2.90	5.80
Bario Total	mg/kg PS	75.00	74.00	79.00	85.00	62.00
Berilio Total	mg/kg PS	0.90	0.60	0.60	0.90	0.60
Bismuto Total	mg/kg PS	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00
Boro Total	mg/kg PS	0.44	0.52	0.67	0.63	0.25
Cadmio Total	mg/kg PS	0.50	0.50	0.50	0.30	0.50
Calcio Total	mg/kg PS	192406.83	113192.72	126852.47	113341.66	111204.04
Cobalto Total	mg/kg PS	9.98	5.37	5.20	8.92	7.08
Cobre Total	mg/kg PS	10.60	18.10	16.30	15.40	10.50
Cromo Total	mg/kg PS	17.40	13.60	10.60	11.80	16.60
Estaño Total	mg/kg PS	<10.00	<10.00	<10.00	<10.00	<10.00
Estroncio Total	mg/kg PS	140.01	155.86	181.88	161.88	158.66
Fósforo Total	mg/kg PS	657.74	626.76	625.57	532.73	658.27
Hierro Total	mg/kg PS	11249.83	13171.08	17015.69	17909.74	19405.75
Litio Total	mg/kg PS	1.25	1.23	1.45	1.63	1.52
Magnesio Total	mg/kg PS	3515.64	2939.40	2916.71	3135.39	5243.84
Manganeso Total	mg/kg PS	697.27	263.57	372.04	397.89	570.30
Mercurio Total	mg/kg PS	0.14	0.09	0.02	0.08	0.01
Molibdeno Total	mg/kg PS	1.38	1.72	1.45	1.85	1.47
Níquel Total	mg/kg PS	14.85	17.79	15.88	11.46	19.68
Plata Total	mg/kg PS	0.40	0.40	0.40	0.30	0.40
Plomo Total	mg/kg PS	18.60	28.40	19.20	16.80	19.70
Potasio Total	mg/kg PS	875.25	613.45	582.66	676.77	779.58
Selenio Total	mg/kg PS	1.50	1.30	1.40	1.60	1.40
Sodio Total	mg/kg PS	<100.00	<100.00	<100.00	<100.00	<100.00
Talio Total	mg/kg PS	0.96	0.59	0.58	0.91	0.66
Titanio Total	mg/kg PS	<100.00	<100.00	<100.00	<100.00	<100.00
Vanadio Total	mg/kg PS	44.58	21.58	19.57	43.67	42.60
Zinc Total	mg/kg PS	85.31	31.68	68.91	78.24	62.89

Los resultados de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Parámetros	Unidades	LL-NF-21	LL-NF-22	---	---	---
Materia Orgánica	%	3.65	3.74	-	-	-
Potencial de Hidrógeno	Unidad pH	7.48	7.69	-	-	-
Metales Totales						
Aluminio Total	mg/kg PS	5636.77	4880.11	-	-	-
Antimonio Total	mg/kg PS	<5.00	<5.00	-	-	-
Arsénico Total	mg/kg PS	5.10	5.60	-	-	-
Bario Total	mg/kg PS	66.00	63.00	-	-	-
Berilio Total	mg/kg PS	0.60	0.80	-	-	-
Bismuto Total	mg/kg PS	<5.00	<5.00	-	-	-
Boro Total	mg/kg PS	0.11	0.53	-	-	-
Cadmio Total	mg/kg PS	0.30	0.50	-	-	-
Calcio Total	mg/kg PS	128293.85	153092.27	-	-	-
Cobalto Total	mg/kg PS	7.79	3.89	-	-	-
Cobre Total	mg/kg PS	13.20	12.90	-	-	-
Cromo Total	mg/kg PS	10.20	19.70	-	-	-
Estaño Total	mg/kg PS	<10.00	<10.00	-	-	-
Estroncio Total	mg/kg PS	177.53	113.57	-	-	-
Fósforo Total	mg/kg PS	846.17	452.53	-	-	-
Hierro Total	mg/kg PS	13377.85	11556.23	-	-	-
Litio Total	mg/kg PS	1.85	1.36	-	-	-
Magnesio Total	mg/kg PS	4501.52	2755.22	-	-	-
Manganeso Total	mg/kg PS	336.88	241.48	-	-	-
Mercurio Total	mg/kg PS	0.14	0.11	-	-	-
Molibdeno Total	mg/kg PS	1.96	1.02	-	-	-
Níquel Total	mg/kg PS	16.09	12.62	-	-	-
Plata Total	mg/kg PS	0.30	0.60	-	-	-
Plomo Total	mg/kg PS	31.80	24.70	-	-	-
Potasio Total	mg/kg PS	505.05	512.07	-	-	-
Selenio Total	mg/kg PS	1.30	1.90	-	-	-
Sodio Total	mg/kg PS	<100.00	<100.00	-	-	-
Talio Total	mg/kg PS	0.59	0.46	-	-	-
Titanio Total	mg/kg PS	<100.00	<100.00	-	-	-
Vanadio Total	mg/kg PS	38.76	18.10	-	-	-
Zinc Total	mg/kg PS	99.85	74.86	-	-	-

Los resultados de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

ANEXO TÉCNICO

Metales Totales	PNT	Técnica	Norma de Referencia	Límite de Cuantificación y/o Detección
Materia Orgánica	EPA Method 3050B Rev. 2 (1996) EPA Method 6020B Rev. 2 (2014)	---	-	<0.1 %
Potencial de Hidrógeno	EPA Method 3050B Rev. 2 (1996) EPA Method 6020B Rev. 2 (2014)	---	-	---
Aluminio Total	EPA Method 3050B Rev. 2 (1996) EPA Method 6020B Rev. 2 (2014)	Espectrometría ICP-MS	-	<1.5 mg/kg PS
Antimonio Total	EPA Method 3050B Rev. 2 (1996) EPA Method 6020B Rev. 2 (2014)	Espectrometría ICP-MS	-	<5 mg/kg PS
Arsénico Total	EPA Method 3050B Rev. 2 (1996) EPA Method 6020B Rev. 2 (2014)	Espectrometría ICP-MS	-	<1.5 mg/kg PS
Bario Total	EPA Method 3050B Rev. 2 (1996) EPA Method 6020B Rev. 2 (2014)	Espectrometría ICP-MS	-	<0.05 mg/kg PS
Berilio Total	EPA Method 3050B Rev. 2 (1996) EPA Method 6020B Rev. 2 (2014)	Espectrometría ICP-MS	-	<0.5 mg/kg PS
Bismuto Total	EPA Method 3050B Rev. 2 (1996) EPA Method 6020B Rev. 2 (2014)	Espectrometría ICP-MS	-	<5 mg/kg PS
Boro Total	EPA Method 3050B Rev. 2 (1996) EPA Method 6020B Rev. 2 (2014)	Espectrometría ICP-MS	-	<0.1 mg/kg PS
Cadmio Total	EPA Method 3050B Rev. 2 (1996) EPA Method 6020B Rev. 2 (2014)	Espectrometría ICP-MS	-	<0.05 mg/kg PS
Calcio Total	EPA Method 3050B Rev. 2 (1996) EPA Method 6020B Rev. 2 (2014)	Espectrometría ICP-MS	-	<10 mg/kg PS
Cobalto Total	EPA Method 3050B Rev. 2 (1996) EPA Method 6020B Rev. 2 (2014)	Espectrometría ICP-MS	-	<0.5 mg/kg PS
Cobre Total	EPA Method 3050B Rev. 2 (1996) EPA Method 6020B Rev. 2 (2014)	Espectrometría ICP-MS	-	<0.5 mg/kg PS
Cromo Total	EPA Method 3050B Rev. 2 (1996) EPA Method 6020B Rev. 2 (2014)	Espectrometría ICP-MS	-	<0.5 mg/kg PS
Estaño Total	EPA Method 3050B Rev. 2 (1996) EPA Method 6020B Rev. 2 (2014)	Espectrometría ICP-MS	-	<10 mg/kg PS
Estroncio Total	EPA Method 3050B Rev. 2 (1996) EPA Method 6020B Rev. 2 (2014)	Espectrometría ICP-MS	-	<0.1 mg/kg PS
Fósforo Total	EPA Method 3050B Rev. 2 (1996) EPA Method 6020B Rev. 2 (2014)	Espectrometría ICP-MS	-	<80 mg/kg PS
Hierro Total	EPA Method 3050B Rev. 2 (1996) EPA Method 6020B Rev. 2 (2014)	Espectrometría ICP-MS	-	<2 mg/kg PS
Litio Total	EPA Method 3050B Rev. 2 (1996) EPA Method 6020B Rev. 2 (2014)	Espectrometría ICP-MS	-	<0.5 mg/kg PS
Magnesio Total	EPA Method 3050B Rev. 2 (1996) EPA Method 6020B Rev. 2 (2014)	Espectrometría ICP-MS	-	<15 mg/kg PS
Manganeso Total	EPA Method 3050B Rev. 2 (1996) EPA Method 6020B Rev. 2 (2014)	Espectrometría ICP-MS	-	<0.1 mg/kg PS
Mercurio Total	EPA Method 3050B Rev. 2 (1996) EPA Method 6020B Rev. 2 (2014)	Espectrometría ICP-MS	-	<0.01 mg/kg PS
Molibdeno Total	EPA Method 3050B Rev. 2 (1996) EPA Method 6020B Rev. 2 (2014)	Espectrometría ICP-MS	-	<0.1 mg/kg PS
Níquel Total	EPA Method 3050B Rev. 2 (1996) EPA Method 6020B Rev. 2 (2014)	Espectrometría ICP-MS	-	<0.5 mg/kg PS
Plata Total	EPA Method 3050B Rev. 2 (1996) EPA Method 6020B Rev. 2 (2014)	Espectrometría ICP-MS	-	<0.2 mg/kg PS
Plomo Total	EPA Method 3050B Rev. 2 (1996) EPA Method 6020B Rev. 2 (2014)	Espectrometría ICP-MS	-	<0.5 mg/kg PS

Potasio Total	EPA Method 3050B Rev. 2 (1996) EPA Method 6020B Rev. 2 (2014)	Espectrometría ICP-MS	-	<40 mg/kg PS
Selenio Total	EPA Method 3050B Rev. 2 (1996) EPA Method 6020B Rev. 2 (2014)	Espectrometría ICP-MS	-	<0.9 mg/kg PS
Sodio Total	EPA Method 3050B Rev. 2 (1996) EPA Method 6020B Rev. 2 (2014)	Espectrometría ICP-MS	-	<100.00 mg/kg PS
Talio Total	EPA Method 3050B Rev. 2 (1996) EPA Method 6020B Rev. 2 (2014)	Espectrometría ICP-MS	-	<0.05 mg/kg PS
Titanio Total	EPA Method 3050B Rev. 2 (1996) EPA Method 6020B Rev. 2 (2014)	Espectrometría ICP-MS	-	<100.00 mg/kg PS
Vanadio Total	EPA Method 3050B Rev. 2 (1996) EPA Method 6020B Rev. 2 (2014)	Espectrometría ICP-MS	-	<0.1 mg/kg PS
Zinc Total	EPA Method 3050B Rev. 2 (1996) EPA Method 6020B Rev. 2 (2014)	Espectrometría ICP-MS	-	<7 mg/kg PS

Los resultados de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

OBSERVACIONES (*):

CA: 0056-6-2023-102. Anexo Control de Calidad.

MUESTRAS

Código del Laboratorio	Punto de Muestreo	Fecha / Hora Muestreo	Lugar de Muestreo	Coordenadas UTM WGS-84	Análisis	Muestreado por
S-23/030800	LSA-SED-1	22/06/2023 09:05	Laguna Santa Ana	E308573 N8844847	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030801	LSA-SED-2	22/06/2023 09:30	Laguna Santa Ana	E308423 N8844848	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030802	LSA-SED-3	22/06/2023 09:45	Laguna Santa Ana	E308275 N8844748	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030803	LSA-SED-4	22/06/2023 10:10	Laguna Santa Ana	E308300 N8844656	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030804	LSA-SED-5	22/06/2023 10:35	Laguna Santa Ana	E308433 N8844616	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030805	LSA-SED-6	22/06/2023 10:55	Laguna Santa Ana	E308434 N8844743	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030806	LSA-SED-7	22/06/2023 11:10	Laguna Santa Ana	E308557 N8844727	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030807	LC-SED-1	23/06/2023 09:05	Laguna Caballococha	E309553 N8844119	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030808	LC-SED-2	23/06/2023 09:15	Laguna Caballococha	E309298 N8844337	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030809	LC-SED-3	23/06/2023 09:35	Laguna Caballococha	E309424 N8844212	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030810	LC-SED-4	23/06/2023 09:50	Laguna Caballococha	E309417 N8844461	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030811	LC-SED-5	23/06/2023 10:10	Laguna Caballococha	E309286 N8844590	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030812	LC-SED-6	23/06/2023 10:30	Laguna Caballococha	E309546 N8844332	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030813	LC-SED-7	23/06/2023 10:45	Laguna Caballococha	E309534 N8844587	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030814	LC-SED-8	23/06/2023 11:00	Laguna Caballococha	E309403 N8844712	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030815	LC-SED-9	23/06/2023 11:15	Laguna Caballococha	E309525 N8844842	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030816	LC-SED-10	23/06/2023 11:25	Laguna Caballococha	E309771 N8844829	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030817	LC-SED-11	23/06/2023 11:50	Laguna Caballococha	E309640 N8844957	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030818	LC-SED-12	23/06/2023 12:10	Laguna Caballococha	E309631 N8845201	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030819	LC-SED-13	23/06/2023 12:25	Laguna Caballococha	E309514 N8845081	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030820	LC-SED-14	23/06/2023 12:55	Laguna Caballococha	E309652 N8844711	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030821	LT-SED-1	24/06/2023 09:10	Laguna Tinquicocha	E309923 N8846189	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030822	LT-SED-2	24/06/2023 09:20	Laguna Tinquicocha	E309955 N8846322	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030823	LT-SED-3	24/06/2023 09:35	Laguna Tinquicocha	E310073 N8846447	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030824	LT-SED-4	24/06/2023 09:50	Laguna Tinquicocha	E310084 N8846195	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030825	LT-SED-5	24/06/2023 10:10	Laguna Tinquicocha	E309811 N8846700	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030826	LT-SED-6	24/06/2023 10:25	Laguna Tinquicocha	E310190 N8846566	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030827	LT-SED-7	24/06/2023 10:35	Laguna Tinquicocha	E310060 N8846695	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030828	LT-SED-8	24/06/2023 10:45	Laguna Tinquicocha	E309824 N8846454	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030829	LT-SED-9	24/06/2023 11:05	Laguna Tinquicocha	E309940 N8846571	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030830	LT-SED-10	24/06/2023 11:25	Laguna Tinquicocha	E309932 N8846821	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030831	LT-SED-11	24/06/2023 11:35	Laguna Tinquicocha	E310047 N8846946	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030832	LT-SED-12	24/06/2023 11:55	Laguna Tinquicocha	E310180 N8846820	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030833	LT-SED-13	24/06/2023 12:05	Laguna Tinquicocha	E310204 N8846317	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030834	LT-SED-14	24/06/2023 12:20	Laguna Tinquicocha	E310456 N8847906	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030835	LT-SED-15	24/06/2023 12:30	Laguna Tinquicocha	E310318 N8847942	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030836	LT-SED-16	24/06/2023 12:45	Laguna Tinquicocha	E310153 N8847487	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030837	LT-SED-17	24/06/2023 13:00	Laguna Tinquicocha	E310403 N8847769	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030838	LT-SED-18	24/06/2023 13:25	Laguna Tinquicocha	E310243 N8847758	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030839	LT-SED-19	24/06/2023 13:40	Laguna Tinquicocha	E310142 N8847659	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030840	LL-NF-1	25/06/2023 09:10	Laguna Lauricocha	E312207 N8858453	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030841	LL-NF-2	25/06/2023 09:20	Laguna Lauricocha	E312131 N8858948	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030842	LL-NF-3	25/06/2023 09:35	Laguna Lauricocha	E312055 N8859445	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030843	LL-NF-4	25/06/2023 09:55	Laguna Lauricocha	E313026 N8859529	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030844	LL-NF-5	25/06/2023 10:05	Laguna Lauricocha	E317060 N8859305	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030845	LL-NF-6	25/06/2023 10:20	Laguna Lauricocha	E316603 N8859071	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030846	LL-NF-7	25/06/2023 10:35	Laguna Lauricocha	E316521 N8859558	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030847	LL-NF-8	25/06/2023 10:50	Laguna Lauricocha	E316019 N8859568	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030848	LL-NF-9	25/06/2023 11:10	Laguna Lauricocha	E316097 N8859079	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030849	LL-NF-10	25/06/2023 11:25	Laguna Lauricocha	E315590 N8859097	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030850	LL-NF-11	25/06/2023 11:35	Laguna Lauricocha	E315522 N8859580	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030851	LL-NF-12	25/06/2023 11:55	Laguna Lauricocha	E312553 N8859437	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030852	LL-NF-13	25/06/2023 12:10	Laguna Lauricocha	E313112 N8859028	MT, pH y MO	Cliente (*)



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N°LE-022



Registro N° LE - 072

S-23/030853	LL-NF-14	25/06/2023 12:25	Laguna Lauricocha	E313500 N8859625	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030854	LL-NF-15	25/06/2023 12:40	Laguna Lauricocha	E314001 N8859616	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030855	LL-NF-16	25/06/2023 12:55	Laguna Lauricocha	E314080 N8859121	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030856	LL-NF-17	25/06/2023 13:15	Laguna Lauricocha	E314594 N8859117	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030857	LL-NF-18	25/06/2023 13:30	Laguna Lauricocha	E314515 N8859593	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030858	LL-NF-19	25/06/2023 13:45	Laguna Lauricocha	E312628 N8858928	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030859	LL-NF-20	25/06/2023 14:05	Laguna Lauricocha	E317555 N8859295	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030860	LL-NF-21	25/06/2023 14:20	Laguna Lauricocha	E317060 N8859305	MT, pH y MO	Cliente (*)
S-23/030861	LL-NF-22	25/06/2023 14:35	Laguna Lauricocha	E315023 N8859596	MT, pH y MO	Cliente (*)

ANEXO CONTROL DE CALIDAD

N° de referencia :	JUN1094.R23	Tipo de muestra :	Sedimentos
Control de calidad :	0056-6-2023-102	Fecha de emisión :	06/07/2023
Descripción (^) :	Laguna Santa Ana		

Técnica	Parámetro	Unidad	Controles				Criterio de Aceptación		
			Blanco	Muestra Control (%R)	Muestra Doble (%PDR)	Referencia (Muestra Doble)	Blanco	Control	Duplicado
-	MO	%	<LC	111.5	12.5	LSA-SED-1	<LC	70 a 130	<30
-	pH	Unidad pH	<LC	102.3	10.9	LSA-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Aluminio Total	mg/kg PS	<LC	106.5	17.3	LSA-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Antimonio Total	mg/kg PS	<LC	117.1	12.2	LSA-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Arsénico Total	mg/kg PS	<LC	106.0	10.5	LSA-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Bario Total	mg/kg PS	<LC	106.5	16.4	LSA-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Berilio Total	mg/kg PS	<LC	103.4	13.4	LSA-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Bismuto Total	mg/kg PS	<LC	103.6	11.9	LSA-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Boro Total	mg/kg PS	<LC	105.1	11.6	LSA-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Cadmio Total	mg/kg PS	<LC	102.1	10.4	LSA-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Calcio Total	mg/kg PS	<LC	109.3	13.8	LSA-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Cobalto Total	mg/kg PS	<LC	107.2	10.1	LSA-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Cobre Total	mg/kg PS	<LC	114.9	15.2	LSA-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Cromo Total	mg/kg PS	<LC	105.2	11.5	LSA-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Estaño Total	mg/kg PS	<LC	110.6	19.2	LSA-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Estroncio Total	mg/kg PS	<LC	102.0	11.4	LSA-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Fósforo Total	mg/kg PS	<LC	111.5	19.8	LSA-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Hierro Total	mg/kg PS	<LC	102.8	16.3	LSA-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Litio Total	mg/kg PS	<LC	109.2	17.6	LSA-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Magnesio Total	mg/kg PS	<LC	104.5	13.9	LSA-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Manganeso Tot	mg/kg PS	<LC	103.1	14.2	LSA-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Mercurio Total	mg/kg PS	<LC	106.9	16.9	LSA-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Molibdeno Total	mg/kg PS	<LC	103.2	15.4	LSA-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Níquel Total	mg/kg PS	<LC	105.8	15.1	LSA-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Plata Total	mg/kg PS	<LC	108.2	18.7	LSA-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Plomo Total	mg/kg PS	<LC	109.4	13.5	LSA-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Potasio Total	mg/kg PS	<LC	112.6	12.3	LSA-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Selenio Total	mg/kg PS	<LC	109.5	13.2	LSA-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Sodio Total	mg/kg PS	<LC	110.2	15.4	LSA-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Talio Total	mg/kg PS	<LC	112.6	16.9	LSA-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Titanio Total	mg/kg PS	<LC	115.4	17.8	LSA-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Vanadio Total	mg/kg PS	<LC	118.6	15.9	LSA-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Zinc Total	mg/kg PS	<LC	117.4	19.8	LSA-SED-1	<LC	70 a 130	<30

N° de referencia :	JUN1094.R23	Tipo de muestra :	Sedimentos
Control de calidad :	0056-6-2023-102	Fecha de emisión :	06/07/2023
Descripción (A) :	Laguna Caballococha		

Técnica	Parámetro	Unidad	Controles				Criterio de Aceptación		
			Blanco	Muestra Control (%R)	Muestra Doble (%PDR)	Referencia (Muestra Doble)	Blanco	Control	Duplicado
-	MO	%	<LC	108.3	19.4	LC-SED-1	<LC	70 a 130	<30
-	pH	Unidad pH	<LC	111.3	19.8	LC-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Aluminio Total	mg/kg PS	<LC	107.2	18.6	LC-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Antimonio Total	mg/kg PS	<LC	119.7	12.8	LC-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Arsénico Total	mg/kg PS	<LC	105.9	19.2	LC-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Bario Total	mg/kg PS	<LC	104.1	19.1	LC-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Berilio Total	mg/kg PS	<LC	111.0	19.2	LC-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Bismuto Total	mg/kg PS	<LC	109.8	13.3	LC-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Boro Total	mg/kg PS	<LC	112.0	13.5	LC-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Cadmio Total	mg/kg PS	<LC	113.0	15.6	LC-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Calcio Total	mg/kg PS	<LC	116.3	13.9	LC-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Cobalto Total	mg/kg PS	<LC	111.6	15.6	LC-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Cobre Total	mg/kg PS	<LC	109.2	16.1	LC-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Cromo Total	mg/kg PS	<LC	109.6	19.2	LC-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Estaño Total	mg/kg PS	<LC	107.6	11.8	LC-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Estroncio Total	mg/kg PS	<LC	101.4	16.5	LC-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Fósforo Total	mg/kg PS	<LC	109.3	16.5	LC-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Hierro Total	mg/kg PS	<LC	102.0	13.0	LC-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Litio Total	mg/kg PS	<LC	119.8	13.2	LC-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Magnesio Total	mg/kg PS	<LC	109.0	15.7	LC-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Manganeso Tot	mg/kg PS	<LC	106.2	11.6	LC-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Mercurio Total	mg/kg PS	<LC	110.8	19.5	LC-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Molibdeno Total	mg/kg PS	<LC	110.7	18.1	LC-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Niquel Total	mg/kg PS	<LC	118.3	12.5	LC-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Plata Total	mg/kg PS	<LC	115.0	11.0	LC-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Plomo Total	mg/kg PS	<LC	118.0	14.5	LC-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Potasio Total	mg/kg PS	<LC	109.7	11.0	LC-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Selenio Total	mg/kg PS	<LC	103.4	18.7	LC-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Sodio Total	mg/kg PS	<LC	106.7	13.8	LC-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Talio Total	mg/kg PS	<LC	115.3	14.1	LC-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Titanio Total	mg/kg PS	<LC	118.9	12.0	LC-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Vanadio Total	mg/kg PS	<LC	112.6	11.9	LSA-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Zinc Total	mg/kg PS	<LC	111.4	10.8	LSA-SED-1	<LC	70 a 130	<30

N° de referencia :	JUN1094.R23	Tipo de muestra :	Sedimentos
Control de calidad :	0056-6-2023-102	Fecha de emisión :	06/07/2023
Descripción (^) :	Laguna Tinquicocha		

Técnica	Parámetro	Unidad	Controles				Criterio de Aceptación		
			Blanco	Muestra Control (%R)	Muestra Doble (%PDR)	Referencia (Muestra Doble)	Blanco	Control	Duplicado
-	MO	%	<LC	114.3	16.2	LT-SED-1	<LC	70 a 130	<30
-	pH	Unidad pH	<LC	111.0	19.6	LT-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Aluminio Total	mg/kg PS	<LC	107.9	11.7	LT-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Antimonio Total	mg/kg PS	<LC	105.2	16.1	LT-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Arsénico Total	mg/kg PS	<LC	108.0	19.2	LT-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Bario Total	mg/kg PS	<LC	110.8	18.6	LT-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Berilio Total	mg/kg PS	<LC	106.8	13.4	LT-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Bismuto Total	mg/kg PS	<LC	110.3	17.9	LT-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Boro Total	mg/kg PS	<LC	118.6	13.5	LT-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Cadmio Total	mg/kg PS	<LC	108.0	15.1	LT-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Calcio Total	mg/kg PS	<LC	105.3	18.1	LT-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Cobalto Total	mg/kg PS	<LC	108.1	13.7	LT-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Cobre Total	mg/kg PS	<LC	116.6	11.4	LT-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Cromo Total	mg/kg PS	<LC	103.3	14.2	LT-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Estaño Total	mg/kg PS	<LC	102.3	13.8	LT-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Estroncio Total	mg/kg PS	<LC	101.4	11.9	LT-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Fósforo Total	mg/kg PS	<LC	110.4	15.0	LT-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Hierro Total	mg/kg PS	<LC	105.9	14.4	LT-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Litio Total	mg/kg PS	<LC	112.4	16.3	LT-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Magnesio Total	mg/kg PS	<LC	101.2	19.1	LT-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Manganeso Tot	mg/kg PS	<LC	107.9	14.7	LT-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Mercurio Total	mg/kg PS	<LC	107.9	15.0	LT-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Molibdeno Total	mg/kg PS	<LC	104.2	15.0	LT-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Niquel Total	mg/kg PS	<LC	103.4	16.5	LT-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Plata Total	mg/kg PS	<LC	119.8	18.9	LT-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Plomo Total	mg/kg PS	<LC	115.9	15.5	LT-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Potasio Total	mg/kg PS	<LC	112.7	14.7	LT-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Selenio Total	mg/kg PS	<LC	111.5	13.5	LT-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Sodio Total	mg/kg PS	<LC	114.0	13.5	LT-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Talio Total	mg/kg PS	<LC	112.3	14.3	LT-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Titanio Total	mg/kg PS	<LC	106.8	18.0	LT-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Vanadio Total	mg/kg PS	<LC	110.0	18.9	LSA-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Zinc Total	mg/kg PS	<LC	111.2	10.8	LSA-SED-1	<LC	70 a 130	<30

N° de referencia :	JUN1094.R23	Tipo de muestra :	Sedimentos
Control de calidad :	0056-6-2023-102	Fecha de emisión :	06/07/2023
Descripción (A) :	Laguna Lauricocha		

Técnica	Parámetro	Unidad	Controles				Criterio de Aceptación		
			Blanco	Muestra Control (%R)	Muestra Doble (%PDR)	Referencia (Muestra Doble)	Blanco	Control	Duplicado
-	MO	%	<LC	102.4	19.4	LL-NF-1	<LC	70 a 130	<30
-	pH	Unidad pH	<LC	114.0	12.8	LL-NF-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Aluminio Total	mg/kg PS	<LC	103.9	12.7	LL-NF-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Antimonio Total	mg/kg PS	<LC	118.7	19.6	LL-NF-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Arsénico Total	mg/kg PS	<LC	102.4	14.6	LL-NF-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Bario Total	mg/kg PS	<LC	105.1	15.9	LL-NF-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Berilio Total	mg/kg PS	<LC	105.4	13.8	LL-NF-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Bismuto Total	mg/kg PS	<LC	102.7	16.1	LL-NF-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Boro Total	mg/kg PS	<LC	116.3	17.2	LL-NF-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Cadmio Total	mg/kg PS	<LC	119.9	12.3	LL-NF-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Calcio Total	mg/kg PS	<LC	102.0	12.7	LL-NF-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Cobalto Total	mg/kg PS	<LC	102.3	12.8	LL-NF-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Cobre Total	mg/kg PS	<LC	105.2	15.2	LL-NF-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Cromo Total	mg/kg PS	<LC	101.3	16.1	LL-NF-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Estaño Total	mg/kg PS	<LC	108.5	13.9	LL-NF-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Estroncio Total	mg/kg PS	<LC	101.6	12.1	LL-NF-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Fósforo Total	mg/kg PS	<LC	113.2	18.9	LL-NF-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Hierro Total	mg/kg PS	<LC	106.7	15.6	LL-NF-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Litio Total	mg/kg PS	<LC	117.5	18.3	LL-NF-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Magnesio Total	mg/kg PS	<LC	114.1	17.7	LL-NF-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Manganeso Tot	mg/kg PS	<LC	111.8	17.2	LL-NF-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Mercurio Total	mg/kg PS	<LC	118.9	18.4	LL-NF-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Molibdeno Total	mg/kg PS	<LC	113.5	13.8	LL-NF-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Niquel Total	mg/kg PS	<LC	109.9	19.5	LL-NF-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Plata Total	mg/kg PS	<LC	113.0	13.6	LL-NF-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Plomo Total	mg/kg PS	<LC	116.2	11.9	LL-NF-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Potasio Total	mg/kg PS	<LC	109.8	14.2	LL-NF-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Selenio Total	mg/kg PS	<LC	109.7	15.1	LL-NF-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Sodio Total	mg/kg PS	<LC	109.9	12.9	LL-NF-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Talio Total	mg/kg PS	<LC	118.8	16.5	LL-NF-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Titanio Total	mg/kg PS	<LC	103.8	12.9	LL-NF-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Vanadio Total	mg/kg PS	<LC	112.6	10.9	LSA-SED-1	<LC	70 a 130	<30
ICP-MS	Zinc Total	mg/kg PS	<LC	111.4	10.8	LSA-SED-1	<LC	70 a 130	<30

ANEXO D

-INFORMES DE ENSAYO-



CADENA DE CUSTODIA PARA MUESTRAS SOLIDAS

Pág. 01 / 01

NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL CLIENTE:	SUÁREZ CERRÓN JAMES CHRISTIAN
EMPRESA / UNIDAD:	SUÁREZ CERRÓN JAMES CHRISTIAN
UBICACIÓN:	SAN MIGUEL DE CAURI - LAURICOCHA - HUANÚCO
REFERENCIA:	MONITOREO DE SEDIMENTOS
CONTACTO:	SUÁREZ CERRÓN JAMES CHRISTIAN
EMAIL / TELEFONO:	cl. 925-060-832

N° DE ORDEN DE TRABAJO	JUN1094.R23
N° DE CADENA DE CUSTODIA	840-23/AGQ
N° SOLICITUD SERVICIOS AMBIENTALES	624-23

N°	IDENTIFICACION DEL PUNTO DE MUESTREO	TIPO (*)	FECHA	HORA	COORDENADAS UTM WGS 84 - ZONA 18 L	PROFUNDIDAD DEL MUESTREO (ml)	ENSAYOS O PARAMETROS SOLICITADOS										DESCRIPCION / OBSERVACIONES													
							Metales pesados	pH	MO	F1	F2	F3	BTEX	PAHS	ACT. PPM	CLORURO		NO. BACTERIAS												
01	LSA-SED-1	2	22/06/23	09:05	N: 8844847 E: 0308573 Altitud: 4634	0,10	✓	✓	✓	/										Laguna Santa Ana										
02	LSA-SED-2	2	22/06/23	09:30	N: 8844848 E: 0308423 Altitud: 4634	0,10	✓	✓	✓																					Laguna Santa Ana
03	LSA-SED-3	2	22/06/23	09:45	N: 8844748 E: 0308275 Altitud: 4634	0,10	✓	✓	✓																					Laguna Santa Ana
04	LSA-SED-4	2	22/06/23	10:10	N: 8844656 E: 0308300 Altitud: 4634	0,10	✓	✓	✓																					Laguna Santa Ana
05	LSA-SED-5	2	22/06/23	10:35	N: 8844616 E: 0308433 Altitud: 4634	0,10	✓	✓	✓																					Laguna Santa Ana
06	LSA-SED-6	2	22/06/23	10:55	N: 8844743 E: 0308434 Altitud: 4634	0,10	✓	✓	✓																					Laguna Santa Ana
07	LSA-SED-7	2	22/06/23	11:10	N: 8844727 E: 0308557 Altitud: 4634	0,10	✓	✓	✓																					Laguna Santa Ana
08	DUPLICADO LSA-SED-1	2	22/06/23	09:05	N: 8844847 E: 0308573 Altitud: 4634	0,10	✓	✓	✓																					Duplicado Laguna Santa Ana

Observaciones al muestreo:	Responsable del muestreo:	Firma:	
Muestra tomada a 0,10m de profundidad del lecho de la Laguna Santa Ana. Metales totales (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb y Zn).	James Christian Suarez C.		
Observaciones en la recepción de muestras:	Fiscalizador o Supervisor:	Fecha:	Hora:
	Javier Santos Montalvo	22/06/23	11:10 am
	Recibido por:	Fecha:	Hora:
	Eduardo Medina Carbajal	26/06/23	10:10 am

Tipo (*): 1: Suelos 2: Sedimentos 3: Relave 4: Desmante 5: Otros:



CADENA DE CUSTODIA PARA MUESTRAS SOLIDAS

Pág. 01 / 02

NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL CLIENTE:	SUÁREZ CERRÓN JAMES CHRISTIAN
EMPRESA / UNIDAD:	SUÁREZ CERRÓN JAMES CHRISTIAN
UBICACIÓN:	SAN MIGUEL DE CAURI - LAURICOCHA - HUANÚCO
REFERENCIA:	MONITOREO DE SEDIMENTOS
CONTACTO:	SUÁREZ CERRÓN JAMES CHRISTIAN
EMAIL / TELEFONO:	cf. 925-060-632

N° DE ORDEN DE TRABAJO
 N° DE CADENA DE CUSTODIA
 N° SOLICITUD SERVICIOS AMBIENTALES

JUN 1094. R23
 841-23/AGQ
 624-23

N°	IDENTIFICACION DEL PUNTO DE MUESTREO	TIPO (*)	FECHA	HORA	COORDENADAS UTM X Y GZ 84 - ZONA 18 L	PROFUNDIDAD DEL MUESTREO (m)	ENSAYOS O PARÁMETROS SOLICITADOS											DESCRIPCION / OBSERVACIONES																																																																																	
							Metales pesados	pH	MO	F1	F2	F3	BTEX	PAHS	terrestre	orgánico	metales		microbiológico																																																																																
01	LC-SED-1	2	23/06/23	09:05	N: 8844119 E: 0309553 Altitud: 4580	0,10	✓	✓	✓	S-23/030807											✓	Laguna Caballococha																																																																													
02	LC-SED-2	2	23/06/23	09:15	N: 8844337 E: 0309298 Altitud: 4580	0,10	✓	✓	✓												S-23/030808											✓	Laguna Caballococha																																																																		
03	LC-SED-3	2	23/06/23	09:35	N: 8844212 E: 0309424 Altitud: 4580	0,10	✓	✓	✓																							S-23/030809											✓	Laguna Caballococha																																																							
04	LC-SED-4	2	23/06/23	09:50	N: 8844461 E: 0309417 Altitud: 4580	0,10	✓	✓	✓																																		S-23/030810											✓	Laguna Caballococha.																																												
05	LC-SED-5	2	23/06/23	10:20	N: 8844590 E: 0309286 Altitud: 4580	0,10	✓	✓	✓																																													S-23/030811											✓	Laguna Caballococha																																	
06	LC-SED-6	2	23/06/23	10:30	N: 8844332 E: 0309546 Altitud: 4580	0,10	✓	✓	✓																																																								S-23/030812											✓	Laguna Caballococha.																						
07	LC-SED-7	2	23/06/23	10:45	N: 8844587 E: 0309534 Altitud: 4580	0,10	✓	✓	✓																																																																			S-23/030813											✓	Laguna Caballococha.											
08	LC-SED-8	2	23/06/23	11:00	N: 8844712 E: 0309403 Altitud: 4580	0,10	✓	✓	✓																																																																														S-23/030814											✓	Laguna Caballococha.
09	LC-SED-9	2	23/06/23	11:15	N: 8844842 E: 0309525 Altitud: 4580	0,10	✓	✓	✓																																																																																									S-23/030815	
Observaciones al muestreo: Nuestra tomada a 0,10m de profundidad del lecho de la laguna Caballococha. Metales totales (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb y Zn).						Responsable del muestreo: James Christian Suarez C.						Firma: <i>James</i>																																																																																							
Observaciones en la recepción de muestras:						Fiscalizador o Supervisor: Juan Santos Montalvo						Fecha: 23/06/23		Hora: 11:10 am																																																																																					
						Recibido por: Eduardo Medina Carbajal						Fecha: 26/06/23		Hora: 10:10 am																																																																																					

Tipo (*): 1: Suelos 2: Sedimentos 3: Relave 4: Desmante 5: Otros



CADENA DE CUSTODIA PARA MUESTRAS SOLIDAS

Pág. 02 / 02

NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL CLIENTE:	SUÁREZ CERRÓN JAMES CHRISTIAN
EMPRESA / UNIDAD:	SUÁREZ CERRÓN JAMES CHRISTIAN
UBICACIÓN:	SAN MIGUEL DE CAURI - LAURICOCHA - HUANÚCO
REFERENCIA:	MONITOREO DE SEDIMENTOS
CONTACTO:	SUÁREZ CERRÓN JAMES CHRISTIAN
EMAIL / TELEFONO:	cl. 925-060-832

N° DE ORDEN DE TRABAJO
 N° DE CADENA DE CUSTODIA
 N° SOLICITUD SERVICIOS AMBIENTALES

JUN 1094. R23
 841-23 / AGQ
 624-23

N°	IDENTIFICACION DEL PUNTO DE MUESTREO	TIPO (*)	FECHA	HORA	COORDENADAS UTM WGS 84 - ZONA 18 L	PROFUNDIDAD DEL MUESTREO (m)	ENSAYOS O PARAMETROS SOLICITADOS										DESCRIPCION / OBSERVACIONES																																	
							Metales pesados	pH	MO	F1	F2	F3	BTEX	PAHS	OTROS	OTROS		OTROS																																
10	LC-SED-10	2	23/06/23	11:25	N: 8844829 E: 0309331 Altitud: 4580	0,10	✓	✓	✓	/										laguna Caballococha																														
11	LC-SED-11	2	23/06/23	11:50	N: 8844957 E: 0309640 Altitud: 4580	0,10	✓	✓	✓											/										laguna Caballococha																				
12	LC-SED-12	2	23/06/23	12:10	N: 8845201 E: 0309631 Altitud: 4580	0,10	✓	✓	✓																					/										laguna Caballococha										
13	LC-SED-13	2	23/06/23	12:25	N: 8845081 E: 0309514 Altitud: 4580	0,10	✓	✓	✓																															/										laguna Caballococha
14	LC-SED-14	2	23/06/23	12:55	N: 8844711 E: 0309652 Altitud: 4580	0,10	✓	✓	✓																																									/
15	DUPLICADO LC-SED-1	2	23/06/23	17:05	N: 8844119 E: 0309553 Altitud: 4580	0,10	✓	✓	✓	/																																								
					N: E: Altitud:																																													
					N: E: Altitud:																																													
					N: E: Altitud:																																													
					N: E: Altitud:																																													

Observaciones al muestreo:
 Muestra tomada a 0,10m de profundidad del lecho de la laguna Caballococha. Metales totales (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb y Zn).

Responsable del muestreo: James Christian Suarez C.
 Firmado: *James Christian Suarez C.*
 Ejecutor o Supervisor: Javier Santos Montalvo
 Recibido por: Eduardo Medina Carbajal
 Fecha: 23/06/23 Hora: 11:10 am
 Fecha: 26/06/23 Hora: 10:10 am

Tipo (*): 1: Suelos 2: Sedimentos 3: Relave 4: Desmante 5: Otros



CADENA DE CUSTODIA PARA MUESTRAS SOLIDAS

Pág. 01 / 03

NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL CLIENTE :	SUÁREZ CERRÓN JAMES CHRISTIAN
EMPRESA / UNIDAD :	SUÁREZ CERRÓN JAMES CHRISTIAN
UBICACION :	SAN MIGUEL DE CAURI - LAURICOCHA - HUANÚCO
REFERENCIA :	MONITOREO DE SEDIMENTOS
CONTACTO :	SUÁREZ CERRÓN JAMES CHRISTIAN
EMAIL / TELEFONO :	cl. 925-060-632

N° DE ORDEN DE TRABAJO	JUN1094.R23
N° DE CADENA DE CUSTODIA	842-23 / AGQ
N° SOLICITUD SERVICIOS AMBIENTALES	624-23

N°	IDENTIFICACION DEL PUNTO DE MUESTREO	TIPO (1)	FECHA	HORA	COORDENADAS UTM WGS 84 - ZONA 18 L	PROFUNDIDAD DEL MUESTREO (m)	ENSAYOS O PARAMETROS SOLICITADOS											DESCRIPCION / OBSERVACIONES														
							Metales pesados	pH	MO	F1	F2	F3	BTEX	PAHS	OTROS	OTROS	OTROS		OTROS													
01	LT-SED-1	2	24/06/23	09:10	N: 8846189 E: 0309923 Altitud: 4370	0,10	✓	✓	✓	/											Laguna tingucocha											
02	LT-SED-2	2	24/06/23	09:20	N: 8846322 E: 0309955 Altitud: 4370	0,10	✓	✓	✓																							Laguna tingucocha
03	LT-SED-3	2	24/06/23	09:35	N: 8846447 E: 0310073 Altitud: 4370	0,10	✓	✓	✓																							Laguna tingucocha
04	LT-SED-4	2	24/06/23	09:50	N: 8846195 E: 0310084 Altitud: 4370	0,10	✓	✓	✓																							Laguna tingucocha
05	LT-SED-5	2	24/06/23	10:10	N: 8846700 E: 0309811 Altitud: 4370	0,10	✓	✓	✓																							Laguna tingucocha
06	LT-SED-6	2	24/06/23	10:25	N: 8846566 E: 0310190 Altitud: 4370	0,10	✓	✓	✓																							Laguna tingucocha
07	LT-SED-7	2	24/06/23	10:35	N: 8846695 E: 0310060 Altitud: 4370	0,10	✓	✓	✓																							Laguna tingucocha
08	LT-SED-8	2	24/06/23	10:45	N: 8846454 E: 0309824 Altitud: 4370	0,10	✓	✓	✓																							Laguna tingucocha
09	LT-SED-9	2	24/06/23	11:05	N: 8846571 E: 0309940 Altitud: 4370	0,10	✓	✓	✓																							Laguna tingucocha
Observaciones al muestreo:							Responsable del muestreo:											Firma:														
Muestra tomada a 0,10m de profundidad del lecho de la laguna tingucocha. Metales totales (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb y Zn).							James Christian Suarez C.											Luis C.														
Observaciones en la recepción de muestras:							Fiscalizador o Supervisor:											Fecha:	Hora:													
							Javier Santos Montalvo											24/06/23	11:10 am													
							Recibido por:											Fecha:	Hora:													
							Eduardo Medina Carbajal											26/06/23	10:10 am													

Tipo (1): 1: Suelos 2: Sedimentos 3: Relave 4: Desmante 5: Otros



CADENA DE CUSTODIA PARA MUESTRAS SOLIDAS

Pág. 02 / 03

NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL CLIENTE:	SUÁREZ CERRÓN JAMES CHRISTIAN
EMPRESA / UNIDAD:	SUÁREZ CERRÓN JAMES CHRISTIAN
UBICACIÓN:	SAN MIGUEL DE CAURI - LAURICOCHA - HUANÚCO
REFERENCIA:	MONITOREO DE SEDIMENTOS
CONTACTO:	SUÁREZ CERRÓN JAMES CHRISTIAN
EMAIL / TELEFONO:	cl. 925-060-632

N° DE ORDEN DE TRABAJO
 N° DE CADENA DE CUSTODIA
 N° SOLICITUD SERVICIOS AMBIENTALES

JUN1094. R23
 842-23 / AGQ
 624-23

N°	IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO	TIPO (*)	FECHA	HORA	COORDENADAS UTM WGS 84 - ZONA 18 L	PROFUNDIDAD DEL MUESTREO (m)	ENSAYOS O PARÁMETROS SOLICITADOS										DESCRIPCIÓN / OBSERVACIONES					
							Metales pesados	pH	MO	F1	F2	F3	BTEX	PAHS	Mercurio	Polvos		Microorganismos				
10	LT-SED-10	2	24/06/23	11:25	N: 8846621 E: 0309932 Altitud: 4370	0,10	✓	✓	✓	S-23/03830										✓	✓	Laguna Tingucocha
11	LT-SED-11	2	24/06/23	11:35	N: 8846946 E: 0310043 Altitud: 4370	0,10	✓	✓	✓	S-23/03831										✓	✓	Laguna Tingucocha
12	LT-SED-12	2	24/06/23	11:55	N: 8846820 E: 0310180 Altitud: 4370	0,10	✓	✓	✓	S-23/03832										✓	✓	Laguna Tingucocha
13	LT-SED-13	2	24/06/23	12:05	N: 8846317 E: 0310204 Altitud: 4370	0,10	✓	✓	✓	S-23/03833										✓	✓	Laguna Tingucocha
14	LT-SED-14	2	24/06/23	12:20	N: 8847906 E: 0310456 Altitud: 4370	0,10	✓	✓	✓	S-23/03834										✓	✓	Laguna Tingucocha
15	LT-SED-15	2	24/06/23	12:30	N: 8847942 E: 0310318 Altitud: 4370	0,10	✓	✓	✓	S-23/03835										✓	✓	Laguna Tingucocha
16	LT-SED-16	2	24/06/23	12:45	N: 8847407 E: 0310153 Altitud: 4370	0,10	✓	✓	✓	S-23/03836										✓	✓	Laguna Tingucocha
17	LT-SED-17	2	24/06/23	13:00	N: 8847769 E: 0310403 Altitud: 4370	0,10	✓	✓	✓	S-23/03837										✓	✓	Laguna Tingucocha
18	LT-SED-18	2	24/06/23	13:25	N: 8847758 E: 0310243 Altitud: 4370	0,10	✓	✓	✓	S-23/03838										✓	✓	Laguna Tingucocha

Observaciones al muestreo:
 Muestra tomada a 0,10m de profundidad del lecho de la laguna tingucocha. Metales totales (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn).
 Observaciones en la recepción de muestras:

Responsable del muestreo: James Christian Suarez C.
 Fiscalizador o Supervisor: Javier Santos Montalvo
 Recibido por: Eduardo Medina Carbajal
 Fecha: 24/06/23
 Hora: 11:10 am
 Fecha: 26/06/23
 Hora: 10:10 am



CADENA DE CUSTODIA PARA MUESTRAS SOLIDAS

Pág. 01 / 03

NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL CLIENTE:	SUÁREZ CERRÓN JAMES CHRISTIAN
EMPRESA / UNIDAD:	SUÁREZ CERRÓN JAMES CHRISTIAN
UBICACIÓN:	SAN MIGUEL DE CAURI - LAURICOCHA - HUANÚCO
REFERENCIA:	MONITOREO DE SEDIMENTOS
CONTACTO:	SUÁREZ CERRÓN JAMES CHRISTIAN
EMAIL / TELEFONO:	cl. 925-060-632

N° DE ORDEN DE TRABAJO	JUN1094. R23
N° DE CADENA DE CUSTODIA	843-23/AGQ
N° SOLICITUD SERVICIOS AMBIENTALES	624-23

N°	IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO	TIPO (*)	FECHA	HORA	COORDENADAS UTM WGS 84 ZONA 18 L	PROFUNDIDAD DEL MUESTREO (m)	ENSAYOS O PARAMETROS SOLICITADOS										DESCRIPCIÓN / OBSERVACIONES		
							Metales pesados?	pH	MO	F1	F2	F3	BTEX	PAHS	ANÁLISIS QUÍMICO	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO		ANÁLISIS DE OROLOGÍA	
01	LL-NF-1	2	25/06/23	09:10	N: 8858453 E: 0312207 Altitud: 3872	0,10	✓	✓	✓	S-23/030840									Laguna Lauricocha
02	LL-NF-2	2	25/06/23	09:20	N: 8858948 E: 0312131 Altitud: 3872	0,10	✓	✓	✓	S-23/030841									Laguna Lauricocha
03	LL-NF-3	2	25/06/23	09:35	N: 8859445 E: 0312055 Altitud: 3872	0,10	✓	✓	✓	S-23/030842									Laguna Lauricocha
04	LL-NF-4	2	25/06/23	09:55	N: 8859529 E: 0312026 Altitud: 3872	0,10	✓	✓	✓	S-23/030843									Laguna Lauricocha
05	LL-NF-5	2	25/06/23	10:05	N: 8859305 E: 0312060 Altitud: 3872	0,10	✓	✓	✓	S-23/030844									Laguna Lauricocha
06	LL-NF-6	2	25/06/23	10:20	N: 8859071 E: 0312003 Altitud: 3872	0,10	✓	✓	✓	S-23/030845									Laguna Lauricocha
07	LL-NF-7	2	25/06/23	10:35	N: 8859558 E: 0312021 Altitud: 3872	0,10	✓	✓	✓	S-23/030846									Laguna Lauricocha
08	LL-NF-8	2	25/06/23	10:50	N: 8859568 E: 0312019 Altitud: 3872	0,10	✓	✓	✓	S-23/030847									Laguna Lauricocha
09	LL-NF-9	2	25/06/23	11:10	N: 8859079 E: 0312097 Altitud: 3872	0,10	✓	✓	✓	S-23/030848									Laguna Lauricocha
Observaciones al muestreo: Muestra tomada a 0,10m de profundidad del lecho de la Laguna Lauricocha. Metales totales (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb y Zn).							Responsable del muestreo: James Christian Suarez C.										Firma: <i>James</i>		
Observaciones en la recepción de muestras:							Fiscalizador o Supervisor: Javier Santos Montalvo					Fecha: 25/06/23		Hora: 11:10am					
							Recibido por: Eduardo Medina Carbajal					Fecha: 26/06/23		Hora: 10:10am					

Tipo (): 1: Suelos; 2: Sedimentos; 3: Relave; 4: Desmante; 5: Otros.



CADENA DE CUSTODIA PARA MUESTRAS SOLIDAS

Pág. 02 / 03

NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL CLIENTE:	SUÁREZ CERRÓN JAMES CHRISTIAN
EMPRESA / UNIDAD:	SUÁREZ CERRÓN JAMES CHRISTIAN
UBICACIÓN:	SAN MIGUEL DE CAURI - LAURICOCHA - HUANÚCO
REFERENCIA:	MONITOREO DE SEDIMENTOS
CONTACTO:	SUÁREZ CERRÓN JAMES CHRISTIAN
EMAIL / TELEFONO:	cl. 925-060-632

N° DE ORDEN DE TRABAJO

JUN 1094-R23

N° DE CADENA DE CUSTODIA

843-23/AGQ

N° SOLICITUD SERVICIOS AMBIENTALES

624-23

N°	IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO	TIPO (*)	FECHA	HORA	COORDENADAS UTM WGS 84 ZONA 18 L	PROFUNDIDAD DEL MUESTREO (m)	ENSAYOS O PARAMETROS SOLICITADOS										DESCRIPCIÓN / OBSERVACIONES				
							Metales pesados	pH	MO	F1	F2	F3	BTEX	PAHS	OTROS	OTROS		OTROS			
10	LL-NF-10	2	25/06/23	11:25	N: 8859097 E: 0315590 Altitud: 3872	0,10	✓	✓	✓												Laguna Lauricocha
11	LL-NF-11	2	25/06/23	11:35	N: 8859580 E: 0315572 Altitud: 3872	0,10	✓	✓	✓												Laguna Lauricocha
12	LL-NF-12	2	25/06/23	11:55	N: 8859437 E: 0312553 Altitud: 3872	0,10	✓	✓	✓												Laguna Lauricocha
3	LL-NF-13	2	25/06/23	12:10	N: 8859028 E: 0313112 Altitud: 3872	0,10	✓	✓	✓												Laguna Lauricocha
14	LL-NF-14	2	25/06/23	12:25	N: 8859625 E: 0313500 Altitud: 3872	0,10	✓	✓	✓												Laguna Lauricocha
15	LL-NF-15	2	25/06/23	12:40	N: 8859616 E: 0314001 Altitud: 3872	0,10	✓	✓	✓												Laguna Lauricocha
16	LL-NF-16	2	25/06/23	12:55	N: 8859121 E: 0314080 Altitud: 3872	0,10	✓	✓	✓												Laguna Lauricocha
17	LL-NF-17	2	25/06/23	13:15	N: 8859117 E: 0314594 Altitud: 3872	0,10	✓	✓	✓												Laguna Lauricocha
18	LL-NF-18	2	25/06/23	13:30	N: 8859593 E: 0314515 Altitud: 3872	0,10	✓	✓	✓												Laguna Lauricocha

Observaciones al muestreo:
Muestra tomada a 0,10m de profundidad del lecho de la Laguna Lauricocha. Metales totales (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb y Zn).

Responsable del muestreo:	James Christian Suarez C.	Firma:	<i>Leull</i>
Fiscalizador o Supervisor:	Javier Santos Montalvo	Fecha:	25/06/23
Recibido por:	Eduardo Medina Carbajal	Hora:	11:10 am
		Fecha:	26/06/23
		Hora:	10:10 am

Tipo (*): 1: Suelos 2: Sedimentos 3: Relave 4: Diamante 5: Otros



CADENA DE CUSTODIA PARA MUESTRAS SOLIDAS

Pág. 03 / 03

NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL CLIENTE:	SUÁREZ CERRÓN JAMES CHRISTIAN
EMPRESA / UNIDAD:	SUÁREZ CERRÓN JAMES CHRISTIAN
UBICACIÓN:	SAN MIGUEL DE CAURI - LAURICOCHA - HUANÚCO
REFERENCIA:	MONITOREO DE SEDIMENTOS
CONTACTO:	SUÁREZ CERRÓN JAMES CHRISTIAN
EMAIL / TELEFONO:	cl. 925-060-632

N° DE ORDEN DE TRABAJO

JUN 1094 R23

N° DE CADENA DE CUSTODIA

843-23/AGQ

N° SOLICITUD SERVICIOS AMBIENTALES

624-23

N°	IDENTIFICACION DEL PUNTO DE MUESTREO	TIPO (*)	FECHA	HORA	COORDENADAS DTM WGS 84 - ZONA 14-L	PROFUNDIDAD DEL MUESTREO (m)	ENSAYOS O PARAMETROS SOLICITADOS										DESCRIPCION, OBSERVACIONES	
							Metales pesados	pH	MO	F1	F2	F3	BTEX	PAHS	OTROS	OTROS		OTROS
19	LL-NF-19	2	25/06/23	13:45	N: 8858928 E: 0312628 Altitud: 3872	0,10	✓	✓	✓	S-23/030858				✓	✓	Laguna Lauricocha		
20	LL-NF-20	2	25/06/23	14:05	N: 8859295 E: 0317555 Altitud: 3872	0,10	✓	✓	✓	S-23/030859				✓	✓	Laguna Lauricocha		
21	LL-NF-21	2	25/06/23	14:20	N: 8859305 E: 0317060 Altitud: 3872	0,10	✓	✓	✓	S-23/030860				✓	✓	Laguna Lauricocha		
22	LL-NF-22	2	25/06/23	14:35	N: 8859596 E: 0315023 Altitud: 3872	0,10	✓	✓	✓	S-23/030861				✓	✓	Laguna Lauricocha		
23	DUPLICADO LL-NF-1	2	25/06/23	09:10	N: 8858453 E: 0312207 Altitud: 3872	0,10	✓	✓	✓	S-23/030840				✓	✓	DUPLICADO Laguna Lauricocha		
					N: E: Altitud:													
					N: E: Altitud:													
					N: E: Altitud:													
					N: E: Altitud:													
					N: E: Altitud:													
Observaciones al muestreo:							Responsable del muestreo:										Firma:	
Muestra tomada a 10cm de profundidad del lecho de la Laguna Lauricocha. Metales totales (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb y Zn).							James Christian Suarez C.										JCS	
Observaciones en la recepción de muestras:							Fiscalizador o Supervisor:										Fecha:	Hora:
							Javier Santos Montalvo										25/06/23	11:10 am
							Recibido por:										Fecha:	Hora:
							Eduardo Medina Corbat										26/06/23	10:10 am

Tipo (*): 1: Suelos 2: Sedimentos 3: Relave 4: Desmante 5: Otros

ANEXO E

-CONTROL DE CALIDAD-



GARANTIA DE LA CALIDAD

El rubro ambiental establece la garantía de calidad de sus operaciones sobre la base de un sistema de calidad establecido bajo los lineamientos de NTP-ISO/IEC 17025:2017 "Requisitos Generales para la competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración" el cual contempla entre otros los siguientes aspectos:

- Organización establecida y definida para efectuar cumplir los requisitos de gestión
- Competencia del personal para la realización de sus actividades y la supervisión de las mismas.
- Política para identificar y proveer formación al personal de acuerdo a las necesidades y metas de la organización.
- Infraestructura, instalaciones y ambiente en condiciones adecuadas para la realización de las actividades del Laboratorio
- Métodos de ensayos estandarizados y oficiales.
- Procedimientos e instrucciones apropiadas
- Control de datos para los cálculos y transferencias de información.
- Equipos en condiciones óptimas para la correcta ejecución de los ensayos.
- Establecimiento de sistemas de aseguramiento de calidad de los resultados de ensayo.
- Documentación del sistema de calidad como: manual de gestión de la calidad de calidad, planes, procedimientos, instrucciones, formatos y registros entre otros.

Fuente: AGQ PERÚ SAC

CONTROL DE CALIDAD EN CAMPO PARA MUESTRAS PARA EL LABORATORIO

TIPO DE ENSAYO: MICROBIOLÓGICOS		
CONTROL EN CAMPO	FRECUENCIA	ANÁLISIS DEL CONTROL DE CAMPO
Blanco Viajero	01 blanco viajero por cada 20 muestras	Bacterias Heterotróficas ⁽¹⁾
⁽¹⁾ El análisis de bacterias heterotróficas en el blanco viajero se realiza debido a que es un indicador de posible contaminación por el transporte y almacenamiento en campo, asimismo es un análisis que engloba en su mayoría todas las bacterias como Coliformes Totales (CT) Coliformes Fecales (CF), Escherichia Coli (EC), etc.		

TIPO DE ENSAYO: PARASITOLÓGICOS		
CONTROL EN CAMPO	FRECUENCIA	ANÁLISIS DEL CONTROL DE CAMPO
Muestra duplicado de campo*	01 muestra por cada lote de 10 muestras.	Organismos de vida libre (nematodos) Huevos de Helminths, Quistes y Ooquistes de Protozoarios Patógenos.
*Es equivalente a la muestra adicional del laboratorio.		

TIPO DE ENSAYO: FÍSICOQUÍMICOS		
CONTROL EN CAMPO	FRECUENCIA	ANÁLISIS DEL CONTROL DE CAMPO
Blanco Viajero	01 blanco viajero por cada 20 muestras.	Sulfatos ⁽²⁾ y/o SST ⁽²⁾ y/o Acidez ⁽²⁾ o Metales Pesados ⁽³⁾ .
Blanco de campo	01 blanco de campo por cada 20 muestras.	
Muestra Duplicado de campo*	01 muestra por cada lote de 20 muestras.	
⁽²⁾ Se tomará muestra de uno de estos parámetros porque el blanco viajero no está preservado y no toma muestra de metales pesados. ⁽³⁾ Si en el SSA señala metales pesados, verificar llevar frasco de blanco viajero preservado antes de salir a campo. *Es equivalente a la muestra adicional del laboratorio, cuando el método de ensayo lo considere. - Si en la solicitud no hubiese un parámetro antes mencionado, se traerá un duplicado por cada lote de 20 muestras.		

TIPO DE ENSAYO: HIDROBIOLÓGICOS		
CONTROL EN CAMPO	FRECUENCIA	ANÁLISIS DEL CONTROL DE CAMPO
Muestra duplicado de campo*	Adicionar un duplicado de campo por cada servicio de monitoreo.	Organismos de Vida Libre (Algas, Protozoarios, Rotíferos y Copépodos):
*Es equivalente a la muestra adicional del laboratorio (primero de cada mes).		



TIPO DE ENSAYO: CROMATOGRÁFICOS		
CONTROL EN CAMPO	FRECUENCIA	ANÁLISIS DEL CONTROL DE CAMPO
Blanco viajero	01 blanco viajero por cada 20 muestras.	COV's y/o (BTEX) y/o (THM) y/o F1 (3 controles para volátiles)
Blanco de campo	01 blanco de campo por cada 20 muestras.	
Muestra duplicado de campo*	1 muestra por cada lote de 20 muestras.	
Blanco de campo	01 blanco de campo por cada 20 muestras.	(TPH) y/o PCB's y/o Plaguicidas y/o HAP's (02 controles para semivolátiles)
Muestra duplicado de campo*	1 muestra por cada lote de 20 muestras.	
Simbología: (TPH) :Hidrocarburos totales de Petróleo, (COV's): Compuestos Orgánicos Volátiles , (THM): Trihalometanos		
*Es equivalente a la muestra adicional del laboratorio, cuando el método de ensayo lo considere.		

CONCEPTO	PREVIENE	APLICA
<u>Blanco Viajero</u> .- Muestra libre de analito a ensayar y que ha sido preparada en el laboratorio, transportada al campo y mantenida sin abrir hasta su retorno al laboratorio donde es analizada junto con el grupo de muestras colectadas.	Detectar cualquier contaminación producida por los envases, transporte y procedimientos de almacenamiento en campo durante el muestreo.	Ensayos microbiológicos, fisicoquímicos y cromatográficos, 01 blanco por cada lote de 20 muestras.
<u>Blanco de Campo</u> .- Muestra preparada libre de analito la que es llenada en el campo en los frascos respectivos, siguiendo el mismo procedimiento de monitoreo que el de las muestras. Los frascos son cerrados herméticamente y transportados con las muestras para los análisis respectivos.	Verificar el cuidado durante el muestreo así como en la limpieza de los equipos de muestreo que fueron empleados.	Ensayos fisicoquímicos y cromatográficos, 01 blanco por cada lote de 20 muestras.
<u>Muestra Duplicado de Campo</u> .- Las muestras duplicadas de campo son colectadas durante la misma campaña de monitoreo y provienen de las mismas estaciones.	Refleja la precisión del muestreo y las variaciones de concentraciones propias de un cuerpo de agua.	Ensayos parasitológicos, fisicoquímicos, hidrobiológicos y cromatográficos.
<u>Equipos de Campo</u> .- Los equipos de campo utilizados son calibrados y verificados según el Plan de Calibración y/o Verificación de Equipos de Inspección, Medición Y Ensayo.	Asegurar el buen desempeño de los equipos que realizan mediciones en campo.	Equipos de campo de agua como multiparámetro, turbidímetro, colorímetro, medidor de flujo.

ANEXO F

**-CONDICIONES PARA CONSERVACIÓN,
PRESERVACIÓN Y MUESTREO DE
SUELO-**



CONDICIONES PARA CONSERVACIÓN, PRESERVACIÓN Y MUESTREO DE SEDIMENTOS

Esta tabla proporciona información para muestras en general, para aquellas que requieran un tratamiento especial en su manipulación y preservación. Se debe revisar la bibliografía de los métodos a aplicarse para un mayor detalle.

TIPO DE ENSAYO	METODOLOGÍA / PNT	RECIPIENTE / ENVASE	CANTIDAD MÍNIMA DE MUESTRA (g)	PRESERVACIÓN	CÓDIGO DE COLORES	PLAZO TÉCNICO (Holding Time)	CONTROL DE CALIDAD
SUELOS, SEDIMENTOS Y LODOS							
ENSAYOS FÍSICOQUÍMICOS							
Metales Totales + Mercurio Total	EPA Method 3050B (ICP-MS) EPA Method 6020B (ICP-MS)	Bolsa plástica	500	Refrigerar ≤ 6 °C	-	28 d	-
Metales Totales	EPA Method 3050B (ICP-MS) EPA Method 6020B (ICP-MS)	Bolsa plástica	500	Refrigerar ≤ 6 °C	-	6 m	-
Mercurio Total	PP-208	Bolsa plástica	100	Refrigerar ≤ 6 °C	-	28 d	-
Aniones y Cationes	PEC-001	Bolsa plástica	750	Refrigerar ≤ 6 °C	-	30 d	-
pH, CE	PEC-001 PEC-002	Bolsa plástica	100	Refrigerar ≤ 6 °C	-	30 d	-
Potencial Redox	SM 2580B	Bolsa plástica	100	Refrigerar ≤ 6 °C	-	30 d	-
Textura	PEC-018	Bolsa plástica	100	Refrigerar ≤ 6 °C	-	30 d	-
Nitrogeno Total (NT)	PEC-034	Bolsa plástica	50	Refrigerar ≤ 6 °C	-	30 d	-
Carbono Orgánico Total	PEC-013	Bolsa plástica	50	Refrigerar ≤ 6 °C	-	30 d	-
Materia Orgánica	PEC-012	Bolsa plástica	100	Refrigerar ≤ 6 °C	-	30 d	-
Humedad	PE-980	Bolsa plástica	100	Refrigerar ≤ 6 °C	-	24 h	-
Sólidos Totales	NOM 004-SEMARNAT-2002	Bolsa plástica	100	Refrigerar ≤ 6 °C	-	24 h	-
Cromo VI	PP-205	Bolsa plástica	50	Refrigerar ≤ 6 °C	-	30 d	-
Cianuro Libre	EPA 9013-A SM 4500-CN F	Vidrio (ámbar)	100	Refrigerar ≤ 6 °C	-	14 d	-
Cianuro Wad	EPA 9013-A PP-242	Vidrio (ámbar)	100	Refrigerar ≤ 6 °C	-	14 d	-
Cianuro Total	EPA 9013-A PP-220	Vidrio (ámbar)	100	Refrigerar ≤ 6 °C	-	14 d	-
Cloruros	PE-336	Bolsa plástica	250	Refrigerar ≤ 6 °C	-	30 d	-
Aceites y Grasas (MEH)	EPA METHOD 9071B	Vidrio (ámbar)	250	Refrigerar ≤ 6 °C	-	28 d	-
ENSAYOS ORGÁNICOS							
Hidrocarburos Totales (TPH, F1 (C5-C10))	EPA 8015 C	Vidrio (ámbar)	5	Refrigerar ≤ 6 °C	-	14 d	-
Hidrocarburos Totales (TPH, F2 (C10-C28), F3 (C28-C40))	EPA 8015 C	Vidrio (ámbar)	200	Refrigerar ≤ 6 °C	-	14 d	-
Pesticidas: Clorados y/o Fosforados	EPA 8270 E	Vidrio (ámbar)	200	Refrigerar ≤ 6 °C	-	14 d	-
Policlorobifenilos (PCBs)	EPA 8270 E	Vidrio (ámbar)	200	Refrigerar ≤ 6 °C	-	14 d	-
Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares (PAHs)	EPA 8270 E	Vidrio (ámbar)	200	Refrigerar ≤ 6 °C	-	14 d	-
Orgánicos Volátiles (COVs)	EPA 8260 D	Vidrio (ámbar)	5	Refrigerar ≤ 6 °C	-	14 d	-
BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno)	EPA 8260 D	Vidrio (ámbar)	200	Refrigerar ≤ 6 °C	-	14 d	-
Hidrocarburos Poliaromáticos	TNRCC 1005 TNRCC 1006	Vidrio (ámbar)	40	Refrigerar ≤ 6 °C	-	14 d	-
Compuestos Organoclorados	PE-674	Vidrio (ámbar)	100	Refrigerar ≤ 6 °C	-	14 d	-