



Contaminación ambiental por plomo (Pb) por minería ilegal en la comunidad pampas-constancia, Lircay – Huancavelica, 2023

Contamination by lead (Pb) due to illegal mining in the Pampas-Constancia community, Lircay – Huancavelica, 2023

Amadeo Enriquez Donaires¹ • Luz Marina Acharte Lume¹ • Luis Quispealaya Armas¹ • Cesar Salvador Guzman Ibañez¹ • Wilmer Castellanos Felipe¹

Recibido: 01 de Julio del 2024 / **Aceptado:** 28 de enero del 2025

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue determinar los niveles de concentración de plomo, en suelo y agua en el área de influencia de la minería ilegal, en la comunidad Pampas Constancia. El tipo de investigación fue la aplicada, nivel descriptivo, diseño no experimental-transversal. La población fue 28.7 ha del área de influencia, la muestra fue de 10 puntos. El muestreo fue no probabilístico, el instrumento para recolectar datos fue a través del espectrofotómetro de absorción atómica. Los resultados muestran la concentración de plomo en diez puntos evaluados durante la época seca; de los 10 puntos evaluados, sólo supero los puntos P-06 y P-07 en un 73% y 205% respectivamente, el resto no supero. Las ECAs de 70 mg/kg PS, similarmente sucedió en el agua de los 10 puntos evaluados, superaron las ECAs en P-06 y P-07 en un 99% y 133% respectivamente y en el resto no supero el ECAs de 0.05 mg/l, para agua de riego y bebida de animales. Los puntos que superaron tanto en suelo y agua se ubican dentro de la operación de la minería ilegal. Se concluye que el metal, Plomo no superan a los estándares en ambas tanto en el suelo y agua.

Palabras claves: Plomo Pb; minería ilegal; espectrofotometría de absorción atómica; contaminación; medio ambiente.

ABSTRACT

The objective of the research was to determine the concentration levels of lead in soil and water in the area of influence of illegal mining, in the Pampas Constancia community. The type of research was applied, descriptive level, non-experimental-cross-sectional design. The population was 28.7 ha. of the area of influence, the sample was 10 points. The sampling was non-probabilistic, the instrument to collect data was through the atomic absorption spectrophotometer. The results show the concentration of lead in ten points evaluated during the dry season; of the 10 points evaluated, only points P-06 and P-07 exceeded by 73% and 205% respectively, the rest did not exceed. The ECAs of 70 mg/kg PS, similarly occurred in the water of the 10 points evaluated, exceeded the ECAs in P-06 and P-07 by 99% and 133% respectively and in the rest did not exceed the ECAs of 0.05 mg/l, for irrigation water and animal drinking. The points that exceeded both in soil and water are located within the illegal mining operation. It is concluded that the metal, Lead does not exceed the standards in both soil and water.

Keywords: Lead Pb; illegal mining; atomic absorption spectrophotometry; pollution; environment.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos tiempos, se ha prestado una atención considerable a los metales pesados y metaloides en los ecosistemas acuáticos y terrestres debido a su potencial toxicidad y capacidad de acumulación en altas concentraciones en plantas y animales. Estos metales se absorben fácilmente en partículas y tienden a acumularse principalmente en los sedimentos superficiales (Covarrubias, 2017; Forghani Tehrani et al., 2023). Se ha observado que los sedimentos albergan una variedad de formas de metales pesados, cada una con distintas características en cuanto a reactividad, movilidad, biodisponibilidad, destino y toxicidad (Hadzi et al., 2024; Moulatlet et al., 2023). Diversas investigaciones han evidenciado el impacto de los metales pesados en la salud humana, especialmente en países en desarrollo donde las medidas correctivas son poco frecuentes. Cuando los niveles de estos metales en un ecosistema exceden ciertos límites, resulta difícil para los organismos metabolizarlos eficientemente (Alberta. Alberta Environment. et al., 2009; Sempértegui Soriano et al., 2018). La toxicidad se manifiesta cuando los organismos no pueden metabolizar rápidamente los metales, lo que lleva a su acumulación en los tejidos y provoca efectos adversos que limitan las funciones vitales. La contaminación por metales en los sedimentos puede afectar tanto a las especies acuáticas como a la salud humana, un fenómeno que ha sido objeto de investigación en ecosistemas de todo el mundo.(Forghani Tehrani et al., 2023; Moulatlet et al., 2023)

✉ Amadeo Enriquez Donaires
Correo: amadeo.enriquez@unh.edu.pe

¹ Universidad Nacional de Huancavelica,
Huancavelica, Perú

Los metales que no son esenciales, como el plomo (Pb) y el cadmio (Cd), suelen ser sustancias tóxicas de gran potencia incluso en concentraciones relativamente bajas. Su acumulación en los sedimentos puede representar una amenaza para la supervivencia y el equilibrio de los ecosistemas bentónicos, incrementando el estrés y causando daños al sistema acuático.(Sanchez Valencia, 2019; Sempértegui Soriano et al., 2018).

Los sedimentos cumplen un papel fundamental en nuestro entorno al servir como fuente de alimento para los organismos vivos y como sumidero al actuar como un recurso renovable para los ecosistemas acuáticos en lo que respecta a estos contaminantes. Esto se debe a que los contaminantes, en última instancia, llegan a los sistemas acuáticos a través de la precipitación local, la escorrentía superficial del agua y los

lixiviados de rocas y desechos sólidos. (Moulatlet et al., 2023). Por lo tanto, es imperativo investigar minuciosamente los niveles de metales tóxicos en los sedimentos y contrastar estos niveles con valores de referencia sin contaminación. Esto permitiría comprender completamente el impacto de las actividades mineras, así como la dinámica de acumulación y distribución de metales en entornos acuáticos. Esta información sería crucial para evaluar los riesgos tanto para la salud humana como para el medio ambiente.

El río estudiado es importante fuente de agua para uso doméstico de consumo de animales y riego. la minería a pequeña escala, así como la minería a gran escala no regulada, ha contribuido enormemente a varios desafíos ambientales, como la degradación de la tierra, la pérdida de biodiversidad y recursos naturales, hundimiento debido a la minería subterránea, contaminación del agua y del suelo, todo lo cual genera importantes impactos en la salud humana (Covarrubias, 2017; Forghani Tehrani et al., 2023; Moulatlet et al., 2023).

Varias organizaciones y tratados internacionales han desarrollado diversos enfoques para evaluar la presencia de metales pesados, los cuales se han empleado para analizar la contaminación y los posibles riesgos ecológicos en los sedimentos. Estos métodos incluyen el factor de enriquecimiento, el índice de carga contaminante, el índice de geoacumulación, el índice de riesgo ecológico potencial y el índice de riesgo ecológico modificado (Hadzi et al., 2024). Estos enfoques se utilizan para estimar la contaminación y los riesgos ecológicos al comparar la concentración de elementos individuales o múltiples con los valores de fondo, así como en este estudio las normas de los estándares de calidad Ambiental del suelo y agua.

A pesar de la alarmante contaminación por metales pesados de nuestras aguas en las zonas mineras de todo el país, apenas se dispone de información sobre el estado de la contaminación por metales pesados, el alcance de la contaminación y sus riesgos ecológicos utilizando índices de evaluación de la contaminación, lo que puede provocar el deterioro de la calidad del agua y la degradación de los ecosistemas (Avalos Ramírez, 2023; Azcona Cruz, 2015). El objetivo de este estudio fue obtener conocimientos fundamentales sobre el alcance de la contaminación del plomo Pb en el área de influencia de la minería ilegal en la comunidad pampas constancia- Lircay – Angaraes – Huancavelica.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación del tipo aplicada tiene por objetivo resolver problemas como es mostrar los niveles de contaminación por plomo para proponer medidas de control y remediación en bien de las necesidades de la sociedad. Así mismo, es del nivel de investigación descriptivo donde se describen los datos y características de la población o fenómeno en estudio. El diseño es no experimental, donde el investigador, tiene la misión de buscar y recoger información con respecto a una situación identificada como el objeto de estudio. Además, de hacer una investigación descriptiva comparativa, con el área de influencia, en el cual la recolección es significativa donde la toma de muestras con respecto a un mismo fenómeno y para luego caracterizar este fenómeno en base a la comparación de los datos escogidos.

2.1. Población, muestra y muestreo

Está constituido por 28.7 hectáreas, del área de influencia directa de la comunidad de Pampas Constancia, afectados por la minería ilegal y la muestra fue de 10 puntos, 2 en el área de operación, 3 en el área de influencia directa y 5 en las áreas de no influencia. El muestreo fue no probabilístico del tipo Intencional, el instrumento de recolección de datos fue el espectrofotómetro de absorción atómica. La muestra para el presente proyecto de investigación está compuesta por 10 puntos dentro del área de influencia directa de la comunidad de Pampas Constancia.

2.2. Planificación para el muestreo

La toma de muestras de suelo para el análisis de metales pesados es un proceso crítico que requiere una planificación cuidadosa y una ejecución meticulosa. Siguiendo este protocolo y guía para muestreo de suelos según (MINAM, 2014), se

Figura 1

Puntos de recolección de muestras en zona de operación minera, zona de influencia y no influencia.



Nota. Elaboración propia.

garantiza la obtención de datos confiables y la evaluación precisa de la contaminación por metales pesados en el suelo, lo que contribuye significativamente a la gestión y protección del medio ambiente

a) Elaboración y ejecución del plan de muestreo

Se identificaron las Áreas de Potencial Interés y se justificó la elección de la ubicación y cantidad de puntos de muestreo, así como la profundidad y volumen de muestra requeridos. Además, se delinearon las responsabilidades y actividades del personal involucrado en cada fase del proceso. Se establecieron estrategias y procedimientos para la toma de muestras, especificando el tipo y método de muestreo, así como los parámetros a analizar. Se detallaron las técnicas, equipos e instrumentos necesarios para garantizar la homogeneidad y representatividad de las muestras. Se definieron también los criterios de preservación y conservación de las muestras durante su transporte al laboratorio, junto con medidas de seguridad para su manipulación, asegurando la calidad del muestreo. Asimismo, se proporcionaron directrices claras sobre medidas de seguridad ocupacional durante el proceso de muestreo, con el fin de salvaguardar la salud y seguridad de los operadores involucrados según la guía de muestreo de suelos (MINAM, 2014).

b) Mapeo de zona de estudio e identificación de puntos de muestreos

2.3. Muestreo de suelo

a) Toma de muestras de suelos

Para la toma de muestras de suelo se utilizaron los materiales y equipos siguientes: Palas de acero inoxidable, guantes de seguridad, bolsas de polietileno estériles, etiquetas de identificación, GPS (Sistema de Posicionamiento Global), Mapas topográficos, cinta métrica, papel de aluminio y papel filtro, así mismo, los respectivos equipos de protección personal.

b) Procedimiento

- Excavar un orificio en el suelo utilizando una pala de acero inoxidable.
- Recolectar muestras a diferentes profundidades según los requisitos del estudio (por ejemplo, 0-15 cm y 15-30 cm).
- Evitar la contaminación externa cubriendo la pala con papel de aluminio antes de cada recolección.
- Colocar la muestra en la bolsa de polietileno correspondiente y sellarla herméticamente.

Figura 2

Resultado del muestreo de suelo y agua del área de no influencia de la minería ilegal



Nota. Elaboración propia.

c) Proceso de digestión de muestras de suelos

- Chancado de muestras de suelo.
- Pesado inicial de las muestras.
- Secar la muestra a una temperatura de 105°C., en un tiempo de 5 a 6 horas.
- Tamizado de las muestras.
- Pesar la muestra de 0.5 a 1 kilogramo,

previamente homogenizado, anotar el punto.

- Trasvasar la muestra en un tubo de digestión de vidrio de 50 ml.
- Adicionar 4 ml de HNO₃ (c), por las paredes del tubo.
- Colocar en el bloque digestor T°= 130°C (evaporar todo el ácido), hasta ver un estado pastoso.

Figura 3

Colocar en el bloque digestor $T^{\circ} = 130^{\circ}\text{C}$ (evaporar todo el ácido), hasta ver un estado pastoso



Nota. Elaboración propia.

d) Análisis de metales pesados por absorción atómica.

- Calibración del equipo de absorción atómica.
- Determinar la concentración de metales pesados utilizando técnicas analíticas como espectroscopía de absorción atómica por flama.

2.4. Muestreo de agua

La toma de muestras de agua para el análisis de metales pesados es un proceso complejo que requiere un enfoque meticuloso y una ejecución cuidadosa. Este protocolo proporciona una guía detallada y estandarizada para llevar a cabo esta tarea de manera efectiva, asegurando la obtención de datos precisos y confiables que son fundamentales para la gestión y protección de los recursos hídricos y la salud pública (Resolución Jefatural No 010-2016-ANA, 2016). Se utilizaron los siguientes materiales y equipos; botellas de muestreo de agua estériles, guantes de protección, etiquetas de identificación, GPS (Sistema de Posicionamiento Global), Equipos de medición de pH, conductividad eléctrica y temperatura del agua, bomba de muestreo de agua, filtros de membrana,

botellas de polietileno para preservación de muestras.

a) Procedimiento

- Se identificó las fuentes de agua a muestrear, incluyendo ríos, manantiales, y pozos.
- Se estableció un plan de muestreo que tome en cuenta la variabilidad espacial y temporal del agua.
- Se seleccionó los puntos de muestreo utilizando mapas y datos históricos, evitando áreas de contaminación conocida.

b) Toma de muestras

Una vez obtenida las muestras de los manantiales de Pampas Constancia y del río Opamayo, antes del proceso de estabilización se evaluó los parámetros fisicoquímicos tales como pH, Conductividad, Temperatura y demanda de oxígeno, con la ayuda del equipo multiparámetro de marca EL METRON CX-401, a fin de determinar la calidad de agua según el D.S. 010-2010-MINAM (Límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero-metalúrgicas) y el D.S.

004-2017-MINAM, Estándares ambiental ECA para agua, Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.

- Luego se pasó a verificar las condiciones del agua in situ, registrando datos como pH, conductividad eléctrica y temperatura.
- Se transfirió el agua filtrada a las botellas de muestreo estériles, llenándolas completamente y sellándolas herméticamente.

c) Preservación y almacenamiento

- Luego se hizo el proceso de estabilización con 3 mL de ácido nítrico al 50% (HNO_3 1:1)
- El almacén para transportar se puso dentro del hidroculer hasta el laboratorio de química de la FIMCA-UNH, para realizar el análisis respectivo con el equipo espectrofotómetro de absorción

atómica por flama.

d) Digestación de muestras de agua

- Filtrar 50 ml de muestra.
- Tomar y trasvasar 50 ml de muestra (agitada)
- Adicionar ácido nítrico (HNO_3) y ácido clorhídrico (HCl)
- Colocar en el bloque digestor $T^{\circ}= 85^{\circ} / 240$ minutos
- Retirar en frío, enraizar con agua ultrapura (50ml)
- Tapar / agitar

2.5. Análisis de metales pesados para suelos y agua

- Preparar las muestras para el análisis siguiendo los procedimientos establecidos en el laboratorio.
- Determinar la concentración de metales pesados utilizando técnicas analíticas como espectroscopía de absorción atómica o espectrometría de masas.

Figura 4

Análisis por espectrofotometría de absorción atómica



3. RESULTADOS

Los resultados se evaluaron con respecto al decreto (MINAM, 2017a) y el (MINAM, 2017b). Y los datos obtenidos se obtuvieron a partir de la guía de muestreo de suelos de (MINAM, 2014) y el

protocolo de muestreo de aguas de (Resolución Jefatural No 010-2016-ANA, 2016), así de esa manera garantizado la calidad del análisis de la concentración del plomo tanto en el área de operación de la minería ilegal y el área de influencia directa.

3.1. Análisis del plomo Pb en el suelo con respecto a los ECAs

El análisis del plomo en el suelo en relación con los ECAs, implica evaluar si los niveles de plomo encontrados en una muestra de suelo están por encima o por debajo de los límites establecidos por los ECAs. Esto se logra mediante técnicas analíticas como la espectrometría de absorción atómica o la

espectrometría de masas, que permiten cuantificar la concentración de plomo en la muestra con precisión.

A continuación, se muestra los resultados obtenidos de la concentración de plomo en ambas épocas:

Tabla 1

Resultados de los análisis de la concentración de plomo Pb, con respecto a los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo.

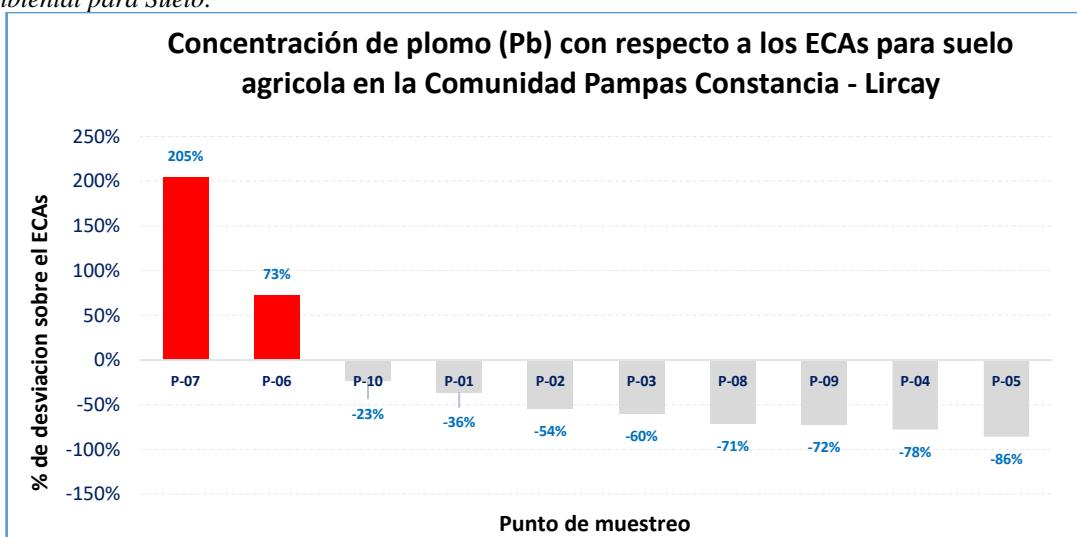
Punto de muestreo	Descripción del punto de muestreo	Concentración mg/Kg	% Sobrepasso ECAs
P-07	Punto en área de operación minería	213.322	204.75
P-06	Punto en área de operación minería	120.861	72.66
P-10	Punto en área de influencia directa (*)	53.6782	-23.32
P-01	Punto en área de no influencia	44.9231	-35.82
P-02	Punto en área de no influencia	32.1068	-54.13
P-03	Punto en área de no influencia	28.0162	-59.98
P-08	Punto en área de influencia directa (*)	20.2314	-71.10
P-09	Punto en área de influencia directa (*)	19.4634	-72.20
P-04	Punto en área de no influencia	15.6254	-77.68
P-05	Punto en área de no influencia (*)	10.1294	-85.53

(*) Punto de muestreo fue a unos 30 m de eje del río faja marginal Izquierdo

Nota. Según el (MINAM, 2017a), para el uso del suelo: Suelo Agrícola (70 mg/Kg PS).

Figura 5

Resultados de los análisis de la concentración de plomo Pb, con respecto a los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo.



Interpretación: De la **Tabla 1** y **Figura 5** existe una prevalencia de desviación porcentual que sobre el ECAs de 70 mg/kg del Plomo Pb en 205% en el punto P-07 localizado en el área de operación de la minería ilegal, así mismo un 73% en el punto P-06 localizado también en el área de operación de la minería ilegal y en el resto de los puntos no sobrepasa el estándar de calidad ambiental del suelo con respecto del Plomo.

3.2. Análisis del plomo Pb en el agua con respecto a los ECAs

Tabla 2

Resultados de los análisis de la concentración de plomo Pb, con respecto a los Estándares de Calidad Ambiental para el agua.

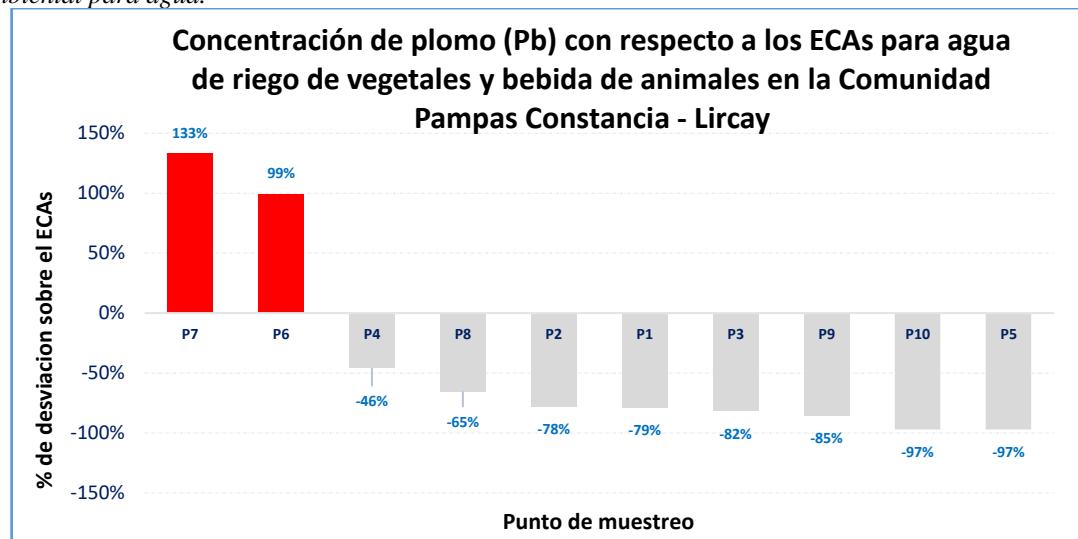
Punto de muestreo	Descripción del punto de muestreo	Concentración mg/L	% Sobrepasso ECAs
P7	Punto en área de operación minería	0.1165	133.00
P6	Punto en área de operación minería	0.0997	99.40
P4	Punto en área de no influencia	0.0271	-45.80
P8	Punto en área de influencia directa (*)	0.0173	-65.40
P2	Punto en área de no influencia	0.0111	-77.80
P1	Punto en área de no influencia	0.0105	-79.00
P3	Punto en área de no influencia	0.0092	-81.60
P9	Punto en área de influencia directa (*)	0.0074	-85.20
P10	Punto en área de influencia directa (*)	0.0015	-97.00
P5	Punto en área de no influencia (*)	0.0015	-97.00

(*) Punto de muestreo fue en el eje del río

Nota. Según el (MINAM, 2017b), para el uso de agua: Riego de vegetales y bebida de animales (0.05 mg/Lt PS).

Figura 6

Resultados de los análisis de la concentración de plomo Pb, con respecto a los Estándares de Calidad Ambiental para agua.



Interpretación: De la **Tabla 2** y **Figura 6** existe una prevalencia de desviación porcentual que sobre el ECAs de 0.05 mg/L del Plomo Pb, en 133% en el punto P-07 localizado en el área de operación de la minería ilegal, así mismo un 99% en el punto P-06 localizado también en el área de operación de la minería ilegal y en el resto de los puntos no sobrepasa el estándar de calidad ambiental del suelo con respecto del Plomo en época seca.

3.3. Análisis estadístico de contrastación de hipótesis

3.3.1. Prueba de hipótesis para el suelo

Decisión estadística: Como en el estadístico “t student” el p-valor de 0.141 es mayor a 0.05, lo que indica que se rechaza la hipótesis alterna (Ha) y acepta la hipótesis nula (Ho) en donde menciona que; El nivel de contaminación ambiental por plomo Pb en el área de influencia directa de la minera en la Comunidad Pampas Constancia, no superan los Estándares de Calidad Ambiental ECAs del suelo.

4. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio sobre el nivel de concentración del plomo en suelo y aguas superficiales evaluados tanto en el área de influencia directa y el de no influencia mostraron que no existe contaminación ambiental por parte de la minería, pero coincidimos con que la contaminación ambiental de la minería ilegal es muy perjudicial para la población y los medios biológicos por lo que coincidimos con (Forghani Tehrani et al., 2023; Moulatlet et al., 2023).

La metodología aplicada dentro de nuestra investigación nos permitió desarrollar sin dificultad, así como en la investigación de (Forghani Tehrani et al., 2023).

Con respecto al análisis del plomo en suelo comparado con los estándares de calidad ambiental en el punto P-07 que es el área de operación mina, tienen una concentración de (mg/Kg) 213.322 en época seca sobrepasando en 204.75% ECAs, y en el punto P-06 que es el área de operación mina dio como resultado 120.861 mg/Kg de concentración en época seca sobrepasando en 72.66% ECAs.

En el punto P-10, muestra tomada a 30 m. en la faja marginal izquierda del río Opamayo se tiene como resultado una concentración en (mg/Kg) de 53.6782, con -23.32 % ECAs que según el MNAM 2017 para el uso del suelo agrícola es de (70 mg/Kg PS), está muy por debajo del D.S.No.011-2017 MINAM.

El resultado del análisis de suelo del punto P-01, que se encuentra en la parte superior del área de estudio, pero fuera del área de influencia ha dado como resultado 44.9231 de concentración (mg/Kg), llegando a -35.82% ECAs muy por debajo del D.S.No.011-2017 MINAM. El

3.3.2. Prueba de hipótesis para el agua

Decisión estadística: Como en el estadístico “t student” el p-valor de 0.523 es mayor a 0.05, lo que indica que se rechaza la hipótesis alterna (Ha) y acepta la hipótesis nula (Ho) en donde menciona que; El nivel de contaminación ambiental por plomo Pb en el área de no influencia de la minería ilegal en la Comunidad Pampas Constancia, no superan los Estándares de Calidad Ambiental ECAs del agua.

resultado del análisis de suelo del punto P-02, que se encuentra en la parte superior del área de estudio, pero fuera del área de influencia ha dado como resultado 32.1068 de concentración (mg/Kg), llegando a -54.13 % ECAs que está por debajo del D.S.No.011-2017 MINAM. Se observa del análisis de suelo del punto P-03, que se encuentra en la parte superior del área de estudio, pero fuera del área de influencia tiene como resultado 28.0162 de concentración (mg/Kg), llegando a -59.98 % ECAs que está por debajo del D.S.No.011-2017 MINAM, se puede verificar con el estudio de (Castañeda-Restrepo y otros, 2021) encuentran los valores de Cd y Pb, con valores de 3.65 y 17.0 mg/g, respectivamente. Se observa que el plomo tiene mayor concentración en los suelos.

Se tomo la muestra en el punto central del área de influencia a orillas del río Opamayo del análisis de suelo del punto P-08, en el área de influencia teniendo como resultado 20.2314 de concentración (mg/Kg), llegando a -71.10 % ECAs que está por debajo del D.S.No.011-2017 MINAM.

Asimismo, se tomó la muestra a 30 m aguas abajo del eje del río Opamayo faja marginal izquierda el análisis de suelo del punto P-09, en el área de influencia teniendo como resultado 19.4634 de concentración (mg/Kg), llegando a -72.20 % ECAs que está por debajo del D.S.No.011-2017 MINAM.

Se observa del análisis de suelo del punto P-04, que se encuentra en la parte superior del área de estudio, pero fuera del área de influencia tiene como resultado 15.6254 de concentración (mg/Kg), llegando a -77.68 % ECAs que está por debajo del D.S.No.011-2017 MINAM.

También se tomó la muestra a 30 m aguas arriba del eje del río Opamayo faja marginal izquierda el análisis de suelo del punto P-05, en el área de no

influencia teniendo como resultado 10.1294 de concentración (mg/Kg), llegando a – 85.53 % ECAs que está por debajo del D.S.No.011-2017 MINAM.

Observando la **Tabla 1** y **Figura 5**, prevalece una desviación porcentual que sobre el ECAs de 70 mg/Kg del Pb en 205% en el punto P-07 ubicada en el área de operaciones de la minería ilegal, como también un 73% en el punto P-06 ubicada también en área de operaciones de la minería ilegal y en el resto de los puntos no sobrepasa el estándar de calidad ambiental del plomo.

Con respecto a los ECAS del análisis del plomo en el agua para los Estándares de Calidad Ambiental en época seca se ha llegado a los siguientes términos:

Con respecto al análisis del plomo en agua comparado con los estándares de calidad ambiental en el punto P-07 que es el área de operación mina, tienen una concentración de (mg/L) 0.1165 en época seca sobrepasando en 133.00 % ECAs, y en el punto P-06 que es el área de operación mina dio como resultado 0.0997 mg/L de concentración en época seca sobrepasando en 99.40 % ECAs.

El análisis del plomo en agua comparado con los estándares de calidad ambiental en el punto P-04 que esta fuera del área de influencia, tienen una concentración de (mg/L) 0.0271 en época seca llegando a - 45.80 % ECAs.

La muestra en el punto central del área de influencia a orillas del río Opamayo del análisis de agua del punto P- 08, en el área de influencia directa teniendo como resultado 0.0173 de concentración (mg/L), llegando a – 65.40 % ECAs que está por debajo del D.S.No.011-2017 MINAM. La muestra en el punto P- 02, en el área de no influencia teniendo como resultado 0.0111 de concentración (mg/L), llegando a – 77.80 % ECAs que está por debajo del D.S.No.011-2017 MINAM. Se Tomo la muestra en el punto P- 01, en el área de no influencia teniendo como resultado 0.0105 de concentración (mg/L), llegando a – 79.00 % ECAs que está por debajo del D.S.No.011-2017 MINAM. La muestra en el punto P- 03, en el area de no influencia teniendo como resultado 0.0092 de concentración (mg/L), llegando a – 81.60 % ECAs que está por debajo del D.S.No.011-2017 MINAM.

Este punto está a 30 m. por el eje del río aguas abajo, en el área de influencia, del análisis de agua del punto P- 09, teniendo como resultado 0.0074 de concentración (mg/L), llegando a – 85.20 %

ECAs que está por debajo del D.S.No.011-2017 MINAM.

Este punto está ubicado por el eje del río aguas abajo, en el área de influencia directa, del análisis de agua del punto P-10, teniendo como resultado 0.0015 de concentración (mg/L), llegando a – 97.00 % ECAs que está por debajo del D.S.No.011-2017 MINAM.

Finalmente, el punto está ubicado por el eje del río aguas abajo, en el área de no influencia, del análisis de agua del punto P-05, teniendo como resultado 0.0015 de concentración (mg/L), llegando a – 97.00 % ECAs que está por debajo del D.S.No.011-2017 MINAM.

Según el D.S. No.011-2017 MINAM clasifica para el uso de agua: riego de vegetales y bebida de animales debe ser (0.05mg/Lt PS).

Observando la **Tabla 2**, **Figura 6** se observa que prevalece una desviación porcentual que teniendo en cuenta el ECAs de 0.05 mg/L del plomo, en 133%, en el punto P-07 ubicado en el área de operaciones de la minería ilegal, también un 99% en el P-06, ubicado en el área de operaciones de la minería ilegal, en el resto de los puntos no sobrepasa el estándar de calidad ambiental del suelo del Pb en época seca.

5. CONCLUSIÓN

El nivel de concentración de plomo Pb en el suelo del área de no influencia directa de la operación minera en época seca en los puntos P-01, P-02, P-03, P-04, P-05 en estos no superan los ECAs suelo para uso agrícola (70 mg/Kg PS) según el análisis estadístico inferencial.

El nivel de concentración de plomo Pb en el suelo del área de influencia directa de la operación minera en época seca no superan los ECAs suelo para uso agrícola (70 mg/Kg PS) según el análisis estadístico inferencial; pero, sin embargo, existen puntos (áreas) que superan el estándar establecido, en la época seca como el P-06 con un 73% y en el punto P-07 supera en un 205% las ECAs.

El nivel de concentración de plomo Pb en el agua del área de no influencia directa de la operación minera en época seca en los puntos P-01, P-02, P-03, P-04, P-05 en estos no superan los ECAs del agua para riego de vegetales y bebida de animales (0.05 mg/L) según el análisis estadístico inferencial.

El nivel de concentración de plomo Pb en agua del área de influencia directa de la operación minera en época seca no superan los ECAs del agua para riego de vegetales y bebida de animales (0.05 mg/L PS) según el análisis estadístico inferencial; pero, sin embargo, existen puntos (áreas) que superan el estándar establecido, en la época seca como el P-06 con un 99% y en el punto P-07 supera en un 133% las ECAs.

6. REFERENCIA

- Alberta Environment., Axiom Environmental., & Canadian Association of Petroleum Producers. (2009). *Soil remediation guidelines for barite : environmental health and human health*. Alberta Environment. <https://www.redalyc.org/pdf/416/41648311004.pdf>
- Avalos, Y. J. (2023). Contaminación por plomo en suelo, agua, alimentos y sus efectos en los seres humanos. *Revista de Investigaciones de La Universidad Le Cordon Bleu*, 10(2), 59–68. <https://doi.org/10.36955/RIULCB.2023v10n2.006>
- Azcona, M. S., R. A. R. V. F. G. (2015). *Efectos tóxicos del plomo (Pb)*. 1–72. extension://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.medigraphic.com/pdfs/quirurgicas/rmq-2015/rmq1511.pdf
- Covarrubias, S. A. P. C. J. J. (2017). *Contaminación ambiental por metales pesados en México: problemática y estrategias de fito-remediación*. extension://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.redalyc.org/pdf/416/41648311004.pdf
- Forghani, G., Rubinos, D. A., Kelm, U., & Ghadimi, S. (2023). Environmental and human health risks of potentially harmful elements in mining-impacted soils: A case study of the Angouran Zn-Pb Mine, Iran. *Journal of Environmental Management*, 334, 117470. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2023.117470>
- Hadzi, G. Y., Esumang, D. K., & Ayoko, G. A. (2024). Evaluación de la contaminación y los posibles riesgos ecológicos de los metales pesados en los sedimentos fluviales de la minería de oro y de zonas prístinas de Ghana / Assessment of contamination and potential ecological risks of heavy metals in riverine sediments from gold mining and pristine areas in Ghana. *Journal of Trace Elements and Minerals*, 7, 100109. <https://doi.org/10.1016/j.jtemin.2023.100109>
- MINAM. (2014). *Guía para muestreo de suelos*.
- MINAM. (2017a). Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM - Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo. In *El peruano*. Alberta Environment.
- MINAM. (2017b). Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM - Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua. In *El peruano* (DS N° 004-2017-MINAM).
- Moulatlet, G. M., Yacelga, N., Rico, A., Mora, A., Hauser-Davis, R. A., Cabrera, M., & Capparelli, M. V. (2023). Una revisión sistemática sobre la contaminación por metales debido a las actividades mineras en la cuenca del Amazonas y los peligros ambientales asociados / A systematic review on metal contamination due to mining activities in the Amazon basin and associated environmental hazards. *Chemosphere*, 339, 139700. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2023.139700>
- Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, Ministerio de agricultura y riego - ANA 1 (2016).
- Sanchez, R. R. (2019). *Niveles de metales pesados (Pb, Al y Sr) en época de avenida y estiaje en el río Osmore, Región Moquegua*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Sempértegui, C. O., Rudas, C. A., & Ambrocio, B.L. (2018). *Determinación de la concentración de mercurio, cadmio, arsénico y plomo en el río Saucicucho y efluente minero. san miguel de Algamarca Cajabamba Febrero y Junio. 2018* [Universidad Privada Del Norte]. www.redalyc.org/pdf/416/41648311004.pdf