

**Universidad Nacional
Federico Villareal**

**Vicerectorado de
INVESTIGACIÓN**

Escuela Universitaria de Posgrado

**“EFECTOS DE METALES PESADOS EN LOS
SUELOS BAJO ACTIVIDAD MINERA EN EL
DISTRITO DE CAYARANI-PROVINCIA DE
CONDESUYOS-DEPARTAMENTO DE
AREQUIPA”**

TESIS

**Para optar el Grado Académico de:
DOCTOR EN INGENIERÍA AMBIENTAL**

AUTOR

YARÍN ACHACHAGUA, ANWAR JULIO

ASESOR

COVEÑAS LALUPU, JOSÉ

JURADO

Dr. ESENARRO VARGAS, DORIS

Dr. MARTINEZ ALBAN, PASCUAL ALEJANDRO

Dr. NAUPAY VEGA, MARLITT FLORINDA

Lima - Perú

2021

Dedicatoria

A mi esposa Beatriz y a mi hijito Julito Amir, por todo el amor y soporte que recibo de ellos.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
I. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1. Planteamiento del problema.....	7
1.2. Descripción del problema.....	7
1.3. Formulación del problema.....	8
1.3.1. Problema general.....	8
1.3.2. Problemas específicos.....	9
1.4. Antecedentes.....	9
1.4.1. Investigaciones internacionales.....	9
1.4.2. Investigaciones nacionales.....	38
1.5. Justificación de la investigación.....	61
1.6. Limitaciones de la investigación.....	62
1.7. Objetivos.....	62
1.7.1. Objetivo general.....	62
1.7.2. Objetivos específicos.....	62
1.8. Hipótesis de la investigación.....	63
1.8.1. Hipótesis general.....	63
1.8.2. Hipótesis específicas.....	63
II. MARCO TEÓRICO.....	65
2.1. Marco conceptual.....	65

III. METODO.....	67
3.1. Tipo de investigación.....	68
3.2. Población y muestra	68
3.2.1. Población.....	68
3.2.2. Muestra.....	69
3.3. Operacionalización de variables.....	78
3.4. Instrumentos.....	81
3.5. Procedimientos.....	84
3.6. Análisis de datos	84
IV. RESULTADOS	85
4.1. Contrastación de hipótesis general	85
4.2. Contrastación de las hipótesis específicas.....	95
4.3. Análisis e interpretación	110
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	131
VI. Conclusiones.....	137
VI. CONCLUSIONES.....	137
VII. RECOMENDACIONES	139
REFERENCIAS	140
IX. ANEXOS.....	146
Anexo 1. Matriz de consistencia	147
Anexo 2. Análisis químicos de las muestras.....	150

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Nivel de certeza experimental</i>	71
Tabla 2. <i>Fechas de muestreo</i>	76
Tabla 3. <i>Operacionalización de variables</i>	79
Tabla 4. <i>Concentración (mg/Kg) histórica de metales pesados en el punto de muestreo 96</i>	86
Tabla 5. <i>Concentración (mg/Kg) histórica de metales pesados en el punto de muestreo 95</i>	88
Tabla 6. <i>Concentración (mg/Kg) histórica de metales pesados en el punto de muestreo 90</i>	89
Tabla 7. <i>Concentración (mg/Kg) histórica de metales pesados en el punto de muestreo 80</i>	91
Tabla 8. <i>Concentración (mg/Kg) histórica de metales pesados en el punto de muestreo 50</i>	93
Tabla 9. <i>Concentración (mg/Kg) de metales pesados, en época de lluvia, en los suelos bajo actividad minera</i>	96
Tabla 10. <i>Concentración (mg/Kg) de metales pesados, en época de secano, en los suelos bajo actividad minera</i>	100
Tabla 11. <i>Valores mínimo y máximo (mg/Kg) de metales pesados, en época de lluvia, en los suelos bajo actividad minera</i>	105
Tabla 12. <i>Valores mínimo y máximo (mg/Kg) de metales pesados, en época de lluvia, en los suelos bajo actividad minera</i>	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Concentración histórica del As en el punto 96.	111
Figura 2. Concentración histórica del Cd en el punto 96.	112
Figura 3. Concentración histórica del Cr en el punto 96.	113
Figura 4. Concentración histórica del Pb en el punto 96.	114
Figura 5. Concentración histórica del As en el punto 95.	115
Figura 6. Concentración histórica del Cd en el punto 95.	116
Figura 7. Concentración histórica del Cr en el punto 95.	117
Figura 8. Concentración histórica del Pb en el punto 95.	118
Figura 9. Concentración promedio del As.	119
Figura 10. Concentración promedio del Cd.	120
Figura 11. Concentración promedio del Cr.	121
Figura 12. Concentración promedio del Pb.	123
Figura 13. Valores contaminantes de la concentración del As y valor del ECA.	124
Figura 14. Valores contaminantes de la concentración del Cd y valor del ECA.	126
Figura 15. Valores contaminantes de la concentración del Cr y valor del ECA.	127
Figura 16. Valores contaminantes de la concentración del Pb y valor del ECA.	129

RESUMEN

La investigación tiene el objetivo general de: Cuantificar los metales pesados (arsénico, cadmio, cromo y plomo) en el suelo bajo actividad minera, en el distrito de Cayarani, provincia de Condesuyos, departamento de Arequipa. Se empleó la metodología explorativa-descriptiva, empleando para ello la técnica de observación instrumental con una muestra total de 27 ensayos químicos, realizando un ensayo por semana, en cada punto de muestreo. Entre los resultados se obtuvo que los metales pesados objeto de estudio tienen efecto contaminante en los suelos bajo actividad minera, en el distrito de Cayarani, provincia de Condesuyos, departamento de Arequipa. La principal conclusión es, se determinó altas concentraciones de arsénico, cadmio, cobre y plomo en la zona de estudio, con valores promedio, mínimo y máximo de: 6,42 mg/Kg y 799,34 mg/Kg en As; 0,062 mg/Kg y 5,697 mg/Kg en Cd; 3,29 mg/Kg y 81,65 mg/Kg en Cr; 9,34 mg/Kg y 532,13 mg/Kg en Pb; que superan los ECAs, debido a la actividad minera.

Palabras Claves: Metales pesados, arsénico, cadmio, cromo, plomo.

ABSTRACT

The research has the general objective of: Quantifying heavy metals (arsenic, cadmium, chromium and lead) in the soil under mining activity, in the district of Cayarani, province of Condesuyos, department of Arequipa. The explorative-descriptive methodology was used, using the instrumental observation technique with a total sample of 27 chemical tests, carrying out one test per week, at each sampling point. Among the results, it was obtained that the heavy metals under study have a contaminating effect on soils under mining activity, in the district of Cayarani, province of Condesuyos, department of Arequipa. The main conclusion is, high concentrations of arsenic, cadmium, copper and lead were determined in the study area, with average, minimum and maximum values of: 6.42 mg / Kg and 799.34 mg / Kg in As; 0.062 mg / Kg and 5.697 mg / Kg in Cd; 3.29 mg / Kg and 81.65 mg / Kg in Cr; 9.34 mg / Kg and 532.13 mg / Kg in Pb; that exceed ECAs, due to mining activity.

Key words: Heavy metals, arsenic, cadmium, chromium, lead.

I. INTRODUCCIÓN

Los metales pesados, son un grupo de elementos químicos que presentan una densidad alta. Son en general tóxicos para los seres humanos y entre los más susceptibles de presentarse en el agua, se tiene el arsénico, cadmio, cromo y plomo.

El incremento de la concentración de los metales pesados en las aguas, se debe principalmente al origen minero, una vez contaminada el agua superficial, la contaminación se traslada a agua subterráneas, luego a los vegetales, a los peces, y así, finalmente a la cadena alimenticia que es el ser humano.

La presente investigación, basada en la preocupación de la contaminación por metales pesados al organismo de los pobladores

de la zona de estudio, ha tenido como objetivo principal, el Cuantificar los metales pesados (arsénico, cadmio, cromo y plomo) en el suelo bajo actividad minera, en el distrito de Cayarani, provincia de Condesuyos, departamento de Arequipa. Así mismo presentó los objetivos específicos: 1) Determinar el efecto de la concentración de metales pesados solubles en temporada de lluvias y secas, 2) Determinar el efecto de la concentración de metales pesados totales en temporada de lluvias y secas, y, 3) Determinar el efecto contaminante de los metales pesados identificados.

La Forma de desarrollar la presente investigación, fue la siguiente: 1) recorrer la zona de estudio; 2) la población y muestra estadística, según metodología indicada; 3) determinar los puntos de muestreo, según metodología indicada; 4) inspección visual de los puntos de muestreo, para determinar la accesibilidad; 5) muestreo, según metodología indicada; 6) registro de datos obtenidos; 7) análisis estadísticos de los datos obtenidos; y 8) entrevista a los galenos del Centro de Salud, para determinar la patología de los pobladores, respecto de la contaminación por metales pesados.

Las condiciones para realizar la presente investigación, consistió en contar con un guía para la accesibilidad de la zona de estudio, contar con el equipo suficiente para el recojo de muestra, y contar con la

disponibilidad dineraria, para costear el desarrollo de la presente investigación.

Los resultados de la presente investigación, una vez, realizada una campaña de sensibilización, tanto a los funcionarios de las actividades mineras, como a los pobladores, permitirá beneficiar a: 1) al medio ambiente, porque, la empresa deberá tomar medidas correctivas, para dejar de contaminar el medio ambiente, con el propósito de conervarlo, 2) al personal que actúa en sus labores mineras, 3) a los pobladores circundantes, y 4) a la empresa, porque, cumplirá con los ECAs establecidos, de acuerdo a Ley.

El contenido de la presente investigación es el siguiente:

- El capítulo 1, presenta el planteamiento del problema, la descripción del problema, la formulación del problema, antecedentes de la investigación, justificación e importancia de la investigación, las limitaciones de la investigación, los objetivos de la investigación, así como, las hipótesis de la investigación realizada.
- El capítulo 2, describe el planteamiento teórico de la investigación y el marco conceptual.

- El capítulo 3, indica el tipo de investigación realizada, el nivel de la investigación, determinación de la población y muestra estadística, operacionalización de las variables, instrumentos y técnicas de la investigación, procedimiento de la investigación, y el análisis de datos.
- El capítulo 4, presenta los resultados de la investigación, la contrastación de las hipótesis, y el análisis e interpretación de los mismos.
- El capítulo 5, presenta la discusión de los resultados obtenidos.
- Finalmente, se presenta, las conclusiones y recomendaciones finales de la investigación realizada.

1.1. Planteamiento del problema

A lo largo de la historia, la minería ha sido una de las actividades con más antigüedad realizada por el hombre, cuyo avance a estado íntimamente ligado al avance de la humanidad.

En el trabajo realizado por (Wong, 2003), menciona acerca del suelo como una alteración de las industrias mineras. Y al momento de extraer elementos minerales tales como el Oro, Plomo, Zinc, etc. Se generan anomalías biogeoquímicas que producen el incremento en las cantidades de micro elementos en el suelo transformándolos a macro elementos, lo cual afecta de manera negativa la calidad del suelo; puesto que afecta la diversidad y las actividades que desarrollan los organismos en el suelo.

1.2. Descripción del problema

(García & Dorrnsoro, 2005) mencionan que tras la explotación minera los suelos quedan con materias residuales, escombros estériles, entre otros, por lo que se considera graves problemas para el desarrollo de la cubierta vegetal tales como la disminución o desequilibrio en el contenido de nutrientes fundamentales, la baja retención de agua, presencia de compuestos tóxicos entre otros.

Cabe resaltar que muchas de las empresas que explotan los recursos naturales de nuestro país, son empresas de capital extranjero, para las cuales el bienestar de la población no es una cuestión primordial para ellos. Lamentablemente, los más afectados son los pobladores de las comunidades aledañas a estas industrias mineras, puesto que la mayoría de todos estos desechos tóxicos que son generados por la industria minera son depositados de manera irresponsable en un mismo lugar, lo cual genera daños a la salud e impactos en los recursos naturales.

Por lo cual, surge el interés de analizar en qué estado se encuentran los suelos cercanos a diversas empresas dedicadas al sector minero, además, que muchas comunidades no cuentan con datos cuantificables acerca de los niveles de contaminación de agua y suelo por metales pesados, sabiendo que los metales pesados son altamente tóxicos para cualquier organismo vivo incluyendo al ser humano.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general.

¿Cuál es el efecto de los metales pesados (arsénico, cadmio, cromo y plomo) en los suelos bajo actividad minera, en el

distrito de Cayarani, provincia de Condesuyos, departamento de Arequipa?

1.3.2. Problemas específicos.

1. ¿Cuál es el efecto de la concentración de metales pesados solubles en temporada de lluvias y secas?
2. ¿Cuál es el efecto de la concentración de metales pesados totales en temporada de lluvias y secas?
3. ¿Cuál es el efecto contaminante de los metales pesados identificados?

1.4. Antecedentes

1.4.1. Investigaciones internacionales.

- (Cutillas, 2017) preocupada por las actividades industriales y agrícolas las que han aumentado notablemente la concentración de metales pesados en los suelos, provocando una pérdida de calidad de los mismos, y llegando a niveles potencialmente tóxicos para las plantas y los organismos., realizó una

investigación denominada, *La corteza de pino como adsorbente natural de metales pesados en suelos contaminados*, realizada en, España. La tesis le permitió obtener el Grado Académico de Doctor. Los objetivos fueron: 1) Analizar, de forma general, la capacidad de retención de diversos metales pesados (Cd, Cu, Ni, Pb y Zn) de un adsorbente natural, la corteza de pino, en disoluciones acuosas, 2) Caracterizar detalladamente (pH, contenido total C y N, CIC, granulometría...) distintos tipos de suelos contaminados por metales pesados (suelos forestales y de pradera próximos a una planta cementera, un suelo de viñedo ácido contaminado por Cu y un suelo de escombrera de mina), empleando para ello muestras de suelo superficiales (0-20 cm), 3) Evaluar la potencialidad de la corteza de pino, añadida al suelo molida y en distintas dosis, para la inmovilización de algunos metales pesados (Cd, Cu, Ni, Pb y Zn) en los suelos de viñedo y escombrera de mina, 4) Contribuir al avance en la recuperación de suelos degradados e incrementar la calidad de las aguas superficiales y subterráneas como una nueva vía de valorización para este subproducto. La metodología empleada fue, la bioadsorción es un

mecanismo ecológico, sostenible, rápido y económico para tratar de inmovilizar contaminantes. Las conclusiones fueron: 1) Los resultados obtenidos de este estudio nos muestran que, en lo que respecta al fraccionamiento de metales pesados, la adición de corteza de pino (CRP) a un suelo de mina redujo el porcentaje de la fracción soluble Cu y Pb, aumentando su concentración en otras fracciones menos móviles, 2) Con respecto a la liberación de metales en experimentos en cámara de flujo agitado, la aplicación de CRP dio lugar a una disminución de la desorción de Cu, 3) Teniendo en cuenta estos resultados, la CRP podría ser una alternativa eficaz para aumentar la retención de metales pesados (especialmente Cu y Pb) en suelos muy ácidos, como es el caso de los suelos de mina, reduciendo así los riesgos de transferencia de metales al agua u otras zonas mediambientales no contaminadas, 4) Analizando los resultados obtenidos para el crecimiento bacteriano y fúngico en el suelo de mina, comprobamos que la adición de CRP favoreció su crecimiento para todas las dosis estudiadas (fundamentalmente para las intermedias en el

bacteriano y las más altas en el fúngico) en la mayoría de los tiempos de incubación.

- (Riffo, 2016) preocupada por Talcahuano, una comuna donde existe un alto nivel de industrialización, entre las cuales se encuentran las pesqueras, las petroquímicas, la fábrica de cemento, la industrias metalúrgicas y el astillero naval, entre otras se han encontrado lugares con altas concentraciones de metales pesados, lo cual ha generado inquietudes en la población sobre cómo puede afectar esto el nivel y calidad tanto de vida como de salud,, realizó una investigación denominada, *Transferencia de metales pesados Cu, Pb, Zn, Ni, Co y Cr desde un suelo de la comuna de Talcahuano a las plantas Salicornia y Lolium Perenne*, realizada en Concepción, Chile. La tesis le permitió obtener el Título de Ingeniero Civil. El objetivo fue, evaluar si las plantas *Lolium perenne* y *Salicornia* podrían ser utilizadas con fines de fitorremediación (rehabilitadoras de suelos contaminados). Los objetivos específicos fueron: 1) Evaluar la calidad ambiental de las muestras, 2) Analizar la fitoextracción y fitoestabilización de las

plantas *Salicornia* y *lolium perenne*, para así ver si se clasifican como hiperacumuladoras. Los resultados fueron: Se analizaron muestras de suelo distribuidas en maceteros con profundidades de Top Soil (0 -10 cm) (11 muestras) y Sub Soil (10 - 20 cm) (10 muestras), de las cuales fueron obtenidas de un sector con altos niveles de contaminación de la comuna de Talcahuano. Para cada muestra se detalla el porcentaje de arena, limo y arcilla (granulometría), contenido de carbono orgánico (CO), pH y el contenido de metales pesados (Co, Cr, Cu, Ni, Pb y Zn). Las conclusiones fueron: 1) El análisis textural del suelo, presenta que es de tipo, para top soil, Areno Francosa, donde se tiene un suelo con bastante arena, pero también cuenta con suficiente cantidad de arcilla y limo. Para el caso de sub soil, se encontró un suelo mayoritariamente del tipo, Franco arenosa, donde la proporción de arcilla y limo aumenta, lo que le da mucha más cohesión que la areno francosa, 2) Las concentraciones Pseudo-Total del suelo presentan un elevado contenido de metales pesados en prácticamente todos los maceteros, con respecto a la línea base, siendo éstos en orden descendente $Zn > Cu > Pb$, a diferencia de las concentraciones

Biodisponibles del suelo que solo en un macetero presentó un alto contenido de un solo metal, que es Pb, el cual es CM10 con 20,15 mg/Kg, 3) Para las concentraciones Pseudo-Total del suelo, el índice de geo-acumulación, muestra que solo un porcentaje de los maceteros (20%) con algunos metales pesados, se encuentra contaminado. Para el índice integrado de contaminación muestra que solo 13 maceteros, de un total de 21, tienen un nivel de suelo limpio y finalmente su factor de enriquecimiento muestra que el suelo es enriquecido solo por los metales Ni, Co y Cr. Para el caso de las concentraciones Biodisponibles del suelo, el índice de geoacumulación e integrado de contaminación sostiene que la totalidad de las muestras presentan un suelo no contaminado, limpio.

- (Sotomayor, 2016) preocupada porque los metales pesados se han convertido en un tema actual tanto en el campo ambiental como en el de salud pública, los daños que causan son tan severos y en ocasiones tan ausentes de síntomas, que las autoridades ambientales y de salud de todo el mundo ponen mucha atención en minimizar la exposición de la

población, realizó una investigación denominada, *Determinación de metales pesados en suelos aledaños a la mina “La Platosa” en Bermejillo, Durango*, realizada en México. La tesis le permitió obtener el Grado Título de Ingeniero en Procesos Ambientales. El objetivo fue, caracterizar el estado actual de los suelos de la mina La Platosa en Bermejillo, Durango, determinando las características y propiedades de los suelos. El objetivo específico fue: determinar la concentración de metales pesados en los suelos aledaños a la mina “La Platosa”. La metodología empleada fue, la toma de 8 muestras de suelo compuesto y cada muestra será sometida a análisis químico, para determinar sus características físicas y químicas, básicas como lo es pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, etc. Y así mismo se realizarán evaluaciones de diversos metales pesados, entre ellos arsénico, plomo, zinc y cobre. Las conclusiones fueron: que las 5 muestras de sustrato están por encima de los límites máximos permisibles establecidos por la Norma Oficial Mexicana NOM001-SEMARNAT-1996, teniendo entonces un suelo contaminado por metales pesados, generada por la actividad minera de la zona.

- (Barraza, 2015) preocupado porque desde la fundación de la Ciudad de Santa Bárbara, localidad del municipio que colinda con Hidalgo del Parral a lo largo de muchos años, se acumularon importantes cantidades de jales propios del proceso, con alto contenido de metales pesados. Los residuos mineros, o jales, son altamente tóxicos para los organismos y son inhibidores del crecimiento de las plantas y el desarrollo de la vida en general, realizó una investigación denominada, *Evaluación de la contaminación del suelo por arsénico, plomo y mercurio en la zona de presa de Jales de Mina la Prieta en Hidalgo del Parral, Chihuahua*, realizada en Chihuahua, México. La tesis le permitió obtener el Grado de Maestro en Ingeniería. El objetivo fue, evaluar la contaminación del suelo por metales pesados y metaloides en la zona de Hidalgo del Parral, Chihuahua, a partir de un muestreo exploratorio. Los objetivos específicos fueron: 1) Diseñar el muestreo de residuos mineros en la zona de la presa de jales de mina La Prieta en Hidalgo del Parral, Chihuahua, tomando en cuenta la norma mexicana para suelos NMX-AA-132-SCFI-2006, 2)

Ejecutar el muestreo en la zona, considerando su historial de contaminación, 3) Realizar el análisis de las muestras mediante técnicas instrumentales, 4) Proponer medidas para la reducción de peligro, dependiendo de la concentración de metales pesados y metaloides presentes en las muestras analizadas de las zonas estudiadas. Los resultados fueron: 1) El estilo que presenta el porcentaje más elevado que presentan los alumnos, es el pragmático con un 24.32%, 2) El Reflexivo quien con un 23.24% se encuentra el segundo estilo de aprendizaje que presentan los alumnos de la Escuela Preparatoria Oficial Num. 120 de Temascalcingo México. Las conclusiones fueron: 1) Inicialmente se diseñó un muestreo preliminar exploratorio de tipo superficial en la zona de Hidalgo del Parral, Chihuahua, tomando en cuenta la norma mexicana NMXAA-132-SCFI-2006, dando un total de 18 muestras contando un blanco que estuviera afuera del límite de la zona de estudio. El muestreo se efectuó de forma satisfactoria en un 95% de su totalidad, dado que se eliminó un punto de muestreo por no poder acceder a la profundidad del suelo requerida, 2) Se concluyó que en el sitio de estudio no se encuentra drenaje ácido de mina, y esto

se corrobora mediante un estudio visual en la zona, así como con la ayuda de la prueba de pH en pasta, donde la alcalinidad de las muestras muestra que a la profundidad muestreada los minerales se encuentran protegidos de la posible acidez del medio, 3) Posteriormente se propusieron medidas de mitigación para la reducción de peligro, dependiendo de la concentración de metales pesados y metaloides presentes en las muestras analizadas de las zonas estudiadas, considerando básicamente mitigar el riesgo a la población civil, 4) Finalmente se cumplió el objetivo del trabajo de investigación que fue evaluar la contaminación del suelo por metales pesados y metaloides en la zona de Hidalgo del Parral, Chihuahua, mediante este estudio se determinó que la zona de estudio no representa un riesgo directo a la población civil y al ambiente.

- (Jumbo, 2015) preocupada por actividades de minería realizó una investigación realizada en Loja, Ecuador, cuyo objetivo fue, analizar el potencial de metales pesados que se produce por las actividades mineras en sedimentos riverinos de cuencas hidrográficas. Los objetivos específicos fueron: 1) Determinar la

concentración de algunos metales en ríos objeto de estudio, 2) Calcular la concentración de mercurio en muestras de sedimentos de ríos objeto de estudio, 3) Verificar el potencial antropogénico por metales pesados en los ríos objeto de estudio. La metodología empleada fue, espectrofotometría de absorción atómica para la determinación de metales pesados en las muestras. Las conclusiones fueron: 1) Los sedimentos riverinos muestreados presentaron mayores concentraciones de Zn, Fe, Cu, Pb, Ni y Co en el sector AMA 3, correspondiente al tramo donde los efluentes mineros desembocan al río Amarillo, 2) Las muestras de sedimentos riverinos colectados en la cuenca del río Zamora presentaron mayores concentraciones de Mn, Zn, Pb, Ni, Cr, Co y Cu en el sector CHI, correspondiente al distrito minero Chinapintza-La Herradura, 3) Los sedimentos riverinos de la cuenca media y baja del río Puyango se encuentran altamente enriquecidos ($FEN \geq 10$) en los elementos Hg, Cu, Pb y Zn, como consecuencia de la descargas de lixiviados mineros hacia sus principales tributarios (ríos Calera y Amarillo). Estos lixiviados poseen una alta carga de Hg y material particulado, el cual resulta del proceso de molienda

de mineral sulfuroso polimetálico procedente de las minas, 4) Los sedimentos colectados en las quebradas Mayaycu, Shincata, Bellavista y en los ríos Yacuambi, Zamora y Nangaritzza (sección alta de la cuenca), presentaron valores de FEN < 2, para todos los elementos estudiados, indicando que estos elementos no se encuentran enriquecidos en los sedimentos de estos sistemas.

- (Larios, 2014) interesada por el estudio de metales pesados en las cuencas de los ríos, su elevada toxicidad, su alta persistencia y a la acumulación de muchos de ellos en los organismos vivos interfiriendo negativamente en las funciones del ambiente, realizó una investigación denominada, *Niveles de Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb y Zn en los suelos de ribera de la cuenca del Río Turia*, realizada en Barcelona, España. La tesis le permitió obtener el Grado Máster en Gestió de Sòls i Aigües. Los objetivos fueron: 1) Evaluar la presencia y los niveles de metales pesados (Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb y Zn) en suelos de ribera del cauce del río Turia, tanto de sus contenidos totales como extraíbles, 2) Establecer las relaciones entre las propiedades de los suelos y los contenidos en

metales pesados, 3) Identificar las zonas con mayor nivel de degradación en la cuenca hidrológica del río Turia, que permitan seleccionar futuras zonas de estudio, en las que analizar los flujos químicos de los contaminantes a escala detallada. La metodología fue: un análisis del contenido (extraíble y total) de los elementos de estudio, mediante espectrometría de absorción atómica con llama en los suelos de ribera de la cuenca del río Turia (enmarcada dentro de las provincias de Valencia y Teruel). La conclusión fue: 1) En general, las concentraciones de metales pesados cuantificadas no exceden los Niveles Genéricos de Referencia (NGR) establecidos por las diferentes Comunidades Autónomas de España. Sin embargo, de las 24 muestras analizadas, 4 (pertencientes al uso agrícola) exceden los límites establecidos por algunas de éstas. A partir del índice de movilidad relativa, se ha visto que Pb y Cu han resultado ser los más móviles del conjunto de metales pesados estudiados. Dada la peligrosidad que presentan estos metales pesados de contaminar otros compartimentos ambientales, se considera necesario realizar un muestreo más amplio que permita determinar la causa de las elevadas concentraciones

encontradas, con el fin de conocer con mayor precisión si esas zonas constituyen puntos calientes de contaminación. Por lo general, el conjunto de muestras que exceden y se aproximan a los valores límites se sitúan en los tramos inferiores de la cuenca del río Turia. Los resultados indican que, las zonas donde realizar muestreos más detallados en la siguiente fase del proyecto EFAMED deberían ser: Benagéber, Bugarra, La Presa, Gea de Albarracín, Teruel, y las cabeceras del Guadalaviar y Alfambra.

- (Otones, 2014) interesada por la contaminación del suelo, pues conlleva a un deterioro de la calidad del mismo, realizó una investigación en Salamanca, España. La tesis le permitió obtener el Grado de Doctor. El objetivo fue, analizar los suelos afectados por antiguas explotaciones mineras. Los objetivos específicos fueron: 1) Caracterizar ambientalmente los suelos, estableciendo su nivel de contaminación según elementos tóxicos, la distribución con las diferentes fracciones del suelo y los riesgos asociados. 2) Realizar el estudio de la vegetación mediante el cálculo del contenido de los elementos tóxicos y, además, considerando factores de

bioacumulación y translocación, 3) Analizar la capacidad de diferentes materiales inorgánicos cuando se utilizan como agentes enmendantes para reducir su movilidad. La metodología empleada fue un estudio horizontal y vertical de los elementos tóxicos objeto de estudio, determinando el contenido total, móvil y movilizable. Las conclusiones fueron: 1) Los suelos contienen un alto nivel de contaminación por los elementos As, Sb y Pb. Además, se tiene el riesgo de transferencia de dichos elementos a otros puntos del ecosistema, por lo que se debe contar con medidas para recuperar las zonas. Existe un comportamiento excluyente con las plantas hay especies que se pueden utilizar en técnicas de fitoestabilización de los suelos contaminados, 2) La capacidad de los compuestos Fe y Al para inmovilizar al Sb. La capacidad mostrada por la goethita no trata de manera eficaz los suelos que se encuentran muy contaminados, mientras que los compuestos amorfos alcanzan un alto nivel de inmovilización del Sb al aplicar dosis de 5 y 10%. Los niveles de inmovilización que se alcanzan representa una reducción de la lixiviación de los elementos Sb, As y Pb presentes en el suelo.

- (Bonilla, 2013) preocupada por el uso de metales pesados se difunde de forma constante, se desarrolló un problema de contaminación del suelo, agua, y al ser humano. Su objetivo fue analizar y calcular la capacidad de algunos compuestos en la Fitoextracción del elemento pb del suelo. La metodología empleada fue, espectrofotometría de absorción atómica. Las conclusiones fueron: 1) Las concentraciones del elemento pb en los suelos contaminados tuvo valores por encima del límite. 2) Las especies mencionadas acumulan plomo en sus tejidos, ya que están expuestas al suelo contaminado de dicho metal, 3) La capacidad de hiper-acumulación se genera cuando se incrementa el tamaño y vida útil de la planta, por lo que sirve los suelos contaminados con plomo, 4) La especie *Beta vulgaris var. cicla* acumula plomo en sus tejidos, teniendo así una alta toxicidad en la salud de las personas o animales al ser consumido.
- (Manzano, 2013) interesada en la extracción de minerales que produce residuos tóxicos que no tienen valor económico son amenaza para la seguridad

ambiental y la salud humana; realizó una investigación cuyo objetivo fue la selección de una estrategia idónea para suelos contaminados. Su aplicación contribuye a una disminución de la movilización de arsénico y otros y a mejorar la calidad de los suelos. Los objetivos específicos fueron: 1) Realizar una selección de las especies vegetales más útiles en revegetación y en técnicas de fitoestabilización asistida, 2) Analizar el fraccionamiento de arsénico en el suelo y evaluar el efecto de las especies vegetales sobre su disponibilidad, 3) Estudiar la lixiviación de arsénico y metales pesados para evaluar su eficacia en los procesos de inmovilización de elementos contaminantes en el suelo. Las conclusiones fueron: 1) Las especies vegetales autóctonas son las más idóneas para la revegetación del suelo minero contaminado. 2) Las especies autóctonas que se seleccionaron son exclusoras de Arsénico, por lo tanto, su utilización se centra en la fitoestabilización. Únicamente las plantas de *C. scoparius* lograron disminuir las fracciones más solubles de Arsénico, 3) La movilidad de Arsénico en el suelo es una limitante. La mayoría de fracciones son las asociadas a óxidos

amorfos y cristalinos de Fe y Al, 4) El tratamiento 'Fe' fue el más eficiente para retener el Arsénico en los suelos, pero aumentó la solubilidad de metales.

- (Alcaino, 2012) preocupado por los “pasivos ambientales mineros” (PAM), correspondiente a mineras abandonadas, incluyendo sus residuos, que constituyen un factor de riesgo para la seguridad y salud de las personas, para lo cual realizó una cuyo objetivo fue analizar y comparar tecnologías para remediar suelos contaminados con metales. Los objetivos específicos fueron: 1) Diseñar e implementar un estudio de tecnologías para remediar a escala de laboratorio, 2) Desarrollar pruebas para remediar con muestras de suelo del área de Puchuncaví, 3) Evaluar la eficiencia de remediar de las tecnologías. La metodología empleada fue la Espectrometría de Emisión Óptica y la Espectrometría de Masas. Los resultados fueron: una proporción de remoción del 15% y 20% para el cobre y 28% y 25% para el arsénico. La electrorremediación se realizó de forma más exploratoria, y se concluyó que es una tecnología atractiva, no obstante, se requiere de un mayor tiempo de tratamiento del suelo.

Las conclusiones fueron: 1) La caracterización del suelo se centró en la medida de concentración de los metales. Se hubiese logrado mejores resultados con una caracterización más específica del suelo, incluyendo la especiación en que se encuentran los metales y su biodisponibilidad en la matriz, 2) Una tecnología de fácil implementación es la de lavado de suelos, por lo que es accesible a mayor escala. Los reactivos que se utilizaron sirvieron para la extracción de los contaminantes planteados. 3) Cabe mencionar que los metales están en una especiación estable, por lo tanto, se concluye que la bioestabilización no conlleva a consecuencias considerables en la contención de los metales presentes en el suelo, 4) El sistema de electrorremediación fue a pequeña escala y se centra en otorgar lineamientos para una aplicación a gran escala, el sistema que se diseñó respondió bien, logrando así contar con zonas de soluciones y la zona central con el suelo.

- (Guzmán, 2012) preocupada por la industria minera quien deposita en los suelos residuos de metales pesados (MP) como cadmio, plomo, cobre, cinc, etc., muchas veces sin observar medidas de disposición

que minimicen el impacto ambiental de estas sustancias., realizó una investigación cuyo objetivo fue, elaborar una estrategia para la remediación de lugares que se encuentran con cadmio, plomo, cobre y zinc, basada en la aplicación de tratamientos químico-agronómicos a jales mineros y suelos, cuya efectividad se mida mediante pruebas biológicas. La metodología empleada fue, 4 tratamientos químicos: $[\text{OH}^-]$, como cal agrícola ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), $[\text{SO}_4^{2-}]$, como yeso, $[\text{PO}_4^{3-}]$ como P-fertilizante (KH_2PO_4) y ligantes orgánicos ($\text{R-CO}\cdot\text{O}^-$, R-OH , RNH_2 , R-SH , etc.), como materia orgánica, MO, derivada de composta, a mezclas en varias proporciones de jal(fresco):suelo y en 3 dosis distintas, en función de la extractabilidad inicial en HAcO 0.2N, DTPA y H₂O de los MP de estudio. Se realizaron ensayos de biotoxicidad para estudiar la respuesta de plantas indicadoras sensibles a la presencia de MP, en los sistemas jal-suelo con y sin tratamiento, midiendo parámetros agronómicos como largo de raíz, largo de hoja, clorofila, masa seca y masa fresca. Las conclusiones fueron: 1) Con el trabajo realizado en este estudio se elaboró una estrategia para la remediación de lugares que se encuentran contaminados con cobre, cadmio, plomo

y zinc, por medio de la aplicación de tratamientos químico-agronómicos a jales mineros y suelos, cuya efectividad fue medida por medio de pruebas biológicas, 2) Tanto las actividades de las especies libres solubles, $(M^{2+})_{ac}$, como las concentraciones extractables en ácido acético, $[M_{ext}]AcO^-$, de los metales Cd, Cu, Pb y Zn en cada mezcla jal-suelo y en los materiales originales fueron cuantificadas utilizando técnicas analíticas específicas. De este modo, la determinación de la especie extractable $(M_{ext})AcO^-$, así como de las especies extractables $(M_{tot})_{ac}$, y $(M_{ext})DTPA$, se llevó a cabo por medio de espectroscopía de absorción atómica permitiendo establecer las dosis de tratamientos aplicables a cada mezcla jal-suelo y a los materiales puros. La actividad del metal en su forma libre, $(M^{2+})_{ac}$ se determinó por medio de voltametría de redisolución anódica, ASV, aplicando metodologías de especiación con diferentes ligantes y cálculos químicos, con lo que fue posible cuantificar concentraciones de hasta $10E-17$ mol L⁻¹ en las muestras post-tratamientos, 3) De los cuatro tratamientos químico-agronómicos que se aplicaron, se identificó a los tratamientos de fosfatos y de materia orgánica, los cuales otorgaron efectos

positivos con respecto al abatimiento de las labores de metal libre y concentraciones del metal con HAcO 0.2N, (Mext)AcO⁻ , de los metales cobre, cadmio, plomo y zinc, de lo cual se obtuvo reducción en la extractabilidad de hasta 92% y 93% con los tratamientos de PO₄³⁻ y de MO, 4) La efectividad de los tratamientos de fosfatos y de materia orgánica para abatir el [Mext]AcO₂ convierte en procedimientos prometedores para la estabilización química y la reducción de la movilidad de los metales potencialmente tóxicos estudiados, presentando ventajas como su aporte de elementos nutrimentales.

- (Hernández J. , 2012) preocupada porque no existen confinamientos de residuos industriales o peligrosos certificados o autorizados en la Ciudad de México. Es por ello se vierten las aguas residuales al cauce del río de los Remedios; realizó una investigación cuyo objetivo fue la identificación de los tipos de metales pesados que contaminan los suelos del Río de los Remedios según de dónde provienen y su relación con un acuífero cercano. Los objetivos específicos fueron: 1) Identificar los tipos de Metales Pesados

presente en el suelo, 2) Identificar los tipos de contaminación, 3) Determinar de dónde provienen los metales contaminantes del suelo, 4) Relacionar el tipo de metal y proporción presente en el suelo. Los resultados principales fueron: 1) En esta parte del río no se observa una gran cantidad de desechos sólidos, no obstante, los existentes son de tamaño significativo. Con las muestras por el color y olor se tiene concentraciones considerables de hidrocarburos y descargas domésticas, que con el tiempo el agua deja residuos en el suelo que se acumulando, Sitio 2) Los olores desprendidos del río de este y las descargas que llegan al pasar por las compuertas dejan una elevada cantidad de desechos sólidos. Asimismo, se encuentran animales muertos, entre otros. Sitio 3) Se encontraron sólidos en suspensión pertenecientes a residuos sólidos municipales, así como también partículas sedimentables lo que producen metales. Las conclusiones fueron: 1) Los metales pesados y en general los elementos traza, están presentes en relativamente bajas concentraciones en la corteza terrestre, los suelos, aguas y plantas. La presencia de concentraciones nocivas en los suelos es una

degradación especial denominada contaminación, 2)

Los metales pesados o elementos traza pueden ser de origen geogénico o antropogénico. Los elementos de origen geogénico proceden de la roca madre, de actividad volcánica, o de la lixiviación de mineralizaciones. Los metales pesados antropogénicos derivan de residuos peligrosos, procedentes de actividades industriales, minería e industria agrícola, y residuos sólidos urbanos (RSU),

3) La caracterización, evaluación y remediación de un suelo y agua contaminados es un desafío a tener en consideración. El peligro en los contaminantes es debido a su concentración y disponibilidad, 4) En las zonas urbanas las principales fuentes de contaminación para las aguas superficiales y subterráneas son las industrias ya que pueden realizar inyección en pozos o vertidos superficiales, provocar infiltración o causar accidentes de todo tipo.

- (Hernández A. , 2011) conocedora que cada uno de los estudiantes posee características diferentes, y esto provoca que se presenten deficiencias en la enseñanza-aprendizaje, realizó una investigación, cuyo objetivo fue la cuantificación de metales

pesados en suelos aledaños. Los objetivos específicos fueron: 1) Calcular la concentración de metales pesados totales, 2) Calcular la concentración de metales pesados, 3) Analizar físico-químicamente los suelos del Municipio en distintas estaciones del año. La metodología empleada fue una muestra de cinco lugares aledaños y como control se empleó el suelo que no tuvo impactos mineros, realizando todo por triplicado. Las concentraciones de metales que se reportaron son la media de cada sitio y su correspondiente desviación estándar. Las conclusiones fueron: 1) De acuerdo a los resultados obtenidos existieron diferencias en las propiedades físicoquímicas y en la cuantificación de metales entre el suelo de referencia y los cuatro sitios de Natividad, 2) Los sitios 1, 2, 3 y 4 de los suelos de Natividad tuvieron valores más altos en concentración de As, Cd, Cr y Pb, en comparación con el sitio de referencia en ambas épocas, 3) En la época de lluvias el Arsénico y el Plomo fueron los elementos con mayor concentración en los suelos estudiados, confirmando la presencia de niveles no permitidos para el Arsénico de acuerdo a la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004. Con respecto a la época de secas siguen siendo el

Arsénico y el Plomo los de mayor concentración, pero para esta temporada los dos rebasan la concentración establecida en la Norma Oficial Mexicana antes mencionada. Confirmando de esta manera la hipótesis de que los suelos de Natividad están contaminados por metales pesados y que rebasan la concentración establecida por la Legislación Mexicana para remediar el suelo contaminado, 4) Con respecto a la técnica de digestión empleada, se puede decir que ésta fue adecuada para la digestión de las muestras de suelo, obteniéndose porcentajes de recuperación aceptables para el arsénico.

- (Blanco, 2011) preocupado por la afectación de los metales pesados a los ciclos bioquímicos y acumularse en microorganismos vivos; además, tienen la habilidad de persistir en los suelos durante largos períodos de tiempo debido a que no sufren biodegradación, realizó una investigación cuyo objetivo fue, evaluar metales pesados en el suelo que fueron regados con agua que proviene de la planta que se dedica a tratar las aguas residuales con el fin de determinar si hubo contaminación por metales

pesados. Los objetivos específicos fueron: 1) Determinar algunos parámetros fisicoquímicos de las muestras de suelos de la empresa de químicos para la construcción, tales como pH, humedad, conductividad eléctrica (CE), capacidad de intercambio catiónico (CIC), textura, bases intercambiables y porcentaje de carbono total para relacionarlos con el contenido de metales pesados, 2) Cuantificar el contenido de metales cadmio (Cd), cinc (Zn), cobalto (Co), cobre (Cu), cromo (Cr), níquel (Ni) y plomo (Pb) por medio de la espectroscopia de absorción atómica a la llama de las muestras de suelos de la empresa de químicos para la construcción, 3) Analizar el modelo de diseño de experimento tipo multinivel factorial 2x3 para estudiar la distribución de los metales pesados en el suelo de la empresa de químicos para la construcción. La metodología empleada fue, un modelo de diseño de experimento tipo multinivel factorial 2x3, con los factores profundidad y distancia para estudiar la distribución espacial de los metales pesados Cu, Cr, Cd, Co, Ni, Pb y Zn por espectroscopia de absorción atómica en un suelo aledaño. Las conclusiones fueron: 1) Las muestras de suelo aledañas

construcción tienen una textura franca arenosa arcillosa, 2) La acidez del suelo está relacionada con la CIC que las muestras presentan, 3) La alta CIC de las muestras localizadas a la profundidad de 0-10 cm y 15 y 30 m poseen un relleno que puede contener un tipo de arcilla distinto al encontrado a la distancia 00 m, 4) El alto contenido de Ca^{+2} y Na^{+} en las muestras ubicadas a la distancia 00 m, en comparación a las demás, se debe a la actividad de riego realizada sobre el suelo en el año 2005, 5) La concentración de los metales Cd, Co, Cr y Ni se encuentran por debajo del límite de detección de cada uno de ellos, por lo que el modelo de análisis de diseño de experimento solo se aplicó para los metales Zn, Cu y Pb.

- (Durán, 2010) preocupada porque en los últimos años se ha suscitado el problema de la contaminación ambiental, lo que genera interés en el aspecto científico. Se realizó una investigación cuyo objetivo fue buscar, identificar, analizar y describir las plantas que han crecido de forma natural en zonas mineras, desde el aspecto geográfico, geológico, climático y flora. Los objetivos específicos fueron: 1) Evaluar parámetros convencionales, junto con el contenido de

metales pesados del suelo, 2) Calcular la composición en metales pesados de las plantas objeto de estudio, 3) Asociar la presencia de metales pesados en las plantas en relación al suelo. La metodología empleada fue, la recolección alrededor de 2 kg de cada muestra del suelo, donde se recolectaron las plantas a una profundidad entre 0 y 20 cm. Los resultados fueron: 1) El estilo que presenta el porcentaje más elevado que presentan los alumnos, es el pragmático con un 24,32 %, 2) El Reflexivo quien con un 23,24 % se encuentra el segundo estilo de aprendizaje que presentan los alumnos de la Escuela Preparatoria Oficial Num. 120 de Temascalcingo México. Las conclusiones fueron: 1) Los suelos muestran un elevado contenido en metales pesados, 2) Algunas plantas crecen en suelos con un elevado contenido de metales pesados y se acumulan en los tejidos, 3) Los contenidos en metales de las plantas que se recolectaron superan los valores background, 4) El contenido de metales pesados en algunas plantas se correlacionan de forma positiva con las concentraciones de dichos metales en el suelo, 5) El estudio realizado es pionero en la investigación de especies que son importantes

en la fitorremediación. Es recomendable realizar otros estudios en cultivos hidropónicos para analizar sus características en un ambiente controlado.

1.4.2. Investigaciones nacionales.

- (Ponce, 2018) preocupado por Las fundiciones de minerales las cuales son causantes del deterioro de los recursos existentes en las áreas vecinas, pues los elementos particulados, emitidos por estas industrias, aportan gran cantidad de metales pesados, los que, incorporándose al ambiente por diversos caminos, pueden disminuir la productividad de un área y la calidad de vida, realizó una investigación en Perú, cuyo objetivo fue, determinar la influencia del Complejo Metalúrgico La Oroya con respecto a los metales pesados; ubicado en el Distrito de La Oroya, Provincia de Yauli, Departamento de Junín. Además, calcular las concentraciones de los parámetros inorgánicos y fisicoquímicos, tipo de distribución espacial y el impacto ambiental con respecto al suelo. La metodología empleada fue de acuerdo a guías, manuales y reglamentos. Los resultados fueron: 1) Valores altos en concentraciones de metales pesados

en el área de estudio, 2) Se concluyó que el suelo es muy ácido con un pH de 3.48, baja cantidad de sales minerales, CaCO₃ con un valor de 0.45 %, textura franco arenosa, una CIC baja con una media de 10,65 cmol/kg. Las conclusiones fueron: 1) Se determinó concentraciones altas de arsénico, cadmio, cobre, cianuro libre, plomo, selenio y zinc en el suelo del área de estudio; además estos elementos excedieron el ECA de suelo y CEQG soil, 2) Se determinó que las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos del suelos son anómalos debido al suelo ácido con un pH, con un valor medio de 0.45 % de contenido ligero de carbonato de calcio, 3) Se evaluó el impacto ambiental en el suelo de la zona Huaynacancha resultando ser negativo, ya que el 36 % de los parámetros inorgánicos analizados tienen un Igeo de entre 2 a 3 unidades, reflejando así el nivel de contaminación por cadmio, cromo, mercurio, plomo y zinc de moderado a fuerte; asimismo el FE indicó que estos suelos tiene un enriquecimiento antropogénico severo por cadmio, mercurio, plomo y zinc teniendo valores de entre 5 a 20 unidades; y por último el SoQI indicó que el suelo cuenta con un nivel entre alto a muy alto para la salud pública y el ecosistema

indicando ser de muy mala calidad tanto para la agricultura, ganadería o la residencia.

- (León, 2017) preocupado porque 1251 pasivos ambientales presentan Ancash, la mayor cantidad en un solo departamento (Ministerio de Energía y Minas, 2015). Del total de pasivos ambientales mineros intervenidos desde el 2010 hasta el 2014, 1578 son de alto y muy alto riesgo. El daño que se genera en el ambiente y al hombre es en ocasiones irreversible, sabiéndose que mientras más antiguos sean los pasivos ambientales, más difícil es recuperarlos, realizó una investigación denominada, *Capacidad fitorremediadora de especies altoandinas para suelos contaminados por metales pesados procedentes de la compañía minera Lincuna SAC., en condiciones de invernadero, 2015-2016*, realizada en Perú. La tesis le permitió obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental. El objetivo fue, analizar el potencial fitorremediador de especies específicas para suelos contaminados por metales pesados. Los objetivos específicos fueron: 1) Calcular la capacidad de propagación de especies específicas con potencial fitorremediador en condiciones de invernadero, 2)

Calcular la capacidad de acumulación de metales pesados de especies específicas. La metodología empleada fue, cuantitativo de tipo experimental, estudio prospectivo por la época de obtención de datos; transversal y analítico. Las conclusiones fueron: 1) Las especies que se evaluaron cuentan con potencial fitorremediador por su elevada tasa para propagarse, así como su capacidad de acumular metales pesados, 2) Las especies presentaron la mayor capacidad de propagación en condiciones de invernadero, 3) La capacidad de acumular metales pesados en condiciones de invernadero para el suelo con metales pesados se presentó de la siguiente manera, una de las especies contó con gran acumulación del elemento pb (4808,08 mg/kg) en la raíz, de manera similar la especie *Werneria nubigena* Kunth acumuló significativamente Pb (1159,98 mg/kg) y Zn (990,3 mg/kg) en la raíz y la parte aérea respectivamente, y la especie *Juncus arcticus* Willd. acumuló de manera significativa Zn (720,50 mg/kg) en la raíz, 4) La capacidad de acumulación de metales pesados en condiciones de invernadero para el suelo de mina se presentó de la siguiente manera, una especie contó con gran acumulación Zn con valores

de 2068,90 mg/kg y 1032,40 mg/kg en la raíz y la parte aérea 50 respectivamente, de manera similar la especie *Werneria nubigena* Kunth acumuló significativamente Zn (1441,50 mg/kg) en la raíz, y la especie *Juncus arcticus* Willd. acumuló de manera significativa Pb (1113,79 mg/kg) y Cu (559,90 mg/kg) en la raíz.

- (Velásquez, 2017) preocupado porque la región Madre de Dios pasa por la deforestación, contaminación de suelo debido a la minería aurífera aluvial., realizó una investigación, cuyo objetivo fue analizar el nivel de contaminación del suelo por metales pesados en una minera y analizar sus características. Los objetivos específicos fueron: 1) Calcular la concentración y su distribución espacial 2) Evaluar las características de los suelos impactados. La metodología empleada fue, un análisis multivariado y geoestadísticos que detallan que el contenido promedio total de unos metales específicos. Los resultados fueron: 1) Las características analizadas en el suelo se caracterizan por una permeabilidad rápida, drenaje en exceso, erosión y pedregosidad elevada, sus características

químicas son debido a una fuerte reacción acida, 2) En relación a las características morfológicas del suelo caracteriza por permeabilidad rápida, drenaje alto, erosión baja y pedregosidad excesiva y con napa freática a 1. 5m de profundidad, las características químicas son debido a una reacción acida, con bajo contenido de materia orgánica, 3) Las características morfológicas de los suelos no impactados, el suelo se caracteriza por una permeabilidad lenta, drenaje moderado, pendientes inferiores a 2%, erosión y pedregosidad baja, con moteado y napa freática a 0,68 m de profundidad. El grado de materia orgánica y potasio son bajos, el intercambio catiónico es medio, el nivel de fósforo es elevado, la textura del suelo es bien fina. Las conclusiones fueron: 1) No existe contaminación por los metales en el área objeto de estudio, 2) La determinación que no habría contaminación por metales requiere realizar estudios posteriores en otras áreas, 3) De acuerdo al estudio del suelo objeto de estudio, las principales consecuencias son la pérdida de superficie y modificación del perfil de suelo, ya que se altera las características físicas y químicas.

- (Maguiña, 2016) preocupada debido a la acumulación de cadmio en el suelo es un problema agroindustrial en Perú, ya que los cultivos absorben y dicho compuesto en sus frutos, ocasionando así que no alcancen los estándares de calidad para consumo y exportación, pues conlleva a efectos negativos en la salud, realizó una investigación denominada, *Determinación de la capacidad fitorremediadora de Lupinus mutabilis Sweet “chocho o tarwi” en suelos contaminados con cadmio (Cd)*, realizada en Perú. La tesis le permitió obtener el Título Profesional de Licenciada en Biología. El objetivo fue, determinar la capacidad fitorremediadora de un compuesto en específico en el suelo contaminado con cadmio. La metodología empleada fue, ensayos en un invernadero con condiciones que eran controladas. Las conclusiones fueron: 1) Se obtuvo una baja capacidad fitorremediadora del compuesto a través de la acumulación de cadmio en los órganos de la planta, durante 65 días, 2) La acumulación de cadmio se presenta en un mayor porcentaje en las raíces, seguido de los tallos y hojas, 3) El índice de tolerancia se redujo con respecto al aumento de la concentración de cadmio, 4) La tasa de supervivencia

se redujo conforme el tiempo y concentración de cadmio se incrementaron.

- (Muga, 2017) realizó una investigación denominada, cuyo objetivo fue, evaluar el uso del cultivo de Cosmos en la Fitoextracción en el suelo de Corcona, Huarochirí, 2017. La metodología empleada fue, de forma in situ con una investigación experimental, realizando análisis de pre y post test. El resultado fue:
1) Que la planta de Cosmos absorbió en su raíz y parte aérea para todos los tratamiento, tomando en cuenta que a todos ellos se le agregó 10 kg de suelo por 60 días, en T1 se absorbió en un promedio de 3,87 mg/kg, para el tratamiento T2 se absorbió en un promedio de 7,80 mg/kg y para el tratamiento T3 absorbió en un promedio de 11,93 mg/kg siendo éste el tratamiento más favorable. Las conclusiones fueron: 1) En la Fitoextracción por medio del uso del cultivo de Cosmos se logró absorber el cadmio en los 3 tratamientos, en el tratamiento T1 en la repetición R1 3,89 mg/kg en la repetición R2 3,94 mg/kg y en la repetición R3 3,74 mg/kg, en el tratamiento T2 en la repetición R1 absorbió 7,77 mg/kg, en la repetición R2 7,9 mg/kg, en la repetición R3 7,72 mg/kg, en el

tratamiento T3 en la repetición R1 absorbió 11,82 mg/kg, en la repetición R2 11,91 mg/kg, en la repetición R3 12,05 mg/kg. Asimismo el tratamiento 3 fue el que logro fitoextraer mayor cantidad de cadmio en comparación con los dos tratamientos, puesto que se encontraba una mayor cantidad de materia foliar en relación a 10 kg de suelo contaminado con cd, 2) La planta de cosmos tubo una correcta adaptación a pesar de las condiciones a las que se le expuso durante de 2 meses, aunque está todavía se encontraba en proceso de adaptación, por lo que se pudo observar poco crecimiento en la planta y una disminución de las hojas, 3) La acumulación de cadmio en la planta de Cosmos después del tratamiento de fitoextracción se dio en mayor proporción en la parte foliar y la menor proporción fue en raíces de la planta, por lo que en el tratamiento T1 en promedio se obtuvo 1,18 mg/kg en la raíz y 2,67 mg/kg en la parte aérea, en el tratamiento T2 en promedio se obtuvo 2,05 mg/kg en la raíz y 5,74 mg/kg en la parte aérea, en el 47 tratamiento T3 en promedio se obtuvo 3,28 mg/kg en la raíz y 8,65 mg/kg en la parte aérea.

- (Vilca & Gordillo, 2016) preocupados por la procedencia de los metales pesados en los suelos es variada, ya que se asocia a distintos orígenes de contaminación como curtiembres, laboratorios, etc.; ocasionando efectos negativos en el suelo por los procesos de retención, para lo cual se realizó una investigación, cuyo objetivo fue analizar y calcular la retención de metales pesados en el suelo, junto con sus consecuencias ambientales. Los objetivos específicos fueron: 1) Caracterizar físico-químicamente los suelos objeto de estudio, 2) Analizar y calcular las concentraciones de algunos metales pesados presentes en el suelo y el vínculo con la capacidad de retención del suelo, 3) Evaluar el comportamiento de los metales pesados en el suelo con respecto a su profundidad. 4) Analizar el impacto de los metales pesados en el suelo, flora y fauna. La metodología empleada fue del tipo descriptivo – analítico, con un diseño experimental. Se tomaron seis muestras, con tres repeticiones cada una. Las muestras se analizaron en una empresa especializada por medio de diferentes métodos. Las conclusiones fueron: 1) Los resultados mostraron que el suelo tiene textura arenoso franco, con un pH entre

6,90 y 7,18; concentraciones entre 12,74 y 17,96meq/100g; además de bajo contenido en materia orgánica. En efecto, se considera un suelo apto para retener metales pesados. 2) Las concentraciones de los metales sobrepasa los límites máximos permitidos, 3) De la matriz de Leopold, se obtuvo un impacto total negativo de -194 lo que representa nivel moderado, lo que significa que es recuperable en el corto plazo.

- (Loaiza, 2016) preocupado por el desarrollo de la actividad minera en la Región Piura por el manipuleo del mineral, que conlleva a conflictos sociales debido a la contaminación ambiental, realizó una investigación cuyo objetivo fue, analizar y calcular el riesgo ambiental de los metales pesados en la zona de estudio. Los objetivos específicos fueron: 1) Analizar las formas químicas sobre las variaciones de los metales pesados, 2) Determinar la dispersión de los metales pesados, 3) Demostrar que el estudio por extracción secuencial se utiliza como una herramienta de gestión ambiental. La metodología empleada fue, el análisis de extracción secuencial por una metodología específica, ya que determina de forma

química los componentes, asimismo explica la existencia de los contaminantes. El análisis por especiación determina el proceder de contaminantes que se encuentran en la naturaleza. El resultado fue:

1) Que la mayor concentración de metales pesados en los sedimentos se encuentra en la fase residual, por lo que no se encuentra en el ambiente. Las conclusiones fueron: 1) No se presentan evidencias sobre un riesgo ambiental. 2) El promedio de la muestra experimental que se obtiene es inferior que el límite de referencia, por lo tanto, no existe material biodisponible en las muestras, 3) Se aprecia que la dispersión de metales pesados es pequeña, la ausencia de lluvias de forma permanente minimiza el transporte de los materiales.

- (Corcuera, 2015) preocupado por el efecto ambiental de la transferencia de metales pesados. Además, el suelo de las plantas son un factor fundamental en los procesos de contaminación. Esto es importante en zonas de agricultura, ya que la transferencia de los metales a las personas se produce de forma directa, realizó una investigación cuyo objetivo fue, determinar el impacto de la contaminación por las

actividades que desarrolla la minería artesanal informal en el Cerro el Toro y áreas aledañas. La metodología empleada fue, la fitorremediación aplicando un modelo dinámico, se enfoca en las poblaciones, los flujos, conectores y convertidores. La planta se presentó como existencias; 2 stocks son los factores abióticos del medio ambiente. Los resultados fueron: 1) En el lugar de estudio se encuentra ocho concesiones mineras de las cuales siete cuentan con Estudio de Impacto Ambiental Aprobado, mientras que la restante carece de una certificación, por lo que no trabaja en la formalidad. 2) Los resultados de la caracterización ambiental detalla cómo son las condiciones de operación de la minería informal, además, se especifican los factores ambientales que podrían ser afectados. Las conclusiones fueron: 1) Los impactos que se generan debido a la minería informal en el lugar de estudio son negativos a la vida, medio ambiente y Población, 2) Las actividades mineras carecen de autorizaciones para la explotación y extracción de minerales, por lo que laboran sin tener en cuenta la Seguridad y Salud Ocupacional, 3) De las actividades mineras y pozas de cianuración se identificó que la mayoría están

abandonadas, por lo que se constituyen como pasivos ambientales que deterioran suelos, ríos y áreas de cultivo, 4) Los mineros desechan a lado de las pozas, lo que afecta a suelos, zonas de cultivo, entre otros.

- (Romero, 2015) preocupada por la contaminación de relaves mineros, en la Región Central del Perú, debido a las infraestructuras deficientes de las empresas mineras, de lo cual se produce partículas peligrosas debido a su composición y granulometría, se realizó una investigación cuyo objetivo fue, determinar la incidencia del tratamiento de relaves mineros contaminados en la zona de estudio. Los objetivos específicos fueron: 1) Argumentar jurídica y ecológicamente la viabilidad del tratamiento de relaves mineros contaminados en la zona de estudio, 2) Demostrar de forma tecnológica la viabilidad del tratamiento de relaves mineros en la zona de estudio. La metodología empleada fue, objetividad cualitativa, se sustenta en observaciones, entrevistas, narraciones, filmaciones, entre otros. Las conclusiones fueron: 1) Con respecto a las normas referentes a lo relacionado ambientalmente e

instituciones legales que hace posible verificar que el tratamiento de relaves mineros en la zona de estudio, se fundamenta jurídica y ecológicamente, 2) Los conocimientos científicos que se encuentran en los Antecedentes y Marco Teórico de la investigación permiten la comprobación de que el tratamiento de relaves mineros en la zona de estudio, se fundamenta científica y tecnológicamente, 3) Los datos científicos de los investigadores citados en los Antecedentes y Marco Teórico, del presente estudio, los conocimientos de los Ingenieros acerca del Kikuyo, características, importancia y reproducción; plantaciones de Kikuyo y el proceso de tratamiento de relave y sus efectos; fitoestabilización con Kikuyo y manejo de un programa piloto de tratamiento con sembrío de Kikuyo, permiten demostrar que el tratamiento de relaves mineros en la zona de estudio, se fundamenta científica y tecnológicamente.

- (Yarasca, 2015) preocupado por los efectos negativos en el ambiente con respecto a la transferencia de metales pesados desde el suelo hacia las plantas, la cosecha por su fitotoxicidad y la absorción de metales desde el suelo por plantas tolerantes, que producen

efectos tóxicos en la flora y la fauna. Por lo tanto, además del suelo las plantas son un elemento importante en los procesos de contaminación. Esto es fundamental en zonas agrícolas, ya que la transferencia de metales pesados a los seres humanos puede producirse de forma directa, realizó una investigación cuyo objetivo fue, desarrollar un modelo mediante la dinámica de sistemas, que evalúe la contaminación por plomo y estimar el tiempo de retorno en el lugar de estudio. Los objetivos específicos fueron: 1) Calcular el grado de contaminación de los suelos por plomo del lugar de estudio. 2) Determinar el tiempo óptimo para la recuperación de los suelos que están contaminados por plomo en el lugar de estudio. La metodología empleada fue, el desarrollo de la fitorremediación mediante un modelo dinámico con el programa STELLA, el cual aplica el modelo de fpr,a gráfica, basada en cuatro componentes básicos: las poblaciones, los flujos, conectores y convertidores. La planta se representó por raíz, tallo, hojas como existencias; 2 stocks representan factores abióticos del medio ambiente. El modelo realiza una combinación dinámica entre lo biótico y abiótico como

componentes ambientales vinculando la representación esquemática de la fisiología de las plantas. Las conclusiones fueron: 1) La Implantación del modelo propuesto para la fitorremediación en el lugar de estudio permitió evaluar la contaminación del suelo en el plomo y estima el tiempo de seis años, 2) El modelo permitió mostrar que en total por cada campaña de sembrío de plantas “extractoras” se absorbe 600 mg de plomo, 3) Las concentraciones analizadas de plomo en suelos contaminados presentaron valores por encima del límite de cuantificación del método (5 mg/Kg), por lo que existe la necesidad de cambiar la metodología de espectrometría de absorción atómica con sistema de flama seleccionado para la cuantificación.

- (Chávez, 2014) se interesó por la alta contaminación de plomo en el suelo, existen varias especies vegetales que desarrollan estrategias para crecer con condiciones adversas, realizó una investigación cuyo objetivo fue, determinar la capacidad fitorremediadora de especies de flora nativa encontradas en zonas de contaminación por plomo. Los objetivos específicos fueron: 1) Identificar un campo de las especies nativas

que se llevan a cabo en zonas contaminadas con plomo, 2) Caracterizar el contaminante para así remediar junto a las especies nativas, 3) Analizar su crecimiento a diferentes niveles de plomo, y calcular indicadores. Las conclusiones fueron: 1) Para las condiciones del presente estudio, la *Nicotiana* cuenta con mayor potencial de uso para fines de fitorremediación, corroborando la hipótesis de que las plantas nativas son idóneas para fitorremediar sus propios espacios naturales, 2) Las especies nativas *Calamagrostis* y *Nicotiana* son acumuladoras de plomo; en su hábitat natural demuestran comportamiento de hiperacumulación de pb, 3) Las especies vegetales con potencial fitorremediador que se encontraron en campo pertenecen a los géneros *Calamagrostis*, *Nicotiana*, *Glandularia*, *Muhlenbergia*, *Desmodium*.

- (Avelino, 2013) preocupada por actividad minera que genera efectos negativos en el ambiente, y con ello riesgos a la salud de las personas y animales, realizó una investigación cuyo objetivo fue, analizar y calcular las especies fitoextractoras que sean convenientes para la remediación del suelo contaminado por

elementos metálicos, que se produce por actividades mineras. Los objetivos específicos fueron: 1) Evaluar la eficacia de las especies "A", "8", "C" y "D", para la absorción de los metales arsénico, cadmio, plomo y zinc, 2) Determinar el Índice de bioconcentración de las especies "A", "8", "C", "D", 3) Determinar el Factor para remediar las especies "A", "8", "C", "D". La metodología empleada fue, aplicada, experimental y cuantitativa, los datos se tomaron en el lugar de estudio y los análisis se realizaron en el laboratorio para calcular las concentraciones de los metales tóxicos que se encuentran en el suelo y en las hojas de las especies "A", "B", "C" y "D" y así calcular el índice de bioconcentración y el factor para remediar los especies. Las conclusiones fueron: 1) Las especies A, 8, C, D son más eficaces para la remediación de los suelos contaminados. Se evaluó la eficacia de la especie A para la absorción del arsénico, la especie 8 para absorción del cadmio, la especie C para la absorción del plomo y la especie D para la absorción del elemento Zn, 2) Se determinó el Índice de bioconcentración de las especies en estudio, de lo cual la relación de la concentración del metal en la planta en relación a su concentración en

el suelo, se obtuvo valores superiores a la unidad, representa eficacia para absorber los metales objeto de estudio de los suelos, 3) Se analizó y calculó el factor para remediar las especies de estudio, siendo la proporción del metal en la parte aérea de la planta en relación al suelo, superior a la unidad, por lo que las especies son útiles para el proceso de fitoextracción, en efecto, el propósito de remediar las especies se lleva a cabo y eliminar las vegetaciones contaminadas es más conveniente que eliminar los suelos contaminados.

- (Cárdenas, 2012) preocupado por la presencia del cadmio en el cacao que se está enviando y supera los límites máximos permisibles, realizó una investigación cuyo objetivo fue, analizar la situación de la presencia de cadmio en el cultivo de cacao orgánico. Los objetivos específicos fueron: 1) Determinar las propiedades físicas y químicas del suelo de cacao, 2) Analizar los niveles de cadmio en el suelo del cultivo de cacao, 3) Evaluar los niveles de cadmio a nivel foliar en el cultivo de cacao. Las conclusiones fueron: 1) Los suelos estudiados en general presentan buenas condiciones físicas y

químicas a excepción de 17 parcelas con bajos niveles de K₂O (Kg/ha). 2) El valor promedio de cadmio en el suelo es 0.66 ppm, 3) El valor promedio de cadmio total a nivel foliar es 2.84 ppm, el cual es superior que los niveles permisibles.

- (Maquerhua & Valverde, 2012) preocupadas porque el suelo de cultivo se riega con aguas provenientes de un río que se encuentra contaminado por la actividad minera, realizaron una investigación cuyo objetivo fue, evaluar el nivel de contaminación del suelo en el lugar de estudio. Los objetivos específicos fueron: 1) Caracterizar físicamente las muestras de suelo (textura), 2) Caracterizar fisicoquímicamente las muestras de suelo (pH, conductividad eléctrica), 3) Caracteriza químicamente las muestras (capacidad de intercambio catiónico (CIC), porcentaje de materia orgánica, macroelementos, porcentaje de carbonatos, porcentaje de carbono total, nitratos). La metodología empleada fue, un diseño no experimental longitudinal panel ya que se busca analizar cambios a través del tiempo en puntos o periodos especificados de determinadas variables o en relaciones de ellas, para hacer inferencias respecto al cambio, sus

determinantes y consecuencias. Las conclusiones fueron: 1) Se evaluó el nivel de contaminación del suelo en el lugar de estudio, concluyendo que dichos suelos están contaminados por los metales pesados arsénico, boro, cadmio, y zinc, 2) Se caracterizó físicamente los suelos, siendo la clase textural de la muestra 1 suelo franco, la muestra 2 suelo franco y la muestra 3 suelo franco arcilloso, 3) Se caracterizó fisicoquímicamente las muestras de suelo: Los resultados de pH de las muestras tienden a ser neutras con valores que van de 6,74 a 7,58. La conductividad eléctrica en las tres fechas de monitoreo están dentro de los niveles de referencia tomados de las directrices canadienses con valores que van desde 0,52 a 1,06 dS/m, 4) Se caracterizó químicamente las muestras de suelo: la capacidad de intercambio catiónico se encuentra en promedio 14 meq/100g. El porcentaje de carbonatos se encuentra entre cero y seis y el porcentaje de materia orgánica está en el rango de 0,89 a 3,48. La concentración fósforo en las muestras 1 y 2 superan el límite permitido, mientras que la concentración de fósforo en muestra 3 es óptima (14,6 a 19,1 ppm); la concentración de potasio se encuentra en promedio

159 ppm; el porcentaje de nitrógeno se encuentra entre 0,14 y 0,21; el porcentaje de carbono se encuentra entre 0,52 y 2,02; y la concentración de nitratos en promedio se encuentra a 25 ppm.

- (López, 2011) interesada en aplicar la fitorremediación, ya que sería una herramienta alternativa para reducir o eliminar contaminantes del suelo. Más ampliamente, podría ser una forma de controlar la exposición a la contaminación de los suelos, realizó una investigación cuyos objetivos fueron: 1) Evaluar el nivel de exposición al arsénico en cuerpos receptores, 2) Evaluar la presencia de arsénico en los pobladores, 3) Proponer la Fitorremediación como procedimiento de limpieza o mecanismo de control de la dispersión de arsénico. La metodología empleada fue, fitorremediación como forma de limpieza de suelos utilizando plantas. Las conclusiones fueron: 1) Se evaluó los niveles de exposición al arsénico con registros de monitoreo en diferentes etapas: a. Los contenidos de arsénico, cobre y zinc en aguas, estuvieron debajo del límite máximo permisible. B. Se determinó que los valores de PM10, arsénico y plomo están por debajo del nivel

máximo permisible, 2) Al evaluar la presencia de arsénico en los pobladores, se determinó que, de 8 casos estudiados, 5 superan el LMP de depuración de arsénico. Se desconoce lo que representan los hallazgos y sus implicancias en el riesgo de desarrollo y pronóstico de cáncer de piel no melanoma, 3) Se propone la fitorremediación como un procedimiento para la reducción de la dispersión de arsénico en suelos contaminados.

1.5. Justificación de la investigación

Uno de los aspectos más peligrosos de los metales pesados es su dificultad para ser degradados química o biológicamente, cabe resaltar que se acumulan en los organismos vivos por lo cual alcanzan concentraciones mayores a las cuales ya están predisuestas, todo ello provocando efectos tóxicos de diferentes formas, por ejemplo, en los seres humanos puede generar efectos tales como dolores crónicos, problemas sanguíneos, ansiedad entre otras complicaciones tanto física y psicológicamente.

Cabe resaltar que los posibles resultados a obtener servirán para el Distrito de Cayarani, puesto que se tendrá datos del impacto generado por las industrias mineras en el ecosistema. Además, en la zona de la

Sierra Sur, no existen muchos estudios sobre los niveles de contaminación debido a las industrias mineras, además, de que muchas de las poblaciones cercanas al distrito de Cayarani se han manifestado ya que se están afectando sus recursos naturales a causa de la industria minera.

1.6. Limitaciones de la investigación

Se empleó botines de cuero, con suela de caucho, para evitar resbalar, y poder originar un accidente personal.

Se empleó vestimenta de invierno e impermeable, para contrarrestar las inclemencias del clima y lluvia.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo general.

Cuantificar los metales pesados (arsénico, cadmio, cromo y plomo) en los suelos bajo actividad minera, en el distrito de Cayarani, provincia de Condesuyos, departamento de Arequipa.

1.7.2. Objetivos específicos.

1. Determinar el efecto de la concentración de metales pesados solubles en temporada de lluvias y secas.
2. Determinar el efecto de la concentración de metales pesados totales en temporada de lluvias y secas.
3. Determinar el efecto contaminante de los metales pesados identificados.

1.8. Hipótesis de la investigación

1.8.1. Hipótesis general.

Los metales pesados (arsénico, cadmio, cromo y plomo) tienen efecto contaminante en los suelos bajo actividad minera, en el distrito de Cayarani, provincia de Condesuyos, departamento de Arequipa

1.8.2. Hipótesis específicas.

1. La concentración de metales pesados solubles en temporada de lluvias y secas tiene efecto contaminante en suelos bajo actividad minera, en el distrito de

Cayarani, provincia de Condesuyos, departamento de Arequipa.

2. La concentración total de metales pesados en temporada de lluvias y secas tiene efecto contaminante en suelos bajo actividad minera, en el distrito de Cayarani, provincia de Condesuyos, departamento de Arequipa.
3. La concentración de metales pesados identificados tiene efecto contaminante sobre los suelos aledaños a la minera del distrito de Cayarani, Provincia de Condesuyos, Departamento de Arequipa.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Marco conceptual

- **Metal pesado:** “Uno de los varios elementos metálicos con masas atómicas elevadas como por ejemplo el mercurio, el cromo, el cadmio, el arsénico o el plomo” (León, 2017, pág. 39).
- **Suelo:** “Material no consolidado compuesto por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire y organismos, que comprende desde la capa superior de la superficie terrestre hasta diferentes niveles de profundidad” (Avelino, 2013, pág. 62).

- **Suelo contaminado:** “se denomina suelo contaminado a una porción de terreno, superficial o subterránea, cuya calidad ha sido alterada como consecuencia del vertido, directo o indirecto, de residuos o productos peligrosos El origen de las alteraciones que se producen en el suelo no puede atribuirse a una sola causa (Ponce, 2018, pág. 45).

III. METODO

A continuación, se describe la metodología utilizada para responder a las preguntas de investigación planteadas al inicio del estudio.

En primer lugar, se presenta el esquema general de los pasos seguidos en el proceso de investigación, con el fin de establecer cómo las diferentes etapas del proceso de investigación se interrelacionan para contribuir en el logro del objetivo central y objetivos específicos.

Finalmente, se realiza una descripción de cada una de las etapas desarrolladas, con el fin de entender los objetivos, fuentes de información y herramientas de análisis utilizadas en cada una de las etapas de investigación.

3.1. Tipo de investigación

- La presente investigación, se considera un estudio del tipo exploratorio-descriptivo debido a que analizaremos la concentración de los metales pesados en el suelo de un determinado lugar. Todo esto apoyándonos en la información recopilada, y basándonos en fuentes de información primarias tanto como secundarias.
- La presente investigación, según la intervención del investigador, es no experimental, longitudinal, pues se mantendrán fijas las variables ya establecidas, además de observar los fenómenos en su contexto natural, para después analizarlos. Por ello será relacional / casual.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población.

El concepto de población en estadística, va más allá de lo que comúnmente se conoce como tal. Una población se precisa como un conjunto finito o infinito de personas u objetos que presentan características comunes.

La presente investigación, pretendió analizar la concentración de ciertos metales pesados, en una determinada área de trabajo. Pero, no se tenía claro el número de veces para el levantamiento de la información, es ese sentido, la población, en términos estadísticos, fue considerada como infinitos ensayos químicos.

3.2.2. Muestra.

Una muestra es una representación significativa de las características de una población, que bajo, la asunción de un error (generalmente no superior al 5%) estudiamos las características de un conjunto poblacional mucho menor que la población global.

El muestreo, fue patrocinado por una empresa minera, cuyo interés común con el tesista, fue la de determinar los puntos de muestreo que superen los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs), con la finalidad de dar cumplimiento a la normatividad legal.

3.3.2.1. *Tamaño de la muestra.*

Cálculo de la muestra inicial:

Para calcular el tamaño de la muestra inicial, de población infinita, se emplea la siguiente fórmula estadística:

Tamaño de la muestra:

$$N = \frac{Z^2 * p * q}{d^2}$$

Donde:

N = [unidades] tamaño de la muestra inicial.

Z = [valor] nivel de confianza, para una certeza determinada

p = [%] proporción de la población, que representa el fenómeno de estudio.

q = [%] probabilidad de la población, que no representa el fenómeno de estudio.

d = [%] margen de error.

Para la ecuación anterior, se requiere definir el nivel de confianza (Z) y nivel de precisión absoluta (d), basado en el nivel de certeza experimental, mostrados en la siguiente relación estadística:

Tabla 1. Nivel de certeza experimental

Certeza [%]	95	94	93	92	91	90	80	62	50
Error [%]	5	6	7	8	9	10	20	38	50
Z	1,96	1,88	1,82	1,75	1,70	1,64	1,27	0,98	0,67

- Se asumen los valores de $p = 0,50$, $q = 0,50$.
- De la tabla anterior, se asume una $C = 95\%$ ($d = 5\%$), correspondiéndole un $Z = 1,96$.

Reemplazando estos últimos valores en la ecuación inicial, se tiene:

$$N = \frac{1,96^2 * 0,50 * 0,50}{(0,05)^2} = 384,16$$

Por tanto, el tamaño de la muestra inicial, es de 384 ensayos químicos, en cada punto de muestreo.

Cálculo de la muestra:

Para calcular el tamaño de la muestra, de población finita, se emplea la siguiente fórmula estadística:

Tamaño de la muestra:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) * Z^2 * p * q}$$

Donde:

n = [unidades] tamaño de la muestra.

N = [unidades] tamaño de la población.

Z = [valor] nivel de confianza, para una certeza determinada

p = [%] proporción de la población, que representa el fenómeno de estudio.

q = [%] probabilidad de la población, que no representa el fenómeno de estudio.

d = [%] margen de error.

- Se asumen los valores de p = 0,50, q = 0,50.
- De la tabla anterior, se asume una C = 95 % (d = 5 %), correspondiéndole un Z = 1,96.

Reemplazando estos últimos valores en la ecuación inicial, se tiene:

$$n = \left[\frac{(384) * (1,96)^2 * (0,50) * (0,50)}{(0,05)^2 * (384 - 1) + (1,96)^2 * (0,50) * (0,50)} \right] = 192,29$$

El tamaño de la muestra, es de 192 ensayos químicos, y si se realiza uno por día, se requerirían 192 días, a un ensayo por día; esto no solo sería muy honeroso, sino que, muy tedioso, además que no habría mucha variación de los resultados, si es un ensayo, día tras día.

192 días, equivale a 27,42 semanas, un ensayo químico por semana, sería más pragmático, además que se podría apreciar mejor los resultados, al ser un ensayo, semana tras semana.

Por tanto, el tamaño de la muestra es de 27 ensayos químicos, realizando un ensayo por semana, en cada punto de muestreo.

De los 27 ensayos químicos, 13 ensayos serán para la época de lluvia, y 14 ensayos serán para la época de secano, en cada punto de muestreo.

3.3.2.2. Puntos de muestreo.

Se consideró la metodología del muestreo de suelos, el cual se basa en los criterios técnicos descritos en la Guía para el Muestreo de Suelos (MINAM, 2014). Asimismo, la descripción de los suelos y las unidades del mapa se realizó en base a las normas y requerimientos técnicos nacionales incluidos en el Reglamento para la ejecución de Levantamiento de Suelos, Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor (Serfor, 2009), e internacionales como la (Soil Survey Manual, 2017) y la (Soil Taxonomy, 2014), ambos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América.

Todas las muestras se obtuvieron en un terreno de 563.13 ha., a través del método de muestreo sistemático usando rejillas regulares, según lo establecido por el MINAM en la “Guía para el

Muestreo de Suelos”, y para áreas superiores a las 100 hectáreas se deberá determinar el número mínimo de puntos de muestreo con la siguiente ecuación:

Número mínimo de puntos de muestreo:

$$N = 0,1X + 40$$

Donde:

N = [unidades] puntos mínimo de puntos de muestreo.

X = [Ha] superficie total a muestrear.

- X = 563,13 Ha.

Reemplazando este valor en la ecuación:

$$N = 0,1(563,13) + 40 = 96,31$$

Por tanto, el número de puntos de muestreo es de 96 puntos.

3.3.2.3. *Técnicas del muestreo.*

El muestreo está basado en obtener porciones de suelo de un área homogénea para analizar sus características físicas y/o químicas. Para obtener resultados confiables de características físicas o químicas de un suelo, es importante realizar un buen muestreo, principalmente porque la muestra tomada representa al volumen que equivale aproximadamente al 0,0000005 % del peso medio de 1 Ha (0 - 20 cm). Es importante mencionar que deben tomarse las mayores precauciones para la obtención de muestras para no contaminar las mismas, también es importante identificarlas correctamente (FAO, 1989).

3.3.2.4. *Fechas de muestreo.*

Tabla 2. *Fechas de muestreo.*

semana	Fecha	Época
1	05/12/2014	Lluvia
2	12/12/2014	Lluvia
3	19/12/2014	Lluvia

4	26/12/2014	Lluvia
5	02/01/2015	Lluvia
6	09/01/2015	Lluvia
7	16/01/2015	Lluvia
8	23/01/2015	Lluvia
9	30/01/2015	Lluvia
10	06/02/2015	Lluvia
11	13/02/2015	Lluvia
12	20/02/2015	Lluvia
13	27/02/2015	Lluvia
14	29/08/2014	Secano
15	05/09/2014	Secano
16	12/09/2014	Secano
17	19/09/2014	Secano
18	26/09/2014	Secano
19	03/10/2014	Secano
20	10/10/2014	Secano
21	17/10/2014	Secano
22	24/10/2014	Secano
23	31/10/2014	Secano
24	07/11/2014	Secano
25	14/11/2014	Secano

26	21/11/2014	Secano
27	28/11/2014	Secano

La **Tabla 2**, Las catorce últimas semanas, corresponde a la época de secano, y las trece primeras semanas, corresponde a la época de lluvia, en total, 27 semanas.

3.3. Operacionalización de variables

La operacionalización de las variables, permitió no sólo definir las sino también encontrar la relación entre las variables independientes y la variable dependiente. Por otro lado, hizo posible identificar el elemento de medida (indicador) de las variables, e, indicar el instrumento de cuantificación del indicador.

Tabla 3. Operacionalización de variables.

Variables	Indicador	Técnica (método de evaluación)	Instrumento	Criterio de evaluación	Tipo de valor
<p>Variable independiente:</p> <p>Concentración de metales pesados (arsénico, cadmio, cromo, plomo).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración de metales pesados en época de lluvia. • Concentración de metales pesados en época de secano. • Efecto contaminante en seres vivos. 	<p>Observación.</p>	<p>Guía de observación.</p>	<p>Unidades.</p>	<p>Valor discreto.</p>

<p>Variable dependiente:</p> <p>Contaminación en suelos bajo actividad minera.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Concentración de metales pesados objeto de estudio en época de lluvia. 	Observación del instrumental del análisis químico.	Registro de memoria del instrumental químico.	mg (metal pesado) / Kg (muestra)	Valor discreto.
	<ul style="list-style-type: none"> Concentración de metales pesados objeto de estudio en época de secano. 	Observación del instrumental del análisis químico.	Registro de memoria del instrumental químico.	mg (metal pesado) / Kg (muestra)	Valor discreto.
	<ul style="list-style-type: none"> Efecto contaminante en seres vivos (hombre, flora y fauna). 	Observación del instrumental del análisis químico.	Registro de memoria del instrumental químico.	mg (metal pesado) / Kg (muestra)	Valor discreto.

3.4. Instrumentos

3.4.1. Técnicas empleadas en la investigación.

Las técnicas empleadas para la presente investigación fueron:

- Para determinar el efecto de la concentración de metales pesados solubles en temporada de lluvias y secas, se ha empleado la técnica de la observación del instrumental para el análisis químico.
- Para determinar el efecto de la concentración total de metales pesados en temporada de lluvias y secas, se ha empleado la técnica de la observación del instrumental para el análisis químico.
- Para determinar el efecto contaminante de los metales pesados identificados, se ha empleado la técnica de la observación del instrumental para el análisis químico.

3.4.2. Instrumentos empleados en la investigación.

Los instrumentos empleados han permitido recoger los datos de la presente investigación, asociadas a las variables establecidas, con la finalidad de poder demostrar las hipótesis planteadas:

- Para determinar el efecto de la concentración de metales pesados solubles en temporada de lluvias y secas, se ha empleado como instrumento el registro de la memoria del instrumental químico.
- Para determinar el efecto de la concentración total de metales pesados en temporada de lluvias y secas, se ha empleado como instrumento el registro de la memoria del instrumental químico.
- Para determinar los efectos de los metales pesados en el ser humano, se ha empleado como instrumento el formulario de la entrevista a médicos que trabajan en el Centro de Salud, ubicado en la zona de estudio. El formulario tuvo un formato abierto, es decir, debido a la especialidad intrínseca de la materia, se permitió que los galenos, puedan explayarse en su alocución.

- Para determinar el efecto contaminante de los metales pesados identificados, se ha empleado como instrumento el registro de la memoria del instrumental químico.

3.4.3. Análisis de confiabilidad y validez de los instrumentos.

Se probó la confiabilidad del instrumento de recolección de datos mediante una prueba piloto con una muestra de 5 profesionales expertos en el tema, que pasaron a evaluar 10 ensayos, con respuestas basadas en la escala de Likert:

- (1) Totalmente en desacuerdo.
- (2) En Desacuerdo
- (3) Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- (4) De acuerdo
- (5) Totalmente de acuerdo

Los profesionales validaron los instrumentos empleados en la presente investigación, evaluaron de manera independiente: la relevancia, coherencia, suficiencia y claridad, con la que están elaborados los instrumentos de la investigación.

La confiabilidad, mediante el alfa de Cronbach, arrojó un resultado igual 0,865

3.5. Procedimientos

Utilizando la base de datos se Excel 2013 donde se procedió al análisis estadístico para obtener los resultados enunciados.

3.6. Análisis de datos

Una vez concluida la etapa de colección de los datos en una base de datos en Excel, se realizó el procesamiento y análisis de los datos de los elementos de la muestra determinada.

Para el análisis de datos, se examinó los valores registrados, lo cual permitió inspeccionar, limpiar y transformar los datos en una tabla, sólo se consideraron aquellos valores que tiene una mínima desviación estándar.

IV. RESULTADOS

4.1. Contrastación de hipótesis general

- **Concentración histórica de metales pesados (As, Cd, Cr y Pb), en época de lluvia y en época de secano, en cada punto de muestreo.**

A continuación, se presenta los valores históricos de las concentraciones (mg/Kg), de los metales pesados objeto de estudio para las 27 semanas de análisis, según la determinación de la muestra estadística (Capítulo 3.3.2).

Los valores históricos indicados, son en época de lluvia y en época de secano, para los 96 puntos de muestreo.

- **Punto de muestreo 96**

Tabla 4. *Concentración (mg/Kg) histórica de metales pesados en el punto de muestreo 96.*

semana	As	Cd	Cr	Pb
1	6.41	0.064	4.89	12.81
2	6.44	0.063	4.92	12.86
3	6.40	0.061	5.10	12.80
4	6.41	0.060	5.10	12.82
5	6.42	0.063	4.75	12.85
6	6.40	0.062	4.80	12.84
7	6.39	0.061	4.68	12.86
8	6.43	0.063	4.92	12.82
9	6.40	0.060	4.92	12.81
10	6.46	0.062	4.83	12.79
11	6.43	0.063	4.91	12.80
12	6.44	0.064	4.89	12.85
13	6.43	0.062	4.96	12.96
Prom	6.42	0.062	4.90	12.84
14	6.79	0.080	5.47	13.10
15	6.83	0.072	5.60	13.23

16	6.80	0.078	5.92	13.09
17	6.86	0.079	5.78	13.18
18	6.83	0.077	5.97	13.21
19	6.84	0.082	5.60	13.23
20	6.83	0.069	5.44	13.00
21	6.81	0.076	5.80	12.98
22	6.84	0.081	5.62	12.99
23	6.80	0.082	5.73	12.95
24	6.81	0.080	5.60	13.02
25	6.82	0.077	5.47	12.99
26	6.80	0.081	5.84	12.95
27	6.83	0.082	5.66	13.25
Prom	6.82	0.078	5.68	13.08

La **Tabla 4**, En el punto de muestreo 96, muestra la concentración histórica de, As Cd, Cr y Pb, para 27 semanas. La semana del 1 al 13, es en época de lluvia, y la semana de 14 al 27 es en época de secano. Muestra también, los valores promedio de las concentraciones históricas de los metales pesados en estudio, en época de lluvia y en época de secano.

- **Punto de muestreo 95**

Tabla 5. Concentración (mg/Kg) histórica de metales pesados en el punto de muestreo 95.

semana	As	Cd	Cr	Pb
1	10.23	0.164	3.27	12.81
2	10.22	0.123	3.37	11.36
3	10.28	0.126	3.28	12.92
4	10.73	0.125	3.31	12.82
5	10.24	0.125	4.05	13.15
6	10.86	0.122	3.16	12.84
7	10.21	0.125	3.25	12.26
8	10.35	0.146	3.48	11.22
9	10.26	0.124	3.19	12.23
10	10.45	0.129	3.07	12.79
11	10.25	0.122	3.04	12.28
12	10.02	0.124	3.28	12.21
13	10.05	0.126	2.98	12.12
Prom	10.32	0.129	3.29	12.39
14	12.87	0.403	8.09	17.55
15	12.76	0.410	9.05	16.32
16	13.92	0.414	8.72	17.42
17	12.67	0.414	9.03	17.30
18	12.88	0.499	8.87	17.31

19	12.21	0.412	8.98	18.27
20	11.98	0.413	9.88	17.31
21	13.03	0.496	8.85	17.27
22	12.34	0.415	9.17	17.57
23	12.72	0.416	8.45	18.41
24	12.55	0.411	8.72	17.50
25	12.27	0.416	9.09	17.34
26	12.99	0.415	8.91	17.53
27	12.88	0.416	8.85	17.55
Prom	12.72	0.425	8.90	17.48

La **Tabla 5**, En el punto de muestreo 95, muestra la concentración histórica de, As Cd, Cr y Pb, para 27 semanas. La semana del 1 al 13, es en época de lluvia, y la semana de 14 al 27 es en época de secano. Muestra también, los valores promedio de las concentraciones históricas de los metales pesados en estudio, en época de lluvia y en época de secano.

- **Punto de muestreo 90**

Tabla 6. *Concentración (mg/Kg) histórica de metales pesados en el punto de muestreo 90.*

semana	As	Cd	Cr	Pb
--------	----	----	----	----

1	20.10	0.498	73.09	10.46
2	22.37	0.458	72.60	14.47
3	21.21	0.494	67.31	13.47
4	19.28	0.494	72.62	12.45
5	18.57	0.545	70.32	10.48
6	22.66	0.499	72.62	10.52
7	22.37	0.488	70.32	9.88
8	18.65	0.498	70.92	10.15
9	22.38	0.496	69.50	12.47
10	22.23	0.452	73.54	10.52
11	23.08	0.499	73.30	11.46
12	22.70	0.486	70.51	10.48
13	20.59	0.499	72.83	11.51
Prom	22.25	0.493	71.50	11.41
14	29.06	0.955	76.18	14.15
15	31.89	1.038	78.75	14.28
16	29.55	0.953	81.40	14.46
17	29.21	0.958	78.58	14.05
18	29.10	0.945	79.10	16.03
19	29.37	0.952	80.08	15.09
20	28.68	0.957	79.37	14.75
21	29.33	0.956	78.28	14.06
22	30.22	0.956	79.37	15.46

23	28.32	1.041	81.61	15.04
24	30.61	0.954	78.58	14.35
25	29.01	0.958	77.16	14.04
26	29.22	0.958	82.57	14.44
27	30.26	0.957	78.39	14.05
Prom	29.56	0.967	79.24	14.59

La **Tabla 6**, En el punto de muestreo 90, muestra la concentración histórica de, As Cd, Cr y Pb, para 27 semanas. La semana del 1 al 13, es en época de lluvia, y la semana de 14 al 27 es en época de secano. Muestra también, los valores promedio de las concentraciones históricas de los metales pesados en estudio, en época de lluvia y en época de secano.

- **Punto de muestreo 80**

Tabla 7. *Concentración (mg/Kg) histórica de metales pesados en el punto de muestreo 80.*

semana	As	Cd	Cr	Pb
1	32.93	0.095	4.59	12.72
2	32.04	0.097	5.21	10.74
3	33.42	0.081	6.27	13.28
4	32.04	0.111	6.32	13.64

5	33.91	0.129	5.31	13.71
6	31.94	0.106	5.55	10.78
7	32.04	0.123	5.39	12.70
8	30.71	0.135	5.36	12.71
9	32.72	0.128	5.67	12.25
10	29.57	0.089	3.91	12.69
11	30.55	0.168	5.46	12.70
12	32.71	0.059	4.89	12.75
13	31.95	0.096	5.38	12.11
Prom	32.04	0.109	5.33	12.52
14	41.13	0.519	7.23	18.76
15	36.93	0.482	9.14	18.56
16	39.93	0.474	8.24	17.69
17	37.94	0.471	7.73	17.23
18	37.19	0.515	6.95	16.69
19	41.17	0.433	8.67	17.09
20	43.64	0.494	8.25	16.76
21	41.26	0.436	7.96	16.80
22	39.26	0.482	8.67	16.70
23	42.77	0.516	7.67	18.93
24	40.15	0.436	7.40	17.11
25	39.16	0.525	8.87	16.40
26	40.64	0.486	8.85	18.68

27	37.93	0.423	8.27	16.74
Prom	39.94	0.478	8.14	17.44

La **Tabla 7**, En el punto de muestreo 80, muestra la concentración histórica de, As Cd, Cr y Pb, para 27 semanas. La semana del 1 al 13, es en época de lluvia, y la semana de 14 al 27 es en época de secano. Muestra también, los valores promedio de las concentraciones históricas de los metales pesados en estudio, en época de lluvia y en época de secano.

- **Punto de muestreo 50**

Tabla 8. *Concentración (mg/Kg) histórica de metales pesados en el punto de muestreo 50.*

semana	As	Cd	Cr	Pb
1	134.38	0.421	7.13	65.83
2	136.25	0.384	6.96	66.25
3	133.28	0.392	7.19	66.89
4	135.29	0.461	8.11	64.88
5	135.27	0.344	7.23	63.88
6	135.38	0.422	6.34	66.88
7	135.56	0.400	8.17	63.85
8	130.31	0.388	6.64	64.89

9	130.38	0.390	7.58	63.83
10	133.05	0.371	7.19	65.68
11	135.06	0.430	5.66	65.82
12	135.89	0.411	6.38	66.75
13	132.05	0.399	8.12	63.92
Prom	134.01	0.401	7.13	65.33
14	141.93	0.623	9.58	74.23
15	143.93	0.542	9.56	73.84
16	143.26	0.579	8.98	73.90
17	145.55	0.633	7.94	75.25
18	143.50	0.548	9.85	73.68
19	141.19	0.538	8.67	74.82
20	143.63	0.536	8.78	74.53
21	145.15	0.511	8.58	75.14
22	141.93	0.587	8.95	74.23
23	144.56	0.562	8.71	74.88
24	144.58	0.610	9.38	73.46
25	142.36	0.536	10.38	73.46
26	143.17	0.544	10.44	73.65
27	147.64	0.604	9.11	75.31
Prom	143.74	0.568	9.21	74.31

La **Tabla 8**, En el punto de muestreo 50, muestra la concentración histórica de, As Cd, Cr y Pb, para 27 semanas. La semana del 1 al 13, es en época

de lluvia, y la semana de 14 al 27 es en época de seco. Muestra también, los valores promedio de las concentraciones históricas de los metales pesados en estudio, en época de lluvia y en época de seco.

Las Tablas 4, 5, 6, 7 y 8, son ejemplos, de cómo se obtiene la información histórica de las concentraciones de los metales pesados (As, Cd, Cr y Pb), tanto, para épocas de seco, como para épocas de lluvia; en los suelos bajo actividad minera, en el distrito de Cayarani, provincia de Condesuyos, departamento de Arequipa. El mismo procedimiento se replica para el total de los 96 puntos de muestreo.

4.2. Contrastación de las hipótesis específicas

- **Concentración promedio de metales pesados (AS, Cd, Cr y Pb), en época de lluvia y en época de seco, en la zona de estudio.**

A continuación, se presenta los valores promedio de las concentraciones (mg/Kg), de los metales pesados (As Cd, Cr y Pb), para las 27 semanas de análisis, según la determinación de la muestra estadística (Capítulo 3.3.2).

Los valores promedio indicados, son en época de lluvia y en época de secano, para los 96 puntos de muestreo.

Tabla 9. *Concentración (mg/Kg) de metales pesados, en época de lluvia, en los suelos bajo actividad minera.*

Pto de muest	As	Cd	Cr	Pb
1	700.60	1.380	6.95	239.13
2	725.32	1.394	7.34	241.22
3	735.34	1.295	6.57	237.43
4	695.23	1.394	7.23	242.34
5	710.23	1.284	6.34	241.24
6	705.39	1.376	7.12	235.55
7	693.12	1.344	6.36	239.23
8	715.34	1.384	7.23	241.75
9	680.45	1.362	7.02	242.65
10	767.51	1.79	26.47	141.53
11	747.45	1.645	29.34	142.49
12	774.34	1.786	31.34	129.59
13	765.34	1.845	23.34	134.68
14	785.23	1.789	30.96	143.69
15	734.23	1.845	27.45	128.49

16	774.56	1.678	24.78	138.49
17	784.56	1.768	23.68	141.38
18	756.34	1.856	29.49	139.48
19	759.55	1.756	28.38	141.68
20	294.87	3.820	8.00	484.45
21	301.23	3.484	7.45	478.45
22	299.34	3.837	8.39	478.48
23	285.59	3.934	8.49	489.43
24	286.38	3.746	8.39	498.34
25	289.74	3.567	8.28	485.34
26	292.49	3.996	7.38	485.92
27	300.24	3.234	7.38	475.34
28	301.49	4.023	7.37	485.34
29	290.48	3.567	7.38	473.45
30	136.68	0.828	55.91	56.78
31	143.34	0.567	49.34	56.78
32	139.24	0.687	55.39	59.49
33	129.58	0.958	58.92	61.48
34	135.39	0.847	59.29	53.38
35	137.48	0.748	48.45	55.39
36	141.58	0.687	47.39	54.39
37	143.47	0.859	51.45	62.48
38	139.47	0.847	57.56	63.45

39	138.38	0.575	53.45	61.43
40	161.36	0.550	16.10	61.94
41	172.34	0.345	18.34	63.49
42	169.38	0.485	17.49	59.28
43	165.39	0.593	17.48	60.37
44	166.38	0.383	21.38	63.48
45	173.48	0.456	18.39	62.34
46	168.59	0.582	20.28	59.24
47	166.39	0.613	16.45	59.34
48	167.03	0.593	14.69	58.39
49	158.39	0.485	15.92	63.49
50	134.01	0.421	7.13	65.33
51	134.45	0.456	7.23	63.45
52	138.29	0.456	5.45	65.45
53	138.39	0.493	4.56	64.39
54	131.23	0.492	8.45	68.34
55	135.39	0.456	5.67	67.34
56	139.38	0.397	4.67	63.24
57	134.39	0.512	6.46	59.34
58	136.54	0.423	7.45	61.23
59	137.34	0.435	7.45	60.27
60	53.71	0.402	63.79	24.01
61	51.34	0.394	61.23	23.34

62	51.45	0.384	26.13	22.33
63	53.45	0.395	63.49	24.39
64	55.34	0.385	64.39	25.35
65	59.28	0.392	66.39	24.94
66	49.25	0.384	61.45	25.23
67	48.93	0.356	60.34	23.48
68	45.34	0.394	64.39	23.56
69	49.93	0.394	65.34	24.69
70	36.44	0.194	7.80	10.57
71	33.23	0.182	7.44	9.34
72	37.34	0.173	8.39	9.34
73	32.34	0.145	8.38	10.34
74	32.34	0.173	7.38	16.34
75	37.34	0.173	6.99	12.34
76	34.23	0.174	7.27	11.23
77	39.23	0.185	7.37	9.45
78	31.24	0.186	8.02	10.32
79	32.93	0.194	8.34	11.32
80	32.04	0.109	5.33	12.52
71	29.34	0.103	5.34	10.34
72	31.34	0.103	5.45	11.45
73	28.39	0.112	6.45	13.23
74	29.38	0.092	6.45	14.34

75	31.32	0.132	4.93	12.23
76	31.52	0.123	3.56	11.23
77	31.58	0.094	5.34	14.29
78	29.49	0.096	6.34	12.34
79	29.58	0.102	7.23	11.23
90	21.25	0.493	71.50	11.41
91	20.34	0.434	72.23	10.34
92	19.48	0.458	70.48	11.24
93	22.34	0.475	72.34	11.23
94	21.33	0.486	71.34	14.23
95	10.32	0.129	3.29	12.39
96	6.42	0.062	4.90	12.84

La **Tabla 9**, Muestra la concentración promedio de metales pesados objeto de estudio, en época de lluvia, en los suelos bajo actividad minera, en el distrito de Cayarani, provincia de Condesuyos, departamento de Arequipa.

Tabla 10. *Concentración (mg/Kg) de metales pesados, en época de seco, en los suelos bajo actividad minera.*

Pto de muest	As	Cd	Cr	Pb
1	723.45	1.782	9.45	251.34

2	721.34	1.771	9.45	249.56
3	725.34	1.845	9.68	248.34
4	723.48	1.934	9.39	251.56
5	728.48	1.795	10.48	252.34
6	729.54	1.845	8.39	251.68
7	721.34	1.885	9.94	251.69
8	725.45	1.845	9.38	250.29
9	724.24	1.759	10.3	252.37
10	795.56	2.454	32.45	151.56
11	793.56	2.456	31.34	150.58
12	794.65	2.436	32.45	152.45
13	795.34	2.545	32.97	151.34
14	798.45	2.649	32.45	152.34
15	797.45	2.548	30.34	153.24
16	799.34	2.495	31.68	153.27
17	795.45	2.348	31.49	152.68
18	793.45	2.459	31.45	152.48
19	791.34	2.438	31.66	152.56
20	324.54	5.670	13.67	521.45
21	321.45	5.384	12.45	519.56
22	324.34	5.456	13.58	522.34
23	323.69	5.697	12.49	524.59
24	321.57	5.456	13.59	519.44

25	324.56	5.394	13.23	525.49
26	329.56	5.345	13.69	529.45
27	328.34	5.495	13.45	532.13
28	327.34	5.695	12.25	524.23
29	328.59	5.458	15.34	529.34
30	144.54	1.234	67.45	71.45
31	151.34	1.234	68.48	69.34
32	154.56	1.148	71.34	70.68
33	149.51	1.128	65.34	70.34
34	149.65	1.228	68.34	71.56
35	151.45	1.119	69.45	75.34
36	149.98	1.128	71.79	73.45
37	152.45	1.145	72.43	73.46
38	149.56	1.134	69.49	71.59
39	149.65	1.198	65.39	72.43
40	175.34	0.764	27.40	73.45
41	175.45	0.734	25.45	75.34
42	178.45	0.758	28.35	73.59
43	179.96	0.759	27.49	75.39
44	176.36	0.737	25.45	79.56
45	181.45	0.738	25.34	74.59
46	173.45	0.759	27.45	73.56
47	174.35	0.739	28.69	73.54

48	174.54	0.723	29.56	78.49
49	182.45	0.724	26.49	73.68
50	143.74	0.568	9.21	74.31
51	147.34	0.593	9.46	79.34
52	147.54	0.586	9.34	71.34
53	143.59	0.645	9.14	76.28
54	141.63	0.593	9.45	78.57
55	141.95	0.584	9.16	74.78
56	143.67	0.594	9.23	73.24
57	147.77	0.564	9.62	74.55
58	143.57	0.591	9.06	74.49
59	146.64	0.574	9.45	76.19
60	63.71	0.502	75.65	38.56
61	59.93	0.592	78.34	36.39
62	55.34	0.594	74.69	39.45
63	63.45	0.594	79.63	38.45
64	65.34	0.556	74.59	37.33
65	58.93	0.594	76.39	39.45
66	59.28	0.595	78.44	38.43
67	61.34	0.584	75.49	39.45
68	59.25	0.585	79.48	37.45
69	61.45	0.584	74.56	38.45
70	46.45	0.354	15.40	18.34

71	44.39	0.384	16.43	19.34
72	45.58	0.394	17.88	20.22
73	49.58	0.353	16.21	20.18
74	48.83	0.419	16.93	19.34
75	47.93	0.395	17.45	19.84
76	49.94	0.375	15.34	18.39
77	48.33	0.385	16.93	18.93
78	47.28	0.345	18.03	18.68
79	49.91	0.345	17.35	18.49
80	39.94	0.478	8.14	17.44
71	38.39	0.456	8.45	17.45
72	41.45	0.394	9.75	18.06
73	39.56	0.435	9.45	18.45
74	40.89	0.483	8.56	17.57
75	42.59	0.493	9.67	17.35
76	38.48	0.493	9.56	18.65
77	39.45	0.484	10.45	18.84
78	41.34	0.513	9.45	17.83
79	40.58	0.493	10.75	17.06
90	29.56	0.967	79.24	14.59
91	27.45	0.954	79.34	15.24
92	31.05	0.983	81.65	15.95
93	28.34	0.994	80.58	16.21

94	27.23	0.987	78.56	17.93
95	12.72	0.425	8.90	17.48
96	6.82	0.078	5.68	13.08

La **Tabla 10**, Muestra la concentración promedio de metales pesados objeto de estudio, en temporada de secano, en los suelos bajo actividad minera, en el distrito de Cayarani, provincia de Condesuyos, departamento de Arequipa.

- **Contaminación de metales pesados (As, Cd, Cr y Pb), en época de lluvia, en la zona de estudio.**

Tabla 11. *Valores mínimo y máximo (mg/Kg) de metales pesados, en época de lluvia, en los suelos bajo actividad minera.*

Valor (mg/Kg)	As	Cd	Cr	Pb
ECA	50	1,4	0,4	70
Valor mínimo	6.42	0.062	3.29	9.34
Valor máximo	785.23	4.023	72.34	498.34

La **Tabla 11**, Muestra los valores mínimo y máximo de la concentración promedio de metales pesados objeto de estudio, en temporada de lluvia, en los suelos bajo actividad minera, en el distrito de Cayarani, provincia de Condesuyos, departamento de Arequipa.

La **Tabla 11**, Muestra que algunos valores de la concentración promedio de metales pesados (As Cd, Cr y Pb), en época de lluvia, supera los ECA (2017), en los suelos bajo actividad minera, en el distrito de Cayarani, provincia de Condesuyos, departamento de Arequipa.

La **Tabla 11**, Muestra en mg/Kg, para el As, el valor de 6,42 y 785,23, pertenece al punto de muestreo, 96 y 14, respectivamente.

La **Tabla 11**, Muestra en mg/Kg, para el Cd, el valor de 0,062 y 4,023, pertenece al punto de muestreo, 96 y 28, respectivamente.

La **Tabla 11**, Muestra en mg/Kg, para el Cr, el valor de 3,29 y 72,34, pertenece al punto de muestreo, 95 y 93, respectivamente.

La **Tabla 11**, Muestra en mg/Kg, para el Pb, el valor de 9,34 y 498,34, pertenece al punto de muestreo, 71 y 24, respectivamente.

- **Contaminación de metales pesados (As, Cd, Cr y Pb), en época de secano, en la zona de estudio.**

Tabla 12. Valores mínimo y máximo (mg/Kg) de metales pesados, en época de lluvia, en los suelos bajo actividad minera.

Valor (mg/Kg)	As	Cd	Cr	Pb
ECA	50	1,4	0,4	70
Valor mínimo	6.82	0.078	5.68	13.08
Valor máximo	799.34	5.697	81.65	532.13

La **Tabla 12**, Muestra los valores mínimo y máximo de la concentración promedio de metales pesados objeto de estudio, en temporada de secano, en los suelos bajo actividad minera, en el distrito de Cayarani, provincia de Condesuyos, departamento de Arequipa.

La **Tabla 12**, Muestra que algunos valores de la concentración promedio de metales pesados (As Cd, Cr y Pb), en época de secano, supera los ECA (2017), en los suelos bajo actividad minera, en el distrito de Cayarani, provincia de Condesuyos, departamento de Arequipa.

La **Tabla 12**, Muestra en mg/Kg, para el As, el valor de 6,82 y 799,34, pertenece al punto de muestreo, 96 y 19, respectivamente.

La **Tabla 12**, Muestra en mg/Kg, para el Cd, el valor de 0,078 y 5,697, pertenece al punto de muestreo, 96 y 28, respectivamente.

La **Tabla 12**, Muestra en mg/Kg, para el Cr, el valor de 5,68 y 81,65, pertenece al punto de muestreo, 96 y 92, respectivamente.

La **Tabla 12**, Muestra en mg/Kg, para el Pb, el valor de 13,08 y 532,13, pertenece al punto de muestreo, 96 y 27, respectivamente.

- **Efectos de la contaminación de metales pesados (As, Cd, Cr y Pb), en el ser humano.**

Los efectos de la contaminación por metales pesados, fue consultado a médicos que laboran en el Puesto de Salud de Cayarani, ubicado en la Plaza Principal S/N, perteneciente a la Microred Caylloma, de la Red de Salud Arequipa-Caylloma; el Puesto de Salud más cercano a la zona de estudio.

Es preciso señalar que, el Puesto de Salud de Cayarani, por razones geográficas y de distancia, no pertenece a la Microred Chubuibamba (Condesuyos), de la Red de Salud Castilla-Condesuyos- La Unión.

De igual forma, es preciso señalar que, los galenos consultados, por medidas de seguridad y permanencia laboral, prefirieron el anonimato en la entrevista realizada; no obstante, sirva este espacio, para un reconocimiento especial, por su valiosa contribución a la presente investigación.

Los galenos refieren:

- “algunos pacientes (2018), refirieron que tenían ardor en el estómago y ardor cuando defecaban”, “se les realizó análisis de sangre, para la determinación de glóbulos rojos y blancos”, “los pacientes referían cambio en la piel, así como, dolor cuando respiraban”. “Después de hacer los análisis respectivos, se determinó, que dichos pobladores estaban contaminados con arsénico”.
- “algunos pacientes (2018), refirieron que tenían diarreas, dolor de estómago y vómitos severos”, “se les realizó los análisis preliminares, y luego fueron derivados a la Microred, para continuar con los análisis respectivos”. “Después de hacer los análisis respectivos, se determinó, que dichos pobladores estaban contaminados con cadmio”.

- “algunos pacientes (2018), presentaron erupciones cutáneas, malestares estomacales, problemas respiratorios”. “Después de hacer los análisis respectivos, se determinó, que dichos pobladores estaban contaminados con cromo”.
- “algunos pacientes (2018), presentaron perturbaciones en el sistema nervioso”. “Después de hacer los análisis respectivos, se determinó, que dichos pobladores estaban contaminados con plomo”.

4.3. Análisis e interpretación

- **Concentración histórica de metales pesados (As, Cd, Cr y Pb), en época de lluvia y en época de secano, en cada punto de muestreo.**
- **Punto de muestreo 96**

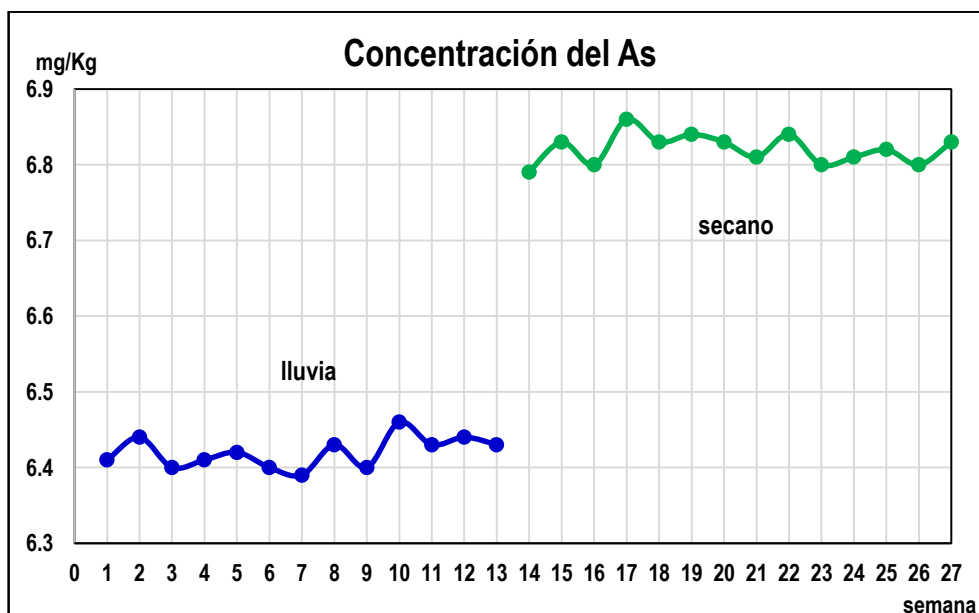


Figura 1. Concentración histórica del As en el punto 96.

La **Figura 1**, Muestra la concentración histórica del As. La línea azul, es la concentración del As para la época de lluvia, durante las 13 semanas. La línea verde, es la concentración del As para la época de secano, durante las 14 semanas subsiguientes. Los valores corresponden para valores promedio de tres muestras ($n = 3$) del mismo día, en dicho punto de muestreo.

La **Figura 1**, expresa la concentración promedio de As, siendo 6,42 mg/Kg y 6,82 mg/Kg, para época de lluvia y de secano, respectivamente.

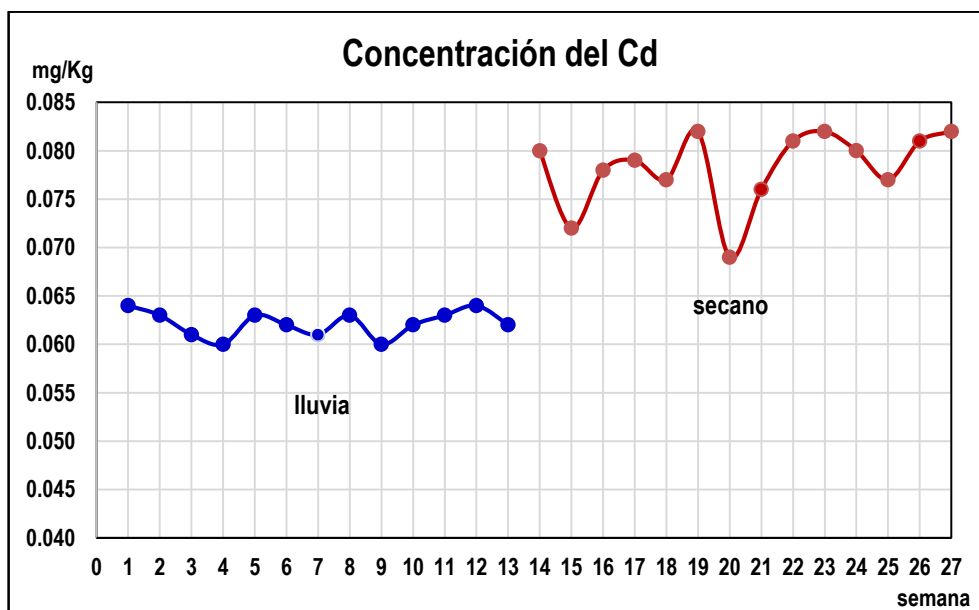


Figura 2. Concentración histórica del Cd en el punto 96.

La **Figura 2**, Muestra la concentración histórica del Cd. La línea azul, es la concentración del Cd para la época de lluvia, durante las 13 semanas. La línea guinda, es la concentración del Cd para la época de secano, durante las 14 semanas subsiguientes. Los valores corresponden para valores promedio de tres muestras ($n = 3$) del mismo día, en dicho punto de muestreo.

La **Figura 2**, expresa concentración promedio de Cd, siendo 0,062 mg/Kg y 0,078 mg/Kg, para época de lluvia y de secano, respectivamente.

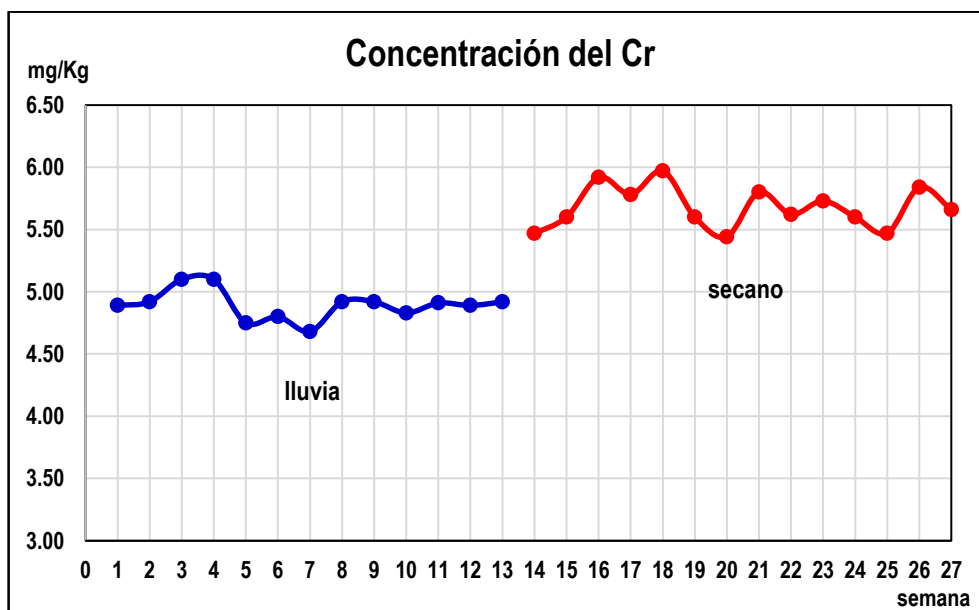


Figura 3. Concentración histórica del Cr en el punto 96.

La **Figura 3**, Muestra la concentración histórica del Cr. La línea azul, es la concentración del Cr para la época de lluvia, durante las 13 semanas. La línea roja, es la concentración del Cr para la época de secano, durante las 14 semanas subsiguientes. Los valores corresponden para valores promedio de tres muestras ($n = 3$) del mismo día, en dicho punto de muestreo.

La **Figura 3**, expresa concentración promedio de Cr, siendo 4,90 mg/Kg y 5,68 mg/Kg, para época de lluvia y de secano, respectivamente.

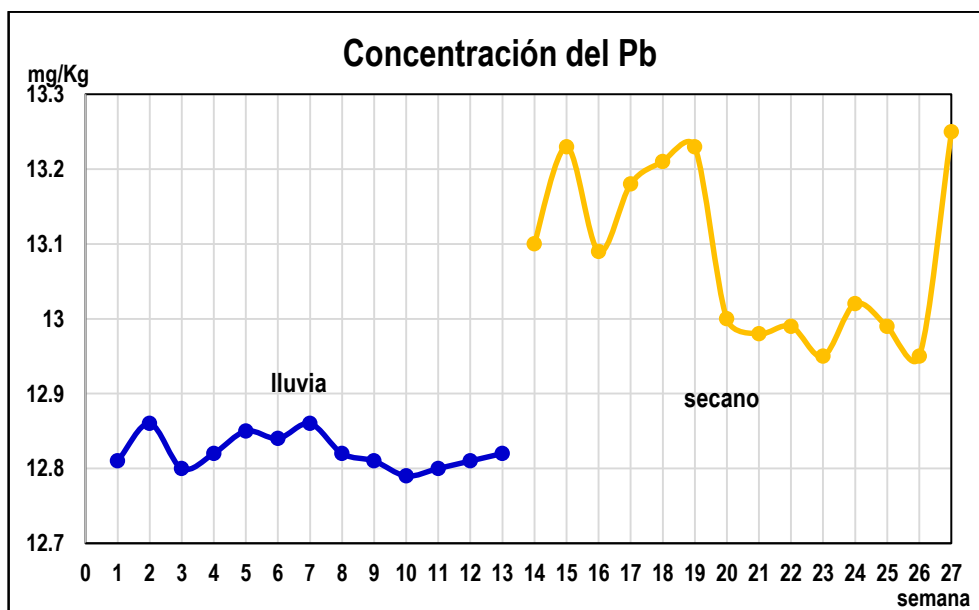


Figura 4. Concentración histórica del Pb en el punto 96.

La **Figura 4**, Muestra la concentración histórica del Pb. La línea azul, es la concentración del Pb para la época de lluvia, durante las 13 semanas. La línea anaranjada, es la concentración del Pb para la época de secano, durante las 14 semanas subsiguientes. Los valores corresponden para valores promedio de tres muestras ($n = 3$) del mismo día, en dicho punto de muestreo.

La **Figura 4**, expresa concentración promedio de Pb, siendo 12,84 mg/Kg y 13,08 mg/Kg, para época de lluvia y de secano, respectivamente.

- **Punto de muestreo 95**

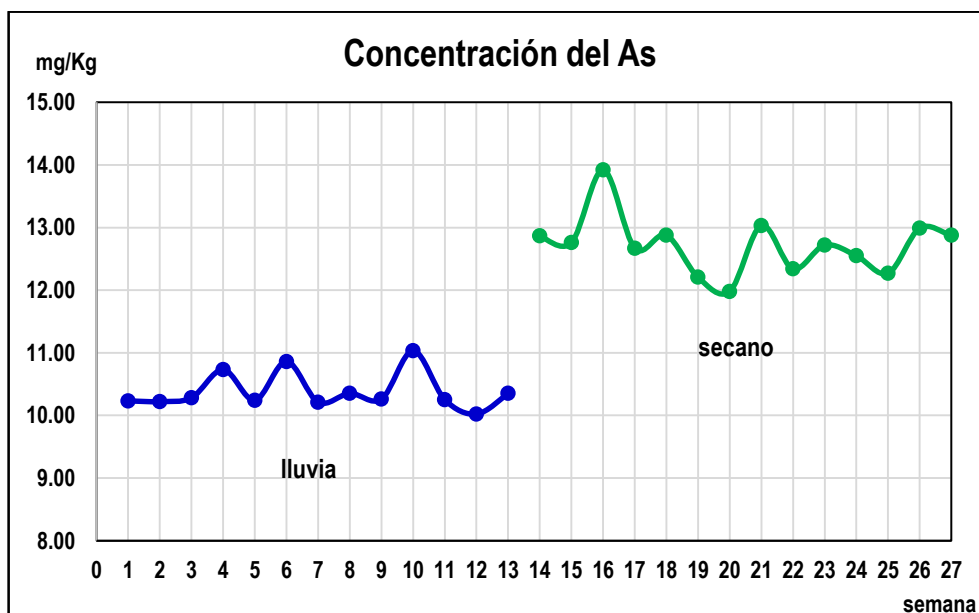


Figura 5. Concentración histórica del As en el punto 95.

La **Figura 5**, Muestra la concentración histórica del As. La línea azul, es la concentración del As para la época de lluvia, durante las 13 semanas. La línea verde, es la concentración del As para la época de secano, durante las 14 semanas subsiguientes. Los valores corresponden para valores promedio de tres muestras ($n = 3$) del mismo día, en dicho punto de muestreo.

La **Figura 5**, expresa concentración promedio de As, siendo 10,32 mg/Kg y 12,72 mg/Kg, para época de lluvia y de secano, respectivamente.

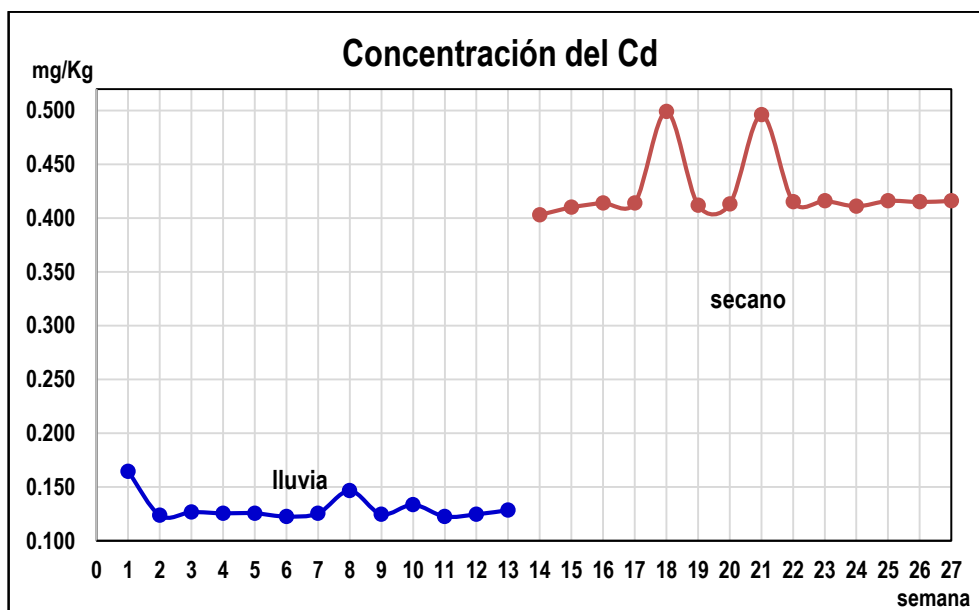


Figura 6. Concentración histórica del Cd en el punto 95.

La **Figura 6**, Muestra la concentración histórica del Cd. La línea azul, es la concentración del Cd para la época de lluvia, durante las 13 semanas. La línea guinda, es la concentración del Cd para la época de secano, durante las 14 semanas subsiguientes. Los valores corresponden para valores promedio de tres muestras ($n = 3$) del mismo día, en dicho punto de muestreo.

La **Figura 6**, expresa concentración promedio de Cd, siendo 0,129 mg/Kg y 0,425 mg/Kg, para época de lluvia y de secano, respectivamente.

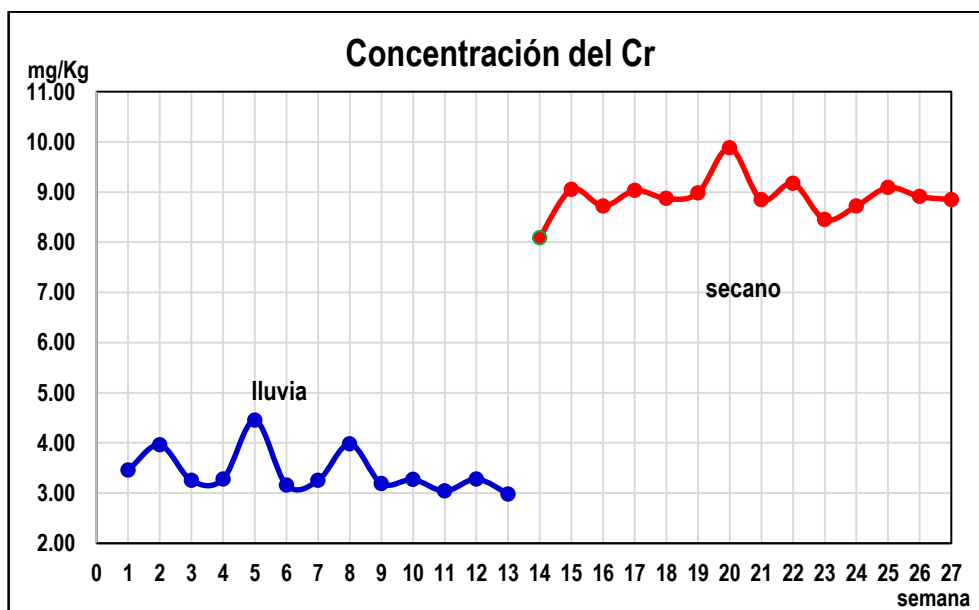


Figura 7. Concentración histórica del Cr en el punto 95.

La **Figura 7**, Muestra la concentración histórica del Cr. La línea azul, es la concentración del Cr para la época de lluvia, durante las 13 semanas. La línea roja, es la concentración del Cr para la época de secano, durante las 14 semanas subsiguientes. Los valores corresponden para valores promedio de tres muestras ($n = 3$) del mismo día, en dicho punto de muestreo.

La **Figura 7**, expresa concentración promedio de Cr, siendo 3,29 mg/Kg y 8,90 mg/Kg, para época de lluvia y de secano, respectivamente.

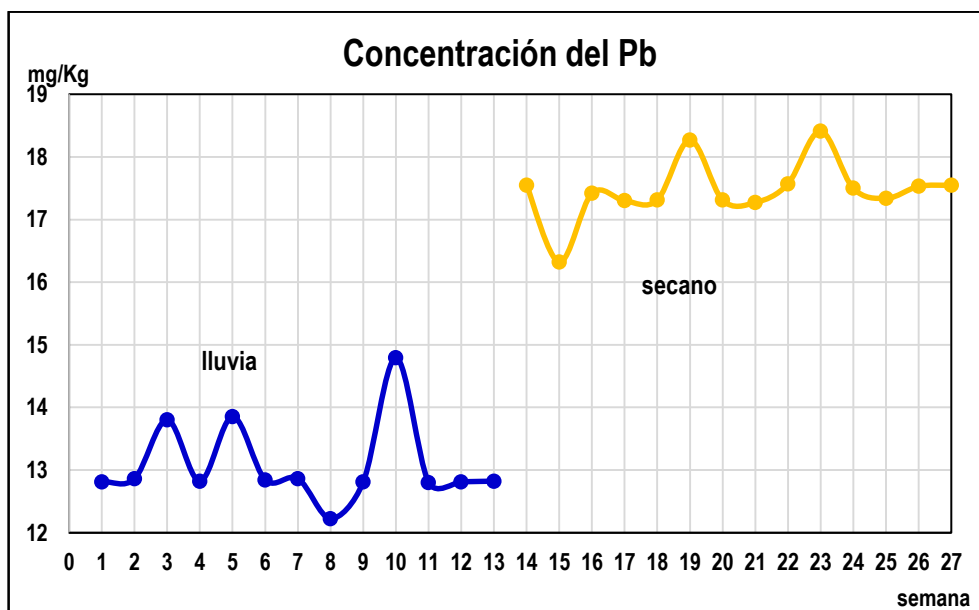


Figura 8. Concentración histórica del Pb en el punto 95.

La **Figura 8**, Muestra la concentración histórica del Pb. La línea azul, es la concentración del Pb para la época de lluvia, durante las 13 semanas. La línea anaranjada, es la concentración del Pb para la época de secano, durante las 14 semanas subsiguientes. Los valores corresponden para valores promedio de tres muestras ($n = 3$) del mismo día, en dicho punto de muestreo.

La **Figura 8**, expresa concentración promedio de Pb, siendo 12,39 mg/Kg y 17,48 mg/Kg, para época de lluvia y de secano, respectivamente.

- **Concentración promedio de metales pesados (As, Cd, Cr y Pb), en época de lluvia y en época de secano, en la zona de estudio.**

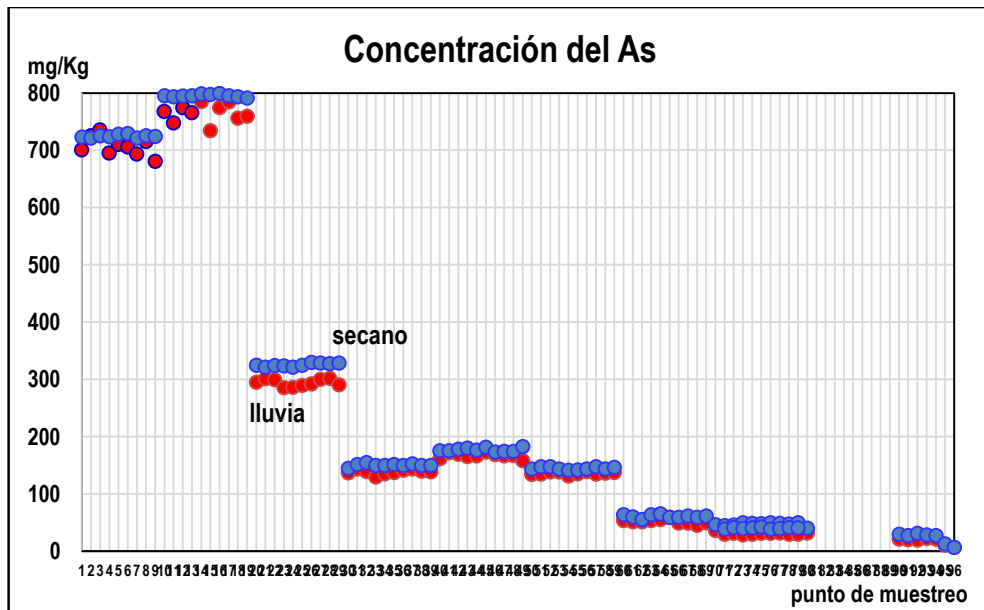


Figura 9. Concentración promedio del As.

La **Figura 9**, Muestra la concentración promedio del As, en la zona de estudio. Los puntos en color azul, son las concentraciones del As en época de lluvia en sus respectivos puntos de muestreo. Los puntos en color rojo, son las concentraciones del As en época de secano en sus respectivos puntos de muestreo. Los valores corresponden para valores promedio de tres muestras ($n = 3$) del mismo día, en dicho punto de muestreo.

La **Figura 9**, muestra la concentración de As, en época de lluvia, siendo, 6,42 mg/Kg y 785,23 mg/Kg, los valores mínimo y máximo, respectivamente; en la zona de estudio.

La **Figura 9**, muestra la concentración de As, en época de secano, siendo, 6,82 mg/Kg y 799,34 mg/Kg, los valores mínimo y máximo, respectivamente; en la zona de estudio.

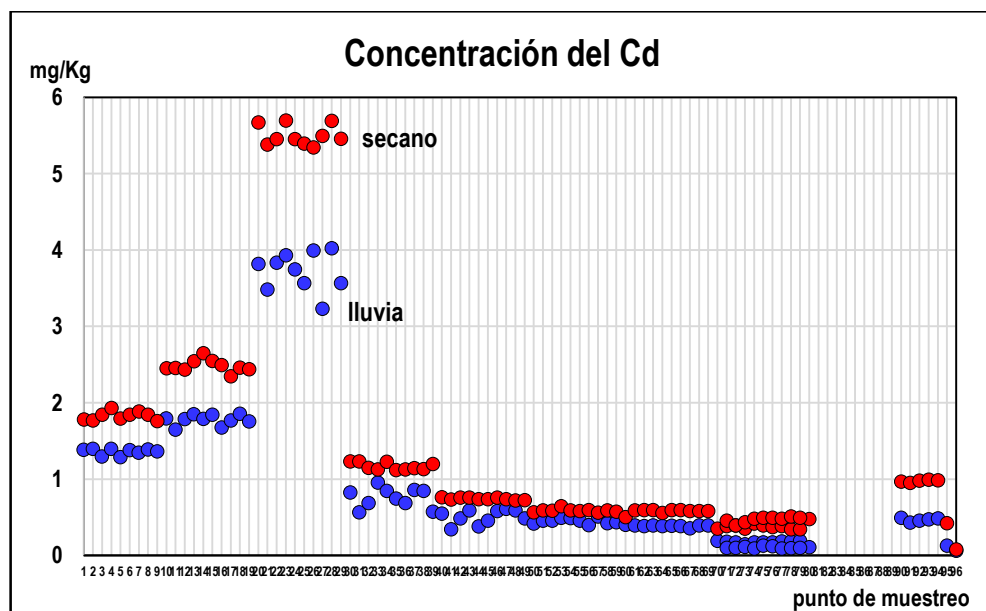


Figura 10. Concentración promedio del Cd.

La **Figura 10**, Muestra la concentración promedio del Cd, en la zona de estudio. Los puntos en color azul, son las concentraciones del Cd en época de lluvia en sus respectivos puntos de muestreo. Los puntos en color rojo, son las concentraciones del Cd en época de secano en sus respectivos

puntos de muestreo. Los valores corresponden para valores promedio de tres muestras (n = 3) del mismo día, en dicho punto de muestreo.

La **Figura 10**, muestra la concentración de Cd, en época de lluvia, siendo, 0,062 mg/Kg y 4,023 mg/Kg, los valores mínimo y máximo, respectivamente; en la zona de estudio.

La **Figura 10**, muestra la concentración de Cd, en época de seco, siendo, 0,078 mg/Kg y 5,697 mg/Kg, los valores mínimo y máximo, respectivamente; en la zona de estudio.

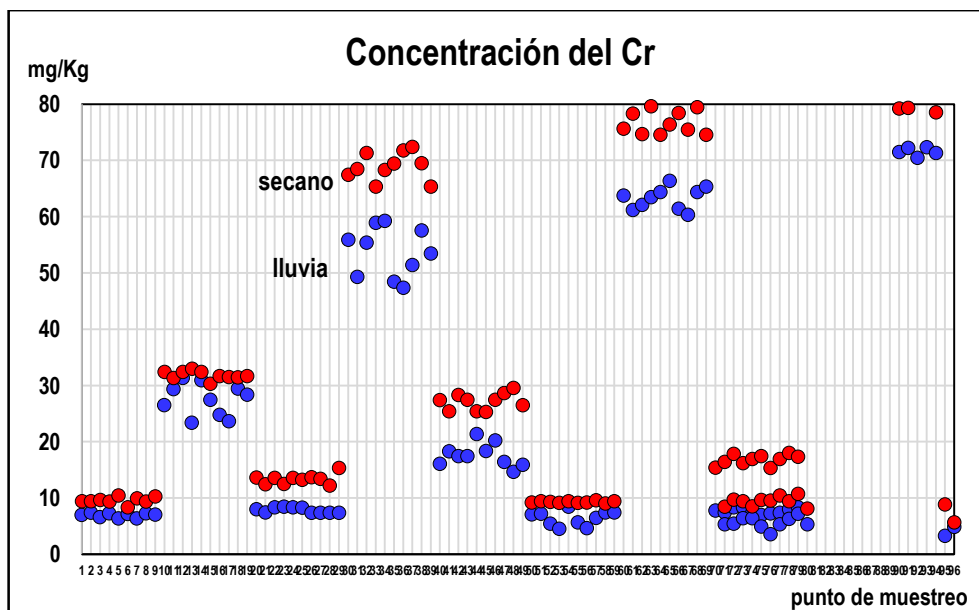


Figura 11. Concentración promedio del Cr.

La **Figura 11**, Muestra la concentración promedio del Cr, en la zona de estudio. Los puntos en color azul, son las concentraciones del Cd en época de lluvia en sus respectivos puntos de muestreo. Los puntos en color rojo, son las concentraciones del Cr en época de secano en sus respectivos puntos de muestreo. Los valores corresponden para valores promedio de tres muestras ($n = 3$) del mismo día, en dicho punto de muestreo.

La **Figura 11**, muestra la concentración de Cr, en época de lluvia, siendo, 3,29 mg/Kg y 72,34 mg/Kg, los valores mínimo y máximo, respectivamente; en la zona de estudio.

La **Figura 11**, muestra la concentración de Cr, en época de secano, siendo, 5,68 mg/Kg y 81,65 mg/Kg, los valores mínimo y máximo, respectivamente; en la zona de estudio.

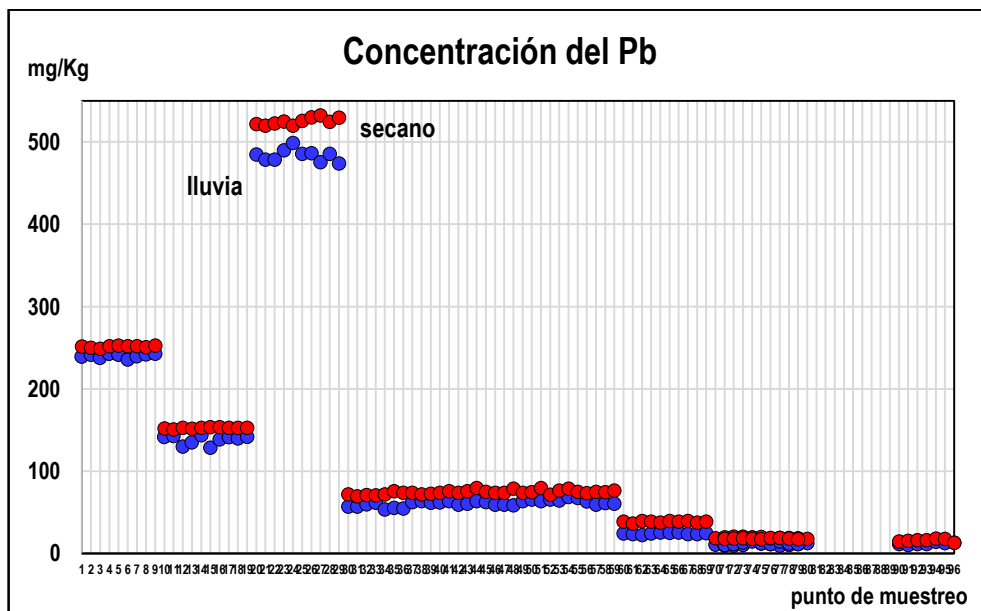


Figura 12. Concentración promedio del Pb.

La **Figura 12**, Muestra la concentración promedio del Pb, en la zona de estudio. Los puntos en color azul, son las concentraciones del Cd en época de lluvia en sus respectivos puntos de muestreo. Los puntos en color rojo, son las concentraciones del Pb en época de seco en sus respectivos puntos de muestreo. Los valores corresponden para valores promedio de tres muestras ($n = 3$) del mismo día, en dicho punto de muestreo.

La **Figura 12**, muestra la concentración de Pb, en época de lluvia, siendo, 9,34 mg/Kg y 498,34 mg/Kg, los valores mínimo y máximo, respectivamente; en la zona de estudio.

La **Figura 12**, muestra la concentración de Pb, en época de secano, siendo, 13,08 mg/Kg y 532,13 mg/Kg, los valores mínimo y máximo, respectivamente; en la zona de estudio.

- **Contaminación de metales pesados (As, Cd, Cr y Pb), en época de lluvia y en época de secano, en la zona de estudio.**
- **Contaminación por As**

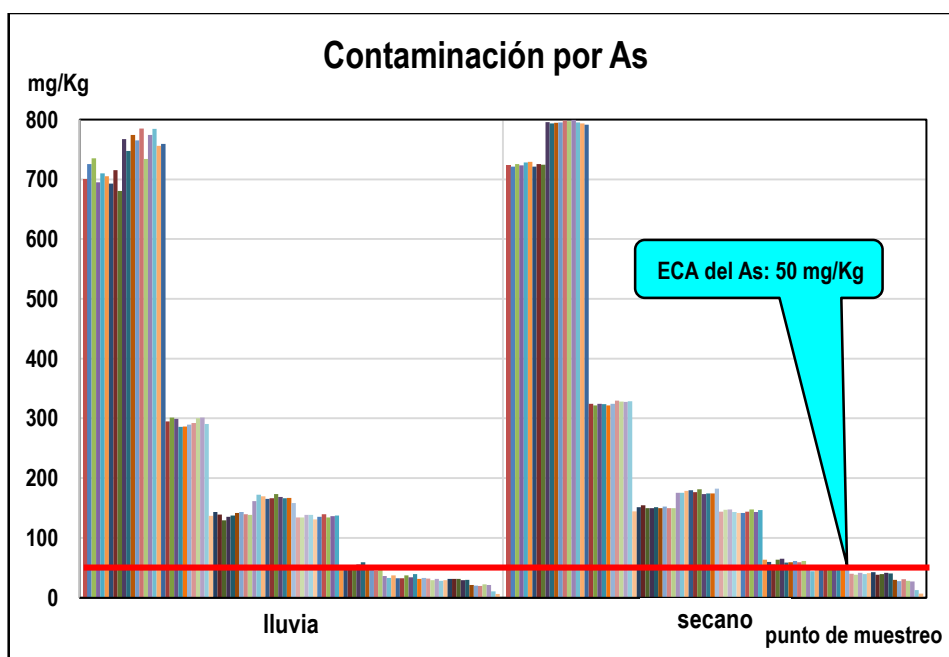


Figura 13. Valores contaminantes de la concentración del As y valor del ECA.

La **Figura 13**, muestra la concentración de As, en época de lluvia y en época de seco y su respectivo ECA; en los 96 puntos de muestreo de la zona de estudio.

La **Figura 13**, muestra que el 68 % y 72 % de los puntos de muestreo, en época de lluvia y seco, respectivamente, superan el ECA.

“La exposición al Arsénico inorgánico puede causar varios efectos sobre la salud, como es irritación del estómago e intestinos, disminución en la producción de glóbulos rojos y blancos, cambios en la piel, e irritación de los pulmones, la ingesta de significantes cantidades, puede intensificar las posibilidades de desarrollar cáncer, especialmente de piel, pulmón, hígado”, refieren los galenos de la Microred.

- **Contaminación por Cd**

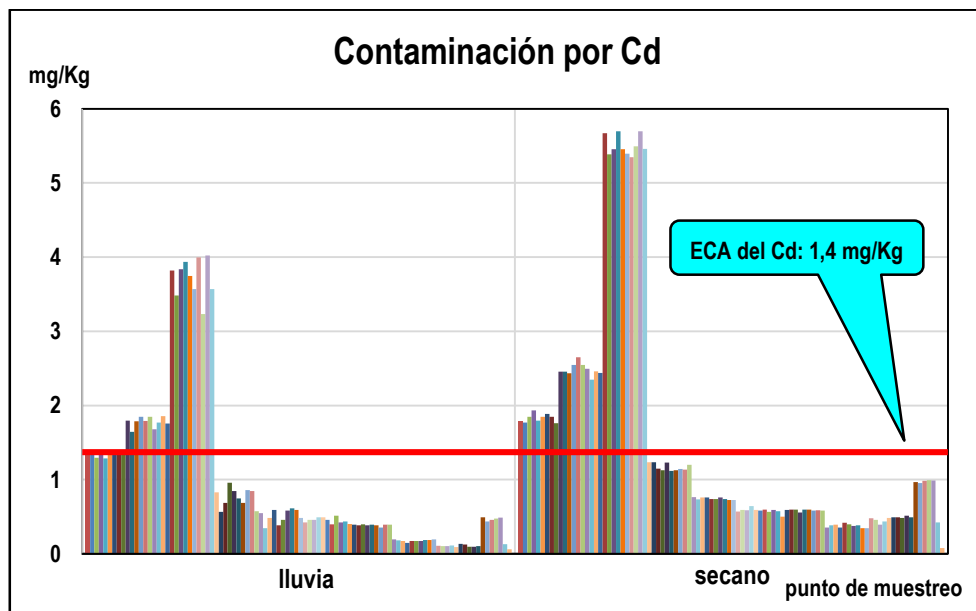


Figura 14. Valores contaminantes de la concentración del Cd y valor del ECA.

La **Figura 14**, muestra la concentración de Cd, en época de lluvia y en época de secano y su respectivo ECA; en los 96 puntos de muestreo de la zona de estudio.

La **Figura 14**, muestra que el 21 % y 30 % de los puntos de muestreo, en época de lluvia y secano, respectivamente, superan el ECA.

“Una vez que el cadmio ingresa al organismo, primero es transportado hacia el hígado por la sangre. Allí es unido a proteínas para formar complejos que son transportados hacia los riñones. El Cadmio se acumula en los riñones, donde

causa un daño en el mecanismo de filtración. Esto causa la excreción de proteínas esenciales y azúcares del cuerpo y el consecuente daño de los riñones. Lleva bastante tiempo antes de que el Cadmio que ha sido acumulado en los riñones sea excretado del cuerpo humano”, refieren los galenos de la Microred.

- **Contaminación por Cr**

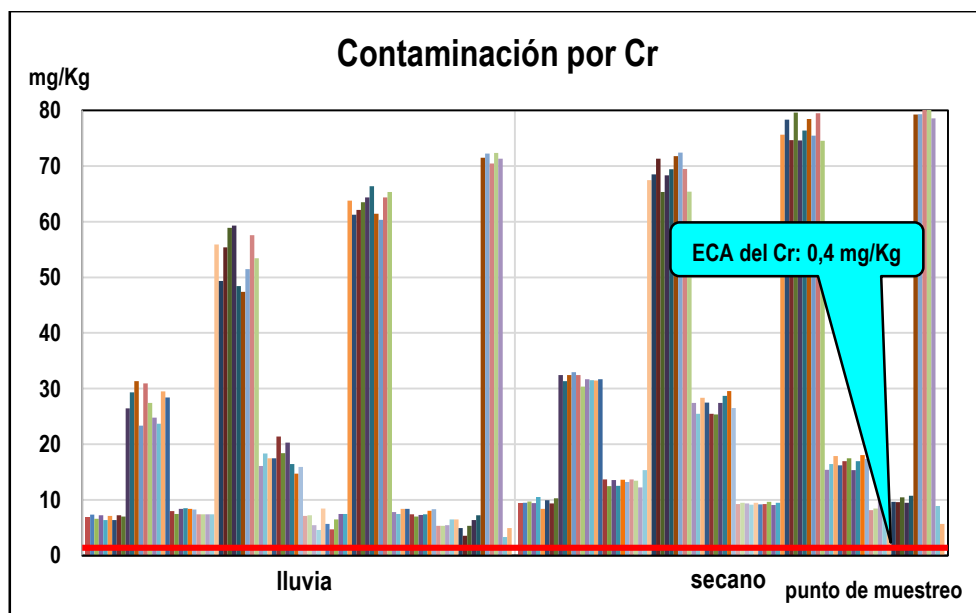


Figura 15. Valores contaminantes de la concentración del Cr y valor del ECA.

La **Figura 15**, muestra la concentración de Cr, en época de lluvia y en época de secano y su respectivo ECA; en los 96 puntos de muestreo de la zona de estudio.

La **Figura 15**, muestra que el 100 % y 100 % de los puntos de muestreo, en época de lluvia y secano, respectivamente, superan el ECA.

“El cromo puede causar: erupciones cutáneas, malestar de estómago y úlceras, problemas respiratorios, debilitamiento del sistema inmune, daño en los riñones e hígado, alteración del material genético, y, finalmente, cáncer de pulmón”, refieren los galenos de la Microred.

- **Contaminación por Pb**

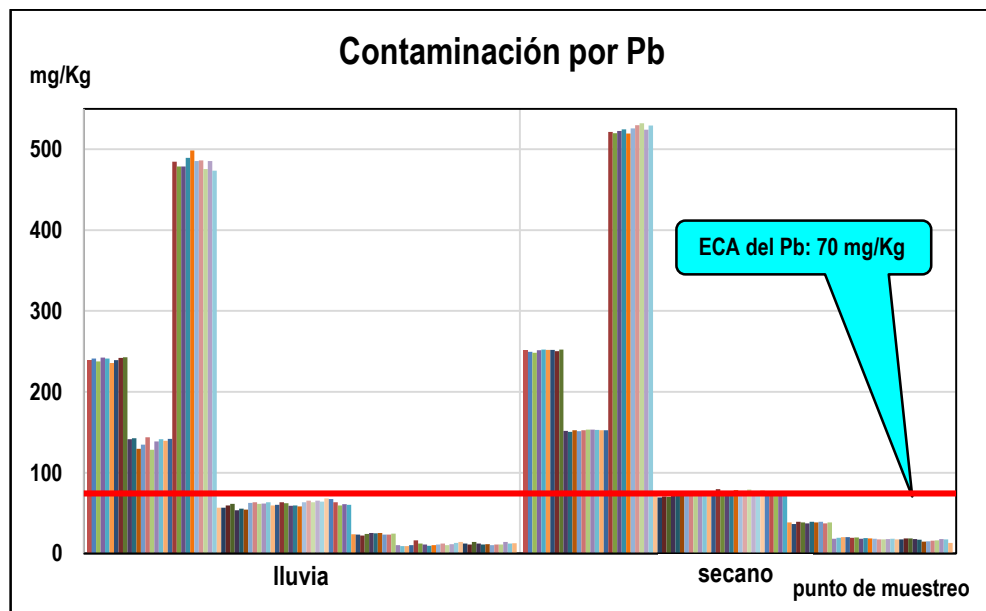


Figura 16. Valores contaminantes de la concentración del Pb y valor del ECA.

La **Figura 16**, muestra la concentración de Pb, en época de lluvia y en época de secano y su respectivo ECA; en los 96 puntos de muestreo de la zona de estudio.

La **Figura 16**, muestra que el 30 % y 61 % de los puntos de muestreo, en época de lluvia y secano, respectivamente, superan el ECA.

“El plomo puede causar varios efectos no deseados en el organismo, como son: perturbación de la biosíntesis de hemoglobina y anemia, incremento de la presión sanguínea, daño a los riñones, abortos y abortos sutiles, perturbación del

sistema nervioso, daño al cerebro, disminución de la fertilidad del hombre a través del daño en el esperma, disminución de las habilidades de aprendizaje de los niños, perturbación en el comportamiento de los niños, como es agresión, comportamiento impulsivo e hipersensibilidad”, refieren los galenos de la Microred.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- Los metales pesados, son aquellos elementos químicos, cuyo peso específico, supera el 5 g/cm^3 (Jiménez, 2017), son componentes que se encuentran en la corteza terrestre y que no pueden ser degradados (Loaiza, 2016); son ampliamente utilizados por el hombre (Rodríguez-Ortíz, et al., 2006, en, Yarasca, 2015).

Del párrafo que antecede, se colige que:

- Los metales pesados son elementos químicos, presentes en la corteza terrestre, esto quiere decir que, el ser humano, ha convivido con ellos, durante miles de años.

- Que los metales pesados, no se puedan degradar, significa, que permanecerán en la corteza terrestre, lo cual no expresa que sea una amenaza para la especie humana.
- Los metales pesados pueden ser empleados la agricultura, la minería, la fundición, el refinado de oro, etc.
- Los metales pesados en los suelos, tienen un particular comportamiento (Navarro-Aviñó et al., 2007, en, Hernández, 2011), tiene una biodisponibilidad condicionada al pH (Loaiza, 2016), (López y Grau, 2005), (Reid, 2001); puede también estar asociados con el uso del suelo (Kabata y Pendias, 2000, en, Durán, 2010).
 - Sería de especial interés, realizar un análisis respecto del comportamiento dinámico en las aguas superficiales o subterráneas.
 - Se podría analizar, la influencia del pH en su biodisponibilidad así como, la influencia de la temperatura, humedad, ambiente químico, así como, el uso del suelo.
- Los metales pesados, presentan toxicidad debido a la concentración en la fase bioasimilable, que se refiere a la solución de los suelos y las formas asociadas (Zhang et al., 1997, en, Avelino, 2013), de acuerdo

esté disuelto, absorbido, ligado o precipitado (Kabata y Pendias, 2000, en Velásquez, 2017); la forma geoquímica de los metales pesados, la solubilidad (Zhang et al., 1997, en, Avelino, 2013) y las propiedades químicas (Pilon-Smits, 2005, en, Durán, 2010), afectan la disponibilidad. Su presencia en el suelo no se tienen comportamiento como elementos que son inalterables (Navarro-Aviñó et al., 2007, en, Hernández, 2011).

- Sería de especial interés, realizar un análisis respecto del porcentaje que se encuentra en la fase soluble y la cantidad total en el suelo.
- Se podría analizar la influencia geoquímica, las propiedades químicas, condiciones ambientales, actividad biológica y su influencia en la disponibilidad hacia las plantas.

Se podría analizar el estado dinámico, así como la termodinámica de los metales pesados, cuando se presentan en los suelos.

- El arsénico puede causar varios efectos sobre la salud (Avellino, 2013), las plantas también se pueden contaminar con este metal (Alloway, 1995, en, Otones, 2014).

- El cadmio es un metal de elevada toxicidad, debido su alta capacidad de acumulación en los organismos (Loaiza, 2016).
- El Cr^{3+} es poco tóxico y es relativamente inmóvil, mientras que el Cr^{6+} es muy tóxico y móvil con facilidad en los suelos porosos y con pH de moderado a alto (Loaiza, 2016).
- La biodisponibilidad del plomo se condiciona por el pH del suelo. Su movilidad se torna mayor cuando disminuye el pH, siendo móvil para pH ácido (Loaiza, 2016).
 - El Puesto de Salud de Cayarani, registra personas contaminadas por metales pesados, lo demuestra la patología que refieren los galenos de dicho Centro de Salud.
 - Que sean pocos los registrados por contaminación de metales pesados, solo significa que son las cifras oficiales, más no reales. La realidad es otra, puesto que, algunos lugareños prefieren dedicarse al pastoreo, que “perder su tiempo, en hacer cola para ser atendido”, otros lugareños, son “premiados” dinerariamente, por algunas compañías mineras, con la finalidad de no ir al Centro de Salud.

- La contaminación de los metales pesados, es de forma indirecta, es decir, primero se contamina los campos, luego, por las aguas superficiales, y tal vez, las aguas subterráneas; y después de ellos, los animales de pastoreo, o, los peces de los ríos contiguos; posteriormente, siguiendo la cadena alimenticia, se contamina el ser humano.
- Sería de especial interés, realizar un análisis respecto del estado de oxidación de los metales pesados, para determinar cuál de ellos es más nocivo para el ser humano.
- De igual forma, queda pendiente la investigación referente a la movilidad de los metales pesados, tanto en época de lluvia como en época de secano, así como su efecto respecto de la percolación de los mismos, y el tipo de material de los suelos.
- La pregunta general, preliminar para el inicio de la presente investigación fue: *¿Cuál es el efecto de los metales pesados objeto de estudio en los suelos bajo actividad minera, en el distrito de Cayarani, provincia de Condesuyos, departamento de Arequipa?* Esta principal pregunta, conllevó a plantear un objetivo general: *Cuantificar los metales pesados objeto de estudio en los suelos bajo actividad minera, en el distrito de Cayarani, provincia de Condesuyos, departamento de Arequipa.*

- La hipótesis general de la presente investigación, se ensayó en: *Los metales pesados objeto de estudio tienen efecto contaminante en los suelos bajo actividad minera, en el distrito de Cayarani, provincia de Condesuyos, departamento de Arequipa*, la que finalmente, quedó demostrada, a través de la serie de ensayos descritos.

VI. CONCLUSIONES

1. Se determinó altas concentraciones de arsénico, cadmio, cobre y plomo en la zona de estudio, con valores promedio, mínimo y máximo de: 6,42 mg/Kg y 799,34 mg/Kg para el As; 0,062 mg/Kg y 5,697 mg/Kg para el Cd; 3,29 mg/Kg y 81,65 mg/Kg para el Cr; 9,34 mg/Kg y 532,13 mg/Kg para el Pb; que superan los ECAs, debido a la actividad minera.
2. Se calculó los valores promedio, mínimo y máximo, en época de lluvia, siendo de: 6,42 mg/Kg y 785,23 mg/Kg para el As; 0,062 mg/Kg y 4,023 mg/Kg para el Cd; 3,29 mg/Kg y 72,34 mg/Kg para el Cr; 9,34 mg/Kg y 5498,34 mg/Kg para el Pb.
3. Se calculó los valores promedio, mínimo y máximo, en época de seco, siendo de: 6,82 mg/Kg y 799,34 mg/Kg para el As; 0,078 mg/Kg y 5,697 mg/Kg para el Cd; 5,68 mg/Kg y 81,65 mg/Kg para el Cr; 13,08 mg/Kg y 532,13 mg/Kg para el Pb

4. Se determinó la contaminación por metales pesados (As, Cr, Cd y Pb) y su efecto nocivo, en el organismo de los pobladores.

VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar una campaña de sensibilización a los funcionarios de las labores de minería, con el propósito de indicarles que el proceso productivo que están empleando, superan los ECAs, conllevando a la contaminación de los metales pesados en el organismo de los pobladores.
2. Realizar un estudio referente a la movilidad de los metales pesados, tanto en época de lluvia como en época de secano, así como su efecto respecto de la percolación de los mismos, y el tipo de material de los suelos.
3. Realizar campañas de sensibilización en los pobladores, para que puedan ir al Centro de Salud, con la finalidad de ser evaluados, para determinar si están contaminados con metales pesados, y de ser así, informar a la Red de Salud Castilla - Condesuyos - La Unión, para que tomen cartas en el asunto.

REFERENCIAS

- Alcaino, G. (2012). *Análisis y comparación de tecnologías de remediación para suelos contaminados con metales*. (Tesis de Licenciatura). Universidad de Chile. Santiago de Chile.
- Avelino, C. (2013). *Eficacia de la fitoextracción para la remediación de suelos contaminados en Villa de Pasco*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional del Callao.
- Barraza, L. (2015). *Evaluación de la contaminación del suelo por arsénico, plomo y mercurio en la zona de presa de jales de mina la prieta en Hidalgo del Parral, Chihuahua*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Blanco, W. (2011). *Evaluación de metales pesados en suelos regados con agua proveniente de una planta de tratamiento*. (Tesis de Licenciatura). Universidad de Carabobo. Venezuela.
- Bonilla, S. (2013). *Estudio para tratamientos de biorremediación de suelos contaminados con plomo, utilizando el método de fitorremediación*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Politécnica Salesiana sede Quito, Campus Sur.
- Bravo, L. (2018). *Influencia del complejo metalúrgico la Oroya en la calidad del suelo por metales pesados, cianuro libre y cromo hexavalente en la zona de Huaynacancha, distrito de la Oroya, provincia de Yauli*.

- departamento de Junín*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Federico Villarreal.
- Cárdenas, A. (2012). *Presencia de cadmio en algunas parcelas de cacao orgánico en la cooperativa Agraria Industrial Naranjillo - Tingo María - Perú*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María.
- Chávez, L. (2014). *Fitoremediación con especies nativas en suelos contaminados por plomo*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Corcuera, C. (2015). *Impacto de la contaminación de la minería informal en el Cerro el Toro – Huamachuco*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Trujillo.
- Cutillas, L. (2017). *La corteza de pino como adsorbente natural de metales pesados en suelos contaminados*. (Tesis Doctoral). Universidad de Vigo. España.
- Durán, P. (2010). *Transferencia de metales de suelo a planta en áreas mineras: Ejemplos de los Andes peruanos y de la Cordillera Prelitoral Catalana*. (Tesis Doctoral). Universidad de Barcelona.
- García, I., & Dorronsoro, C. (2005). *Contaminación por metales pesados*. Recuperado de Universidad de Granada. Departamento de Edafología y Química Agrícola: <http://edafologia.ugr.es/>
- Guzmán, G. (2012). *Estrategia para la remediación de sitios contaminados con Cu, Cd, Pb y Zn aplicando tratamientos químico-agronómicos a*

- jales minerometalúrgicos y suelos.* (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma de México.
- Hernández, A. (2011). *Determinación de metales pesados en suelos de Natividad, Ixtlán de Juárez Oaxaca.* (Tesis de Licenciatura). Universidad de la Sierra Juárez. México.
- Hernández, J. (2012). *Especiación de metales pesados contaminantes en los suelos y acuífero del Río de los Remedios.* (Tesis de Maestría). Instituto Politécnico Nacional. México.
- Jumbo, D. (2015). *Metales pesados en sedimentos riverinos de cuencas hidrográficas impactadas por minería en la región sur del Ecuador.* (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional de Loja. Ecuador.
- Larios, M. (2014). *Niveles de Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb y Zn en los suelos de ribera de la Cuenca del Río Turia.* (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma de Barcelona.
- León, V. (2017). *Capacidad fitorremediadora de especies altoandinas para suelos contaminados por metales pesados procedentes de la compañía minera Lincuna SAC, en condiciones de invernadero, 2015-2016.* (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.
- Loaiza, L. (2016). *Evaluación del riesgo ambiental por metales pesados, generados por la actividad minera artesanal en los ríos Quiroz y Chira – Piura por el método de especiación secuencial.* (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

- López, P. (2011). *Fitorremediación en los suelos de Mayoc, San Mateo, Huarochirí – Lima*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Ingeniería.
- Maguiña, L. (2016). *Determinación de la capacidad fitorremediadora de Lupinus mutabilis Sweet “chocho o tarwi” en suelos contaminados con cadmio (Cd)*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Ricardo Palma.
- Manzano, R. (2013). *Selección de plantas y enmiendas para la recuperación de suelos de mina contaminados con arsénico y metales pesado*. (Tesis Doctoral). Universidad Autónoma de Madrid. España.
- Maquerhua, Y., & Valverde, N. (2012). *Evaluación del nivel de contaminación de los suelos en el distrito "El Mantaro" provincia de Jauja*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo.
- MINAM. (2014). R.M. N° 085-2014. Recuperado de: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/04/RM-N%C2%B0-085-2014-MINAM.pdf>
- Muga, J. (2017). *Fitoextracción de cadmio en el suelo por medio del cultivo de cosmos (Cosmos bipinnatus), del distrito de Corcona, Huarochirí 2017*. (Tesis de Licenciatura). Universidad César Vallejo.
- Otones, V. (2014). *Diagnóstico ambiental de suelos contaminados por actividades mineras y evaluación de técnicas de estabilización para*

su recuperación. (Tesis Doctoral). Universidad de Salamanca. España.

Ponce, D. (2018). *Influencia del complejo metalúrgico la Oroya en la calidad del suelo por metales pesados, cianuro libre y cromo hexavalente en la zona de Huaynacancha, distrito de la Oroya, provincia de Yauli, departamento de Junín.* (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Federico Villarreal.

Riffo, C. (2016). *Transferencia de metales pesados Cu, Pb, Zn, Ni, Co y Cr desde un suelo de la comuna de Talcahuano a las plantas Salicornia y Lolium Perenne.* (Tesis de Licenciatura). Universidad Católica de la Santísima Concepción. Chile.

Romero, A. (2015). *Tratamiento de relaves mineros contaminados con plantación de gramíneas (kikuyo) para convertirlos en áreas verdes en las minas de la región central del Perú.* (Tesis de Maestría). Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo.

Serfor. (2009). D.S. N° 017-2009. Recuperado de: [https://www.serfor.gob.pe/pdf/normatividad/2009/decreto/DS%20N%C3%82%C2%BA%20017-2009-AG\(Reglamento%20de%20Clasif%20de%20Tierras\).pdf](https://www.serfor.gob.pe/pdf/normatividad/2009/decreto/DS%20N%C3%82%C2%BA%20017-2009-AG(Reglamento%20de%20Clasif%20de%20Tierras).pdf)

Soil Survey Manual. (2017). Recuperado de United States Department of Agriculture: <https://www.iec.cat/mapasols/DocuInteres/PDF/Llibre50.pdf>

Soil Taxonomy. (2014). Recuperado de Natural Resources Conservation Service Soils:

https://www.nrcs.usda.gov/wps/PA_NRCSCconsumption/download?cid=stelprdb1252094&ext=pdf

- Sotomayor, B. (2016). *Determinación de metales pesados en suelos aledaños a la mina “La Platosa” en Bermejillo, Durango*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México.
- Velásquez, M. (2017). *Metales en suelos explotados por la pequeña minería aurífera aluvial en Madre de Dios, Perú*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Vilca, F., & Gordillo, Y. (2016). *Retención de metales pesados en suelos y su impacto ambiental. caso: aguas residuales – Parque Industrial Río Seco*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional San Agustín de Arequipa.
- Wong, M. (2003). Ecological restoration of mine degraded soils, with emphasis on metal contaminated soils. *Chemosphere*, 50(6), 775-780. doi:[https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(02\)00232-1](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(02)00232-1)
- Yarasca, J. (2015). *Modelo sistémico para evaluar la recuperación de suelos contaminados por plomo en el distrito de Concepción*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo.

IX. ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variables	Dimensiones
¿Cuál es el efecto de los metales pesados (arsénico, cadmio, cromo y plomo) en los suelos bajo actividad minera, en el distrito de Cayarani, provincia de Condesuyos, departamento de Arequipa?	Cuantificar los metales pesados (arsénico, cadmio, cromo y plomo) en los suelos bajo actividad minera, en el distrito de Cayarani, provincia de Condesuyos, departamento de Arequipa	Los metales pesados (arsénico, cadmio, cromo y plomo) tienen efecto contaminante en los suelos bajo actividad minera, en el distrito de Cayarani, provincia de Condesuyos, departamento de Arequipa	Variable independiente: Concentración de metales pesados (arsénico, cadmio, cromo, plomo).	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración de metales pesados en época de lluvia. • Concentración de metales pesados en época de secano. • Efecto contaminante en seres vivos.
Problema específico	Objetivo específico	Hipótesis específica	Variables	Indicadores

<p>1. ¿Cuál es el efecto de la concentración de metales pesados solubles en época de lluvias y secas?</p>	<p>1. Determinar el efecto de la concentración de metales pesados solubles en época de lluvias y secas</p>	<p>1. La concentración de metales pesados solubles en época de lluvias y secas tiene efecto contaminante en suelos bajo actividad minera, en el distrito de Cayarani, provincia de Condesuyos, departamento de Arequipa</p>	<p>Variable dependiente: Contaminación en suelos bajo actividad</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración de metales pesados (As, Cd, Cr y Pb) en época de lluvia.
<p>2. ¿Cuál es el efecto de la concentración de metales pesados totales en época de lluvias y secas?</p>	<p>2. Determinar el efecto de la concentración de metales pesados</p>	<p>2. La concentración de metales pesados totales en época de lluvias y secas tiene efecto contaminante en suelos bajo actividad</p>	<p>minera.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración de metales pesados (As, Cd, Cr y Pb) en época de secano.

	totales en época de lluvias y secas	minera, en el distrito de Cayarani, provincia de Condesuyos, departamento de Arequipa		
3. ¿Cuál es el efecto contaminante de los metales pesados identificados?	3. Determinar el efecto contaminante de los metales pesados identificados.	3. La concentración de metales pesados identificados tiene efecto contaminante sobre los suelos cercanos a la explotación de la industria minera del distrito de Cayarani, Provincia de Condesuyos, Departamento de Arequipa		<ul style="list-style-type: none"> • Efecto contaminante en seres vivos (hombre, flora y fauna).

Anexo 2. Análisis químicos de las muestras

Control de Calidad

MB: Blanca del proceso.
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
MSD %RPD: Diferencia Percentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
Dup %RPD: Diferencia Percentual Relativa entre los duplicados del proceso.

Método : EPA 200.8, 1994 Rev 5.4 Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled
Plasma - Mass Spectrometry.

Parámetro	Unidad	LD	MB	DUP %RPD	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Hierro	mg/kg	10	<10	0 - 9%	94 - 105%	94 - 105%	0%
Plata	mg/kg	0.002	<0.002	0 - 6%	NA - 97%	NA - 97%	NA - 0%
Aluminio	mg/kg	0.3	<0.3	0 - 9%	NA - 102%	NA - 102%	NA - 2%
Arsénico	mg/kg	0.06	<0.06	0 - 9%	98 - 101%	98 - 101%	1%
Bario	mg/kg	0.03	<0.03	0 - 9%	98 - 100%	98 - 100%	0 - 3%
Berilio	mg/kg	0.002	<0.002	0 - 9%	NA - 104%	NA - 104%	NA - 0%
Cadmio	mg/kg	0.001	<0.001	0 - 7%	NA - 101%	NA - 101%	NA - 0%
Cobalto	mg/kg	0.001	<0.001	0 - 9%	98 - 104%	98 - 104%	0 - 2%
Cromo	mg/kg	0.01	<0.01	0 - 9%	97 - 102%	97 - 102%	0%
Cobre	mg/kg	0.02	<0.02	0 - 9%	96 - 97%	96 - 97%	0%
Mercurio	mg/kg	0.0025	<0.0025	0 - 5%	NA - 98%	NA - 98%	NA - 0%
Manganeso	mg/kg	0.05	<0.05	0 - 9%	100 - 109%	100 - 109%	0 - 3%
Molibdeno	mg/kg	0.02	<0.02	0 - 9%	103 - 107%	103 - 107%	0%
Níquel	mg/kg	0.01	<0.01	0 - 9%	96 - 106%	96 - 106%	0%
Plomo	mg/kg	0.02	<0.02	0 - 9%	90 - 99%	90 - 99%	1 - 2%
Antimonio	mg/kg	0.005	<0.005	0 - 8%	NA - 96%	NA - 96%	NA - 0%
Selenio	mg/kg	0.05	<0.05	0 - 5%	NA - 96%	NA - 96%	NA - 0%
torio	mg/kg	0.005	<0.005	0 - 9%	NA - 94%	NA - 94%	NA - 2%
Talio	mg/kg	0.0005	<0.0005	0 - 9%	NA - 102%	NA - 102%	NA - 0%
Uranio	mg/kg	0.0002	<0.0002	0 - 9%	NA - 102%	NA - 102%	NA - 0%
Vanadio	mg/kg	1	<1	0 - 9%	95 - 105%	95 - 105%	0%
Zinc	mg/kg	0.06	<0.06	0 - 9%	97 - 98%	97 - 98%	0%

Método : EPA 300.0A, Rev.01, 1996, Alkaline Digestion for Hexavalent Chromium / EPA 7198A, Rev.01, 1992,
Chromium, Hexavalent (Colorimetric) Validado 2013

Parámetro	Unidad	LD	MB	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Cromo Hexavalente	mg/kg	0.11	<0.11	92%	94%	0%

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
(* El método indicado no ha sido acreditado por el INDECOPI-SNA, para la matriz en mención.

Este documento no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin autorización de SGS del Perú S.A.C.
Los resultados mencionados en este documento proceden de muestras proporcionadas por el cliente, por un tercero a nombre del cliente o a solicitud del cliente. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.
Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) o sometida a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizada.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
SGS del Perú SAC Laboratorio está acreditado por Indecopi conforme a los requisitos de NTP ISO/IEC 17025 para los ensayos especificados en el alcance de acreditación, el cual se puede encontrar en www.indecopi.gob.pe.
Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio.
Se informa a cualquier persona que tenga en su poder este documento, que el contenido del mismo, refleja los hallazgos de la Compañía solo al momento de su intervención y dentro de los límites de las instrucciones del Cliente, si hubiera alguna. La Compañía es únicamente responsable ante su Cliente y este documento no oxima las partes de una transacción de ejercer todos sus derechos y obligaciones en virtud de los documentos de la transacción.
Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados con el máximo rigor de la ley.
No obstante lo estipulado en la Cláusula 8 de las Condiciones Generales de Servicio de SGS, todos los conflictos que se originen en, o que tengan relación con las Relaciones Contractuales reguladas por este contrato, se regirán y serán interpretados de acuerdo con la leyes sustantivas de Perú, excluyendo cualquier disposición legal con respecto a los conflictos de leyes y se resolverán finalmente mediante un Arbitraje de Derecho de acuerdo al Reglamento del Centro de Arbitraje Nacional e Internacional de la Cámara de Comercio de Lima, por uno o más árbitros designados de acuerdo con tales reglas. El arbitraje tendrá lugar en Lima (Perú) y será en el idioma español.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INDECOPI – SNA CON REGISTRO N° LE - 002



Registro N° LE-002

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1419345 - A

Página 7 de 7

Cianuro libre

Método : EPA 9013A, Rev 01, 2004. Cyanide extraction procedure for solids and oils/ ASTM D7237-10, 2010, Standard Test Method for Free Cyanide with flow injection (FIA) Utilizing Gas Diffusion Separation and Amperometric Detection (Validado).

Parámetro	Unidad	LD	MB	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Cianuro libre	mg/kg	0,1	<0,1	103 - 112%	88 - 89%	2%

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

(*) El método indicado no ha sido acreditado por el INDECOPI-SNA, para la matriz en mención.

Este documento no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin autorización de SGS del Perú S.A.C.

Los resultados mencionados en este documento proceden de muestras proporcionadas por el cliente, por un tercero a nombre del cliente o a solicitud del cliente. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) o sometida a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizada.

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

SGS del Perú SAC Laboratorios está acreditado por Indecopi conforme a los requisitos de NITF ISO/IEC 17025 para los ensayos especificados en el alcance de acreditación, el cual se puede encontrar en www.indecopi.gob.pe.

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio.

Se informa a cualquier persona que tenga en su poder este documento, que el contenido del mismo, refleja los hallazgos de la Compañía solo al momento de su intervención y dentro de los límites de las Instrucciones del Cliente, si hubiera alguna. La Compañía es únicamente responsable ante su Cliente y este documento no exime a las partes de una transacción de ejercer todos sus derechos y obligaciones en virtud de los documentos de la transacción.

Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados con el máximo rigor de la ley.

No obstante lo estipulado en la Cláusula 8 de las Condiciones Generales de Servicio de SGS, todos los conflictos que se originen en, o que tengan relación con las Relaciones Contractuales reguladas por este contrato, se regirán y serán interpretados de acuerdo con la ley substantiva de Perú, excluyendo cualquier disposición legal con respecto a los conflictos de leyes y se resolverán finalmente mediante un Arbitraje de Derecho de acuerdo al Reglamento del Centro de Arbitraje Nacional e Internacional de la Cámara de Comercio de Lima, por uno o más árbitros designados de acuerdo con tales reglas. El arbitraje tendrá lugar en Lima (Perú) y será en el idioma español.

COD. 310

Última revisión Noviembre 2014

SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348 - Callao 1 t (51-1) 517 1900 f (51-1) 575 4089 www.sgs.pe

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INDECOPI – SNA CON REGISTRO N° LE - 002



**SUPLEMENTO DE INFORME DE ENSAYO
MA1419345 CON VALOR OFICIAL - A**

Página 1 de 7

A solicitud de:	
Dirección:	
Solicitud de Ensayo:	Cantidad Muestras:
Muestreo realizado por:	Fecha de Recepción a SGS:
Procedencia:	
Notas:	Memorándum Interno PCSMA N° 222 /2014 El presente suplemento de Informe de ensayo, a solicitud del cliente indico cambiar el código UR-ECA-S-09; anula y reemplaza al informe de ensayo MA1419345, emitido por SGS del Perú S.A. el 23/12/2014.

Análisis	Método
Metales:	EPA 200.8: 1994 Rev 5.4 Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry.
Cromo Hexavalente	EPA 3060A, Rev.01, 1996, Alkaline Digestion for Hexavalent Chromium / EPA 7196A, Rev.01, 1992, Chromium, Hexavalent (Colorimetric). Validado 2013
Cianuro libre	EPA 9013A, Rev 01, 2004. Cyanide extraction procedure for solids and oils/ ASTM D7237-10, 2010, Standard Test Method for Free Cyanide with flow Injection (FIA) Utilizing Gas Diffusion Separation and Amperometric Detection (Validado).

Emitido en Callao-Perú el 09/04/2015


Rocío J. Manrique Torres
CIP 136634
Coordinador de Laboratorio

Este documento no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin autorización de SGS del Perú S.A.C.
Los resultados mencionados en este documento proceden de muestras proporcionadas por el cliente, por un tercero o nombre del cliente o a solicitud del cliente. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) o sometida(s) a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizada.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

SGS del Perú S.A.C. Laboratorio está acreditado por Indecopi conforme a los requisitos de NTP ISO/IEC 17025 para los ensayos especificados en el alcance de acreditación, el cual se puede encontrar en www.indecopi.gob.pe.

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio.

Se informa a cualquier persona que tenga en su poder este documento, que el contenido del mismo, refleja los hallazgos de la Compañía solo al momento de su intervención y dentro de los límites de las instrucciones del Cliente, si hubiera alguna. La Compañía es únicamente responsable ante su Cliente y este documento no exime a las partes de una transacción de ejercer todos sus derechos y obligaciones en virtud de los documentos de la transacción.

Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados con el máximo rigor de la ley.

No obstante lo estipulado en la Cláusula B de las Condiciones Generales de Servicio de SGS, todos los conflictos que se originen en, o que tengan relación con las relaciones Contractuales reguladas por este contrato, se regirán y serán interpretados de acuerdo con la ley sustantiva de Perú, excluyendo cualquier disposición legal con respecto a los conflictos de leyes y se resolverán finalmente mediante un Arbitraje de Derecho de acuerdo al Reglamento del Centro de Arbitraje Nacional e Internacional de la Cámara de Comercio de Lima, por uno o más árbitros designados de acuerdo con tales reglas. El arbitraje tendrá lugar en Lima (Perú) y será en el idioma español.

SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 - Callao 1 t (51-1) 517 1900 f (51-1) 575 4089 www.sgs.pe

Última revisión Noviembre 2014

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)

COD. 310



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INDECOPI – SNA CON REGISTRO N° LE - 002



Registro N° LE-002

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1419345 - A

Página 5 de 7

Metales

Matriz Producto descrito como Identificación de Muestra Fecha de muestreo	SUELOS		SUELOS	
	SUELOS		SUELOS	
	UR-ECA-S-16 06-12-2014 09:03	UR-ECA-S-17 06-12-2014 11:33		
	L.D.			
Cobre (mg/kg)	0.02	4.88	107.77	
Aluminio (mg/kg)	0.3	14,940.2	22,620.7	
Antimonio (mg/kg)	0.005	0.083	0.047	
Arsénico (mg/kg)	0.06	36.44	53.71	
Bario (mg/kg)	0.03	25.74	34.67	
Berilio (mg/kg)	0.002	0.390	0.473	
Cadmio (mg/kg)	0.001	0.191	0.402	
Cobalto (mg/kg)	0.001	17.641	24.050	
Cromo (mg/kg)	0.01	7.80	63.79	
Hierro (mg/kg)	10	14,521 *	43,514 *	
Manganeso (mg/kg)	0.05	288.54	936.62	
Mercurio (mg/kg)	0.0025	<0.0025	<0.0025	
Molibdeno (mg/kg)	0.02	0.24	0.29	
Níquel (mg/kg)	0.01	4.34	27.87	
Plata (mg/kg)	0.002	0.147	0.160	
Piombo (mg/kg)	0.02	10.57	24.01	
Selenio (mg/kg)	0.05	<0.05	<0.05	
Talio (mg/kg)	0.0005	0.0533	0.0613	
Torio (mg/kg)	0.005	2.972	1.996	
Uranio (mg/kg)	0.0002	0.7636	0.6113	
Vanadio (mg/kg)	1	11	104	
Zinc (mg/kg)	0.06	26.45	85.17	

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

(*) El método indicado no ha sido acreditado por el INDECOPI-SNA, para la matriz en mención.

Este documento no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin autorización de SGS del Perú S.A.C.

Los resultados mencionados en este documento proceden de muestras proporcionadas por el cliente, por un tercero a nombre del cliente o a solicitud del cliente. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) o sometida(s) a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizada.

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

SGS del Perú SAC Laboratorios está acreditado por Indecopi conforme a los requisitos de NTP ISO/IEC 17025 para los ensayos especificados en el alcance de acreditación, el cual se puede encontrar en www.indecopi.gob.pe.

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio.

Se informa a cualquier persona que tenga en su poder este documento, que el contenido del mismo, refleja los hallazgos de la Compañía solo al momento de su intervención y dentro de los límites de las instrucciones del Cliente, si hubiera alguna. La Compañía es únicamente responsable ante su Cliente y este documento no exime a las partes de una transacción de ejercer todos sus derechos y obligaciones en virtud de los documentos de la transacción.

Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados con el máximo rigor de la ley.

No obstante lo estipulado en la Cláusula 8 de las Condiciones Generales de Servicio de SGS, todos los conflictos que se originen en, o que tengan relación con las Relaciones Contractuales reguladas por este contrato, se regirán y serán interpretados de acuerdo con la ley sustantiva de Perú, excluyendo cualquier disposición legal con respecto a los conflictos de leyes y se resolverán finalmente mediante un Arbitraje de Derecho de acuerdo al Reglamento del Centro de Arbitraje Nacional e Internacional de la Cámara de Comercio de Lima, por uno o más árbitros designados de acuerdo con tales reglas. El arbitraje tendrá lugar en Lima (Perú) y será en el idioma español.

Última revisión Noviembre 2014

SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 - Callao 1 t (51-1) 517 1900 f (51-1) 575 4089 www.sgs.pe

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)

COD. 310

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1419345 - A

Metales

Matriz Producto descrito como Identificación de Muestra Fecha de muestreo	L.D.	SUELOS	SUELOS	SUELOS	SUELOS	SUELOS
		SUELOS	SUELOS	SUELOS	SUELOS	SUELOS
		UR-ECA-S-04 05-12-2014 16:30	UR-ECA-S-05 05-12-2014 15:45	UR-ECA-S-07 05-12-2014 17:30	UR-ECA-S-08 05-12-2014 10:40	UR-ECA-S-PB-07: Talud entre Curva 18 y Quetradá San Vicente, frente a Zona Chicas 05-12-2014 11:07
Cobre (mg/kg)	0.02	18.02	56.57	30.27	61.07	28.83
Aluminio (mg/kg)	0.3	7,907.6	25,024.4	6,404.7	16,206.9	13,646.5
Antimonio (mg/kg)	0.005	0.297	0.529	0.280	0.461	0.045
Arsenico (mg/kg)	0.06	700.60	136.68	767.61	294.87	161.36
Bario (mg/kg)	0.03	29.42	54.26	41.84	47.25	73.67
Berilio (mg/kg)	0.002	0.330	0.633	0.331	1.130	0.939
Cadmio (mg/kg)	0.001	1.360	0.828	1.794	3.820	0.550
Cobalto (mg/kg)	0.001	5.573	16.634	7.271	10.504	8.931
Cromo (mg/kg)	0.01	6.95	55.91	26.47	8.00	16.10
Hierro (mg/kg)	10	21,137 *	44,792 *	36,942 *	46,153 *	30,763 *
Manganeso (mg/kg)	0.05	494.29	929.33	555.73	1,265.76	727.36
Mercurio (mg/kg)	0.0025	0.0209	0.0227	0.0025	<0.0025	0.0605
Molibdeno (mg/kg)	0.02	0.87	1.20	5.69	21.57	0.64
Níquel (mg/kg)	0.01	3.93	22.09	37.33	6.22	7.99
Plata (mg/kg)	0.002	1.013	0.313	0.653	1.293	0.277
Plomo (mg/kg)	0.02	239.13	56.78	141.53	484.45	61.94
Selenio (mg/kg)	0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.37
Talio (mg/kg)	0.0005	0.0449	0.0846	0.0935	0.1270	0.0863
Torio (mg/kg)	0.005	5.171	3.577	4.943	6.423	5.652
Uranio (mg/kg)	0.0002	0.7153	0.8285	0.5960	1.6484	0.5719
Vanadio (mg/kg)	1	17	89	22	30	30
Zinc (mg/kg)	0.06	233.00	192.66	277.28	533.25	106.95

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

(*) El método indicado no ha sido acreditado por el INDECOPI-SNA, para la matriz en mención.

COD. 310

Este documento no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin autorización de SGS del Perú S.A.C.

Los resultados mencionados en este documento proceden de muestras proporcionadas por el cliente, por un tercero a nombre del cliente o a solicitud del cliente. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) o sometida(s) a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizada. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

SGS del Perú S.A.C. Laboratorio está acreditado por Indecopi conforme a los requisitos de NTP ISO/IEC 17025 para los ensayos especificados en el alcance de acreditación, el cual se puede encontrar en www.indecopi.gob.pe.

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción de finidas en dichas Condiciones Generales de Servicio.

Se informa a cualquier persona que tenga en su poder este documento, que el contenido del mismo, refleja los hallazgos de la Compañía solo al momento de su intervención y dentro de los límites de las instrucciones del Cliente, si hubiera alguna. La Compañía es únicamente responsable ante su Cliente y este documento no exime a las partes de una transacción de ejercer todos sus derechos y obligaciones en virtud de los documentos de la transacción. Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados con el máximo rigor de la ley.

No obstante lo estipulado en la Cláusula 8 de las Condiciones Generales de Servicio de SGS, todos los conflictos que se originen en, o que tengan relación con las Relaciones Contractuales reguladas por este contrato, se registrarán y serán interpretados de acuerdo con la ley sustantiva de Perú, excluyendo cualquier disposición legal con respecto a los conflictos de leyes y se resolverán finalmente mediante un Arbitraje de Derecho de acuerdo al Reglamento del Centro de Arbitraje Nacional e Internacional de la Cámara de Comercio de Lima, por uno o más árbitros designados de acuerdo con tales reglas. El arbitraje tendrá lugar en Lima (Perú) y será en el idioma español.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INDECOPI – SNA CON REGISTRO N° LE - 002



Registro N° LE-002

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1419345 - A

Página 4 de 7

Metales

Matriz Producto descrito como Identificación de Muestra Fecha de muestreo		SUELOS	SUELOS	SUELOS	SUELOS	SUELOS
		SUELOS	SUELOS	SUELOS	SUELOS	SUELOS
		UR-ECA-S-10 06-12-2014 14:31	UR-ECA-S-11 06-12-2014 14:10	UR-ECA-S-12 06-12-2014 10:35	UR-ECA-S-13 06-12-2014 11:41	UR-ECA-S-15 06-12-2014 08:27
	L.D.					
Cobre (mg/kg)	0.02	149.66	5.37	4.01	2.93	8.41
Aluminio (mg/kg)	0.3	25,438.8	14,920.4	8,976.0	15,995.8	12,730.5
Antimonio (mg/kg)	0.005	0.139	0.686	0.062	0.257	0.365
Arsénico (mg/kg)	0.01	21.25	32.04	6.42	10.32	134.01
Bario (mg/kg)	0.03	37.37	54.07	22.05	25.02	24.09
Berilio (mg/kg)	0.002	0.274	0.788	0.502	0.306	0.481
Cadmio (mg/kg)	0.001	0.493	0.109	0.062	0.129	0.421
Cobalto (mg/kg)	0.001	39.164	6.954	3.689	1.565	2.391
Cromo (mg/kg)	0.01	71.50	5.33	4.90	3.29	7.13
Hierro (mg/kg)	10	58,328 *	31,187 *	19,021 *	14,580 *	14,691 *
Manganeso (mg/kg)	0.05	1,383.12	730.31	578.76	432.42	293.99
Mercurio (mg/kg)	0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	0.0257	0.0909
Platino (mg/kg)	0.02	0.26	0.25	0.12	0.42	2.21
Níquel (mg/kg)	0.01	38.13	3.17	2.76	1.52	2.07
Plata (mg/kg)	0.002	0.173	0.038	0.031	0.051	0.340
Plomo (mg/kg)	0.02	11.41	12.52	12.84	12.39	65.33
Selenio (mg/kg)	0.05	<0.05	0.06	<0.05	<0.05	<0.05
Talio (mg/kg)	0.0005	0.0510	0.0604	0.0255	0.1180	0.0573
Torio (mg/kg)	0.005	1.150	7.487	8.509	4.013	1.387
Uranio (mg/kg)	0.0002	0.3271	0.8342	0.6746	0.8616	3.1927
Vanadio (mg/kg)	1	159	19	13	10	18
Zinc (mg/kg)	0.06	82.06	60.71	49.35	28.55	79.13

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

(*) El método indicado no ha sido acreditado por el INDECOPI-SNA, para la matriz en mención.

Este documento no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin autorización de SGS del Perú S.A.C.

Los resultados mencionados en este documento proceden de muestras proporcionadas por el cliente, por un tercero a nombre del cliente o a solicitud del cliente. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) o sometida(s) a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizada.

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

SGS del Perú SAC Laboratorios está acreditado por Indecopi conforme a los requisitos de NTP ISO/IEC 17025 para los ensayos especificados en el alcance de acreditación, el cual se puede encontrar en www.indecopi.gob.pe.

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio.

Se informa a cualquier persona que tenga en su poder este documento, que el contenido del mismo, refleja los hallazgos de la Compañía sólo al momento de su intervención y dentro de los límites de las instrucciones del Cliente, si hubiera alguna. La Compañía es únicamente responsable ante su Cliente y este documento no exime a las partes de una transacción de ejercer todos sus derechos y obligaciones en virtud de los documentos de la transacción.

Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento en línea y los culpables pueden ser procesados con el máximo rigor de la ley.

No obstante lo estipulado en la Cláusula B de las Condiciones Generales de Servicio de SGS, todos los conflictos que se originen en, o que tengan relación con las Relaciones Contractuales reguladas por este contrato, se regirán y serán interpretados de acuerdo con la ley sustantiva de Perú, excluyendo cualquier disposición legal con respecto a los conflictos de leyes y se resolverán finalmente mediante un Arbitraje de Derecho de acuerdo al Reglamento del Centro de Arbitraje Nacional e Internacional de la Cámara de Comercio de Lima, por uno o más árbitros designados de acuerdo con tales reglas. El arbitraje tendrá lugar en Lima (Perú) y será en el idioma español.

SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 - Callao 1 t (51-1) 517 1900 f (51-1) 575 4089 www.sgs.pe

Última revisión Noviembre 2014

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)

COD. 310

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1419345 - A**

Matriz Producto descrito como Identificación de Muestra Fecha de muestreo	SUELOS		SUELOS		SUELOS		SUELOS		SUELOS	
	SUELOS		SUELOS		SUELOS		SUELOS		SUELOS	
	UR-ECA-S-04 05-12-2014 16:30	UR-ECA-S-05 05-12-2014 15:45	UR-ECA-S-07 05-12-2014 17:50	UR-ECA-S-08 05-12-2014 16:40	UR-ECA-S-09-07 Tejuel entre Curva 18 y Quebrada San Vicente, frente a Zona Chicom 05-12-2014 11:07					
	L.D.									
Cianuro libre (mg/kg)	0.1	--	--	--	--	--	--	--	--	<0.1
Cromo hexavalente (mg/kg)	0.11	<0.11	<0.11	<0.11	0.13	<0.11	0.13	<0.11	<0.11	<0.11

Matriz Producto descrito como Identificación de Muestra Fecha de muestreo	SUELOS		SUELOS		SUELOS		SUELOS		SUELOS	
	SUELOS		SUELOS		SUELOS		SUELOS		SUELOS	
	UR-ECA-S-10 08-12-2014 14:31	UR-ECA-S-11 08-12-2014 14:10	UR-ECA-S-12 06-12-2014 10:33	UR-ECA-S-13 06-12-2014 11:41	UR-ECA-S-15 06-12-2014 08:27					
	L.D.									
Cianuro libre (mg/kg)	0.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Cromo hexavalente (mg/kg)	0.11	<0.11	<0.11	<0.11	<0.11	<0.11	<0.11	<0.11	<0.11	<0.11

Matriz Producto descrito como Identificación de Muestra Fecha de muestreo	SUELOS		SUELOS	
	SUELOS		SUELOS	
	UR-ECA-S-16 06-12-2014 09:03	UR-ECA-S-17 06-12-2014 11:33		
	L.D.			
Cianuro libre (mg/kg)	0.1	--	--	--
Cromo hexavalente (mg/kg)	0.11	<0.11	<0.11	<0.11

Metales

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

(*) El método indicado no ha sido acreditado por el INDECOPI-SNA, para la matriz en mención.

COD. 310

Este documento no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin autorización de SGS del Perú S.A.C.

Los resultados mencionados en este documento proceden de muestras proporcionadas por el cliente, por un tercero a nombre del cliente o a solicitud del cliente. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.

Los resultados del informe de ensayo solo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) o sometida a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizada.

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

SGS del Perú SAC Laboratorios está acreditado por Indecopi conforme a los requisitos de NTP ISO/IEC 17025 para los ensayos especificados en el alcance de acreditación, el cual se puede encontrar en www.indecopi.gob.pe.

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio.

Se informa a cualquier persona que tenga en su poder este documento, que el contenido del mismo, refleja los hallazgos de la Compañía solo al momento de su intervención y dentro de los límites de las instrucciones del Cliente, si hubiera alguna. La Compañía es únicamente responsable ante su Cliente y este documento no exime a las partes de una transacción de ejercer todos sus derechos y obligaciones en virtud de los documentos de la transacción.

Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados con el máximo rigor de la ley.

No obstante lo estipulado en la Cláusula 8 de las Condiciones Generales de Servicio de SGS, todos los conflictos que se originen en, o que tengan relación con las Relaciones Contractuales reguladas por este contrato, se regirán y serán interpretados de acuerdo con la ley substantiva de Perú, excluyendo cualquier disposición legal con respecto a los conflictos de leyes y se resolverán finalmente mediante un Arbitraje de Derecho de acuerdo al Reglamento del Centro de Arbitraje Nacional e Internacional de la Cámara de Comercio de Lima, por uno o más árbitros designados de acuerdo con tales reglas. El arbitraje tendrá lugar en Lima (Perú) y será en el idioma español.