



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“Determinación del nivel de absorción de seis metales pesados utilizando *Lolium perenne* en el suelo impactado por minería en Paredones – Cajamarca 2019”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERA AMBIENTAL

Autores:

Karina Alexandra Chávez Lazo
Betty Tatyana Polo Becerra

Asesor:

M. Sc. Marieta Eliana Cervantes Peralta

Cajamarca - Perú

2020

DEDICATORIA

Dedicamos esta tesis con mucha alegría a Dios, a nuestros padres quienes nos dieron la vida, educación, apoyo y consejos. A nuestros compañeros de estudio, a nuestros maestros y amigos. A todos ellos les agradecemos desde el fondo de nuestra alma. Para todos ellos hacemos esta dedicatoria con mucho cariño y por incentivarlos a culminar de manera satisfactoria nuestra tesis.

AGRADECIMIENTO

Nuestro trabajo de tesis nos gustaría agradecer a Dios por bendecirnos para llegar hasta
donde hemos llegado.

Adicionalmente a las personas que han formado parte de nuestras vidas profesionales, a las que nos encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía, en los momentos más difíciles de nuestras vidas. Algunas están aquí con nosotras, y otras en nuestros recuerdos, sin importar en donde estén, queremos darles las gracias por formar parte de nuestras vidas, por todo lo que nos han brindado y por todas sus bendiciones.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
RESUMEN.....	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	9
1.1. Realidad problemática	9
1.1.3. Bases Teóricas	14
1.2. Formulación del problema	22
1.3. Objetivos	23
1.4. Hipótesis	23
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	25
2.1. Ubicación.....	25
2.2. Tipo de investigación.....	26
2.3. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)	26
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	28
2.5. Procedimiento	29
CAPÍTULO III. RESULTADOS	34
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	58
REFERENCIAS	69
ANEXOS.....	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Concentración de metales pesados de la Muestra patrón suelo Agrícola Cajamarca – mina Paredones	34
Tabla 2: Concentración de metales pesados de la Muestra patrón suelo contaminado- mina Paredones.....	36
Tabla 3: Resultados de Análisis de agua para el regado de las plantas en tratamiento.	38
Tabla 4: Resultado del tratamiento monitoreo 1	39
Tabla 5: Resultado del tratamiento monitoreo 2.	41
Tabla 6: Resultado del tratamiento monitoreo 3.	42
Tabla 7: Comparación de Arsénico (As) con los estándares de calidad ambiental.....	45
Tabla 8: Comparación de Cadmio (Cd) con los estándares de calidad ambiental	45
Tabla 9: Comparación de Cobre (Cu) con los estándares de calidad ambiental	46
Tabla 10: Comparación de Plomo (Pb) con los estándares de calidad ambiental	47
Tabla 11: Comparación de Talio (Tl) con los estándares de calidad ambiental.....	48
Tabla 12: Comparación de Zinc (Zn) con los estándares de calidad ambiental.....	48
Tabla 13: Concentración de Arsénico (As) en el T 2 en la parte Aérea del <i>Lolium perenne</i>	49
Tabla 14: Concentración de Cadmio (Cd) en el T 2 en la parte aérea del <i>Lolium perenne</i>	50
Tabla 15: Concentración de Cobre (Cu) en el T 2 en la parte aérea del <i>Lolium perenne</i>	51
Tabla 16: Concentración de Plomo (Pb) en el T 2 en la parte aérea del <i>Lolium perenne</i>	52
Tabla 17: Concentración de Talio (Tl) en el T 2 en la parte aérea del <i>Lolium perenne</i>	53
Tabla 18: Concentración de Zinc (Zn) en el T 2 en la parte aérea del <i>Lolium perenne</i>	54
Tabla 19: Movilización del Molibdeno (Mo) del suelo hacia parte aérea de la planta <i>Lolium perenne</i>	55
Tabla 20: Movilización del Antimonio (Sb) del suelo hacia parte aérea de la planta <i>Lolium perenne</i>	56
Tabla 21: Movilización del Titanio (Ti) del suelo hacia parte aérea de la planta <i>Lolium perenne</i> . .	56
Tabla 22: Movilización del Titanio (Ti) del suelo hacia parte aérea de la planta <i>Lolium perenne</i> . .	57
Tabla 23: Factor de Bioconcentración (BCF)	58
Tabla 24: Factor de Bioconcentración (BCF)	59
Tabla 25: Factor de Bioconcentración (BCF)	61
Tabla 26: Factor de Bioconcentración (BCF)	62
Tabla 27: Factor de Bioconcentración (BCF)	64
Tabla 28: Factor de Bioconcentración (BCF)	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación geográfica muestras de Paredones (Google Earth).....	25
Figura 2 Comparación del Arsénico (As) con los estándares de calidad ambiental.....	45
Figura 3 Comparación del Cadmio (Cd) con los estándares de calidad ambiental.	46
Figura 4 Comparación del Cobre (Cu) con los estándares de calidad ambiental.	47
Figura 5 Comparación del Plomo (Pb) con los estándares de calidad ambiental.....	47
Figura 6 Comparación del Talio (Tl) con los estándares de calidad ambiental.	48
Figura 7 Comparación del Zinc (Zn) con los estándares de calidad ambiental.....	49
Figura 8 Concentración de Arsénico (As) en el T 2 en la parte aérea del <i>Lolium perenne</i>	50
Figura 9 Concentración de Cadmio (Cd) en el T 2 en la parte aérea del <i>Lolium perenne</i>	51
Figura 10 Concentración de Cobre (Cu) en el T 2 en la parte aérea del <i>Lolium perenne</i>	52
Figura 11 Concentración de Plomo (Pb) en el T 2 en la parte aérea del <i>Lolium perenne</i>	53
Figura 12 Concentración de Talio (Tl) en el T 2 en la parte aérea del <i>Lolium perenne</i>	54
Figura 13 Concentración de Zinc (Zn) en el T 2 en la parte aérea del <i>Lolium perenne</i>	55
Figura 14 Factor de bioconcentración del Arsénico (As).....	58
Figura 15 Factor de bioconcentración del Cadmio (Cd).	60
Figura 16 Factor de bioconcentración del Cobre (Cu).	61
Figura 17 Factor de bioconcentración del Plomo (Pb).....	63
Figura 18 Factor de Bioconcentración del Talio (Tl).....	64
Figura 19 Factor de bioconcentración del Zinc (Zn).....	66
Figura 20 Zona de extracción de muestras de suelo contaminado - Mina Paredones.....	77
Figura 21 Zona de extracción de muestras de suelo contaminado - Mina Paredones.....	77
Figura 22 Extracción de muestras de suelo contaminado - Mina Paredones	78
Figura 23 Extracción de muestras de suelo contaminado - Mina Paredones.	78
Figura 24 Muestreo de agua en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte.....	79
Figura 25 Muestreo de agua en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte.....	79
Figura 26 Extracción del suelo Agrícola para el tratamiento.....	80
Figura 27 Extracción del suelo Agrícola para el tratamiento.	80
Figura 28 Tratamiento 1 que representa al 100% de suelo Agrícola con el trasplante del <i>Lolium perenne</i>	81
Figura 29 Tratamiento 2 que representa al 25% de suelo Agrícola con el trasplante del <i>Lolium perenne</i>	81
Figura 30 Tratamiento 3 que representa al 50 % de suelo Agrícola con el trasplante del <i>Lolium perenne</i>	82
Figura 31 Tratamiento 4 que representa al 75% de suelo Agrícola con el trasplante del <i>Lolium perenne</i>	82

Figura 32 Tratamiento 5 que representa al 100% de suelo Contaminado con el trasplante del <i>Lolium perenne</i>	82
Figura 33 Tratamientos después de 45 días para hacer el corte de la planta.....	83
Figura 34 Entrega del primer envío de muestras al Laboratorio SAG.	84
Figura 35 Entrega de muestras del primer envío al laboratorio SAG.	84
Figura 36 Entrega de muestras al laboratorio SAG.....	85
Figura 37 Repetimos el tratamiento para hacer el segundo envío de muestras.....	85
Figura 38 Tratamientos listos para hacer el segundo envío después de 45 días.....	86
Figura 39 Entrega de muestras del segundo envío al Laboratorio SAG.	86
Figura 40 Entrega de muestras del segundo envío al Laboratorio SAG.	87
Figura 41 Nuevamente Tratamientos listos para hacer el corte para el tercer envío.....	87
Figura 42 Corte para el envío al laboratorio.....	88
Figura 43 Como podemos observar el Tratamiento 5 no ha crecido, por lo que hicimos solamente un corte en el tercer envío.	88
Figura 44 Resultados de Cianuro Libre de la Muestra Patrón y la Muestra Contaminada.	89
Figura 45 Resultados del barrido de Metales de la Muestra Patrón y la Muestra Contaminada.	90
Figura 46 Resultados del primer envío de muestras del Laboratorio S.A.G.....	91
Figura 47 Resultados del primer envío de muestras del Laboratorio S.A.G.....	92
Figura 48 Resultados del segundo envío de muestras del Laboratorio S.A.G.	93
Figura 49 Resultados del segundo envío de muestras del Laboratorio S.A.G.	94
Figura 50 Resultados del tercer envío de muestras del Laboratorio S.A.G.	95
Figura 51 Resultados del tercer envío de muestras del Laboratorio S.A.G.	96
Figura 52 Resultados del tercer envío de muestras del Laboratorio S.A.G.	97
Figura 53 Cadena custodia del envío de muestras de suelo agrícola y suelo contaminado.	98
Figura 54 Cadena custodia del primer envío de muestras de tejido vegetal.	98
Figura 55 Cadena custodia del segundo envío de muestras de tejido vegetal.....	99
Figura 56 Cadena custodia del tercer envío de muestras de tejido vegetal.....	99

RESUMEN

El presente estudio tuvo como finalidad la determinación del nivel de absorción de metales pesados en el componente suelo impactado por la minería, utilizando la especie fitoextractora *Lolium perenne* que contribuirá a la remediación de suelos. Dicho tratamiento que se llevó a cabo de manera ex sitú, durante 5 meses, estableciendo 3 monitoreos, cada uno al término de los 45 días, tiempo en el cual la especie vuelve a crecer y formar follaje que capture y remueva los metales pesados llevados desde la raíz a la parte aérea de la planta, tejido vegetal que se sometió al método EPA Method 2003, Rev. 1, April. 1991. Metals, Total Recoverable in Biological Tissues / EPA Method 2007, Rev.4.4. EMMC Versión 1994. Dicho suelo mostró altas concentraciones de Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Plomo (Pb), Talio (Tl) y Zinc (Zn) superando los ECAs según el D.S N°011-2017-MINAM que fueron absorbidos por el *Lolium perenne* con un promedio del factor de bio concentración de 0.04 mg/kg para el Arsénicos (As), 0.05 mg/kg para el Cadmio (Cd), 0.3 mg/kg para el Cobre (Cu), 0.05 mg/kg para el Plomo (Pb), 0.3 mg/kg para el Talio (Ti) y 0.09 mg/kg para el Zinc (Zn) .

Palabras clave: *Lolium perenne*, metales pesados, fitoextracción, bioacumulación, biodisponibilidad.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La presencia en los suelos de concentraciones nocivas de algunos elementos químicos y compuestos (contaminantes) es un tipo específico de degradación que se denomina contaminación. El contaminante está siempre en concentraciones mayores de las habituales (anomalías) y en general tiene un efecto adverso sobre algunos organismos. Por su origen puede ser geogénico o antropogénico. Los primeros pueden proceder de la propia roca madre en la que se formó el suelo, de la actividad volcánica o del lixiviado de mineralizaciones. Por el contrario, los antropogénicos se producen por los desechos peligrosos derivados de actividades industriales, agrícolas, mineras, etc. y de los residuos sólidos urbanos. Desde un punto de vista legal, los contaminantes antropogénicos son los verdaderos contaminantes (Romero & Galán, 2008, pág. 48)

La actividad minera produce prosperidad en las zonas donde se lleva a cabo, pero indudablemente tiene un impacto ambiental. Se ha estimado que el uso de tierra para uso minero entre 1976 y 2000 es de 37.000 km²; esto es cerca del 0,2% de toda la superficie terrestre. Los países desarrollados tienen una mayor proporción de terrenos perturbados por la actividad minera que los menos desarrollados (Stevenson, 1989)

Los suelos que quedan tras una explotación minera contienen todo tipo de materiales residuales, escombros estériles, entre otros, lo que representa graves problemas para el desarrollo de la cubierta vegetal, siendo sus características más notables las siguientes: clase textural desequilibrada, ausencia o baja presencia de la estructura edáfica, propiedades químicas anómalas, disminución o desequilibrio en el contenido de nutrientes fundamentales, ruptura de los ciclos biogeoquímicos,

baja profundidad efectiva, dificultad de enraizamiento, baja capacidad de cambio, baja retención de agua y presencia de compuestos tóxicos (García & Dorronsoro, 2002)

Para reducir el nivel de concentración de metales pesados en un suelo se emplean diversos mecanismos de remediación, la fitorremediación es uno de ellos; dado que es el conjunto de métodos para degradar, asimilar, metabolizar o detoxificar metales pesados y compuestos orgánicos por medio de la utilización de plantas (Mentaberry, 2011, pág. 9)

1.1.1. Justificación del Problema

La contaminación ambiental en el componente suelo a consecuencia de la actividad minera cada vez es más evidente, prueba de ello se ve reflejado desde el Inventario Inicial de Pasivos Ambientales publicado por el Ministerio de Energía y Minas con Resolución Ministerial N° 290-2006 con un total de 850 pasivos, dicho inventario se actualizó con Resolución Ministerial N° 238-2020 registrando esta Actualización del Inventario Inicial de Pasivos Ambientales un total de 7956 pasivos en departamentos como: Ancash, Amazonas, Apurímac, Arequipa, Ayacucho, Cajamarca, Cusco, Huancavelica, Huánuco, Ica, Junín, La Libertad, Lambayeque, Lima, Madre de Dios, Moquegua, Pasco, Piura, Puno, San Martín y Tacna.

Según esta Actualización del Inventario Inicial de Pasivos Ambientales, solo en Cajamarca se contabilizan 1155 pasivos ambientales, representando un 14.5% del total, clasificados como abandonados e inactivos, agravando así la contaminación y el mal manejo del componente suelo después de haber sido explotado.

Por todo lo antes mencionado, nos hemos visto en la necesidad de desarrollar esta investigación, que tiene como finalidad remediar los suelos impactados por metales

pesados mediante la utilización de la especie fitorremediadora, siendo el *Lolium perenne* para un mejor aprovechamiento del recurso del suelo Cajamarca 2019.

1.1.2. Antecedentes

Cordero (2015), en la investigación de fitorremediación In Situ para la Recuperación de Suelos Contaminados por Metales Pesados como plomo y cadmio y la evaluación de Selenio, dónde los valores de pH iniciales promedio en los lotes son de 7,9, 7,6 y 8,5 y los valores después del tratamiento son 7,4, 6,1 y 7,8 por lo que el pH disminuyó, teniendo gran influencia en cuanto al movimiento de los metales en el suelo ya que a medida que este valor fue menor se logró una disminución en la concentración de los metales pesados. Cabe anotar que de igual forma el mantener unos valores de pH altos implicó que la movilidad de metales sea baja especialmente en el caso del plomo. Es importante resaltar que las especies utilizadas dentro de este estudio son una buena alternativa para la disminución de la contaminación de cadmio, ya que acumularon y toleraron altas concentraciones de este elemento en el suelo.

Paiva (2015), según su investigación de fitorremediación de suelos con metales pesados como el plomo, utilizaron las especies *Amaranthus spinosus* y *Amaranthaceae* se llegó a la conclusión que, en función del nivel de absorción de plomo, la cantidad de acumulación de plomo por las hojas y tallo; y la cantidad de absorción de plomo en la raíz, e inflorescencia, se obtuvo en los análisis estadísticos de la observación técnica la especie *Amaranthus spinosus* fue más efectiva que la especie *Amaranthaceae*.

Junkang, Renwei, Yongzhen, & Ruigang (2014), experimentaron la fitorremediación de suelos contaminados con Metales Pesados por *Lolium perenne*, los analistas encontraron concentraciones de Pb de 7.84 a 15.92 mg kg⁻¹, adicionalmente a ello

encontraron a los 60 días de haber establecido el experimento, el peso de la biomasa seca en las raíces de las plantas en todos los tratamientos de 0.3 a 1.7 g, en contraste con la parte aérea de las plantas de 2.2 a 2.8 g, esto muestra que es mayor la producción de biomasa en la parte aérea que en las raíces, se encontró concentraciones de Pb en las raíces de las plantas de 85 a 140 mg kg⁻¹ y en la parte aérea de 15 a 40 mg kg⁻¹.

Alvarenga (2009), en su estudio de inmovilización en fitoestabilización en suelos contaminados, afectado por las actividades mineras, utilizando *Lolium perenne* reportaron valores que demostraron la incorporación de lodos de depuradora en los suelos favoreció significativamente el crecimiento de las plantas (118 a 277 %), un comportamiento similar a este estudio. En su experimento en invernadero que duró 60 días evaluaron lodos de depuradora como agentes de inmovilización en la fitoestabilización de suelos contaminados, afectado por las actividades mineras utilizando *Lolium perenne*, los resultados fueron en el suelo testigo donde se concentraron 525 mg kg⁻¹ de Cu, y en los suelos enmendados con SS se concentraron de 444 a 493 mg kg⁻¹. Lo que significó que, con la incorporación de lodos, el contenido de Cu, disminuyó.

Arienzo, Adamo, & Cozzolino (2004), realizaron un estudio en invernadero para determinar la posibilidad de utilizar *Lolium perenne* para la revegetación de los suelos de una antigua planta metalúrgica ferrosa por Metales Pesados. La biomasa total en seco de brotes por unidad experimental resultó en promedio 15 g y en la raíz en promedio 7 g, dando como resultado que es óptimo utilizar la especie *Lolium perenne* para la revegetación del suelo.

Gunawardana, Singhal, & Johnson (2010), en su investigación evaluaron el efecto de varias modificaciones químicas al suelo en el crecimiento de plantas *Lolium perenne*

y en la concentración de Metales Pesados absorbidos por dichas plantas durante un periodo de 30 días, encontrando resultados en las raíces de 0.5 a 1.6 mg kg, ligeramente más alto que en la parte aérea: 0.6 a 1.3 mg kg.

Baker (1981), en su investigación sobre accumulators and excluders: strategies in the response of plants to heavy metals. Demostró que la hiperacumulación de elementos metálicos, como se revisó anteriormente, es un fenómeno que probablemente atraiga la atención continua y creciente de una amplia gama de científicos de plantas en disciplinas tan diferentes como la ecología, la biogeografía, la exploración mineral, la evolución biológica, taxonomía, fisiología y fitoquímica. Utilizando como ejemplos estudios relacionados con elementos comunes; Estos incluyeron tazas esenciales, "beneficiosas" y no esenciales elementos en sistemas biológicos. Nuestra revisión ha revelado la diversidad de especies que poseen poderes extremos de acumulación de los elementos. La hiperacumulación de metales ha evolucionado en una amplia gama de taxones aparentemente no relacionados, aunque como en el caso del níquel, algunos se pueden detectar relaciones filogenéticas a nivel familiar. La información disponible en la actualidad es claramente fragmentaria incluso en el caso de elementos como el cobre y el zinc. A medida que avanza el trabajo básico, queda claro que las listas de especies hiperacumuladoras se ampliarán y no duda incluyen plantas capaces de acumular otros metales menos comunes. Elementos como los elementos del grupo del platino. Si el $BCF_{a\acute{e}rea} < 1$ la planta es excluyente. Si el $1 < BCF_{a\acute{e}rea} > 10$ la planta es acumuladora, Si el $BCF_{a\acute{e}rea} > 10$ la planta es hiperacumuladora.

Medina & Montano (2014), en su investigación sobre el Factor de Bioconcentración y Traslocación de Metales Pesados con dos especies *Juncus Arcticus Willd* y *Cortadería Rudiuscula Stapf* sobre un área contaminada; manifestaron que era

necesario categorizar las plantas en función a su concentración así mismo determinaron los valores de los factores de bioconcentración y traslocación. Para esto fue necesario establecer si la planta es hiperacumuladora o no, en caso lo sea, se pasa a determinar el factor de bioconcentración en la parte aérea de la planta y el factor de traslocación para conocer con ambos factores cuan hiperacumuladora es la planta, en caso contrario solo se determinaría el factor de bioconcentración en la parte raíz, y el factor de traslocación para saber si la planta es fitoestabilizadora o no.

1.1.3. Bases Teóricas

Remoción de metales

Chagua & Tardío (2015), según su investigación acerca de la evaluación de remoción de los metales cobre y zinc por la planta nativa *Scirpus californicus* (totora) en el Perú. Comprobaron la capacidad de remoción de la planta nativa *Scirpus californicus* (totora). Así mismo, obtuvieron las diferencias existentes entre la remoción de cobre y zinc por la planta, de acuerdo a las concentraciones promedio obtenidas en este estudio tenemos el siguiente orden para los metales: $Cu > Zn$. La remoción de cobre y zinc mediante el empleo de planta nativa *Scirpus californicus* (totora) se logró remover Cobre y Zinc.

Acumulación de metales pesados en las plantas

Según Kloke (1994), asegura que la acumulación de metales pesados en las plantas y los órganos de las plantas difiere en su capacidad para acumular metales. En la mayoría de las plantas, raíces, tallos, hojas, frutos y semillas presentan diferentes niveles de concentración y acumulación de metales pesados. (Medina & Montano, 2014) ratifican en su investigación que el factor de bioconcentración y traslocación de metales pesados a través de la aplicación de las especies *Juncus arcticus Willd* y *Cortaderia rudiuscula Stapf*, de áreas contaminadas por pasivos ambientales que la

especie *Cortaderia rudiusscula Stapf*, es una planta que bioconcentra bajas concentraciones de Pb en su raíz, pero trasloca altas concentraciones a su parte aérea, mientras que el *Juncus arcticus Willd.* muestra una baja bioconcentración y traslocación de Pb, lo que indica que esta planta no está dispuesta a transferir Pb de sus raíces a su parte aérea posiblemente debido a la toxicidad del Pb. El *Juncus arcticus Willd.* fue más eficiente que la *Cortaderia rudiusscula Stapf* en la traslocación de Mn y Cd, mientras que la *Cortaderia rudiusscula Stapf* fue más eficiente que el *Juncus arcticus Willd.* en la traslocación de Pb, Sb, As, Fe y Al.

Factor de Bioacumulación

Medina & Montano (2014); Mentaberry (2011), según los autores el índice de bioconcentración (BF), coeficiente de absorción biológica (BAC), coeficiente de transferencia (TC), Factor de concentración (Cf) o coeficiente de bioacumulación (BAC); se utiliza para medir la capacidad de captación de un metal por una planta (raíz y parte aérea) con relación a su concentración en el suelo. Para las plantas, el BCF se utiliza como una medida de la eficiencia de acumulación de metales en biomasa, donde valores > 1 indican que las especies son potencialmente hiperacumuladora y aquellas especies exclusoras poseen BCF menores que 1, cuanto mayor es su capacidad de exclusión.

Adaptación de Especies Vegetales en Suelos Contaminados

Nakmatsu, Ciano, & Luque (2016), en su investigación de especies como *Grindelia chiloensis* en el suelo contaminado por hidrocarburo los tenores de hidrocarburos evaluados son altos, presentando aún susceptibilidad para ser degradados. El contenido de humedad es bajo (promedio 10%), lo cual limita el crecimiento y metabolismo bacteriano (Pucci y colaboradores, 1995). La cantidad de humedad

necesaria para una adecuada biodegradación es alrededor del 20% (Ercoli y colaboradores, 1995).

Factores de determinación de metales pesados

Saavedra (2018), en su investigación sobre factor de bioconcentración y traslocación de especies determinando el factor de bioconcentración y traslocación en tres especies vegetales altoandinas *Stipa ichu* (Ruíz y Pav.) Kunth, *Pennisetum clandestinum* Hochst ex Chiov y *Medicago lupulina* L., para suelos contaminados con metales pesados (Pb, Cd, Ni, Zn, y Cu) en condiciones de invernadero. Comprobaron las concentraciones totales de Pb, Cd, Ni, Zn, y Cu en las diferentes partes de la planta (tallos y hojas) y raíces de las especies vegetales altoandinas, así mismo de los suelos donde se desarrollaron. Como resultado en la investigación se propagó *Stipa ichu* (Ruíz y Pav.) Kunth por semillas con un porcentaje de sobrevivencia al 100%.

Riffo (2016), en su investigación de Transferencia de metales pesados Cu, Pb, Zn, Ni, Co y Cr desde un suelo con especies *Salicornia* y *Lolium perenne* se fijó que el mayor porcentaje de este metal absorbido por la planta lo hizo la raíz lo cual es un valor muy alto del promedio calculado. Esta tendencia se ve en todo el proceso, los cuales su mayor absorción de Zn se ve reflejados en la raíz más que en la parte aérea. En resumen, el mayor contenido de los metales Zn, Cu y Ni ha sido acumulado por la raíz de *Lolium perenne* y el mayor contenido de los metales Pb y Cr han sido acumulado por la raíz de *Lolium perenne*, lo cual da a entender que la parte de la planta que acumuló el mayor contenido del total de los metales (Zn, Cu, Pb, Cr y Ni) es la raíz de *Lolium perenne*; se puede concluir que la mejor concentración del suelo, con la que se llega a un óptimo resultado de fitoextracción, es la Biodisponible

por sobre la Pseudo-Total, ya que éste último no da una valoración apropiada del impacto ambiental causado.

Metales Pesados en las Plantas

Las plantas tienen un comportamiento complejo ya que las especies vegetales e incluso, las variedades difieren, entre sí, en su capacidad para absorber metales, acumularlos y tolerarlos (Alloway & Jackson, 1991). Algunas de estas crean mecanismos para tolerarlos ligando los metales a las paredes celulares, como también los introducen en las vacuolas o simplemente los compleja con ácidos orgánicos y otras plantas sufren adaptaciones enzimáticas que les permiten realizar sus funciones en presencia de cantidades elevadas de metales pesados (Peris, 2006). Según Ross & Kaye (1994), las plantas se clasifican en función de su comportamiento ante la presencia de metales en el ambiente en tres tipos excluyentes, indicadoras y acumuladoras. Así, las excluyentes restringen la entrada o la traslación de metales tóxicos. Esto les permite vivir en ambientes con elevadas concentraciones de metales Barcelo & Poschnrieder (1992, pág. 4). Las 32 Fundamentos teóricos indicadoras reflejan el incremento de metal producido en el entorno. Por último, las acumuladoras incrementan activamente los metales en sus tejidos. (Peris, 2006) Distintos metales pesados se estudiarán en la presente investigación, a los cuales se les determinará el factor de Bioconcentración y transferencia, dentro de los cuales se resaltan Cadmio, Cromo, Plomo, Mercurio y Arsénico

1.1.4. Definición de Términos

Bioacumulación: Proceso de acumulación de ciertos productos dentro de los organismos. Algunos metales pesados e hidrocarburos clorados son acumulados por los organismos acuáticos. Es por eso que pueden encontrarse concentraciones muy

altas de estos elementos químicos en tejidos biológicos, aun cuando se hallen extremadamente diluidos en el medio acuático circundante. La acumulación de hidrocarburos clorados es mayor en tejidos animales ricos en grasas (López, 1996, pág. 41)

Biodisponibilidad: La determinación de los contenidos totales de metales pesados en sedimentos no es suficiente para evaluar el grado de Impacto Ambiental de una fuente contaminante, por lo que se hace necesario cuantificar y caracterizar las especies iónicas metálicas presentes. Dentro de las fases identificadas se tienen las fases biodisponibles de cada elemento, dimensionando así el real impacto que causa sobre los seres vivos (Chira, 2011, pág. 150).

Biodisponibilidad de metales pesados: Para que los metales pesados puedan ejercer su toxicidad sobre un ser vivo, éstos deben encontrarse disponibles para ser captados por éste, es decir que el metal debe estar biodisponible. El concepto de biodisponibilidad se encuentra íntimamente relacionado con las condiciones fisicoquímicas del ambiente. Por ello es fundamental, al determinar el grado de contaminación por metales pesados de un ambiente, conocer su biodisponibilidad, es decir, la concentración de metal libre y lábil presente (Vullo, 2003, pág. 94).

Contaminación de suelos: la contaminación del suelo consiste en la degradación dada en la calidad de la superficie terrestre asociada a múltiples causas; pero principalmente generada por sustancias químicas. Por su parte, esto ha provocado el aumento en la concentración de dichas sustancias; las cuales en su mayoría se relaciona con la existencia a partir del ser humano (Mendoza, 2003, pág. 3)

Fitorremediación: La fitorremediación es el empleo de plantas y sus microorganismos asociados para la mejora funcional y recuperación de suelos contaminados. Este método se basa en los procesos naturales mediante los cuales las

plantas y el microbiota asociada a sus raíces degradan y/o secuestran los contaminantes (Delgadillo, 2011, pág. 597)

Fitotoxicidad: es un término que se emplea para describir el grado de efecto tóxico producido por un compuesto sobre el crecimiento de las plantas. Estos daños pueden ser causados por una gran variedad de compuestos, incluyendo trazas metálicas, pesticidas, salinidad, fitotoxinas o la alelopatía natural entre las plantas (García, 2009, pág. 5).

Lolium perenne: conocida como ballica inglesa, es originaria de Asia y del norte de África, regiones que muestran características de climas templados. Presenta una amplia distribución a nivel mundial, como Norte y Sudamérica, Nueva Zelanda y Australia. (Walton, 1983) (Balasko & Evers, 1995)

Ruiz (1988); Hannaway (1999, pág. 10) señalan que *Lolium perenne* es una especie de importancia en los sistemas pastoriles por su palatabilidad y alta digestibilidad. Es considerada una gramínea perenne, con una alta capacidad de generar macollos, permitiéndole establecerse rápidamente, obteniendo así su máximo potencial de rendimiento y persistencia. Se adapta en zonas templadas o frías, con buena distribución de precipitaciones como en la denominada zona mediterránea húmeda, desde la zona de Malleco a Chiloé (López, 1996, pág. 41)

Métales pesados: son aquellos cuya densidad es por lo menos cinco veces mayor que la del agua. Tienen aplicación directa en numerosos procesos de producción de bienes y servicios. Los más importantes son: Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cobalto (Co), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Mercurio (Hg), Níquel (Ni), Plomo (Pb), Estaño (Sn) y Zinc (Zn). Metales tóxicos son aquellos cuya concentración en el ambiente puede causar daños en la salud de las personas. Los términos metales pesados y metales

tóxicos se usan como sinónimos, pero sólo algunos de ellos pertenecen a ambos grupos (Mendoza, 2003, pág. 5).

Minería: La minería es una actividad económica del sector primario representada por la explotación o extracción de los minerales que se han acumulado en el suelo y subsuelo en forma de yacimientos (Graña, 2007, pág. 2)

Morfología de *Lolium perenne*: Esta especie presenta una altura de 30 a 60 cm, hojas de color verde brillante, las cuales alcanzan una altura de 5 a 15 cm, y un ancho de 2 a 6 mm, son puntiagudas glabras y rígidas, además estas se encuentran plegadas en la yema. Presentan espigas delgadas y rígidas de las cuales nacen las semillas que carecen de barbas, en grupos opuestos a los lados del tallo (Hughes, 1966). Tiene vainas de color verde pálido y de color rojizo en la base. Su sistema radicular es bastante ramificado, produciendo raíces adventicias desde la base del tallo (Hannaway, 1999, pág. 8)

Pasivo ambiental: La denominación pasivo ambiental minero hace referencia a los impactos ambientales generados por la operación minera abandonada con o sin dueño u operador identificables y en donde no se hayan realizado un cierre de minas reglamentado y certificado por la autoridad correspondiente (Aramburo & Olaya, 2012).

Remediación: se refiere a la remoción de contaminación o contaminantes del medio ambiente (suelo, aguas subterráneas, sedimento o aguas de la superficie) para la protección general de la salud humana y del ambiente, o de tierras provistas para el redesarrollo. La remediación es generalmente tema de requerimientos regulatorios y, además, puede estar basado en gravámenes de salud humana y riesgos ecológicos donde no existen estándares legislados o donde los estándares son consultivos (Villalba, 2003).

Resiliencia de suelos: La resiliencia del suelo es un concepto importante para entender la capacidad de los suelos para recuperarse de la degradación. La resiliencia del suelo refleja el tiempo necesario para que se recupere tras una perturbación, un factor importante en la estabilidad del suministro de alimentos (Burga, 2009)

Plantas hiperacumuladoras: Una planta hiperacumuladora es una planta capaz de crecer en suelos con grandes concentraciones de metales pesados, concentraciones que resultan tóxicas incluso para especies cercanamente emparentadas a la misma. Estas plantas extraen el metal del suelo a través de sus raíces y lo concentran hasta niveles extremadamente altos en sus tejidos, por lo cual son investigadas como agentes de fitorremediación de suelos contaminados y de fitominería (recuperación de metales obtenidos por las plantas). Las plantas hiperacumuladoras son más veloces en la captación de metales por las raíces, lo transfieren más rápidamente al tejido vascular del tallo, y lo almacenan en mayores cantidades en sus hojas y raíces. La habilidad hiperacumuladora en relación a especies emparentadas se encontró debida a una expresión diferencial de genes y una diferente regulación de los genes presentes en especies emparentadas (Hemen, 2011)

En este sentido, hay tres características principales que describen las plantas hiperacumuladoras:

- Fuerte aumento de la tasa de absorción de metales pesados.
- Raíces que realizan la translocación más rápidamente.
- Gran habilidad por detoxificar y acumular metales pesados en hojas (Acosta, 2016)

pH: El pH es una unidad de medida que sirve para establecer el nivel de acidez o alcalinidad de una sustancia. Se expresa como el logaritmo negativo de base de 10 en la actividad de iones de hidrógeno. Cuando se obtiene mediante una medida de pH

que un producto, sustancia o elemento es ácido, quiere decir que posee una alta o baja cantidad de iones de hidrógeno (dependiendo del nivel). Por su parte, que la medición arroje que una sustancia es alcalina (base), significa que no cuenta con estas concentraciones de iones de hidrógeno. Por lo tanto, el pH no es más que el indicador del potencial de hidrógenos (Alvarez, 2018)

Movilización de metales pesados en el suelo: La contaminación del suelo por metales pesados está fundamentalmente relacionada con diferentes tipos de actividades humanas. Una vez en el suelo, los metales pesados pueden quedar retenidos en el mismo, pero también pueden ser movilizados en la solución del suelo mediante diferentes mecanismos biológicos y químicos (Pagnanelli, 2004, pág. 141)

Los factores que influyen en la movilización de metales pesados en el suelo son:

- Características del suelo: pH, potencial redox, composición iónica de la solución del suelo, capacidad de cambio, presencia de carbonatos, materia orgánica, textura, etc...
- Naturaleza de la contaminación: origen de los metales y forma de deposición.
- Condiciones medioambientales: acidificación, cambios en las condiciones redox, variación de temperatura y humedad, etc. (Sauquillo, 2003, pág. 142)

La movilización es relativa a todos estos factores, pero especialmente a aquellos que afectan a la transferencia desde fases sólidas a líquidas (Alloway, 1995, pág. 142)

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el nivel de absorción de seis metales pesados utilizando *Lolium perenne* en el suelo impactado por minería en Paredones – Cajamarca 2019?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar el nivel de absorción de seis metales pesados utilizando el *Lolium perenne* en suelo impactado por la minería en Paredones – Cajamarca 2019.

1.3.2. Objetivos específicos

Determinar la concentración de metales pesados presentes en el suelo impactado por la minería en Paredones - Cajamarca, 2019 y en el suelo testigo agrícola.

Determinar la movilización de metales pesados del suelo hacia la parte aérea de la planta *Lolium perenne*.

Determinar el factor de bioacumulación de los metales seleccionados una vez aplicado el tratamiento del *Lolium perenne* en suelo impactado por la minería en Paredones, utilizando la fórmula BCF.

Determinar la presencia de otros metales que muestren un valor menor de movilización de la concentración del metal del suelo hacia la parte aérea de la planta *Lolium perenne* en suelo impactado por la minería en Paredones – Cajamarca 2019, que fue utilizada en los tratamientos.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

Se determinó que el *Lolium perenne* como especie fitorremediadora es eficiente a medida que transcurre el tiempo para la reducción del nivel de contaminación en los suelos impactados por Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Plomo (Pb), Talio (Tl) y Zinc (Zn) en el suelo impactado por la minería en Paredones – Cajamarca 2019.

1.4.2. Hipótesis específicas

Se determinó que el *Lolium perenne* como especie fitorremediadora sí es eficiente a medida que transcurre el tiempo para la reducción del nivel de contaminación en los suelos impactados por Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Plomo (Pb), Talio (Tl) y Zinc (Zn) en el suelo impactado por la minería en Paredones – Cajamarca 2019.

El *Lolium perenne* remueve todos los metales del suelo en la misma proporción superando el 51% de representatividad del valor inicial.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Ubicación

La ex - Mina Paredones, está ubicada en el distrito y Provincia de San Pablo, en el departamento de Cajamarca; a 108 km por carretera desde el puerto de Pacasmayo y sobre el margen izquierdo del río San Pablo, por su margen derecha en la localidad de Chilete.

Distrito: San Bernadino

Provincia: San Pablo

Región: Cajamarca

Ubigeo: 061202

Latitud Sur: 7° 11' 18.3" S

Longitud Oeste: 78° 49' 23.3"

Altitud: 944 m.s.n.m

Extracción de las muestras de pasivos ambientales Paredones- Cajamarca 2018

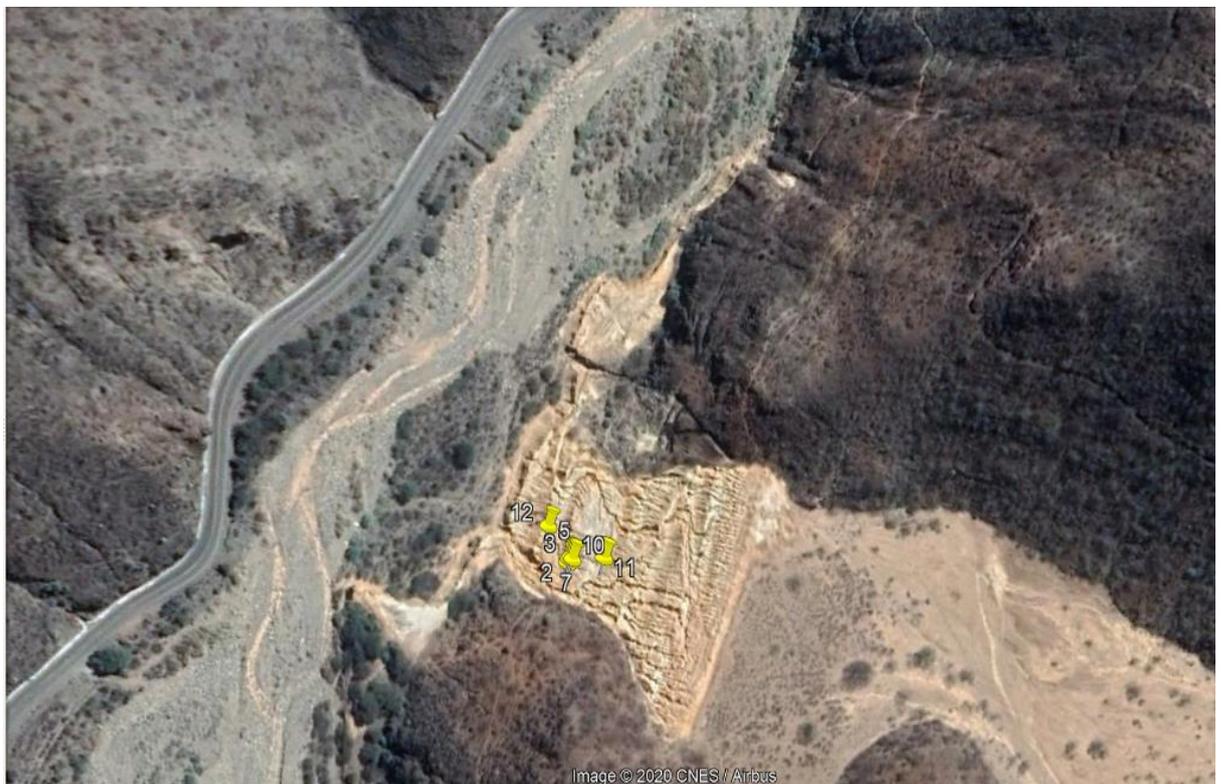


Figura 1 Ubicación geográfica muestras de Paredones (Google Earth)

2.2. Tipo de investigación

No experimental- longitudinal de análisis evolutivo de grupo.

Investigación no experimental: Estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010, pág. 149)

Diseños longitudinales son estudios que recaban datos en diferentes puntos del tiempo, para realizar inferencias acerca de la evolución, sus causas y sus efectos. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010, pág. 158) Los diseños longitudinales efectúan observaciones en dos o más momentos o puntos en el tiempo. Si estudian una población son diseños de tendencia (trends), si analizan una subpoblación o grupo específico son diseños de análisis evolutivo de grupo (cohorte) y si se estudian los mismos participantes son diseños panel. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010, pág. 165)

2.3. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

2.3.1. Población

Suelos impactados por la actividad minera-

2.3.2. Muestra

- ✓ T° 1 Testigo: suelo agrícola y libre de impacto por actividad minera.
- ✓ T° 2 Suelo impactado por la actividad minera - Mina ExParedones.
- ✓ T° 3 Suelo impactado por la actividad minera - Mina ExParedones.
- ✓ T° 4 Suelo impactado por la actividad minera - Mina ExParedones.
- ✓ T° 5 Suelo impactado por la actividad minera - Mina ExParedones.

2.3.3. Materiales, instrumentos y métodos

2.3.3.1. Materiales

- ✓ Libreta de campo, lapicero

- ✓ Guantes
- ✓ Palana, pico
- ✓ Bolsas esterilizadas
- ✓ Cámara fotográfica
- ✓ 5 baldes
- ✓ Tijera para cortar las plantas
- ✓ Softwares (Goolge Earth)

2.3.3.2. Instrumentos

- ✓ Balanza
- ✓ pH-metro PCE-PH20S
- ✓ Cadenas de custodia.
- ✓ Análisis estadísticos.
- ✓ GPS

2.3.3.3. Métodos

El método de análisis por ICP que utilizó el Laboratorio SAG fue; EPA-821-R-01-010 METHOD 200.7 REV.4.4 (1994). Determination of Metals and trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry.

Para la determinación de los analitos recuperables totales en muestras acuosas y sólidas, se requiere una digestión / extracción antes del análisis cuando los elementos no están en solución (por ejemplo, suelos, lodos, sedimentos y muestras acuosas que pueden contener partículas y sólidos suspendidos). Las muestras acuosas que contienen material suspendido o en partículas $\geq 1\%$ (p / v) deben extraerse como una muestra de tipo sólido.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.4.1. Técnicas

a. Observación:

Es el proceso de observar detalladamente un fenómeno, caso o hecho con el propósito de recabar la mayor cantidad de información objetiva posible y registrarla para su análisis, que consiste en una serie de pasos que garantizan la objetividad y la demostrabilidad del estudio; es la herramienta utilizada para recolectar la información de la muestra seleccionada y poder resolver el problema de la investigación.

b. Evaluación:

La evaluación es el proceso que tiene como finalidad determinar en qué medida se ha logrado el objetivo establecido, que permiten contrastar la información realizada.

2.4.2. Instrumentos de recolección

Los instrumentos utilizados fueron mediante una guía de información a través de notas registradas y realizadas continuamente. Es la herramienta utilizada para recolectar la información de la muestra seleccionada y poder resolver el problema de la investigación.

CADENA DE CUSTODIA

La cadena custodia debe contener al menos:

- ✓ El número de la hoja de custodia proporcionada por el laboratorio.
- ✓ El nombre de la empresa y del responsable del muestreo.
- ✓ La fecha y hora del muestreo.
- ✓ Nombre del proyecto
- ✓ Las claves de la muestra.

- ✓ Los análisis o la determinación requerida.
- ✓ El número de envases.
- ✓ Observaciones.

2.4.3. Análisis de datos

Para el análisis de la información de nuestro trabajo utilizamos: promedio y el análisis de correlación de datos de Pearson.

2.5. Procedimiento

2.5.1. Selección de la zona y profundidad de extracción de muestra

Para el estudio químico del suelo, lo normal es la obtención de muestras de suelo disturbado, es decir, sin conservar la estructura natural del suelo. Para determinar la profundidad de las muestras se seleccionó la muestra estándar que consiste en extraer muestras del suelo superficial, de una profundidad de aproximadamente 20 cm (0 - 20 cm). Ello es válido si en esa estrata se encuentra un sólo horizonte, o bien si existe una transición gradual desde el horizonte superior al siguiente. No es necesario realizar un muestreo de mayor profundidad puesto que se tiene antecedentes de tales suelos (Schlatter & Grez, 2003)

Los metales encontrados con anterioridad en la investigación de la determinación de metales pesados en suelos y flora de los embalses de relave de la Mina Paredones Cajamarca 2017 que fueron realizado por Díaz y Medina; encontrando al hierro como metal de mayor presencia en el suelo con una concentración de 65020 ml/kg excediendo el ECA para uso de suelo comercial, industrial extractivo (Díaz & Medina, 2017)

2.5.2. Preparación de la muestra de suelo a extraer

El espacio del cual se extrajo la muestra fue limpiado, quitando las especies vegetales que existen a su alrededor, quedando de manera uniforme y listo para la extracción de la muestra de suelo.

2.5.3. Recolección de muestra.

Para la obtención de las muestras, se utilizó una palana de tubo de acero pared delgada, es el más apropiado para obtener muestras reproducibles en la superficie del suelo o a poca profundidad. Este instrumento se hunde en el suelo a la profundidad deseada y retienen una muestra sin perturbación. Se extrajo 300 kg de suelo impactado por metales pesados.

Se estableció la cantidad de muestras.

Toma de muestras (300 gramos por muestra).

Se tomó una muestra T° 1 para ambos suelos (suelo agrícola no impactado y suelo impactado por minería) que fueron enviadas al laboratorio, las mismas que arrojaron las cifras que sirvieron para el contraste al final del tratamiento.

2.5.4. Traslado de la muestra:

El traslado de la muestra se ejecutó con los cuidados requeridos para evitar su contaminación o contacto con cualquier agente externo que pueda alterar su condición, su etiquetado fue colocado en un lugar visible adecuadamente para evitar su pérdida, para ello se embalaron los contenedores donde se trasladaba la muestra asegurando la completa estabilidad de los recipientes que las contenían para evitar algún deterioro durante el traslado. Tanto las muestras como la proporción de suelo que se designó para cada testigo no tenían por qué tener contacto con la estructura metálica del medio de transporte, el traslado se realizó en envases totalmente herméticos.

2.5.5. Elección del envase a colocar las muestras testigos:

Se seleccionaron 5 baldes de plástico de 20 Litros debidamente esterilizados.

2.5.6. Preparación del almácigo

Colocamos en un módulo la tierra orgánica la semilla del *Lolium perenne* hasta alcanzar un tamaño adecuado, aproximadamente de 4 meses para la resistencia al trasplante de las muestras con proporciones de suelo impactado por la actividad minera.

Cuando la planta se encontró en condiciones de sobrevivir se trasladó a los diferentes baldes para empezar el tratamiento.

2.5.7. Trasplante de las especies a evaluar:

Una vez germinada la especie *Lolium perenne* del almácigo, se trasplantó a los 5 baldes testigos con los implementos de seguridad respectivos para su manipulación.

2.5.8. Aplicación del tratamiento

Para iniciar con el tratamiento, procedimos a la designación de la proporción tanto de suelo agrícola como del suelo impactado por la actividad minera. Una vez realizado el trasplante de las especies en los 5 baldes testigos, se realizó el seguimiento. En el primer balde se colocó 22 kilogramos de suelo agrícola siendo este nuestro testigo sin suelo contaminado representando el 100% de suelo libre de contaminantes, en el segundo balde se colocó 5.5 kilogramos de suelo agrícola representando una proporción del 25% y 16.5 kilogramos de suelo contaminado representando el 75% del total del testigo, seguidamente en el tercer balde se colocó 11 kilogramos de suelo agrícola y 11 kilogramos de suelo contaminado, en ambos casos representando el 50% del testigo respectivamente, en el cuarto balde se colocó 16.5 kilogramos de suelo agrícola representando 75% y 5.5 kilogramos de suelos contaminado obteniendo el 25% respectivamente, y por último en el quinto balde se colocó 22 kilogramos de suelo contaminado representando el 100%

del testigo. Una vez realizada la mezcla de las proporciones de suelo, procedimos al trasplante de los macollos del *Lolium perenne* especies en los 5 baldes testigos respectivamente. Se realizaron 3 cortes como monitoreo, al cabo de cada cuarenta y cinco días, se enviaron a laboratorio las muestras de tejido vegetal cada finalizado este plazo, y se obtuvo un informe por cada monitoreo por parte del laboratorio, documentos que se encuentran anexados en la presente investigación, al mismo tiempo estos servirán para contrastar los resultados iniciales con los de cada monitoreo.

2.5.9. Presentación de resultados

La presentación de los resultados se realizará en dos etapas:

1. Etapa: Controles basales de las muestras de suelo (agrícola e impactado por metales pesados).
2. Etapa: Muestra de tejido vegetal desglosado en 3 monitoreos cada 45 días respectivamente.

2.6. Aspectos éticos

Los aspectos éticos considerados en la presente investigación; fueron hechos para promover, proteger la integridad, el honor y la dignidad de nuestra profesión, así como la veracidad de cada uno de nuestros actos como futuras ingenieras. Por lo que hemos sido muy honestas e imparciales en nuestra investigación. Desarrollando con ética, principios, mostrando al público calidad y veracidad de este proyecto de investigación en ingeniería ambiental.

Por lo tanto: Se trabajó en función al formato de redacción que establece la Universidad Privada Del Norte, se citó adecuadamente las fuentes de referencia bibliográfica (formato APA). Además, se realizó la recolección de datos verdaderos y confiables proporcionados por los informes de las muestras tomadas y enviadas al Laboratorio Servicios Analíticos Generales S.A.C con registro N° LE 0-47

certificado por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL). Tomando en cuenta que se realizó dicho estudio para contribuir por la mejora de nuestra sociedad aplicando una especie vegetativa extractora de metales pesados del componente suelo.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Tabla 1

Concentración de metales pesados de la Muestra patrón suelo Agrícola Cajamarca – mina Paredones.

Producto declarado		Suelo	
Matriz Analizada		Suelo	
Fecha de muestreo		2018-10-22	
Hora de inicio de muestreo (h)		17:40	
Condiciones de la muestra		Conservada	
Código del cliente		Suelo Agrícola	
Código del laboratorio		18101938	
ENSAYO ACREDITADO ANTE INACAL-DA			
Ensayo	L.D.M	Unidades	Resultados
Metales			
Plata (Ag)	0.07	mg/kg	<0.07
Aluminio (Al)	1.4	mg/kg	7734.7
Arsénico (As)	0.1	mg/kg	9.5
Boro (B)	0.2	mg/kg	1.1
Bario (Ba)	0.2	mg/kg	68.6
Berilio (Be)	0.03	mg/kg	0.31
Calcio (Ca)	4.7	mg/kg	12772.5
Cadmio (Cd)	0.04	mg/kg	3.14
Cerio (Ce)	0.2	mg/kg	24.3
Cobalto (Co)	0.05	mg/kg	5.13
Cromo (Cr)	0.04	mg/kg	6.97
Cobre (Cu)	0.1	mg/kg	13.1

Hierro (Fe)	0.2	mg/kg	13857.6
Mercurio (Hg)	0.1	mg/kg	<0.1
Potasio (K)	4.3	mg/kg	1265.6
Litio (Li)	0.3	mg/kg	3.5
Magnesio (Mg)	4.4	mg/kg	1241.7
Manganeso (Mn)	0.05	mg/kg	251.46
Molibdeno (Mo)	0.2	mg/kg	<0.2
Sodio (Na)	2.3	mg/kg	57.3
Níquel (Ni)	0.06	mg/kg	5.97
Fósforo (P)	0.3	mg/kg	1010.9
Plomo (Pb)	0.06	mg/kg	28.03
Antimonio (Sb)	0.2	mg/kg	<0.2
Selenio (Se)	0.3	mg/kg	<0.3
Estaño (Sn)	0.1	mg/kg	0.5
Estroncio (Sr)	0.1	mg/kg	40.0
Titanio (Ti)	0.03	mg/kg	24.57
Talio (Tl)	0.3	mg/kg	<0.3
Vanadio (V)	0.04	mg/kg	22.81
Zinc (Zn)	0.2	mg/kg	80.9

Fuente: SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C. Informe de ensayo N° 126178 – 2018 con valor oficial

Tabla 2

Concentración de metales pesados de la Muestra patrón suelo contaminado- mina Paredones.

Producto declarado		Suelo	
Matriz Analizada		Suelo	
Fecha de muestreo		2018-10-22	
Hora de inicio de muestreo (h)		11:45	
Condiciones de la muestra		Conservada	
Código del cliente		Suelo Contaminado	
Código del laboratorio		18101940	
ENSAYO ACREDITADO ANTE INACAL-DA			
Ensayo	L.D.M	Unidades	Resultados
Metales			
Plata (Ag)	0.07	mg/kg	<0.07
Aluminio (Al)	1.4	mg/kg	9782
Arsénico (As)	0.1	mg/kg	2507.7
Boro (B)	0.2	mg/kg	<0.2
Bario (Ba)	0.2	mg/kg	65.3
Berilio (Be)	0.03	mg/kg	<0.03
Calcio (Ca)	4.7	mg/kg	3764.0
Cadmio (Cd)	0.04	mg/kg	123.23
Cerio (Ce)	0.2	mg/kg	14.8
Cobalto (Co)	0.05	mg/kg	13.46
Cromo (Cr)	0.04	mg/kg	<0.04
Cobre (Cu)	0.1	mg/kg	290.8
Hierro (Fe)	0.2	mg/kg	>20000
Mercurio (Hg)	0.1	mg/kg	<0.1
Potasio (K)	4.3	mg/kg	6844.8
Litio (Li)	0.3	mg/kg	10.5
Magnesio (Mg)	4.4	mg/kg	3152.0
Manganeso (Mn)	0.05	mg/kg	1618.83

Molibdeno (Mo)	0.2	mg/kg	2.6
Sodio (Na)	2.3	mg/kg	88.4
Níquel (Ni)	0.06	mg/kg	<0.06
Fósforo (P)	0.3	mg/kg	383.1
Plomo (Pb)	0.06	mg/kg	2007.39
Antimonio (Sb)	0.2	mg/kg	16.6
Selenio (Se)	0.3	mg/kg	<0.3
Estaño (Sn)	0.1	mg/kg	1.3
Estroncio (Sr)	0.1	mg/kg	10.8
Titanio (Ti)	0.03	mg/kg	5.65
Talio (Tl)	0.3	mg/kg	1.1
Vanadio (V)	0.04	mg/kg	39.25
Zinc (Zn)	0.2	mg/kg	>5000

Fuente: SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C. Informe de ensayo N° 126178 – 2018 con valor oficial

Tabla 3

Resultados de Análisis de agua para el regado de las plantas en tratamiento.

PARÁMETROS	RESULTADOS	UNIDADES
Conductividad	316	μS/ cm
TDS	151.6	mg/L
Salinidad	0.15	%
pH	8.33	pH
Turbidez	1.85	NTU

Nota:

Se realizó el análisis de la muestra de agua que se utilizó para el regado de las plantas de los tratamientos con la finalidad que los parámetros se encuentren en el rango y no alteren los resultados de las muestras en los monitoreos establecidos.

Tabla 4

Resultado del tratamiento monitoreo 1

Producto declarado	Tejido Vegetal	Tejido Vegetal	Tejido Vegetal	Tejido Vegetal		
Matriz Analizada	Tejido Vegetal	Tejido Vegetal	Tejido Vegetal	Tejido Vegetal		
Fecha de muestreo	2019-09-27	2019-09-27	2019-09-27	2019-09-27		
Hora de inicio de muestreo (h)	15:59	16:15	15:31	16:31		
Condiciones de la muestra	Refrigerada/ Preservada	Refrigerada/ Preservada	Refrigerada/ Preservada	Refrigerada/ Preservada		
Código del cliente	T 1	T 2	T 3	T 4		
Código del laboratorio	19092971	19092972	19092973	19092974		
ENSAYO ACREDITADO ANTE IAS						
Ensayo	L.D.M.	Unidades	Resultados			
METALES TOTALES						
Plata (Ag)	0.07	mg/kg	<0.07	0.34	<0.07	<0.07
Aluminio (Al)	1.4	mg/kg	18.1	2327.8	76.0	18.0
Arsénico (As)	0.1	mg/kg	<0.1	164.1	6.5	0.7
Boro (B)	0.2	mg/kg	0.8	<0.2	<0.2	0.6
Bario (Ba)	0.2	mg/kg	1.1	20.2	1.7	0.4
Berilio (Be)	0.03	mg/kg	<0.03	0.08	<0.03	<0.03
Calcio (Ca)	4.7	mg/kg	1134.9	1298.3	1080.1	954.9
Cadmio (Cd)	0.04	mg/kg	<0.04	15.60	1.67	0.28
Cerio (Ce)	0.2	mg/kg	<0.2	3.0	0.2	<0.2
Cobalto (Co)	0.05	mg/kg	<0.05	1.38	0.22	<0.05
Cromo (Cr)	0.04	mg/kg	<0.04	0.59	<0.04	<0.04
Cobre (Cu)	0.1	mg/kg	1.4	114.4	4.4	3.2
Hierro (Fe)	0.2	mg/kg	34.3	8990.5	435.8	58.7
Mercurio (Hg)	0.1	mg/kg	0.1	<0.1	0.1	0.3

Potasio (K)	4.3	mg/kg	5878.8	2156.2	3797.7	5250.5
Litio (Li)	0.3	mg/kg	<0.3	1.1	<0.3	<0.3
Magnesio (Mg)	4.4	mg/kg	185.4	286.2	294.3	229.2
Manganeso (Mn)	0.05	mg/kg	3.76	180.67	108.26	22.45
Molibdeno (Mo)	0.2	mg/kg	<0.2	0.4	<0.2	<0.2
Sodio (Na)	2.3	mg/kg	46.0	91.9	84.1	47.0
Níquel (Ni)	0.06	mg/kg	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06
Fósforo (P)	0.3	mg/kg	424.7	485.5	313.3	411.6
Plomo (Pb)	0.06	mg/kg	0.14	177.32	8.13	0.76
Antimonio (Sb)	0.2	mg/kg	<0.2	1.8	<0.2	0.2
Selenio (Se)	0.3	mg/kg	<0.3	<0.3	<0.3	0.3
Estaño (Sn)	0.1	mg/kg	<0.1	0.2	<0.1	0.2
Estroncio (Sr)	0.1	mg/kg	3.0	5.5	2.1	1.9
Titanio (Ti)	0.03	mg/kg	0.39	1.44	0.61	0.35
Talio (Tl)	0.3	mg/kg	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Vanadio (V)	0.04	mg/kg	<0.04	3.10	0.16	<0.04
Zinc (Zn)	0.2	mg/kg	3.4	1120.2	125.6	40.5
Uranio (U)	0.7	mg/kg	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7

Fuente: SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C. Informe de ensayo N° 136815 – 2019 con valor oficial

Tabla 5

Resultado del tratamiento monitoreo 2.

Producto declarado			Tejido Vegetal	Tejido Vegetal	Tejido Vegetal	Tejido Vegetal
Matriz Analizada			Tejido Vegetal	Tejido Vegetal	Tejido Vegetal	Tejido Vegetal
Fecha de muestreo			2019-11-11	2019-11-11	2019-11-11	2019-11-11
Hora de inicio de muestreo (h)			15:04	15:15	15:25	15:35
Condiciones de la muestra			Refrigerada/ Preservada	Refrigerada/ Preservada	Refrigerada/ Preservada	Refrigerada/ Preservada
Código del cliente			T 1	T 2	T 3	T 4
Código del laboratorio			19111703	19111704	19111705	19111706
ENSAYO ACREDITADO ANTE IAS						
Ensayo	L.D.M.	Unidades	Resultados			
METALES TOTALES						
Plata (Ag)	0.07	mg/kg	<0.07	0.36	0.07	<0.07
Aluminio (Al)	1.4	mg/kg	11.0	1234.6	117.3	3.5
Arsénico (As)	0.1	mg/kg	0.2	84.0	12.2	<0.1
Boro (B)	0.2	mg/kg	1.3	<0.2	0.9	0.3
Bario (Ba)	0.2	mg/kg	2.4	14.2	2.4	<0.2
Berilio (Be)	0.03	mg/kg	<0.03	0.07	<0.03	<0.03
Calcio (Ca)	4.7	mg/kg	2133.0	207.9	1126.2	740.5
Cadmio (Cd)	0.04	mg/kg	<0.04	2.33	4.29	0.14
Cerio (Ce)	0.2	mg/kg	<0.2	0.3	<0.2	<0.2
Cobalto (Co)	0.05	mg/kg	<0.05	0.77	0.36	<0.05
Cromo (Cr)	0.04	mg/kg	0.08	0.30	0.11	0.04
Cobre (Cu)	0.1	mg/kg	1.0	82.2	6.1	1.2
Hierro (Fe)	0.2	mg/kg	43.1	5505.2	816.4	15.4
Mercurio (Hg)	0.1	mg/kg	1.9	1.9	1.6	1.0
Potasio (K)	4.3	mg/kg	2140.6	403.2	1412.2	1925.4

Litio (Li)	0.3	mg/kg	<0.3	0.4	<0.3	<0.3
Magnesio (Mg)	4.4	mg/kg	278.7	40.8	286.5	193.9
Manganeso (Mn)	0.05	mg/kg	6.09	45.54	74.33	9.99
Molibdeno (Mo)	0.2	mg/kg	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Sodio (Na)	2.3	mg/kg	22.7	13.5	55.1	14.6
Níquel (Ni)	0.06	mg/kg	<0.06	<0.06	0.07	<0.06
Fósforo (P)	0.3	mg/kg	335.6	219.7	319.6	236.3
Plomo (Pb)	0.06	mg/kg	0.41	96.99	15.16	0.13
Antimonio (Sb)	0.2	mg/kg	0.4	1.3	<0.2	<0.2
Selenio (Se)	0.3	mg/kg	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Estaño (Sn)	0.1	mg/kg	1.3	1.3	1.4	1.1
Estroncio (Sr)	0.1	mg/kg	4.9	1.7	2.5	1.1
Titanio (Ti)	0.03	mg/kg	0.50	2.05	1.20	0.21
Talio (Tl)	0.3	mg/kg	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Vanadio (V)	0.04	mg/kg	<0.04	1.90	0.34	<0.04
Zinc (Zn)	0.2	mg/kg	5.3	137.6	330.0	24.4
Uranio (U)	0.7	mg/kg	<0.7	18.9	2.6	<0.7

Fuente: SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C. Informe de ensayo N° 137898 – 2019 con valor oficial.

Tabla 6

Resultado del tratamiento monitoreo 3.

Producto declarado	Tejido Vegetal						
Matriz Analizada	Tejido Vegetal						
Fecha de muestreo	2019-12-26	2019-12-26	2019-12-26	2019-12-26	2019-12-26		
Hora de inicio de muestreo (h)	15:45	16:10	15:58	16:00	16:16		
Condiciones de la muestra	Refrigerada/ Preservada	Refrigerada/ Preservada	Refrigerada/ Preservada	Refrigerada/ Preservada	Refrigerada/ Preservada		
Código del cliente	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5		
Código del laboratorio	19123545	19123546	19123547	19123548	19123549		
ENSAYO ACREDITADO ANTE IAS							
Ensayo	L.D.M.	Unidades	Resultados				
METALES TOTALES							
Plata (Ag)	0.08	mg/kg	<0.08	<0.08	<0.08	0.22	
Aluminio (Al)	1.2	mg/kg	4.4	1286.4	27.6	10.1	1614.1
Arsénico (As)	0.1	mg/kg	<0.1	37.6	0.6	0.4	75.9
Boro (B)	0.2	mg/kg	1.5	<0.2	2.0	0.6	<0.2
Bario (Ba)	0.2	mg/kg	2.6	6.7	2.2	2.0	10.9
Berilio (Be)	0.03	mg/kg	<0.03	0.07	<0.03	<0.03	0.04
Calcio (Ca)	3.1	mg/kg	680.8	445.8	738.3	1468.2	681.2
Cadmio (Cd)	0.05	mg/kg	<0.05	1.94	0.35	0.40	4.83
Cerio (Ce)	0.2	mg/kg	<0.2	0.7	<0.2	<0.2	<0.2
Cobalto (Co)	0.04	mg/kg	<0.04	0.22	<0.04	0.04	0.45
Cromo (Cr)	0.05	mg/kg	0.09	0.70	0.09	0.17	1.62
Cobre (Cu)	0.1	mg/kg	0.7	53.2	1.3	1.1	143.1
Hierro (Fe)	0.2	mg/kg	16.1	2612.8	57.7	32.2	4950.0
Mercurio (Hg)	0.1	mg/kg	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Potasio (K)	3.8	mg/kg	2228.3	188.7	2012.6	1930.4	378.4

Litio (Li)	0.3	mg/kg	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	0.5
Magnesio (Mg)	3.1	mg/kg	166.8	33.9	164.8	243.1	99.8
Manganeso (Mn)	0.05	mg/kg	4.52	21.21	11.04	22.12	54.43
Molibdeno (Mo)	0.2	mg/kg	<0.2	<0.2	<0.2	0.3	0.4
Sodio (Na)	2.2	mg/kg	31.3	18.2	21.1	39.4	26.7
Níquel (Ni)	0.07	mg/kg	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07
Fósforo (P)	0.3	mg/kg	349.7	218.7	437.7	232.1	454.7
Plomo (Pb)	0.06	mg/kg	<0.06	27.41	0.87	0.47	74.15
Antimonio (Sb)	0.2	mg/kg	<0.2	0.6	<0.2	<0.2	1.4
Selenio (Se)	0.3	mg/kg	<0.3	<0.3	<0.3	0.3	<0.3
Estaño (Sn)	0.1	mg/kg	1.1	1.3	1.2	1.0	0.8
Estroncio (Sr)	0.1	mg/kg	1.7	1.3	1.0	2.1	2.1
Titanio (Ti)	0.03	mg/kg	0.27	1.07	0.30	0.46	1.08
Talio (Tl)	0.3	mg/kg	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Vanadio (V)	0.06	mg/kg	<0.06	0.93	<0.06	<0.06	4.00
Zinc (Zn)	0.3	mg/kg	5.9	106.5	57.1	56.3	321.7
Uranio (U)	0.7	mg/kg	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7

Fuente: SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C. Informe de ensayo N° 139364 – 2019 con valor oficial.

Tabla 7

Comparación de Arsénico (As) con los estándares de calidad ambiental

METALES	SUELO AGRÍCOLA	SUELO CONTAMINADO	ECA PERÚ	ECA ECUATORIANO	ECA CANADIENSE	UNIDAD
Arsénico (As)	9.5	2507.7	140	12	12	mg/kg

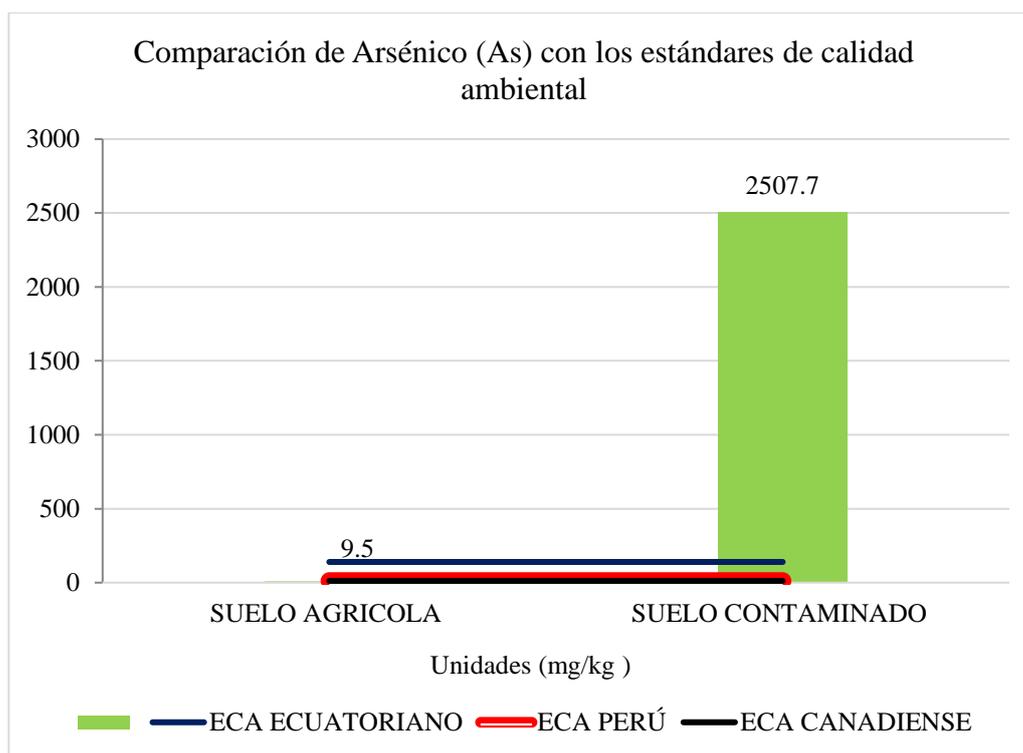


Figura 2. *Comparación del Arsénico (As) con los estándares de calidad ambiental.*

Se observa que en la figura 2, de la muestra tomada del pasivo ambiental Paredones, el Arsénico (As) supera los estándares de calidad (ECA's) tanto peruanos como, ecuatorianos y canadienses, mientras que en la muestra testigo está entre los rangos establecidos.

Tabla 8

Comparación de Cadmio (Cd) con los estándares de calidad ambiental

METALES	SUELO AGRÍCOLA	SUELO CONTAMINADO	ECA PERÚ	ECA ECUATORIANO	ECA CANADIENSE	UNIDAD
Cadmio (Cd)	3.14	123.23	22	10	22	mg/kg

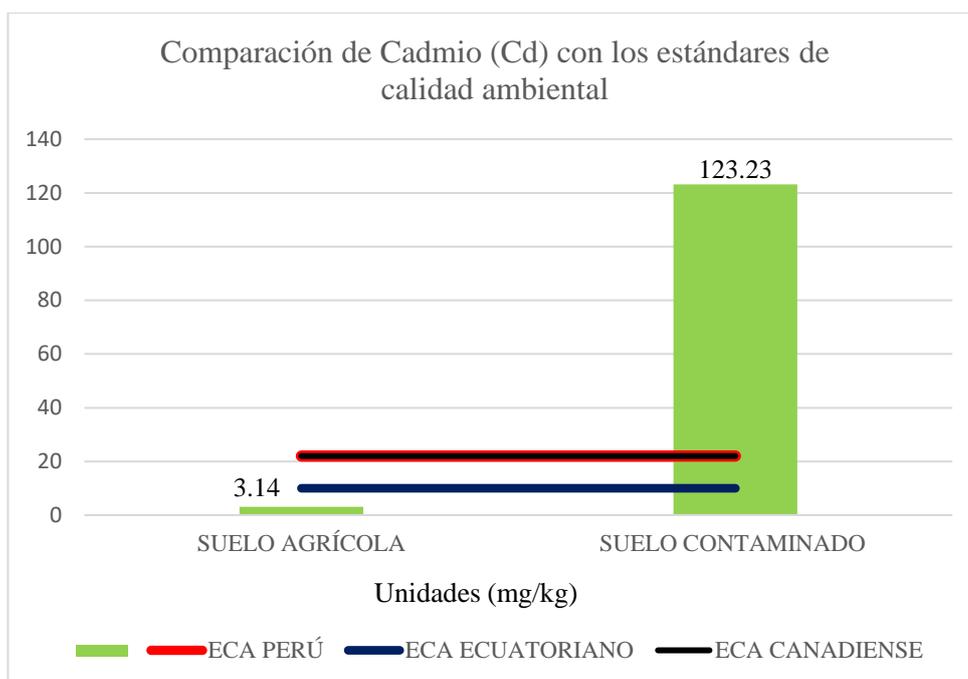


Figura 3. Comparación del Cadmio (Cd) con los estándares de calidad ambiental.

Se observa en la figura 3, de la muestra tomada del pasivo ambiental Paredones, el Cadmio (Cd) supera los estándares de calidad (ECA's) tanto peruanos como, ecuatorianos y canadienses, mientras que en la muestra testigo está entre los rangos establecidos.

Tabla 9

Comparación de Cobre (Cu) con los estándares de calidad ambiental

METAL	SUELO AGRÍCOLA	SUELO CONTAMINADO	ECA PERÚ	ECA ECUATORIANO	ECA CANADIENSE	UNIDAD
Cobre (Cu)	13.1	290.8		91	91	mg/kg

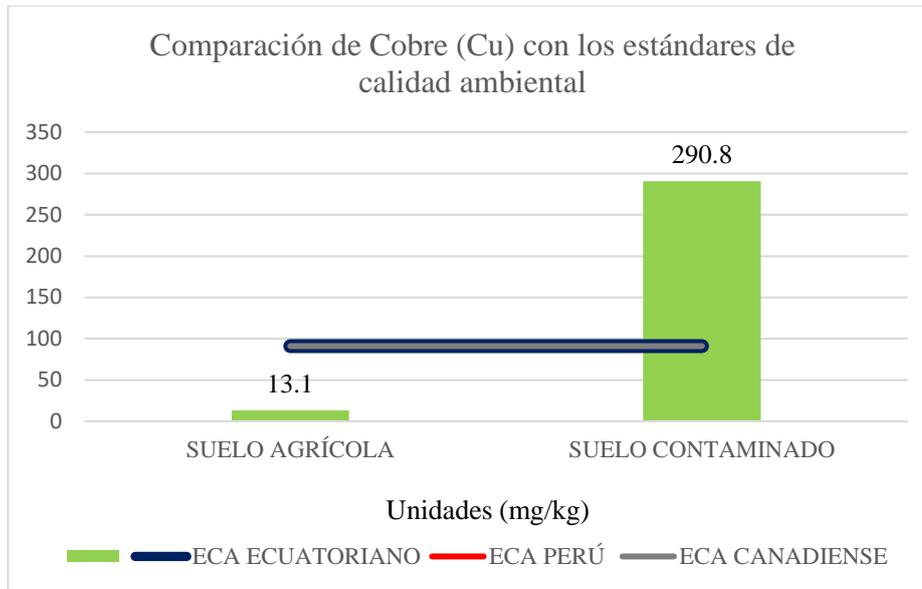


Figura 4. Comparación del Cobre (Cu) con los estándares de calidad ambiental.

Se observa en la figura 4 de la muestra tomada del pasivo ambiental Paredones, el Cobre (Cu) supera los estándares de calidad (ECA's) tanto peruanos como, ecuatorianos y canadienses, mientras que en la muestra testigo está entre los rangos establecidos.

Tabla 10

Comparación de Plomo (Pb) con los estándares de calidad ambiental

METAL	SUELO AGRÍCOLA	SUELO CONTAMINADO	ECA PERÚ	ECA ECUATORIANO	ECA CANADIENSE	UNIDAD
Plomo (Pb)	28.03	2007.39	800	150	600	mg/kg

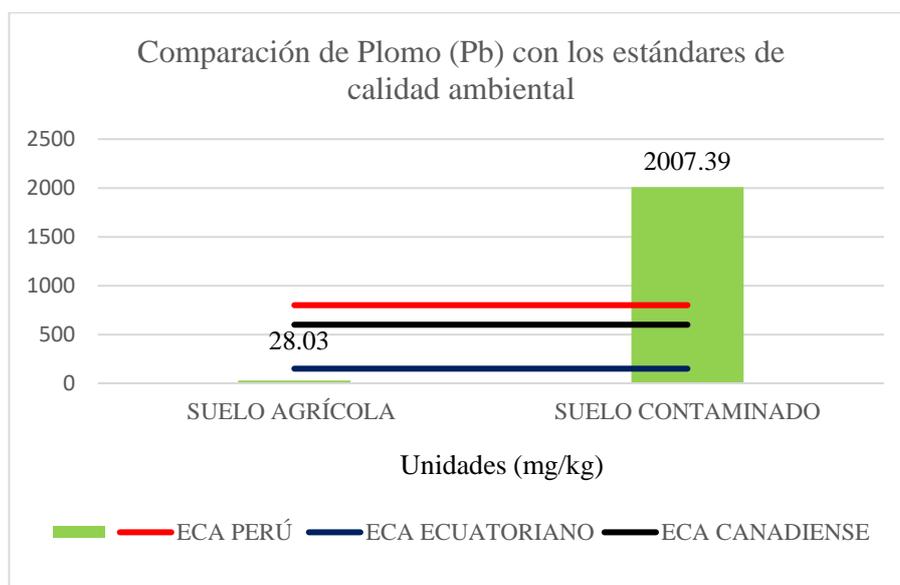


Figura 5. Comparación del Plomo (Pb) con los estándares de calidad ambiental.

Se observa en la figura 5 de la muestra tomada del pasivo ambiental Paredones, el Plomo (Pb) supera los estándares de calidad (ECA's) tanto peruanos como, ecuatorianos y canadienses, mientras que en la muestra testigo está entre los rangos establecidos.

Tabla 11

Comparación de Talio (Tl) con los estándares de calidad ambiental

METAL	SUELO AGRÍCOLA	SUELO CONTAMINADO	ECA PERÚ	ECA ECUATORIANO	ECA CANADIENSE	UNIDAD
Talio (Tl)	0.3	1.1		1	1	mg/kg

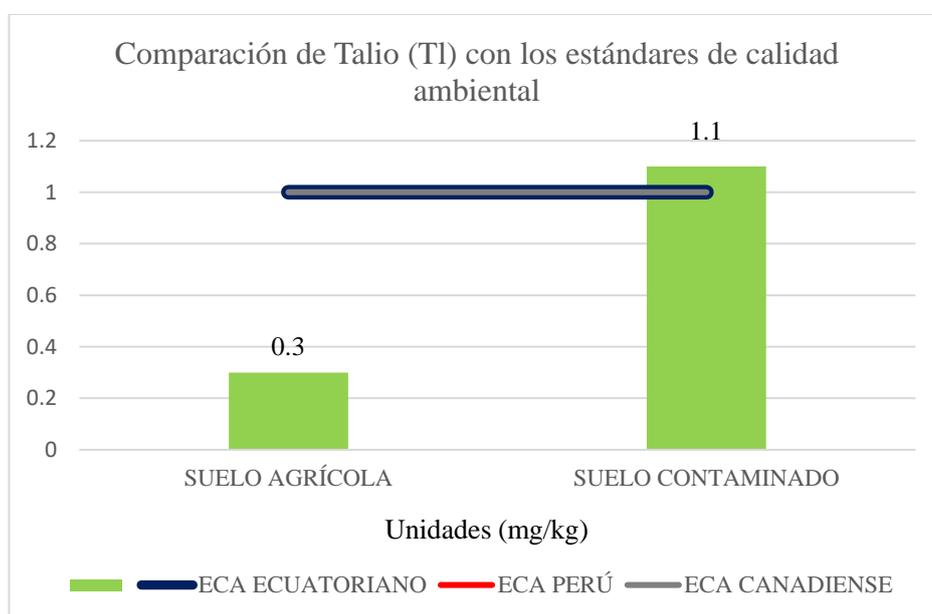


Figura 6. *Comparación del Talio (Tl) con los estándares de calidad ambiental.*

Se observa en la figura 6 de la muestra tomada del pasivo ambiental Paredones, el Talio (Tl) supera los estándares de calidad (ECA's) tanto peruanos como, ecuatorianos y canadienses, mientras que en la muestra testigo está entre los rangos establecidos.

Tabla 12

Comparación de Zinc (Zn) con los estándares de calidad ambiental

METALES	SUELO AGRÍCOLA	SUELO CONTAMINADO	ECA PERÚ	ECA ECUATORIANO	ECA CANADIENSE	UNIDAD
Zinc (Zn)	80.9	5000		380	410	mg/kg

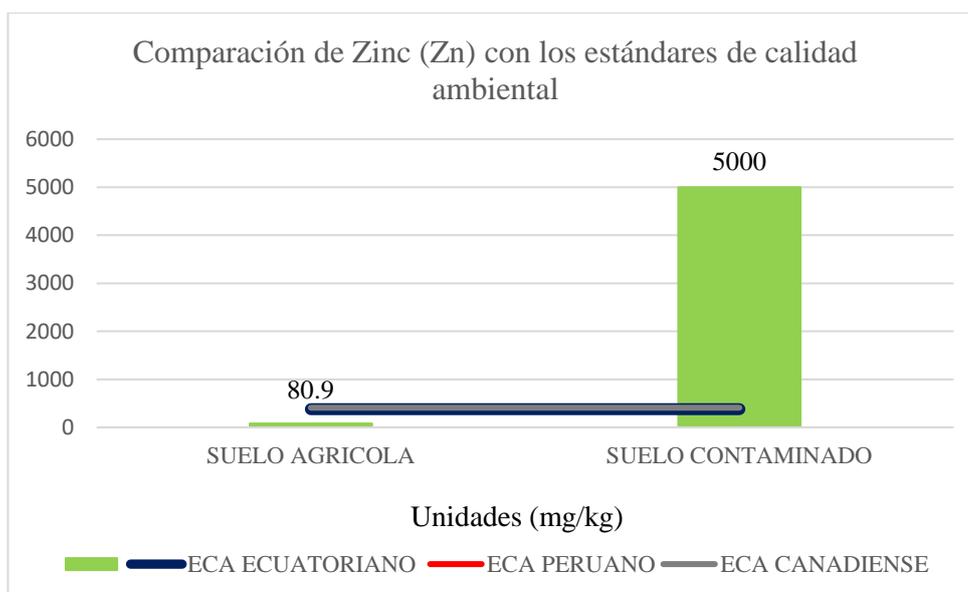


Figura 7. Comparación del Zinc (Zn) con los estándares de calidad ambiental.

Se observa en la figura 7 de la muestra tomada del pasivo ambiental Paredones, el Zinc (Zn) supera los estándares de calidad (ECA's) tanto peruanos como, ecuatorianos y canadienses, mientras que en la muestra testigo está entre los rangos establecidos.

CONCENTRACIÓN DE ABSORCIÓN DEL *Lolium perenne* EN LA PARTE AÉREA EN FUNCIÓN A LA MAYOR PROPORCIÓN DE SUELO CONTAMINADO DISTRIBUIDO EN LOS TESTIGOS

Tabla 13

*Concentración de Arsénico (As) en el T 2 en la parte Aérea del *Lolium perenne*.*

MONITOREOS	ARSÉNICO (As)	UNIDAD
MONITOREO 1	164.1	
MONITOREO 2	84	mg/kg
MONITOREO 3	37.6	

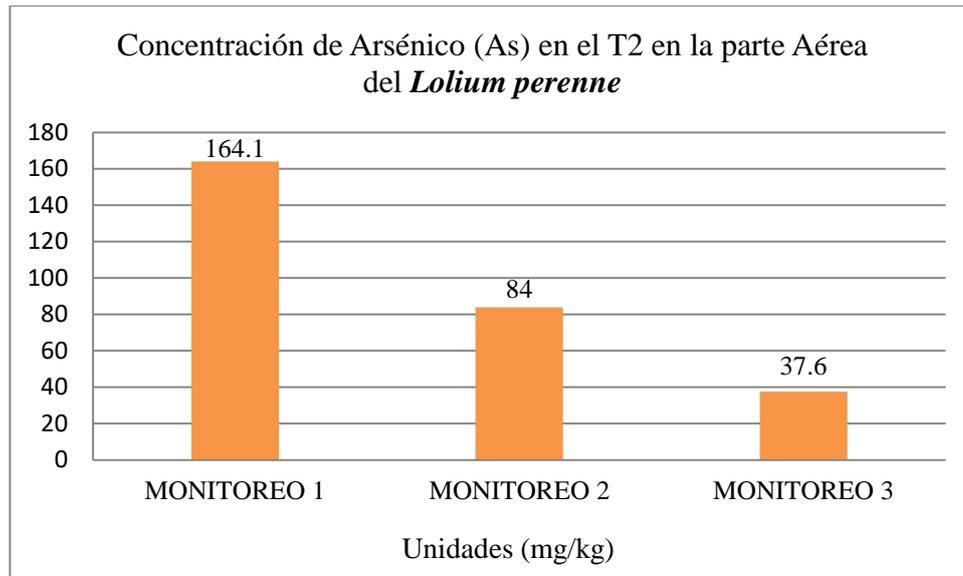


Figura 8. Concentración de Arsénico (As) en el T 2 en la parte aérea del *Lolium perenne*.

Se tuvo a bien considerar el Testigo N° 2 para determinar la concentración de Arsénico (As), porque es en el que se designó el 75% de suelo contaminado y un 25% de suelo no contaminado, proporciones en las que el *Lolium perenne* logró subsistir y absorber en promedio un 95.2 mg/kg de Arsénico (As) en la parte aérea.

Tabla 14

*Concentración de Cadmio (Cd) en el T 2 en la parte aérea del *Lolium perenne*.*

MONITOREOS	CADMIO (Cd)	UNIDAD
MONITOREO 1	15.6	
MONITOREO 2	2.33	mg/kg
MONITOREO 3	1.94	

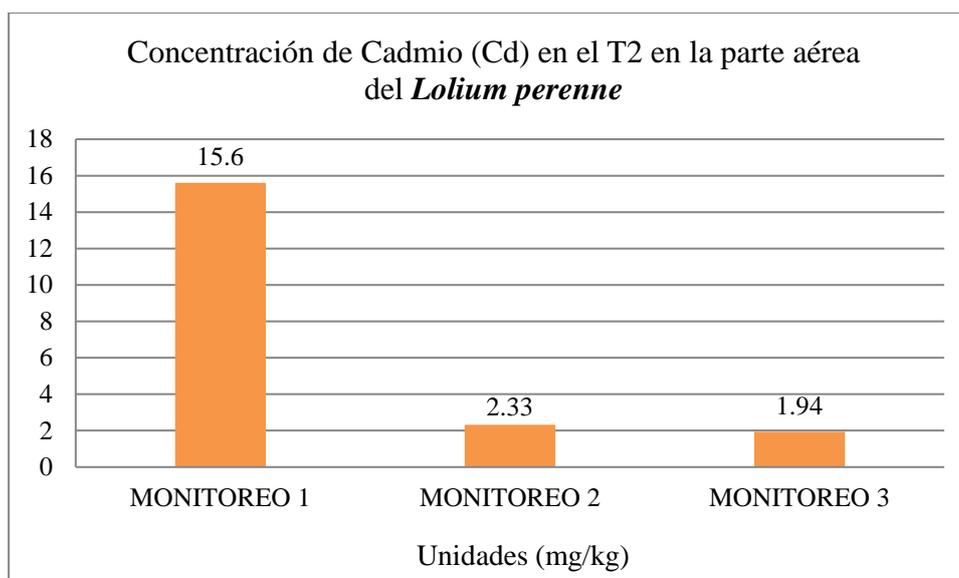


Figura 9. Concentración de Cadmio (Cd) en el T 2 en la parte aérea del *Lolium perenne*.

Se tuvo a bien considerar el Testigo N° 2 para determinar la concentración de Cadmio (Cd), porque es en el que se designó el 75% de suelo contaminado y un 25% de suelo no contaminado, proporciones en las que el *Lolium perenne* logró subsistir y absorber en promedio un 6.6 mg/kg de Cadmio (Cd) en la parte aérea.

Tabla 15

*Concentración de Cobre (Cu) en el T 2 en la parte aérea del *Lolium perenne*.*

MONITOREOS	COBRE (Cu)	UNIDAD
MONITOREO 1	114.4	
MONITOREO 2	82.2	mg/kg
MONITOREO 3	53.2	

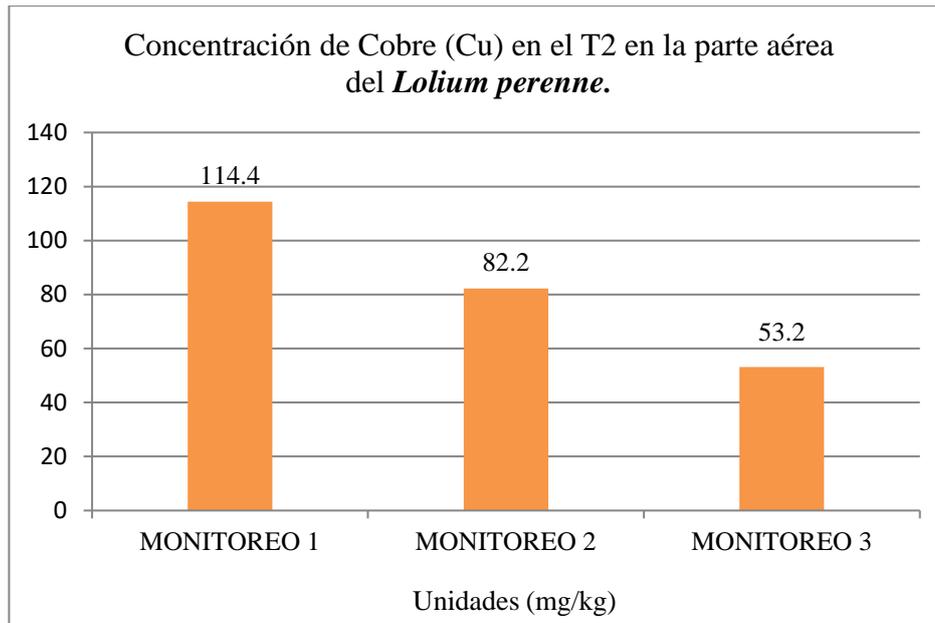


Figura 10. Concentración de Cobre (Cu) en el T 2 en la parte aérea del *Lolium perenne*.

Se tuvo a bien considerar el Testigo N° 2 para determinar la concentración de Cobre (Cu), porque es en el que se designó el 75% de suelo contaminado y un 25% de suelo no contaminado, proporciones en las que el *Lolium perenne* logró subsistir y absorber en promedio un 83.3 mg/kg de Cobre (Cu) en la parte aérea.

Tabla 16

*Concentración de Plomo (Pb) en el T 2 en la parte aérea del *Lolium perenne*.*

MONITOREOS	PLOMO (Pb)	UNIDAD
MONITOREO 1	177.32	
MONITOREO 2	96.99	mg/kg
MONITOREO 3	27.41	

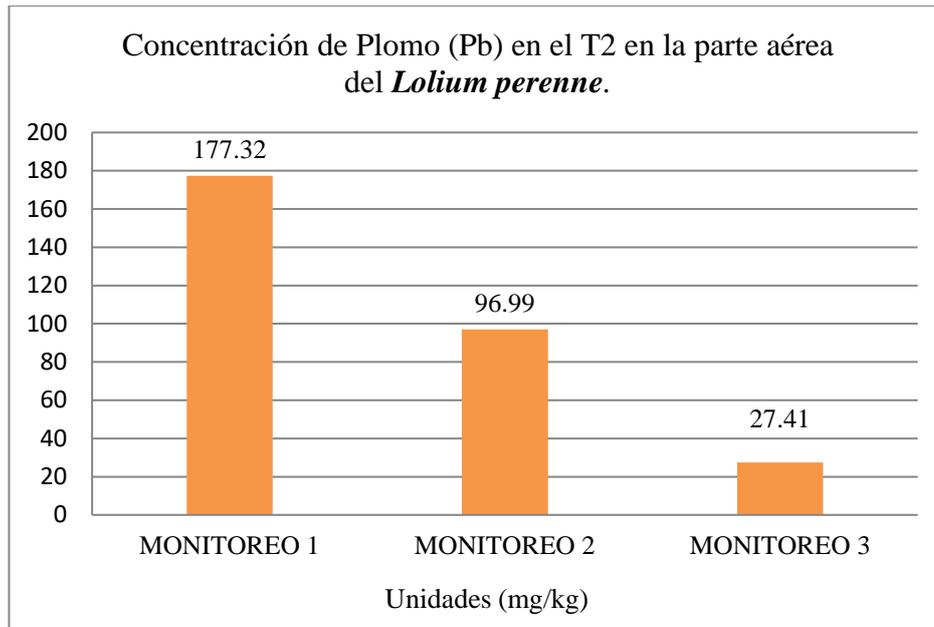


Figura 11. Concentración de Plomo (Pb) en el T 2 en la parte aérea del *Lolium perenne*.

Se tuvo a bien considerar el Testigo N° 2 para determinar la concentración de Plomo (Pb), porque es en el que se designó el 75% de suelo contaminado y un 25% de suelo no contaminado, proporciones en las que el *Lolium perenne* logró subsistir y absorber en promedio un 100.6 mg/kg de Plomo (Pb) en la parte aérea.

Tabla 17

*Concentración de Talio (Tl) en el T 2 en la parte aérea del *Lolium perenne*.*

MONITOREOS	TALIO (Tl)	UNIDAD
MONITOREO 1	0.3	
MONITOREO 2	0.3	mg/kg
MONITOREO 3	0.3	

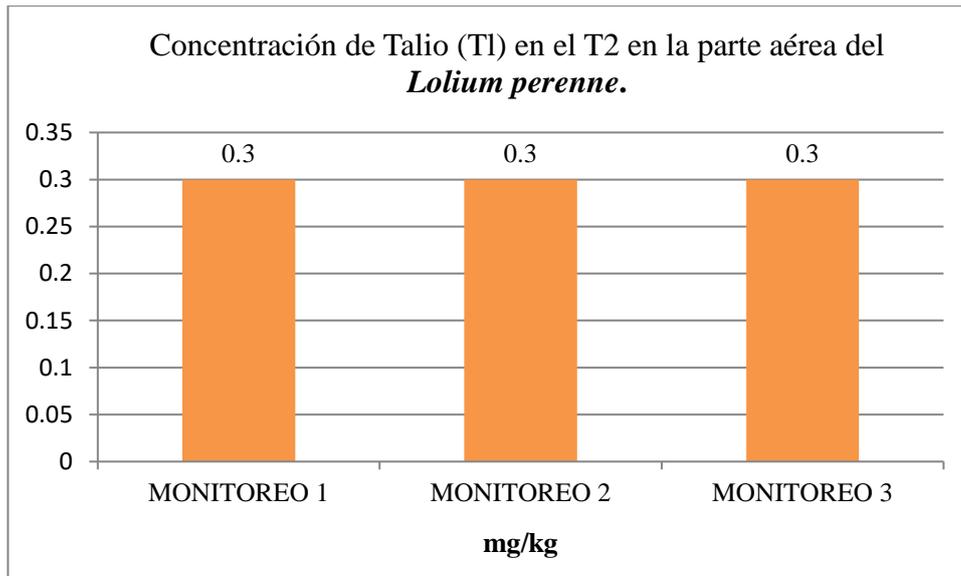


Figura 12. *Concentración de Talio (Tl) en el T2 en la parte aérea del *Lolium perenne*.*

Se tuvo a bien considerar el Testigo N° 2 para determinar la concentración de Talio (Tl), porque es en el que se designó el 75% de suelo contaminado y un 25% de suelo no contaminado, proporciones en las que el *Lolium perenne* logró subsistir y absorber en promedio un 0.3 mg/kg de Talio (Tl) en la parte aérea.

Tabla 18

*Concentración de Zinc (Zn) en el T2 en la parte aérea del *Lolium perenne*.*

MONITOREOS	ZINC (Zn)	UNIDAD
MONITOREO 1	1120.2	
MONITOREO 2	137.6	mg/kg
MONITOREO 3	106.5	

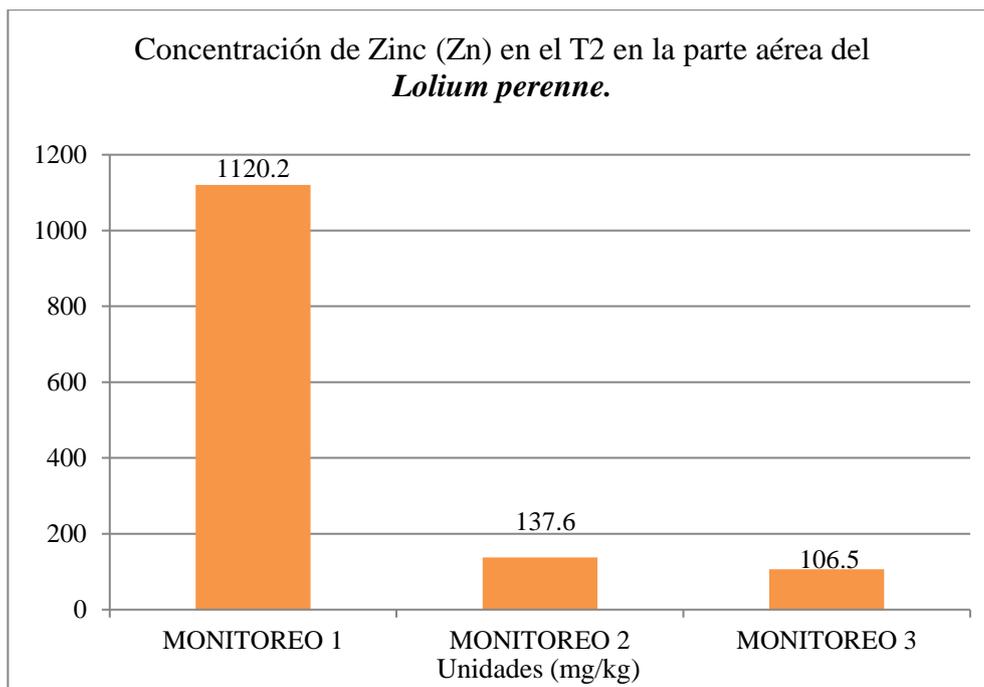


Figura 13. Concentración de Zinc (Zn) en el T2 en la parte aérea del *Lolium perenne*.

Se tuvo a bien considerar el Testigo N° 2 para determinar la concentración de Zinc (Zn), porque es en el que se designó el 75% de suelo contaminado y un 25% de suelo no contaminado, proporciones en las que el *Lolium perenne* logró subsistir y absorber en promedio un 454.8 mg/kg de Zinc (Zn) en la parte aérea.

TABLAS DE METALES NO MOVILIZADOS

Tabla 19

*Movilización del Molibdeno (Mo) del suelo hacia parte aérea de la planta *Lolium perenne*.*

METAL		UNIDAD
Molibdeno (Mo)		
MUESTRA CONTAMINADA	2.6	
MONITOREO 1	T 1	<0.2
	T 2	0.4
	T 3	<0.2
	T 4	<0.2
MONITOREO 2	T 1	<0.2
	T 2	<0.2
	T 3	<0.2
	T 4	<0.2
MONITOREO 3	T 1	<0.2
	T 2	<0.2
	T 3	<0.2
	T 4	0.3
	T 5	0.4
PROMEDIO	0.37	

Tabla 20

*Movilización del Antimonio (Sb) del suelo hacia parte aérea de la planta **Lolium perenne**.*

METAL		UNIDAD
Antimonio (Sb)		
MUESTRA CONTAMINADA		16.6
MONITOREO 1	T 1	<0.2
	T 2	1.8
	T 3	<0.2
	T 4	0.2
MONITOREO 2	T 1	0.4
	T 2	1.3
	T 3	<0.2
	T 4	<0.2
MONITOREO 3	T 1	<0.2
	T 2	0.6
	T 3	<0.2
	T 4	<0.2
	T 5	1.4
PROMEDIO		0.95

Tabla 21

*Movilización del Titanio (Ti) del suelo hacia parte aérea de la planta **Lolium perenne**.*

METAL		UNIDAD
Titanio (Ti)		
MUESTRA CONTAMINADA		5.65
MONITOREO 1	T 1	0.39
	T 2	1.44
	T 3	0.61
	T 4	0.35
MONITOREO 2	T 1	0.50
	T 2	2.05
	T 3	1.20
	T 4	0.21
MONITOREO 3	T 1	0.27
	T 2	1.07
	T 3	0.30
	T 4	0.46
	T 5	1.08
PROMEDIO		0.76384615

Tabla 22

Movilización del Titanio (Ti) del suelo hacia parte aérea de la planta Lolium perenne.

METAL		UNIDAD
Vanadio (V)		
MUESTRA CONTAMINADA		39.25
MONITOREO 1	T 1	<0.04
	T 2	3.10
	T 3	0.16
	T 4	<0.04
MONITOREO 2	T 1	<0.04
	T 2	1.90
	T 3	0.34
	T 4	<0.04
MONITOREO 3	T 1	<0.06
	T 2	0.93
	T 3	<0.06
	T 4	<0.06
	T 5	4.00
PROMEDIO		1.73833333

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

Tabla 23

Factor de Bioconcentración (BCF)

Arsénico (As)	T 2	UNIDAD
MONITOREO 1	0.07	mg/kg
MONITOREO 2	0.03	
MONITOREO 3	0.01	
Promedio	0.04	

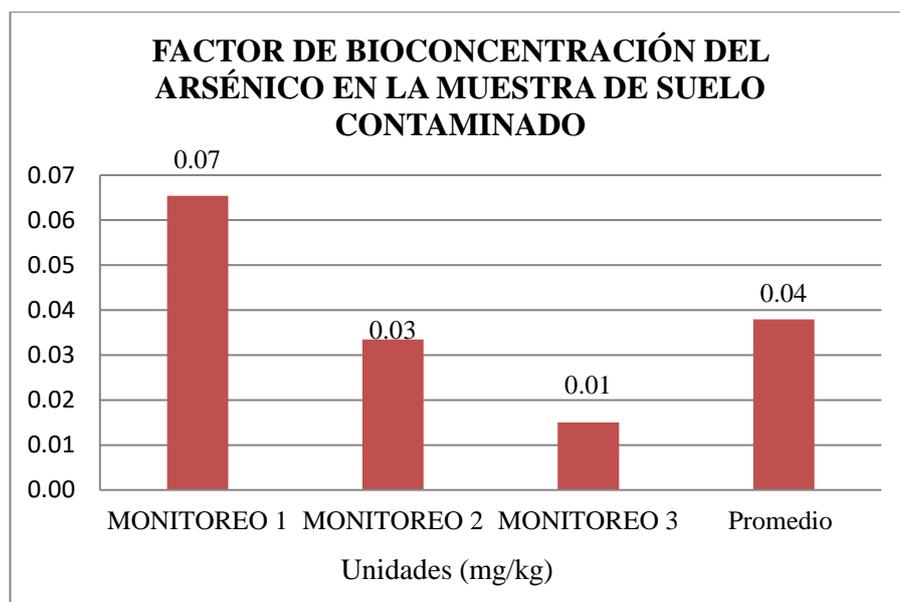


Figura 14. *Factor de bioconcentración del Arsénico (As).*

A través de los monitoreos realizados y muestras que fueron analizadas tanto del suelo agrícola, como del suelo impactado por la minería y así mismo como del tejido vegetal, resultados emitidos mediante el Laboratorio Servicios Analíticos Generales S.A.C. Laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N° LE-047, se pudo demostrar la concentración elevada de los metales seleccionados. Como podemos observar el valor encontrado del factor de bioconcentración respecto a la parte aérea ($BCF_{a\acute{e}rea}$)

del arsénico (As) fue 0.04 mg/kg siendo este valor inferior a 1, tomando como referencia el T2, dado que contiene la mayor proporción 75% de suelo contaminado o impactado por la actividad minera y tan solo el 25% de suelo agrícola. Para considerar a una planta como acumuladora según el valor del factor de bioconcentración respecto a la parte aérea ($BCF_{aérea}$) debe encontrarse en el rango de 1 a 10 mg/kg y para ser considerada hiperacumuladora el valor del factor de bioconcentración ($BCF_{aérea}$) debe ser mayor a 10 mg/kg, pero si el valor del factor de bioconcentración ($BCF_{aérea}$) es menor a 1, se considera a la planta como excluyente según (Baker, 1981). Dado el valor obtenido, determinamos en este caso al *Lolium perenne* como una planta excluyente. Sin embargo, la capacidad de estas plantas para tolerar y acumular metales pesados podría ser usada en la fitoestabilización. Tanto el factor de bioconcentración (BCF) y el factor de traslocación (TF) pueden ser usados para estimar el potencial de una planta para propósitos de fitorremediación o fitoestabilización (Deng & Wong, 2004); (Medina & Montano, 2014).

Tabla 24

Factor de Bioconcentración (BCF)

Cadmio (Cd)	T 2	UNIDAD
MONITOREO 1	0.13	
MONITOREO 2	0.02	
MONITOREO 3	0.02	mg/kg
Promedio	0.05	

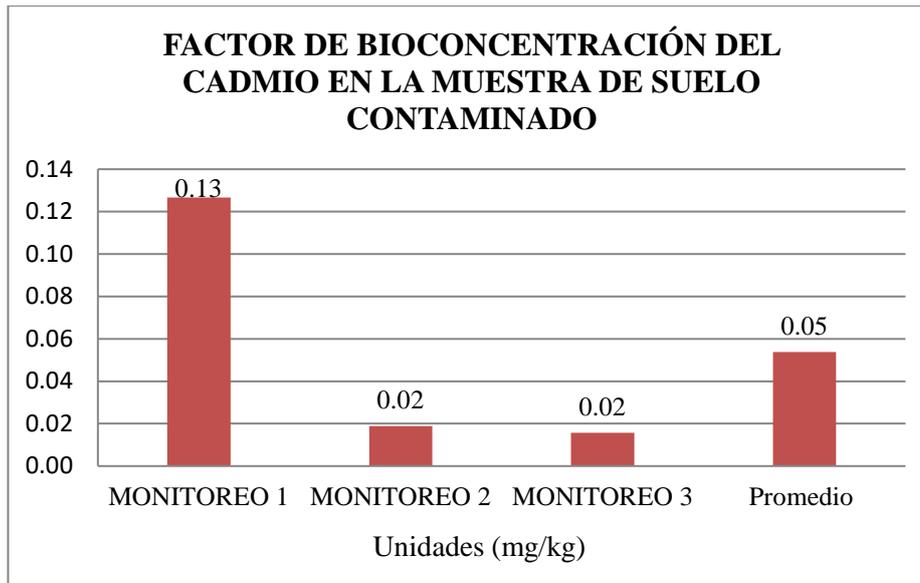


Figura 15. Factor de bioconcentración del Cadmio (Cd).

A través de los monitoreos realizados y muestras que fueron analizadas tanto del suelo agrícola, como del suelo impactado por la minería y así mismo como del tejido vegetal, resultados emitidos mediante el Laboratorio Servicios Analíticos Generales S.A.C. Laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N° LE-047, se pudo demostrar la concentración elevada de los metales seleccionados. Como podemos observar el valor encontrado del factor de bioconcentración respecto a la parte aérea ($BCF_{aérea}$) del cadmio (Cd) fue 0.05 mg/kg siendo este valor inferior a 1, tomando como referencia el T2, dado que contiene la mayor proporción 75% de suelo contaminado o impactado por la actividad minera y tan solo el 25% de suelo agrícola. Para considerar a una planta como acumuladora según el valor del factor de bioconcentración respecto a la parte aérea ($BCF_{aérea}$) debe encontrarse en el rango de 1 a 10 mg/kg y para ser considerada hiperacumuladora el valor del factor de bioconcentración ($BCF_{aérea}$) debe ser mayor a 10 mg/kg, pero si el valor del factor de bioconcentración ($BCF_{aérea}$) es menor a 1, se considera a la planta como excluyente según (Baker, 1981). Dado el valor obtenido determinamos en este caso al *Lolium perenne* como una planta excluyente. Además, para el cadmio (Cd), podemos utilizar la concentración de metal en la parte aérea de la planta para categorizarla como hiperacumuladora si el valor encontrado supera los 100 mg/kg según (Baker, 2000) hecho que no ocurrió ya que en promedio se

encontró una concentración de 6.6 mg/kg. Sin embargo, la capacidad de estas plantas para tolerar y acumular metales pesados podría ser usada en la fitoestabilización. Tanto el factor de bioconcentración (BCF) y el factor de traslocación (TF) pueden ser usados para estimar el potencial de una planta para propósitos de fitorremediación o fitoestabilización (Deng & Wong, 2004); (Medina & Montano, 2014).

Tabla 25

Factor de Bioconcentración (BCF)

Cobre (Cu)	T 2	UNIDAD
MONITOREO 1	0.4	mg/kg
MONITOREO 2	0.3	
MONITOREO 3	0.2	
Promedio	0.3	

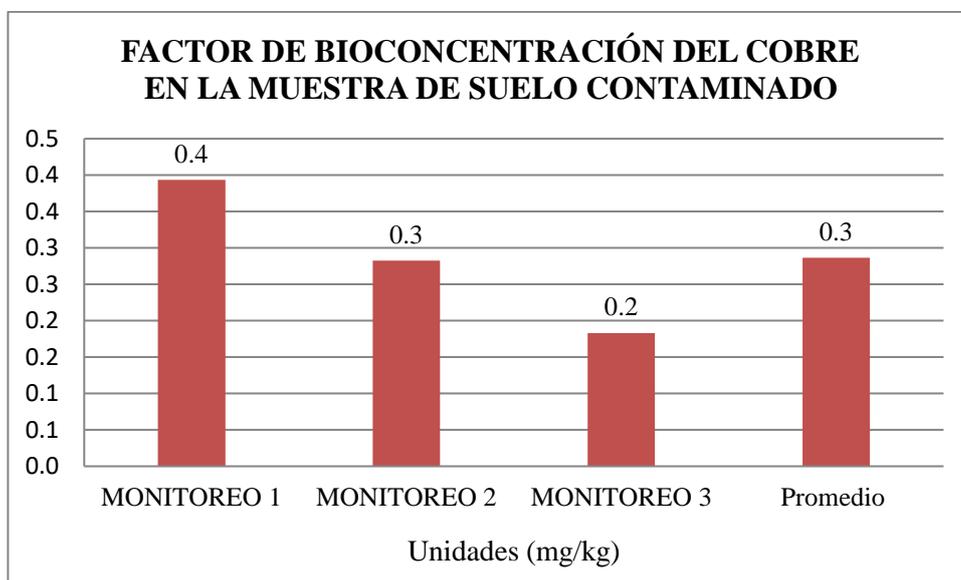


Figura 16. *Factor de bioconcentración del Cobre (Cu).*

A través de los monitoreos realizados y muestras que fueron analizadas tanto del suelo agrícola, como del suelo impactado por la minería y así mismo como del tejido vegetal, resultados emitidos mediante el Laboratorio Servicios Analíticos Generales S.A.C. Laboratorio de ensayo

acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N° LE-047, se pudo demostrar la concentración elevada de los metales seleccionados. Como podemos observar el valor encontrado del factor de bioconcentración respecto a la parte aérea ($BCF_{a\acute{e}rea}$) del cobre (Cu) fue 0.3 mg/kg siendo este valor inferior a 1, tomando como referencia el T2, dado que contiene la mayor proporción 75% de suelo contaminado o impactado por la actividad minera y tan solo el 25% de suelo agrícola. Para considerar a una planta como acumuladora según el valor del factor de bioconcentración respecto a la parte aérea ($BCF_{a\acute{e}rea}$) debe encontrarse en el rango de 1 a 10 mg/kg y para ser considerada hiperacumuladora el valor del factor de bioconcentración ($BCF_{a\acute{e}rea}$) debe ser mayor a 10 mg/kg, pero si el valor del factor de bioconcentración ($BCF_{a\acute{e}rea}$) es menor a 1, se considera a la planta como excluyente según (Baker, 1981). Dado el valor obtenido, determinamos en este caso al *Lolium perenne* como una planta excluyente. Además, para el cobre (Cu), podemos utilizar la concentración de metal en la parte aérea de la planta para categorizarla como hiperacumuladora si el valor encontrado supera los 1000 mg/kg según (Baker, 2000) hecho que no ocurrió ya que en promedio se encontró una concentración de 83.3 mg/kg. Sin embargo, la capacidad de estas plantas para tolerar y acumular metales pesados podría ser usada en la fitoestabilización. Tanto el factor de bioconcentración (BCF) y el factor de traslocación (TF) pueden ser usados para estimar el potencial de una planta para propósitos de fitorremediación o fitoestabilización (Deng & Wong, 2004); (Medina & Montano, 2014).

Tabla 26

Factor de Bioconcentración (BCF)

Plomo (Pb)	T 2	UNIDAD
MONITOREO 1	0.09	mg/kg
MONITOREO 2	0.05	
MONITOREO 3	0.01	
Promedio	0.05	

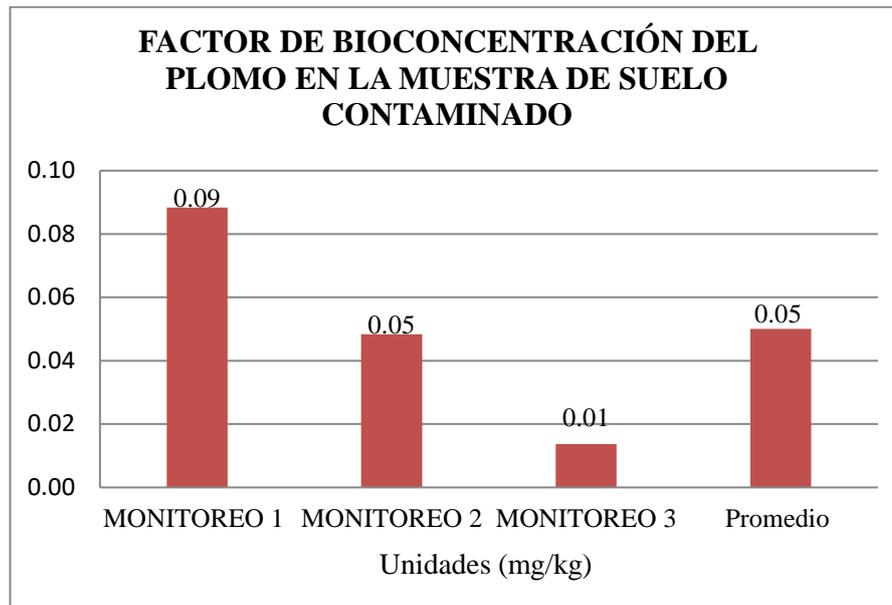


Figura 17. Factor de bioconcentración del Plomo (Pb).

A través de los monitoreos realizados y muestras que fueron analizadas tanto del suelo agrícola, como del suelo impactado por la minería y así mismo como del tejido vegetal, resultados emitidos mediante el Laboratorio Servicios Analíticos Generales S.A.C. Laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N° LE-047, se pudo demostrar la concentración elevada de los metales seleccionados. Como podemos observar el valor encontrado del factor de bioconcentración respecto a la parte aérea ($BCF_{aérea}$) del plomo (Pb) fue 0.05 mg/kg siendo este valor inferior a 1, tomando como referencia el T2, dado que contiene la mayor proporción 75% de suelo contaminado o impactado por la actividad minera y tan solo el 25% de suelo agrícola. Para considerar a una planta como acumuladora según el valor del factor de bioconcentración respecto a la parte aérea ($BCF_{aérea}$) debe encontrarse en el rango de 1 a 10 mg/kg y para ser considerada hiperacumuladora el valor del factor de bioconcentración ($BCF_{aérea}$) debe ser mayor a 10 mg/kg, pero si el valor del factor de bioconcentración ($BCF_{aérea}$) es menor a 1, se considera a la planta como excluyente según (Baker, 1981). Dado el valor obtenido determinamos en este caso al *Lolium perenne* como una planta excluyente. Además, para el plomo (Pb), podemos utilizar la concentración de metal en

la parte aérea de la planta para categorizarla como hiperacumuladora si el valor encontrado supera los 1000 mg/kg según (Baker, 2000) hecho que no ocurrió ya que en promedio se encontró una concentración de 100.6 mg/kg. Sin embargo, la capacidad de estas plantas para tolerar y acumular metales pesados podría ser usada en la fitoestabilización. Tanto el factor de bioconcentración (BCF) y el factor de traslocación (TF) pueden ser usados para estimar el potencial de una planta para propósitos de fitorremediación o fitoestabilización (Deng & Wong, 2004); (Medina & Montano, 2014).

Tabla 27

Factor de Bioconcentración (BCF)

Talio (Ti)	T 2	UNIDAD
MONITOREO 1	0.3	mg/kg
MONITOREO 2	0.3	
MONITOREO 3	0.3	
Promedio	0.3	

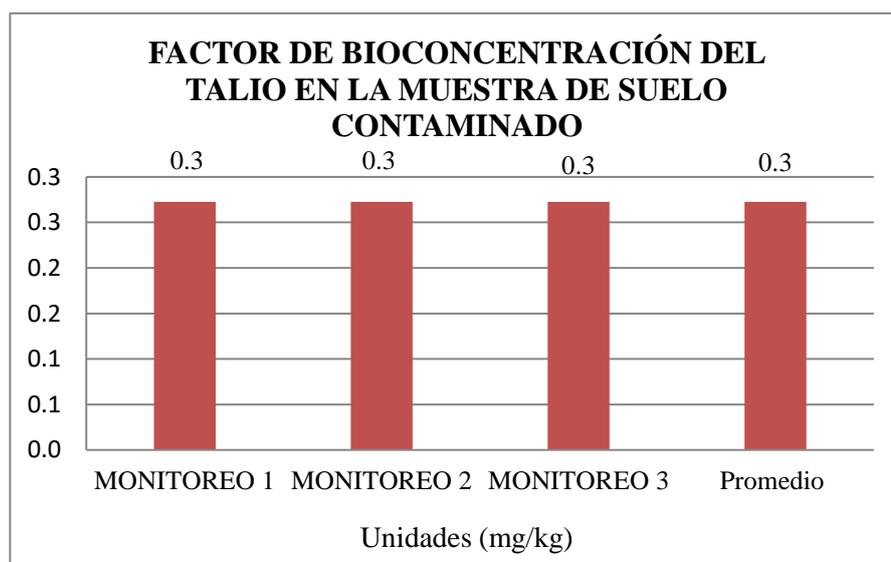


Figura 18. *Factor de Bioconcentración del Talio (Ti)*

A través de los monitoreos realizados y muestras que fueron analizadas tanto del suelo agrícola, como del suelo impactado por la minería y así mismo como del tejido vegetal, resultados

emitidos mediante el Laboratorio Servicios Analíticos Generales S.A.C. Laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N° LE-047, se pudo demostrar la concentración elevada de los metales seleccionados. Como podemos observar el valor encontrado del factor de bioconcentración respecto a la parte aérea ($BCF_{a\acute{e}rea}$) del talio (Tl) fue 0.3 mg/kg siendo este valor inferior a 1, tomando como referencia el T2, dado que contiene la mayor proporción 75% de suelo contaminado o impactado por la actividad minera y tan solo el 25% de suelo agrícola. Para considerar a una planta como acumuladora según el valor del factor de bioconcentración respecto a la parte aérea ($BCF_{a\acute{e}rea}$) debe encontrarse en el rango de 1 a 10 mg/kg y para ser considerada hiperacumuladora el valor del factor de bioconcentración ($BCF_{a\acute{e}rea}$) debe ser mayor a 10 mg/kg, pero si el valor del factor de bioconcentración ($BCF_{a\acute{e}rea}$) es menor a 1, se considera a la planta como excluyente según (Baker, 1981). Dado el valor obtenido, determinamos en este caso al *Lolium perenne* como una planta excluyente. Sin embargo, la capacidad de estas plantas para tolerar y acumular metales pesados podría ser usada en la fitoestabilización. Tanto el factor de bioconcentración (BCF) y el factor de traslocación (TF) pueden ser usados para estimar el potencial de una planta para propósitos de fitorremediación o fitoestabilización (Deng & Wong, 2004); (Medina & Montano, 2014).

Tabla 28

Factor de Bioconcentración (BCF)

Zinc (Zn)	T 2	UNIDAD
MONITOREO 1	0.22	mg/kg
MONITOREO 2	0.03	
MONITOREO 3	0.02	
PROMEDIO	0.09	

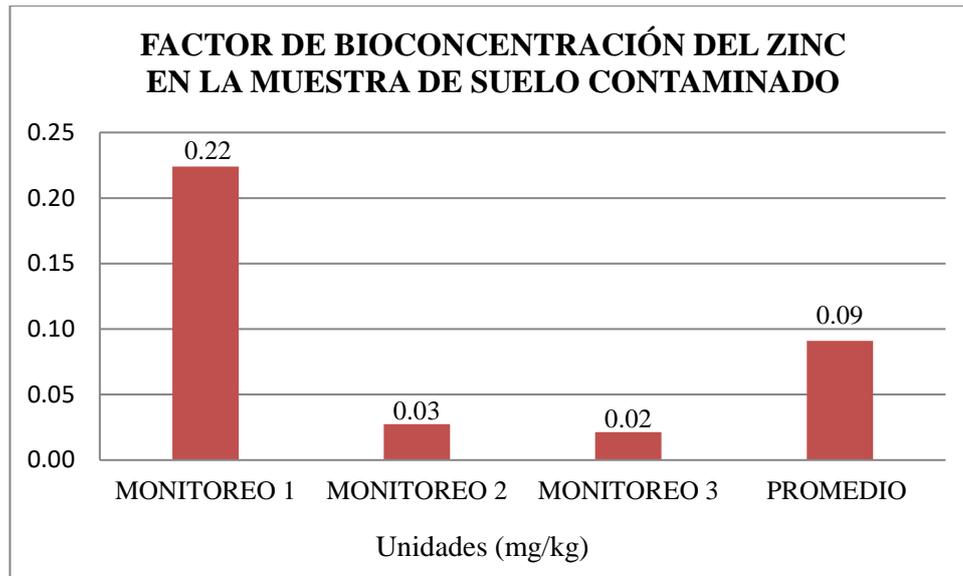


Figura 19. Factor de bioconcentración del Zinc (Zn).

A través de los monitoreos realizados y muestras que fueron analizadas tanto del suelo agrícola, como del suelo impactado por la minería y así mismo como del tejido vegetal, resultados emitidos mediante el Laboratorio Servicios Analíticos Generales S.A.C. Laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N° LE-047, se pudo demostrar la concentración elevada de los metales seleccionados. Como podemos observar el valor encontrado del factor de bioconcentración respecto a la parte aérea ($BCF_{aérea}$) del zinc (Zn) fue 0.09 mg/kg siendo este valor inferior a 1, tomando como referencia el T2, dado que contiene la mayor proporción 75% de suelo contaminado o impactado por la actividad minera y tan solo el 25% de suelo agrícola. Para considerar a una planta como acumuladora según el valor del factor de bioconcentración respecto a la parte aérea ($BCF_{aérea}$) debe encontrarse en el rango de 1 a 10 mg/kg y para ser considerada hiperacumuladora el valor del factor de bioconcentración ($BCF_{aérea}$) debe ser mayor a 10 mg/kg, pero si el valor del factor de bioconcentración ($BCF_{aérea}$) es menor a 1, se considera a la planta como excluyente según (Baker, 1981). Dado el valor obtenido, determinamos en este caso al *Lolium perenne* como una planta excluyente. Sin embargo, la capacidad de estas plantas para tolerar y acumular metales pesados podría ser usada en la fitoestabilización. Tanto el factor de bioconcentración

(BCF) y el factor de traslocación (TF) pueden ser usados para estimar el potencial de una planta para propósitos de fitorremediación o fitoestabilización (Deng & Wong, 2004); (Medina & Montano, 2014).

4.2 Conclusiones

Concluimos que, la concentración de Arsénico(As), Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Plomo (Pb), Talio (Tl) y Zinc (Zn) en el suelo impactado por la minería Paredones Cajamarca- 2019 superan ampliamente los Estándares de Calidad de Suelo de la legislación peruana según el decreto supremo N°011-2017-MINAM, según el uso de suelo al que corresponde, el cual sería “Uso de Suelo Comercial/Industrial/Extractivo”, además de tomar como referencia los ECAs de Canadá y Ecuador, ya que comparten características geográficas similares mientras que la muestra de suelo testigo no lo hace.

Determinamos la movilización de la concentración en promedio hacia la parte aérea de la planta para el caso de Arsénico(As) 95.23mg/kg, Cadmio (Cd) 6.62mg/kg, Cobre (Cu) 83.27mg/kg, Plomo (Pb) 100.58mg/kg, Talio (Tl) 0.3mg/kg y Zinc (Zn) 454.77 mg/kg en el suelo impactado por minería en Paredones - Cajamarca 2019 referente al tratamiento número 2.

Determinamos la concentración de Arsénico(As), Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Plomo (Pb), Talio (Tl) y Zinc (Zn) del *Lolium perenne* en el suelo impactado por la minería Cajamarca, 2019 aplicando la fórmula de factor de bioconcentración $BCF_{a\acute{e}rea} = \frac{\{\text{metal}\}_{a\acute{e}rea}}{\{\text{metal}\}_{suelo}}$ obteniendo como resultado y tomando como referencia el T2 las siguientes concentraciones promedio de 0.04 mg/kg para el Arsénico(As), BCF de 0.05 mg/kg para el Cadmio(Cd), BCF 0.3 mg/kg para el Cobre(Cu), BCF 0.05 mg/kg para el Plomo(Pb), de BCF 0.3 mg/kg para el Talio(Tl) y BCF 0.09 mg/kg para el Zinc(Zn).

Se determinó que la movilización del metal del suelo hacia la parte aérea de la planta *Lolium perenne* fue menor de lo esperado, en el caso del Molibdeno (Mo) con una concentración

inicial de 2.6 mg/kg movilizándose en un promedio de 0.37 mg/kg representando el 14.1% rechazando una de las hipótesis específicas en la que se plantea que el *Lolium perenne* absorberá todos los metales pesados presentes en el suelo contaminado.

Se determinó que la movilización del metal del suelo hacia la parte aérea de la planta *Lolium perenne* fue menor de lo esperado, en el caso del Antimonio (Sb) con una concentración inicial de 16.6 mg/kg movilizándose en un promedio de 0.95 mg/kg representando el 5.7% rechazando una de las hipótesis específicas en la que se plantea que el *Lolium perenne* absorberá todos los metales pesados presentes en el suelo contaminado.

Se determinó que la movilización del metal del suelo hacia la parte aérea de la planta *Lolium perenne* fue menor de lo esperado, en el caso del Titanio (Ti) con una concentración inicial de 5.65 mg/kg movilizándose en un promedio de 0.76 mg/kg representando el 13.5% rechazando una de las hipótesis específicas en la que se plantea que el *Lolium perenne* absorberá todos los metales pesados presentes en el suelo contaminado.

Se determinó que la movilización del metal del suelo hacia la parte aérea de la planta *Lolium perenne* fue menor de lo esperado, en el caso del Vanadio (V) con una concentración inicial de 39.25 mg/kg movilizándose en un promedio de 1.74 mg/kg representando el 4.4% rechazando una de las hipótesis específicas en la que se plantea que el *Lolium perenne* absorberá todos los metales pesados presentes en el suelo contaminado.

REFERENCIAS

- Acosta, A. (2016). *Metal hyperaccumulation in plants. All you need is Biology*. Catalan:
<https://allyouneedisbiology.wordpress.com/2016/12/10/plantashiperacumuladoras-de-metales-pesados/>.
- Alloway, B. J. (1995). *Estudio de la movilización de metales*.
<https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/11036/Tasm11de16.pdf?sequence=11>.
- Alloway, B. J., & Jackson, A. (1991). En *El comportamiento de los metales pesados en aguas residuales lodosa suelos La ciencia del medio ambiente total* (págs. 100, 151-176).
- Alvarenga, P. G.-Q. (2009). *Residuos orgánicos como agentes inmovilizadores en la fitoestabilización asistida: (I) Efectos sobre las características químicas del suelo. Quemosfera*. 74; 1292-1300.
- Alvarez. (2018). *Concepto de pH. Equipo de Redacción de Concepto. Argentina* .
<https://concepto.de/ph/>.
- Aramburo, A. M., & Olaya, I. (2012). *Problemática de los pasivos ambientales en Colombia*. Medellín, Colombia.
- Arienzo, M., Adamo, & Cozzolino, V. (2004). El potencial de *Lolium perenne* para la revegetación de Suelo contaminado de un sitio metalúrgico. *La ciencia del ambiente total*. Italia.
- Baker, A. (1981). *Accumulators and excluders: strategies in the response of plants to heavy metals*. 31 de diciembre del 2012.
- Balasko, J., & Evers, G. a. (1995). *Bluegrasses, ryegrasses and bentgrasses*. Barnes, R.; Miller, D. and Nelson, C. (Eds). Forages. Vol 1. and Introduction to Grassland Agriculture. Iowa State University. Press. Ames, IA pp:357-372.

- Barcelo, J., & Poschnrieder, C. M. (1992). *Hiperacumulación de metales*. Barcelona: file:///C:/Users/MAJUDAMA/AppData/Local/Temp/MicrosoftEdgeDownloads/dbb45a05-b30c-4f24-bce9-a9785f22e033/124-242-1-SM.pdf.
- Bidar, G. C. (2009). Variaciones estacionales y anuales de la absorción de metales, la bioacumulación y la toxicidad en *Trifolium repens* y *Lolium perenne* crecen en un gran volumen. Campo contaminado con metales. *Environ Sci Pollut Res*.
- Burga, H. (2009). *Agricultura Orgánica de la FAO*. <https://boletinagrario.com/ap-6,resiliencia+del+suelo,5028.html>.
- Canadian Council of Ministers of the Environment. (2001). *Canadian Environmental Quality Guidelines. Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health*. https://www.ccme.ca/en/resources/canadian_environmental_quality_guidelines/index.html.
- Chagua, O. R., & Tardío, O. J. (2015). *EVALUACIÓN DE REMOCIÓN DE COBRE Y ZINC POR. Tarma- Perú:* <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1939/Chagua%20Orosco%20-%20Tardio%20Osorio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Chira, J. (2011). *Biodisponibilidad de metales pesados en la determinación del impacto ambiental*. <https://es.slideshare.net/ingemmet/biodisponibilidad-de-metales-pesados-en-la-determinacin-del-impacto-ambiental>.
- Cordero, C. J. (2015). *Fitorremediación In Situ para la Recuperación de Suelos Contaminados por Metales Pesados (Plomo y Cadmio) y Evaluación de Selenio en la Finca Furatena alta en el Municipio de útica. Bogotá:* [https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/7958/Fitorremediaci%C3%B2n%20in%20situ%20para%20la%20remoci%C3%B2n%20de%20metales%20pesados%](https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/7958/Fitorremediaci%C3%B2n%20in%20situ%20para%20la%20remoci%C3%B2n%20de%20metales%20pesados%20)

20%28plomo%20y%20cadmio%29%20y%20evaluaci%C3%B2n%20de%20sel.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Creswell. (2009). *Investigacion cuantitativa*. <https://es.slideshare.net/saza28/investigacion-cuantitativa-65191545>.

Delgadillo, L. A. (2011). *Fitorremediación*. <http://www.scielo.org.mx/pdf/tsa/v14n2/v14n2a2.pdf>.

Deng, H., & Wong, Z. Y. (2004). “*Accumulation of lead, zinc, copper and cadmium by 12 wetland plant species thriving in metal-contaminated sites in China*”. China.

Díaz, & Medina. (2017). *Contaminación en suelo y flora por metales pesados en la zona de relaveras de la ex Mina Paredones-San Pablo*. Cajamarca-Perú.

Durán, C. P. (2010). *Transferencia de metales de suelo a planta en áreas mineras: Ejemplos de los Andes peruanos y de la Cordillera Prelitoral Catalana*. Barcelona: TESIS.pdf.

García. (2009). *Fitotoxicidad*. <http://www.scielo.org.co/pdf/vitae/v16n1/v16n1a14.pdf>.

García, & Dorronsoro, &. (2002). *Contaminación por metales pesados. Departamento de edafología y química agrícola de España*. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=292921&pid=S1726-2216200600010002000010&lng=es.

Graña, F. (2007). *Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía*. <http://www.exploradores.org.pe/mineria/que-es-la-mineria.html>.

Gunawardana, B., Singhal, N., & Johnson, A. (2010). Enmiendas y su aplicación combinada para mejorar Cobre, cadmio, captación de plomo por *Lolium perenne*. Suelo vegetal. Auckland, Nueva Zelanda.

- Gutierrez, G. M., Hernández, A., & Pastor, J. (2011). *Estudio Del Comportamiento de Lolium Perenne L. en Suelos del Centro de España Contaminados por Metales Pesados*. Madrid-España: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/80724/1/pastorypG2011490.pdf>.
- Hannaway, D. F. (1999). *Reygrass Perenne*. . Washington, Estados Unidos. : Osu. Pp2, 4,10.
- Hemen, S. (2011). *Metal hyperaccumulation in plants: A Review focusing on phytoremediation technology*. https://es.wikipedia.org/wiki/Planta_hiperacumuladora.
- Hernández. (2005). *Producción de la asociación Lolium perenne L, Festuca arundinacea y Dactylis glomerata con y sin Trifolium repens en un andisol de la novena región*. Tesis Ing. Agron. (On line) Temuco.: Universidad de la Frontera. Facultad de ciencias agropecuarias y forestales. 59p.
- Hernández, S. R., Fernández, C. C., & Baptista, L. M. (2010). Metodología de la Investigación Quinta Edicion. Mexico: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Junkang, G., Renwei, F., Yongzhen, D., & Ruigang, W. (2014). *Aplicación de dióxido de carbono, fomento del crecimiento de las plantas Rhizobacterium y EDTA pueden mejorar la eficiencia de la fitorremediación del ryegrass en un suelo Contaminado con zinc, arsénico, cadmio y plomo*. Revista de Gestión Ambiental 141. 1.
- Kloke, A. D. (1994). *Study of the Transfer Coefficient of Cadmium and Lead in Ryegrass and Lettuce*. Berlin.
- López, G. J. (1998). *Untitled Document*. <https://www.mendozaconicet.gob.ar/portal/enciclopedia/terminos/Bioac.htm>.
- López, H. (1996). Especies forrajeras mejoradas. En In: Ruiz, I. (ed). *Praderas para Chile*. 2 ed. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Ministerio de Agricultura. (págs. 41-108.). Santiago, Chile. .

- Manzano Gutiérrez, R. (2013). *Selección de plantas y enmiendas para la recuperación de suelos de mina contaminados con arsénico y metales pesados*. Madrid: https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/660300/manzano_gutierrez_rebeca.pdf?sequence=1.
- Medina, K., & Montano, Y. (2014). *Determinación del Factor de Bioconcentración y Traslocación de Metales Pesados en el Juncus Arcticus Willd. y Cortadería Rudiussula Stapf de Áreas Contaminadas con el Pasivo Ambiental Minero Alianza*. Ancash: https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/research/publications/Theses/Tesis_Medina_y_Montano_2014.pdf.
- Mendoza, P. (2003). *Contaminación del suelo*. <https://cumbrepuebloscop20.org/medio-ambiente/contaminacion/suelo/>.
- Mentaberry, A. (2011). *Fitorremediación. Argentina: Facultad de ciencias exactas y naturales*. http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/IQM_fitorremediacion_argentina_25620.pdf.
- Ministerio del Ambiente. (2017). *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo*. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-suelo-0>.
- Ministerio del Ambiente, M. (2008). *Pasivos Ambientales*. http://www.legislacionambientalspda.org.pe/index.php?option=com_content&view=article&id=387&Itemid=3724.
- Ministerio, Energía, d., & Minas. (2020). *R.M. N° 238-2020-MINEM/DM Actualizan el Inventario Inicial de Pasivos Ambientales Mineros*. <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/REGISTROS/PASIVOS/RM%20238-2020-MNEM-DM.pdf>.

- Mnisterio, Energía, d., & Minas. (2006). *R.M. N° 290-2006-MEM/DM Inventario Inicial de Pasivos Ambientales Mineros*. <http://www.minem.gob.pe/archivos/legislacion-rm290-2006-mem-dm-zwzhe6zo081z3ez.pdf>.
- Nakmatsu, V., Ciano, N., & Luque, J. (2016). *Adaptación de especies vegetales nativas a suelos contaminados con hidrocarburos*. Argentina: <http://argentinambiental.com/notas/informes/adaptacion-especies-vegetales-nativas-suelos-contaminados-hidrocarburos/>.
- Pagnanelli, e. a. (2004). *Estudio de la movilización de metales pesados*. <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/11036/Tasm11de16.pdf?sequence=11>.
- Paiva, P. G. (2015). *Fitorremediación de Suelos Contaminados con Plomo utilizando *Amaranthus spinosus* – *Amaranthaceae**. Arequipa: <https://core.ac.uk/download/pdf/54222620.pdf>.
- Peris, M. M. (2006). *Estudio de metales pesados en suelos bajo cultivos hortícolas de la provincia de castellón. Tesis doctoral. Universidad de Valencia Servei de Publicacions. John Wiley & Sons, Chischester*. Valencia: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/9504/peris.pdf?sequence=1&isAllowed=y&fbclid=IwAR1loi2Nr2eUdm4Jkhsf9qFTyhFB7JhcVaKuqTDXZnDL4ceujcTwg1w29Dg>.
- Riffo, E. 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*. <http://repositoriodigital.ucsc.cl/bitstream/handle/25022009/1020/Carol%20Riffo%20Estay.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Romero, & Galán. (2008). *Contaminación de Suelos por Metales Pesados*. España: http://www.ehu.eus/sem/macla_pdf/macla10/Macla10_48.pdf.

- Ross, S., & Kaye, K. (1994). *El significado de la toxicidad de los metales en los sistemas de plantas del suelo. Metales tóxicos en sistemas suelo-planta.*
- Saavedra, T. A. (2018). *Factor de bioconcentración y traslocación de especies altoandinas para suelos contaminados con metales pesados provenientes de la planta concentradora de MESAPATA, en condiciones de invernadero, 2015 - 2016. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.*
- Santibáñez, C. C. (2008). En *Fitoestabilización de relaves de cobre con biosólidos: Implicaciones para la captación de metal y la productividad de Lolium perenne.* (págs. Sci. Entorno total. 395, 1–10.).
- Sauquillo, e. a. (2003). *Estudio de la movilización de metales pesados.*
[https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/11036/Tasm11de16.pdf?sequence=11.](https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/11036/Tasm11de16.pdf?sequence=11)
- Schlatter, J., & Grez, R. V. (2003). *Manual para el reconocimiento de suelos.* Chile: Facultad de Ciencias Forestales.
- Solano, M. A. (2005). *Capítulo VIII Estudio de la movilización de metales pesados.*
[https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/11036/Tasm11de16.pdf?sequence=11.](https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/11036/Tasm11de16.pdf?sequence=11)
- Stevenson. (1989). *Programa de Gestión y conservación del suelo.* Portugal:
[https://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/GCSP/GCSL4CEOtros%20Cont.htm.](https://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/GCSP/GCSL4CEOtros%20Cont.htm)
- Suelo Agrícola. (2015). *Metales pesados en los cultivos.* Lima:
[http://bibliotecadigital.sag.gob.cl/documentos/medio_ambiente/criterios_calidad_suelos_aguas_agricolas/pdf_suelos/6_metales_pesados_cultivos.pdf.](http://bibliotecadigital.sag.gob.cl/documentos/medio_ambiente/criterios_calidad_suelos_aguas_agricolas/pdf_suelos/6_metales_pesados_cultivos.pdf)
- Vullo, D. (2003). *Microorganismos y Metales Pesados: Una Interacción en Beneficio del Medio Ambiente.* Química Viva: [https://www.redalyc.org/pdf/863/86320303.pdf.](https://www.redalyc.org/pdf/863/86320303.pdf)
- Walton, P. (1983). *Production and management of cultivated forages.* Reston Publication Co., Inc. Reston, VA 48 p.

Yanacocha. (2018). *CATEGORY ARCHIVES: OPERACIONES*. Cajamarca:

<http://www.yanacocha.com/category/operaciones/>.

ANEXOS

ANEXO N° 01: Fotografías del proceso para la ejecución de la investigación

Figura 20

Zona de extracción de muestras de suelo contaminado - Mina Paredones



Figura 21

Zona de extracción de muestras de suelo contaminado - Mina Paredones



Figura 22

Extracción de muestras de suelo contaminado - Mina Paredones



Figura 23

Extracción de muestras de suelo contaminado - Mina Paredones.



Figura 24

Muestreo de agua en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte.



Figura 25

Muestreo de agua en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte.



Figura 26

Extracción del suelo Agrícola para el tratamiento.



Figura 27

Extracción del suelo Agrícola para el tratamiento.



Figura 28

*Tratamiento 1 que representa al 100% de suelo Agrícola con el trasplante del **Lolium perenne**.*



Figura 29

*Tratamiento 2 que representa al 25% de suelo Agrícola con el trasplante del **Lolium perenne**.*

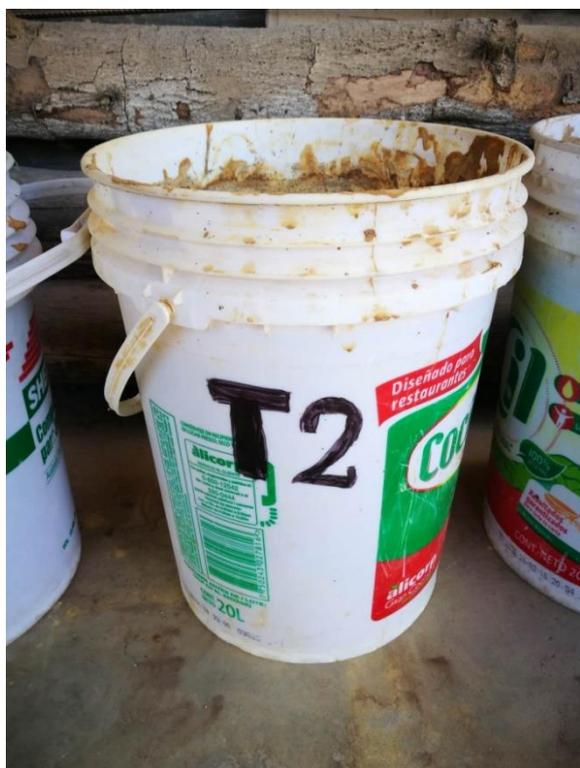


Figura 30

*Tratamiento 3 que representa al 50 % de suelo Agrícola con el trasplante del *Lolium perenne*.*

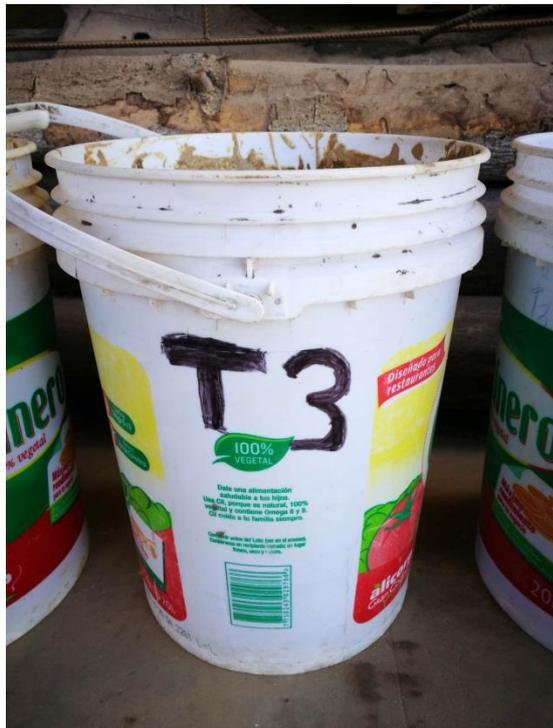


Figura 31

*Tratamiento 4 que representa al 75% de suelo Agrícola con el trasplante del *Lolium perenne*.*



Figura 32

*Tratamiento 5 que representa al 100% de suelo Contaminado con el trasplante del **Lolium perenne**.*



Figura 33

Tratamientos después de 45 días para hacer el corte de la planta



Figura 34

Entrega del primer envío de muestras al Laboratorio SAG.



Figura 35

Entrega de muestras del primer envío al laboratorio SAG.



Figura 36

Entrega de muestras al laboratorio SAG.



Figura 37

Repetimos el tratamiento para hacer el segundo envío de muestras



Figura 38

Tratamientos listos para hacer el segundo envío después de 45 días



Figura 39

Entrega de muestras del segundo envío al Laboratorio SAG.



Figura 40

Entrega de muestras del segundo envío al Laboratorio SAG.



Figura 41

Nuevamente Tratamientos listos para hacer el corte para el tercer envío



Figura 42

Corte para el envío al laboratorio.



Figura 43

Como podemos observar el Tratamiento 5 no ha crecido, por lo que hicimos solamente un corte en el tercer envío.



ANEXO N°02: Resultados del Laboratorio Servicios Analíticos Generales S.A.G

Figura 44

Resultados de Cianuro Libre de la Muestra Patrón y la Muestra Contaminada.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-047



INFORME DE ENSAYO N° 126178-2018 CON VALOR OFICIAL

RAZÓN SOCIAL : KARINNA ALEXANDRA CHÁVEZ LAZO
DOMICILIO LEGAL : JR. UCAYALI N° 391 CAJAMARCA - CAJAMARCA - CAJAMARCA
SOLICITADO POR : KARINNA ALEXANDRA CHÁVEZ LAZO
REFERENCIA : REMEDIACIÓN DE METALES
PROCEDENCIA : JR. UCAYALI N° 391 CAJAMARCA - CAJAMARCA - CAJAMARCA
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS : 2018-10-28
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS : 2018-10-28
MUESTREADO POR : EL CLIENTE

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método	L.C.	Unidades
Cianuro libre	EPA Method 9013-A Rev. 2 (2014) // SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-CN-F, 23rd Ed. 2017. Cyanide Extraction procedure for Solids and oils // Cyanide. Selective Electrode Method.	0.18 ^(a)	mg/kg
Metales (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Boro, Berilio, Cadmio, Calcio, Cerio, Cromio, Cobalto, Cobre, Hierro, Plomo, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Fósforo, Potasio, Selenio, Plata, Sodio, Estroncio, Talio, Estaño, titanio, Vanadio, Zinc).	Method 200.7 Rev. 4.4 EMMC Version (1994). Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry.	---	mg/kg

L.C.: límite de cuantificación.
(a) Expresado como límite de detección del método.

II. RESULTADOS:

Producto declarado	Suelo	Suelo
Matriz analizada	Suelo	Suelo
Fecha de muestreo	2018-10-22	2018-10-22
Hora de inicio de muestreo (h)	17:30	11:50
Condiciones de la muestra	Conservada	Conservada
Código del Cliente	02	04
Código del Laboratorio	18101939	18101941
Ensayo	unidades	Resultados
Cianuro libre	mg/kg	<0.18
Resultados de Suelo reportado en base seca.		


Quim. Belbeth Y. Pajardo León,
C.Q.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

EXPERTS
WORKING
FOR YOU

* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.
EPA: Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.
OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de preservabilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas.
• Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.
Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Rios Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Cod.: FI.02/Version: 08/FE.03/2018 Página 1 de 2

Fuente: SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C

Figura 45

Resultados del barrido de Metales de la Muestra Patrón y la Muestra Contaminada.



SAG

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-047



Registro N° LE-047

**INFORME DE ENSAYO N° 126178-2018
CON VALOR OFICIAL**

II. RESULTADOS:

Producto declarado			Suelo	Suelo
Matriz analizada			Suelo	Suelo
Fecha de muestreo			2018-10-22	2018-10-22
Hora de inicio de muestreo (h)			17:40	11:45
Condiciones de la muestra			Conservada	Conservada
Código del Cliente			01	03
Código del Laboratorio			18101938	18101940
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados	
Metales				
Plata (Ag)	0.07	mg/kg	<0.07	<0.07
Aluminio (Al)	1.4	mg/kg	7734.7	9782.7
Arsénico (As)	0.1	mg/kg	9.5	2507.7
Boro (B)	0.2	mg/kg	1.1	<0.2
Bario (Ba)	0.2	mg/kg	68.6	65.3
Berilio (Be)	0.03	mg/kg	0.31	<0.03
Calcio (Ca)	4.7	mg/kg	12778.5	3764.0
Cadmio (Cd)	0.04	mg/kg	3.14	123.23
Cerio (Ce)	0.2	mg/kg	24.3	14.8
Cobalto (Co)	0.05	mg/kg	5.13	13.46
Cromo (Cr)	0.04	mg/kg	6.97	<0.04
Cobre (Cu)	0.1	mg/kg	13.1	290.8
Hierro (Fe)	0.2	mg/kg	13857.6	>20000
Mercurio (Hg)	0.1	mg/kg	<0.1	<0.1
Potasio (K)	4.3	mg/kg	1265.6	6844.8
Litio (Li)	0.3	mg/kg	3.5	10.5
Magnesio (Mg)	4.4	mg/kg	1241.7	3152.0
Manganeso (Mn)	0.05	mg/kg	251.46	1618.83
Molibdeno (Mo)	0.2	mg/kg	<0.2	2.6
Sodio (Na)	2.3	mg/kg	57.3	88.4
Níquel (Ni)	0.06	mg/kg	5.97	<0.06
Fósforo (P)	0.3	mg/kg	1010.9	383.1
Plomo (Pb)	0.06	mg/kg	28.03	2007.39
Antimonio (Sb)	0.2	mg/kg	<0.2	16.6
Selenio (Se)	0.3	mg/kg	<0.3	<0.3
Estaño (Sn)	0.1	mg/kg	0.5	1.3
Estroncio (Sr)	0.1	mg/kg	40.0	10.8
Titanio (Ti)	0.03	mg/kg	24.57	5.65
Talio (Tl)	0.3	mg/kg	<0.3	1.1
Vanadio (V)	0.04	mg/kg	22.81	39.25
Zinc (Zn)	0.2	mg/kg	80.9	>5000

L.D.M.: límite de detección del método.

Resultados de Suelo reportado en base seca.

Lima, 08 de Noviembre del 2018.

Quim. Belbeth Y. Fajardo Leon
C.Q.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

EXPERTS
WORKING
FOR YOU

Cod.: FI 02/Version: 08/FE/03/2018

* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

EPA: Environmental Protection Agency, ASTM: American Society for Testing and Materials, NTP: Norma Técnica Peruana
OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 2 de 2

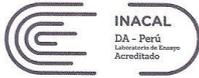
Fuente: SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C

Figura 46

Resultados del primer envío de muestras del Laboratorio S.A.G.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO
DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO
N° LE - 047



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado

Registro N° LE - 047

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO INTERNACIONAL
ACCREDITATION SERVICE, INC. - IAS
CON REGISTRO
TL - 829



IAS
ACCREDITED
Testing Laboratory

INFORME DE ENSAYO N° 136815 - 2019 CON VALOR OFICIAL

RAZÓN SOCIAL : KARINNA ALEXANDRA CHÁVEZ LAZO
DOMICILIO LEGAL : JR. UCAYALI N° 391 - CAJAMARCA - CAJAMARCA
SOLICITADO POR : KARINNA ALEXANDRA CHÁVEZ LAZO
REFERENCIA : REMEDIACIÓN DE METALES
PROCEDENCIA : CAJAMARCA
FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : 2019-09-29
FECHA(S) DE ANÁLISIS : 2019-10-01 AL 2019-10-07
FECHA(S) DE MUESTREO : 2019-09-27
MUESTREADO POR : EL CLIENTE
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS SE APLICAN A LA MUESTRA(S) TAL COMO SE RECIBIÓ.

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método	Unidades
SUELO		
Metales (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Boro, Berilio, Cadmio, Calcio, Cerio, Cromo, Cobalto, Cobre, Hierro, Plomo, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Fósforo, Potasio, Selenio, Plata, Sodio, Estroncio, Talio, Estaño, titanio, Vanadio, Zinc).	Method 200.7 Rev. 4.4 EMMC Version (1994). Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry.	mg/kg
TEJIDO		
Total Metals (In Vegetable Tissues): Aluminum (Al), Antimony (Sb), Arsenic (As), Barium (Ba), Beryllium (Be), Cadmium (Cd), Calcium (Ca), Chromium (Cr) Cobalt (Co), Copper (Cu), Iron (Fe), Lead (Pb), Lithium (Li), Magnesium (Mg) Manganese (Mn), Mercury (Hg), Molybdenum (Mo) Nickel (Ni), Phosphorus (P), Potassium (K), Selenium (Se), Silver (Ag), Sodium (Na), Strontium (Sr), Thallium (Tl), Uranium (U), Vanadium (V), Zinc (Zn).	EPA Method 200.3, Rev. 1, April. 1991. Metals, Total Recoverable in Biological Tissues / EPA Method 200.7, Rev.4.4. EMMC Version 1994.	mg/Kg


 Quim. Belbeth Y. Fajardo León
 C.Q.P. N° 648
 Asesor Técnico Químico

**EXPERTS
WORKING
FOR YOU**

* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA ni el Organismo Internacional de Acreditación - IAS.
 EPA: Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.
 OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas.
 • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.
 Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima
 • Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

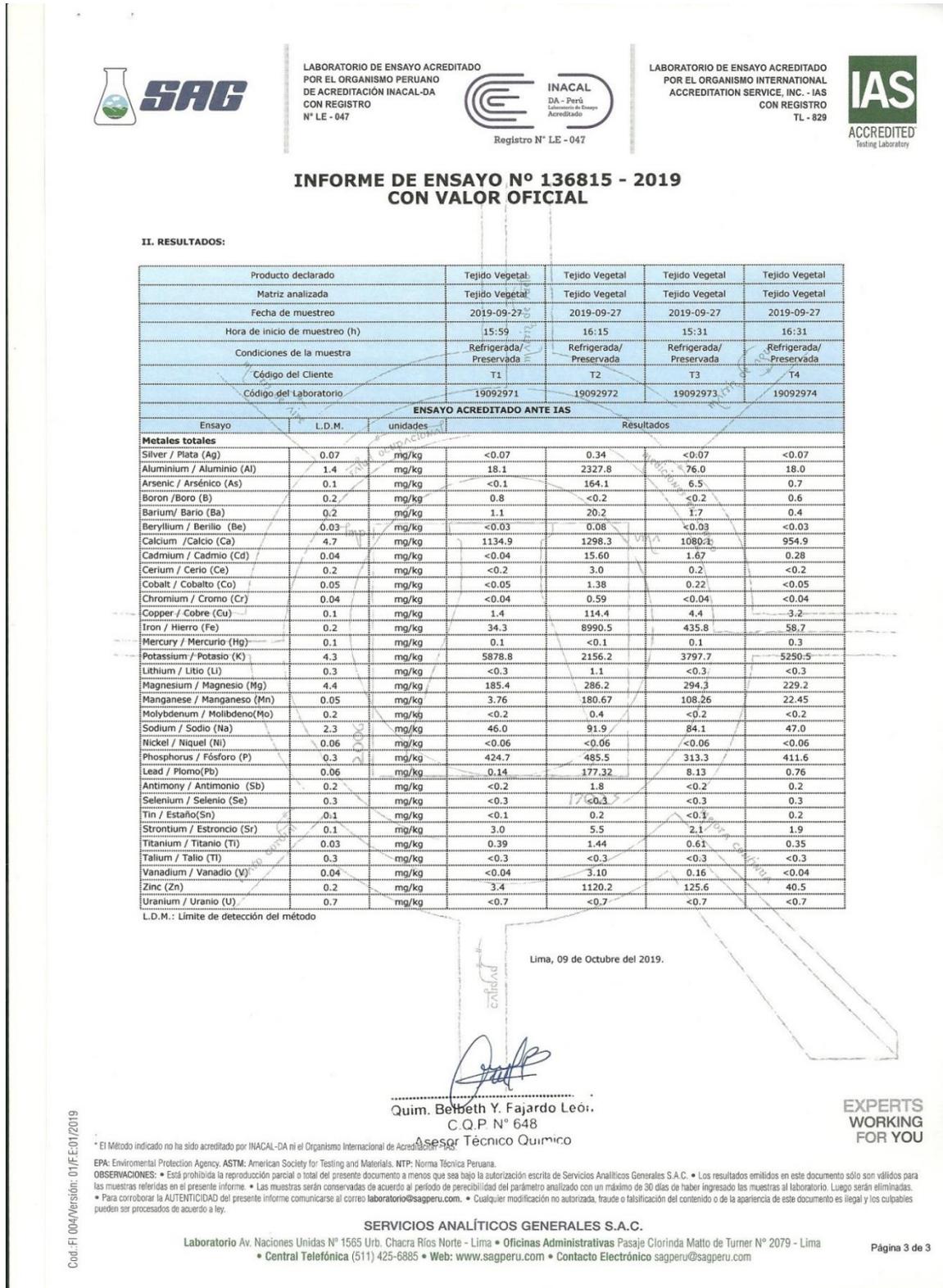
Página 1 de 3

Cod.:FI.004/Versión: 01/EE-01/2019

Fuente: SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C

Figura 47

Resultados del primer envío de muestras del Laboratorio S.A.G.



Fuente: SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C

Figura 48

Resultados del segundo envío de muestras del Laboratorio S.A.G.



SAG

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
INTERNATIONAL ACCREDITATION SERVICE, INC. - IAS
CON REGISTRO TL - 829



**INFORME DE ENSAYO N° 137898 - 2019
CON VALOR OFICIAL**

RAZÓN SOCIAL : KARINNA ALEXANDRA CHÁVEZ LAZO
DOMICILIO LEGAL : JR. UCAYALI N° 391 - CAJAMARCA - CAJAMARCA
SOLICITADO POR : KARINNA ALEXANDRA CHÁVEZ LAZO
REFERENCIA : REMEDIACIÓN DE METALES
PROCEDENCIA : CAJAMARCA
FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : 2019-11-15
FECHA(S) DE ANÁLISIS : 2019-11-23
FECHA(S) DE MUESTREO : 2019-11-11
MUESTREADO POR : EL CLIENTE
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS SE APLICAN A LA MUESTRA(S) TAL COMO SE RECIBIÓ.

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método	Unidades
Total Metals (In Vegetable Tissues): Aluminum (Al), Antimony (Sb), Arsenic (As), Barium (Ba), Beryllium (Be), Cadmium (Cd), Calcium (Ca), Chromium (Cr) Cobalt (Co), Copper (Cu), Iron (Fe), Lead (Pb), Lithium (Li), Magnesium (Mg) Manganese (Mn), Mercury (Hg), Molybdenum (Mo) Nickel (Ni), Phosphorus (P), Potassium (K), Selenium (Se), Silver (Ag), Sodium (Na), Strontium (Sr), Thallium (Tl), Uranium (U), Vanadium (V), Zinc (Zn).	EPA Method 200.3, Rev. 1, April. 1991. Metals, Total Recoverable in Biological Tissues / EPA Method 200.7, Rev.4.4. EMMC Version 1994.	mg/Kg


Quim. Belbeth Y. Fajardo León
C.Q.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

EXPERTS
WORKING
FOR YOU

Cod.:FI.005/Version: 01/FE.01/2019

* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA ni el Organismo Internacional de Acreditación - IAS.

EPA: Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 1 d

Fuente: SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C

Figura 49

Resultados del segundo envío de muestras del Laboratorio S.A.G.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
INTERNATIONAL ACCREDITATION SERVICE, INC. - IAS
CON REGISTRO TL - 829



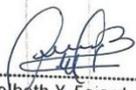
**INFORME DE ENSAYO N° 137898 - 2019
CON VALOR OFICIAL**

II. RESULTADOS:

Producto declarado	Tejido Vegetal	Tejido Vegetal	Tejido Vegetal	Tejido Vegetal
Matriz analizada	Tejido Vegetal	Tejido Vegetal	Tejido Vegetal	Tejido Vegetal
Fecha de muestreo	2019-11-11	2019-11-12	2019-11-13	2019-11-14
Hora de inicio de muestreo (h)	15:04	15:15	15:25	15:35
Condiciones de la muestra	Refrigerada/ Preservada	Refrigerada/ Preservada	Refrigerada/ Preservada	Refrigerada/ Preservada
Código del Cliente	T1	T2	T3	T4
Código del Laboratorio	19111703	19111704	19111705	19111706
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados	
Metales totales				
Silver / Plata (Ag)	0.07	mg/kg	<0.07	0.36
Aluminium / Aluminio (Al)	1.4	mg/kg	11.0	1234.6
Arsenic / Arsénico (As)	0.1	mg/kg	0.2	84.0
Boron / Boro (B)	0.2	mg/kg	1.3	<0.2
Barium / Bario (Ba)	0.2	mg/kg	2.4	14.2
Beryllium / Berilio (Be)	0.03	mg/kg	<0.03	0.07
Calcium / Calcio (Ca)	4.7	mg/kg	2133.0	207.9
Cadmium / Cadmio (Cd)	0.04	mg/kg	<0.04	2.33
Cerium / Cerio (Ce)	0.2	mg/kg	<0.2	0.3
Cobalt / Cobalto (Co)	0.05	mg/kg	<0.05	0.77
Chromium / Cromo (Cr)	0.04	mg/kg	0.08	0.30
Copper / Cobre (Cu)	0.1	mg/kg	1.0	82.2
Iron / Hierro (Fe)	0.2	mg/kg	43.1	5505.2
Mercury / Mercurio (Hg)	0.1	mg/kg	1.9	1.9
Potassium / Potasio (K)	4.3	mg/kg	2140.6	403.2
Lithium / Litio (Li)	0.3	mg/kg	<0.3	0.4
Magnesium / Magnesio (Mg)	4.4	mg/kg	278.7	40.8
Manganese / Manganeso (Mn)	0.05	mg/kg	6.09	45.54
Molybdenum / Molibdeno (Mo)	0.2	mg/kg	<0.2	<0.2
Sodium / Sodio (Na)	2.3	mg/kg	22.7	13.5
Nickel / Níquel (Ni)	0.06	mg/kg	<0.06	<0.06
Phosphorus / Fósforo (P)	0.3	mg/kg	335.6	219.7
Lead / Plomo (Pb)	0.06	mg/kg	0.41	96.99
Antimony / Antimonio (Sb)	0.2	mg/kg	0.4	1.3
Selenium / Selenio (Se)	0.3	mg/kg	<0.3	<0.3
Tin / Estaño (Sn)	0.1	mg/kg	1.3	1.3
Strontium / Estroncio (Sr)	0.1	mg/kg	4.9	1.7
Titanium / Titanio (Ti)	0.03	mg/kg	0.50	2.05
Talium / Talio (Tl)	0.3	mg/kg	<0.3	<0.3
Vanadium / Vanadio (V)	0.04	mg/kg	<0.04	1.90
Zinc (Zn)	0.2	mg/kg	5.3	137.6
Uranium / Uranio (U)	0.7	mg/kg	<0.7	18.9

L.D.M.: Límite de detección del método

Lima, 26 de Noviembre del 2019.



Quim. Belbeth Y. Fajardo León,
C.Q.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

**EXPERTS
WORKING
FOR YOU**

* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA ni el Organismo Internacional de Asesoría Técnica Química.

EPA: Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Cod.FI.005/Version: 01/F.E.01/2019

Página 2 de 2

Fuente: SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C

Figura 50

Resultados del tercer envío de muestras del Laboratorio S.A.G.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
INTERNATIONAL ACCREDITATION SERVICE, INC. - IAS
CON REGISTRO TL - 829**



**INFORME DE ENSAYO N° 139364 - 2019
CON VALOR OFICIAL**

RAZÓN SOCIAL

DOMICILIO LEGAL

SOLICITADO POR

REFERENCIA

PROCEDENCIA

FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRA

FECHA(S) DE ANÁLISIS

FECHA(S) DE MUESTREO

MUESTREO POR

CONDICIÓN DE LA MUESTRA

: KARINNA ALEXANDRA CHÁVEZ LAZO

: JR. UCAYALI N° 391 - CAJAMARCA - CAJAMARCA - CAJAMARCA

: KARINNA ALEXANDRA CHÁVEZ LAZO

: REMEDIACIÓN DE METALES

: CAJAMARCA

: 2019-12-31

: 2019-12-31 AL 2020-01-10

: 2019-12-26

: EL CLIENTE

: LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS SE APLICAN A LA MUESTRA(S) TAL COMO SE RECIBIÓ.

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método	Unidades
Total Metals (In Vegetable Tissues): Aluminum (Al), Antimony (Sb), Arsenic (As), Barium (Ba), Beryllium (Be), Cadmium (Cd), Calcium (Ca), Chromium (Cr) Cobalt (Co), Copper (Cu), Iron (Fe), Lead (Pb), Lithium (Li), Magnesium (Mg) Manganese (Mn), Mercury (Hg), Molybdenum (Mo) Nickel (Ni), Phosphorus (P), Potassium (K), Selenium (Se), Silver (Ag), Sodium (Na), Strontium (Sr), Thallium (Tl), Uranium (U), Vanadium (V), Zinc (Zn).	EPA Method 200.3, Rev. 1, April. 1991. Metals, Total Recoverable In Biological Tissues / EPA Method 200.7, Rev.4.4. EMMC Version 1994.	mg/Kg



Quim. Belbeth Y. Fajardo León,
C.Q.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

**EXPERTS
WORKING
FOR YOU**

* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA ni el Organismo Internacional de Acreditación - IAS.

EPA: Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

:cod.:FI 005/versión: 01/FE/01/2019

Página 1 de

Fuente: SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C

Figura 51

Resultados del tercer envío de muestras del Laboratorio S.A.G.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
INTERNATIONAL ACCREDITATION SERVICE, INC. - IAS
CON REGISTRO TL - 829



INFORME DE ENSAYO N° 139364 - 2019
CON VALOR OFICIAL

II. RESULTADOS:

Producto declarado	Tejido Vegetal	Tejido Vegetal	Tejido Vegetal	Tejido Vegetal
Matriz analizada	Tejido Vegetal	Tejido Vegetal	Tejido Vegetal	Tejido Vegetal
Fecha de muestreo	2019-12-26	2019-12-26	2019-12-26	2019-12-26
Hora de inicio de muestreo (h)	15:45	16:10	15:58	16:00
Condiciones de la muestra	Refrigerada/ Preservada	Refrigerada/ Preservada	Refrigerada/ Preservada	Refrigerada/ Preservada
Código del Cliente	T1	T2	T3	T4
Código del Laboratorio	19123545	19123546	19123547	19123548
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados	
Metales totales				
Silver / Plata (Ag)	0.08	mg/kg	<0.08	<0.08
Aluminium / Aluminio (Al)	1.2	mg/kg	4.4	1286.4
Arsenic / Arsénico (As)	0.1	mg/kg	<0.1	37.6
Boron / Boro (B)	0.2	mg/kg	1.5	<0.2
Barium / Bario (Ba)	0.2	mg/kg	2.6	6.7
Beryllium / Berilio (Be)	0.03	mg/kg	<0.03	0.07
Calcium / Calcio (Ca)	3.1	mg/kg	680.8	445.8
Cadmium / Cadmio (Cd)	0.05	mg/kg	<0.05	1.94
Cerium / Cerio (Ce)	0.2	mg/kg	<0.2	0.7
Cobalt / Cobalto (Co)	0.04	mg/kg	<0.04	0.22
Chromium / Cromo (Cr)	0.05	mg/kg	0.09	0.70
Copper / Cobre (Cu)	0.1	mg/kg	0.7	53.2
Iron / Hierro (Fe)	0.2	mg/kg	16.1	2612.8
Mercury / Mercurio (Hg)	0.1	mg/kg	<0.1	<0.1
Potassium / Potasio (K)	3.8	mg/kg	2228.3	188.7
Lithium / Litio (Li)	0.3	mg/kg	<0.3	<0.3
Magnesium / Magnesio (Mg)	3.1	mg/kg	166.8	33.9
Manganese / Manganeso (Mn)	0.05	mg/kg	4.52	21.21
Molybdenum / Molibdeno (Mo)	0.2	mg/kg	<0.2	<0.2
Sodium / Sodio (Na)	2.2	mg/kg	31.3	18.2
Nickel / Niquel (Ni)	0.07	mg/kg	<0.07	<0.07
Phosphorus / Fósforo (P)	0.3	mg/kg	349.7	218.7
Lead / Plomo (Pb)	0.06	mg/kg	<0.06	27.41
Antimony / Antimonio (Sb)	0.2	mg/kg	<0.2	0.6
Selenium / Selenio (Se)	0.3	mg/kg	<0.3	<0.3
Tin / Estaño (Sn)	0.1	mg/kg	1.1	1.3
Strontium / Estroncio (Sr)	0.1	mg/kg	1.7	1.3
Titanium / Titanio (Ti)	0.03	mg/kg	0.27	1.07
Talium / Talio (Tl)	0.3	mg/kg	<0.3	<0.3
Vanadium / Vanadio (V)	0.06	mg/kg	<0.06	0.93
Zinc (Zn)	0.3	mg/kg	5.9	106.5
Uranium / Uranio (U)	0.7	mg/kg	<0.7	<0.7

L.D.M.: Límite de detección del método

Quim. Belbeth Y. Fajardo León
C.Q.P N° 648
Asesor Técnico Químico

EXPERTS
WORKING
FOR YOU

od: FI 005/ Versión: 01/EE 01/2019

* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA ni el Organismo Internacional de Acreditación - IAS.

EPA: Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas.

• Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 2 de 3

Fuente: SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C

Figura 52

Resultados del tercer envío de muestras del Laboratorio S.A.G.



SAG

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
INTERNATIONAL ACCREDITATION SERVICE, INC. - IAS
CON REGISTRO TL - 829



**INFORME DE ENSAYO N° 139364 - 2019
CON VALOR OFICIAL**

II. RESULTADOS:

Producto declarado	Tejido Vegetal		
Matriz analizada	Tejido Vegetal		
Fecha de muestreo	2019-12-26		
Hora de inicio de muestreo (h)	16:16		
Condiciones de la muestra	Refrigerada/ Preservada		
Código del Cliente	T5		
Código del Laboratorio	19123549		
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados
Metales totales			
Silver / Plata (Ag)	0.08	mg/kg	0.22
Aluminium / Aluminio (Al)	1.2	mg/kg	1614.1
Arsenic / Arsénico (As)	0.1	mg/kg	75.9
Boron / Boro (B)	0.2	mg/kg	<0.2
Barium / Bario (Ba)	0.2	mg/kg	10.9
Beryllium / Berilio (Be)	0.03	mg/kg	0.04
Calcium / Calcio (Ca)	3.1	mg/kg	681.2
Cadmium / Cadmio (Cd)	0.05	mg/kg	4.83
Cerium / Cerio (Ce)	0.2	mg/kg	<0.2
Cobalt / Cobalto (Co)	0.04	mg/kg	0.45
Chromium / Cromo (Cr)	0.05	mg/kg	1.62
Copper / Cobre (Cu)	0.1	mg/kg	143.1
Iron / Hierro (Fe)	0.2	mg/kg	4950.0
Mercury / Mercurio (Hg)	0.1	mg/kg	<0.1
Potassium / Potasio (K)	3.8	mg/kg	378.4
Lithium / Litio (Li)	0.3	mg/kg	0.5
Magnesium / Magnesio (Mg)	3.1	mg/kg	99.8
Manganese / Manganeso (Mn)	0.05	mg/kg	51.43
Molybdenum / Molibdeno (Mo)	0.2	mg/kg	0.4
Sodium / Sodio (Na)	2.2	mg/kg	26.7
Nickel / Niquel (Ni)	0.07	mg/kg	<0.07
Phosphorus / Fósforo (P)	0.3	mg/kg	454.7
Lead / Plomo (Pb)	0.06	mg/kg	74.15
Antimony / Antimonio (Sb)	0.2	mg/kg	1.4
Selenium / Selenio (Se)	0.3	mg/kg	<0.3
Tin / Estaño (Sn)	0.1	mg/kg	0.8
Strontium / Estroncio (Sr)	0.1	mg/kg	2.1
Titanium / Titanio (Ti)	0.03	mg/kg	1.08
Talium / Talio (Tl)	0.3	mg/kg	<0.3
Vanadium / Vanadio (V)	0.06	mg/kg	4.00
Zinc (Zn)	0.3	mg/kg	321.7
Uranium / Uranio (U)	0.7	mg/kg	<0.7

L.D.M.: Límite de detección del método

Quim. Belbeth Y. Fajardo León
C.Q.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

Lima, 15 de Enero del 2020.

EXPERTS
WORKING
FOR YOU

* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA ni el Organismo Internacional de Acreditación - IAS.

EPA: Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 3 de 3

Fuente: SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C

Figura 53

Cadena custodia del envío de muestras de suelo agrícola y suelo contaminado.

O.S. 173922

FR - 005
Versión: 05
P.E: 10/2016

SAG S.A.C. CADENA DE CUSTODIA DE MONITOREO - DE AGUAS Y SUELOS

Cliente: Chávez Lazo Karinna Alexandra Contacto: 945 990392 E-mail: Karina.alechl@gmail.com Telef.(s) 201

Lugar: Jr. Ucayali #397 Empresa: _____ Planta: _____ Proyecto: Remediación de metales

Carta/Cotización: N° 2018-10VT-17-1-# MUESTREO POR SAG MUESTREO POR CLIENTE

PUNTO DE MUESTREO o CÓDIGO DEL CLIENTE	MUESTREO		TIPO DE MATRIZ	PARAMETROS IN SITU		ANÁLISIS DE LABORATORIO		N° Informe: <u>18178-2018</u>
	FECHA	HORA				CÓDIGO DE LABORATORIO	DATOS ADICIONALES	
01	22/10/18	5:40pm	suelo	metales pesados	(ICP-OES)			18101938
02	22/10/18	5:30pm	alimento	cloruro libre	CS/EH			18101939
03	22/10/18	11:45am	alimento	metales pesados	(ICP-OES)			18101940
04	22/10/18	11:30am	alimento	cloruro libre	CS/EH			18101941

Observaciones de Muestreo: _____

Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable del muestreo: Karina Alexandra Chávez Lazo Firma(s): [Firma] Recibido en laboratorio: 6.11

Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable o Supervisor en campo: Betty Tatyana Polo Becerra Firma(s): [Firma] Día/Hora: 08:00

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES
RECIBIDO
28 OCT 2018
RECEPCIÓN DE MUESTRAS SAG

Fuente: SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C

Figura 54

Cadena custodia del primer envío de muestras de tejido vegetal.

O.S. 17000

FR - 005
Versión: 05
P.E: 10/2016

SAG S.A.C. CADENA DE CUSTODIA DE MONITOREO - DE AGUAS Y SUELOS

Cliente: Chávez Lazo Karinna Alexandra Contacto: 945 990392 / 961516015 E-mail: Karina.alechl@gmail.com Telef.(s) 201

Lugar: Cajamarca Jr. Ucayali #397 Empresa: _____ Planta: _____ Proyecto: Remediación de metales

Carta/Cotización: 2019-09VT-1-1-26-y. MUESTREO POR SAG MUESTREO POR CLIENTE

PUNTO DE MUESTREO o CÓDIGO DEL CLIENTE	MUESTREO		TIPO DE MATRIZ	PARAMETROS IN SITU		ANÁLISIS DE LABORATORIO		N° Informe: <u>13685-2019</u>
	FECHA	HORA				CÓDIGO DE LABORATORIO	DATOS ADICIONALES	
T1	27/09/19	3:30pm	T. Vegetal	metales pesados	(ICP-OES)			19092971
T2	27/09/19	4:15pm	tejido vegetal	metales pesados	(ICP-OES)			19092972
T3	27/09/19	3:30pm	tejido vegetal	metales pesados	(ICP-OES)			19092973
T4	27/09/19	4:30pm	tejido vegetal	metales pesados	(ICP-OES)			19092974
Suelo agrícola	27/09/19	4:30pm	tejido vegetal	metales pesados	(ICP-OES)			19092975

Observaciones de Muestreo: _____

Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable del muestreo: Karina Alexandra Chávez Lazo Firma(s): [Firma] Recibido en laboratorio: GM

Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable o Supervisor en campo: Betty Tatyana Polo Becerra Firma(s): [Firma] Día/Hora: 10:00hs

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES
RECIBIDO
29 SEP 2019
RECEPCIÓN DE MUESTRAS SAG

Fuente: SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C

Figura 55

Cadena custodia del segundo envío de muestras de tejido vegetal.

05 178201 *RJNF*

FR - 005
Versión: 05
F.E. 10/2014
Página: de

SAG S.A.C. CADENA DE CUSTODIA DE MONITOREO - DE AGUAS Y SUELOS

Cliente: *Karina Alexandra Chávez Lazo* Contacto: *98516015* E-mail: *Karina.alexch@gnail.com* Telef.(s) *945990392*
 Lugar: *Cajamarca / Sr. Ucayali # 391* Empresa: *Ray gress* Planta: *Ray gress* Proyecto: *Remediación de suelos*

Carta/Cotización: *2019-09VT-1-1-2* MUESTREADO POR SAG MUESTREADO POR CLIENTE

PUNTO DE MUESTREO o CÓDIGO DEL CLIENTE	MUESTREO		TIPO DE MATRIZ	PARAMETROS IN SITU		ANÁLISIS DE LABORATORIO	N° Informe: <i>137898-20191</i>	CÓDIGO DE LABORATORIO	DATOS ADICIONALES
	FECHA	HORA							
T1	11/11/19	3:04pm	metales pesados	suelo (Tejido vegetal)	VI	/ JCP - OES	1911703		
T2	11/11/19	3:15pm	metales pesados	suelo	VI	/ JCP - OES	1911704		
T3	11/11/19	3:25pm	metales pesados	suelo	VI	/ JCP - OES	1911705		
T4	11/11/19	3:35pm	metales pesados	suelo	VI	/ JCP - OES	1911706		

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES
RECIBIDO
15 NOV 2019
RECEPCION DE MUESTRAS
SAG

Observaciones de Muestreo:

Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable del muestreo: *Karina Alexandra Chávez Lazo* Firma(s): *Karina* Recibido en laboratorio: *NM*
 Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable o Supervisor en campo: *Betty Tetyasa Polo Becerra* Firma(s): *Betty* Día/Hora: *14:00*

Fuente: SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C

Figura 56

Cadena custodia del tercer envío de muestras de tejido vegetal.

05: 178201

FR - 005
Versión: 05
F.E. 10/2014
Página: de

SAG S.A.C. CADENA DE CUSTODIA DE MONITOREO - DE AGUAS Y SUELOS

Cliente: *Karina Alexandra Chávez Lazo* Contacto: E-mail: Telef.(s)
 Lugar: *Cajamarca / Sr. Ucayali # 391* Empresa: *Ray gress* Planta: Proyecto: *Remediación de suelos*

Carta/Cotización: *2019-09VT-1-1-2* MUESTREADO POR SAG MUESTREADO POR CLIENTE

PUNTO DE MUESTREO o CÓDIGO DEL CLIENTE	MUESTREO		TIPO DE MATRIZ	PARAMETROS IN SITU		ANÁLISIS DE LABORATORIO	N° Informe: <i>139364-2019</i>	CÓDIGO DE LABORATORIO	DATOS ADICIONALES
	FECHA	HORA							
T1	26/12/19	15:45	Vegetal		VI	/	1912355		
T2	26/12/19	16:10	Vegetal		VI	/	1912356		
T3	26/12/19	16:58	Vegetal		VI	/	1912357		
T4	26/12/19	16:00	Vegetal		VI	/	1912358		
T5	26/12/19	16:16	Vegetal		VI	/	1912359		

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES
RECIBIDO
31 DIC 2019
RECEPCION DE MUESTRAS
SAG

Observaciones de Muestreo:

Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable del muestreo: Firma(s): Recibido en laboratorio: *NM*
 Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable o Supervisor en campo: Firma(s): Día/Hora: *08:00*

Fuente: SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C