



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“EFICACIA DE LA FITORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON PLOMO UTILIZANDO *Phragmites australis* Y ENMIENDA EN LOS PASIVOS AMBIENTALES DE PAREDONES- CAJAMARCA, 2019”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autores:

Karoly Elizabeth Ramírez Briceño
Irene Claudette Torres De la Rosa

Asesor:

M. Sc. Marieta Eliana Cervantes Peralta

Cajamarca - Perú

2020

DEDICATORIA

A mis padres que me brindaron su apoyo incondicional en todo momento para culminar con éxito y no darme por vencida.

A mis hermanos y familiares en general por el apoyo que siempre me brindaron día a día en el transcurso de cada año en mi carrera universitaria.

Y a mi Dios por cuidarme y protegerme siempre.

Irene Claudette Torres De la Rosa

A Dios, por brindarme la oportunidad de vivir, disfrutar de la vida y lograr cumplir mis metas propuestas.

A mis padres, por su incondicional apoyo y constante sacrificio.

A mis hermanos y todas las personas que me apoyaron, inculcaron, enseñaron y me incentivaron a culminar de manera eficiente esta tesis.

Karoly Elizabeth Ramírez Briceño

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecemos a Dios por habernos guiado por el camino de la felicidad hasta ahora y hacer posible que poco a poco nuestras metas se realicen, en segundo lugar, a nuestros padres por brindarnos su apoyo tanto moral como económico. Agradecemos también a nuestro docente de curso, el Blgo. Marco Sánchez Peña, que nos guió en el desarrollo de este proyecto de investigación, obteniendo a través de él conocimientos positivos sobre temas relacionados a nuestra carrera profesional, a nuestros compañeros porque en armonía hemos logrado nuestros objetivos.

De manera especial agradecemos a nuestra asesora de tesis M. Sc. Marieta Eliana Cervantes Peralta, por el respaldo absoluto y el compromiso que nos mostró desde el principio, para ella nuestra eterna gratitud, admiración y respeto.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	10
1.1. Realidad problemática	10
1.2. Bases teóricas	19
1.3. Formulación del problema.....	21
1.4. Objetivos.....	21
1.5. Hipótesis	21
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	23
2.1. Ubicación	23
2.2. Accesibilidad	24
2.3. Clima y meteorización	25
2.4. Vegetación	26
2.5. Tipo de investigación.....	27
2.6. Materiales, instrumentos y métodos	28
2.7. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	32
CAPÍTULO III. RESULTADOS	50
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	70
REFERENCIAS	77
ANEXOS	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Accesos a la mina Paredones.	25
Tabla 2: Tipo de investigación	27
Tabla 3: Rangos óptimos de medida para los distintos elementos, expresados en mg/kg. ..	30
Tabla 4: Rangos de aplicación para los distintos elementos en los distintos tipos de matrices.....	31
Tabla 5: Crecimiento de brotes fecha viernes 15 de febrero de 2019.....	33
Tabla 6: Crecimiento de brotes fecha marzo de 2019.	34
Tabla 7: Crecimiento de brotes fecha abril de 2019.....	35
Tabla 8: Crecimiento de brotes fecha mayo de 2019.....	36
Tabla 9: Crecimiento de brotes fecha junio de 2019.	38
Tabla 10: Crecimiento de brotes fecha junio de 2019.	39
Tabla 11: Resultados del Laboratorio Regional del Agua de la muestra suelo – mina Paredones.....	55
Tabla 12: Tabla de los estándares de calidad ambiental (ECA)	56
Tabla 13: Resultados del Laboratorio Regional del Agua	56
Tabla 14: Tabla de los estándares de calidad ambiental (ECA)	57
Tabla 15: Resultados tratamientos.....	58
Tabla 16: Comparación de plomo muestra suelo con los ECA.....	60
Tabla 17: Comparación de pH del suelo en los pasivos ambientales Paredones	60
Tabla 18 : Comparación de los pesos de baldes	61
Tabla 19: Comparación de brotes por tratamiento	62
Tabla 20: Comparación de longitud de tallo por tratamiento.....	63
Tabla 21: Comparación de cantidad de hojas por tratamientos	64
Tabla 22: Comparación de la muestra de raíz de <i>Phragmites australis</i> del plomo con los ECA	65
Tabla 23: Comparación de la muestra de planta <i>Phragmites australis</i> del plomo con los ECA.....	66
Tabla 24: Factor de bioconcentración del plomo	67
Tabla 25: factor de bioconcentración (BCP)	68
Tabla 26: Factor de traslocación del plomo	69
Tabla 27: Factor de traslocación.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación geográfica Paredones (GEOCATMIN, 2015).....	23
Figura 2 Ubicación geográfica muestras de Paredones (Google Earth).	24
Figura 3 Clima de Paredones (Google & Weather, 2015).	25
Figura 4 Clima de Chilete – Paredones (Climate data, 2015).....	26
Figura 5 Testigo.....	27
Figura 6 Pasos para obtener una muestra de suelo (MINAM-2014).	45
Figura 7: Circuito de procedimiento de la investigación.	48
Figura 8 Comparación de la muestra suelo con los ECA.....	60
Figura 9 Comparación de pH de suelo en los pasivos ambientales Paredones Cajamarca ..	61
Figura 10 Comparación de pesos de baldes de pasivos ambientales en mina Paredones. ...	62
Figura 11 Comparación de brotes por tratamiento	63
Figura 12 Comparación de longitud de tallo por tratamiento.....	64
Figura 13 Comparación de cantidad de hojas por tratamiento en los pasivos ambientales. 65	
Figura 14 Comparación de la muestra raíz con los ECA.	66
Figura 15 Comparación de la muestra de la planta <i>Phragmites australis</i> del plomo con los ECA.....	67
Figura 16 Factor de bioconcentración del plomo.	68
Figura 17 Factor de translocación del plomo	69
Figura 18 Acumulación del plomo.	71
Figura 19 Contenido de pH	72
Figura 20 Crecimiento de tallo.	75
Figura 21 Peso de balde. Cantidad de hojas, plomo concentrado y bioconcentración.	75
Figura 22 Resultados de la muestra de suelo.....	81
Figura 23 Extracción de la muestra de <i>Phragmites australis</i>	81
Figura 24 Obtención de muestra de agua de mina Paredones.	82
Figura 25 Rotulado de parcelas.	82
Figura 26 Conteo de tallos en la parcela del tratamiento N° 01 repetición N° 01.....	83
Figura 27 Toma de muestras de flora en la parcela del tratamiento N° 01 repetición 03....	83
Figura 28 Toma de muestras de flora en la parcela del tratamiento N° 01 repetición 01	84
Figura 29 Toma de muestras de flora en la parcela del tratamiento N° 01 repetición 02 ...	84

Figura 30 Toma de datos del testigo.	85
Figura 31 Mezcla de las repeticiones del tratamiento N° 01 para la toma de muestras de pH.	85
Figura 32 Entrega de muestras de flora y suelos al laboratorio Regional del Agua.	86
Figura 33 Cadena de custodia.	86
Figura 34 Guía de muestreo de suelos.	87
Figura 35 Estándares de calidad ambiental.	88

RESUMEN

La investigación brinda la posibilidad de minimizar plomo en un suelo; usando *Phragmites australis*, que es adaptable a medios y posee la capacidad de absorción de metales pesados; además, es reutilizable en artesanía, construcción, etc. Para ello, se emplearon los principales conceptos de la ingeniería ambiental, control de suelos y fitorremediación. El estudio se desarrolló en la mina Paredones, ubicada en la región Cajamarca. Teniendo como principal objetivo, determinar si la fitorremediación y enmienda son eficaces en la concentración de plomo. Para determinar dicho objetivo, se reconoció el campo dentro del área en estudio, determinando el número de tratamientos y dosificaciones de enmienda para mejorar el suelo con diversos fertilizantes, realizando el sembrío de *Phragmites australis*, para finalmente analizar la fitorremediación en el laboratorio mediante el tipo de fitoextracción. Como resultados, obtuvimos minimizar la concentración de plomo a 2010.60 mg/kg utilizando *Phragmites australis* y enmienda. Por último, el factor de bioconcentración resultó ser menor a 1, obteniendo una planta excluyente; mientras que el factor de traslocación es mayor a 1, por lo que se determinó que la planta es hiperacumuladora de metales pesados.

Palabras clave: Fitorremediación, enmienda, bioacumulación, translocación, plomo.

ABSTRACT

The investigation offers the possibility of minimizing lead in a soil; using *Phragmites australis*, which is adaptable to media and has the absorption capacity of heavy metals; In addition, it is reusable in crafts, construction, etc. For this, the main concepts of environmental engineering, soil control and phytoremediation were used. The study was carried out at the Paredones mine, located in the Cajamarca region. Having as main objective, to determine if the phytoremediation and amendment are effective in the lead concentration. To determine this objective, the field within the study area was recognized, determining the number of treatments and amendment dosages to improve the soil with various fertilizers, sowing *Phragmites australis*, to finally analyze the phytoremediation in the laboratory using the type phytoextraction. As results, we were able to minimize the lead concentration to 2010.60 mg / kg using *Phragmites australis* and amendment. Finally, the bioconcentration factor turned out to be less than 1, obtaining an exclusive plant; while the translocation factor is greater than 1, for which it was determined that the plant is a heavy metal accumulator.

Key words: Phytoremediation, amendment, bioaccumulation, translocation, lead.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

A nivel global, la contaminación del suelo plantea un serio desafío para la productividad agrícola, la seguridad alimentaria y la salud humana; sin embargo, se sabe muy poco sobre la escala y la gravedad de la amenaza.

La industrialización, las guerras, la minería y la intensificación de la agricultura han dejado su legado de contaminación de suelo en todo el planeta, mientras que el crecimiento de las ciudades ha tenido como consecuencia que se utilice como sumidero de cantidades cada vez mayores a los desechos urbanos. “La contaminación de los suelos afecta a la comida que comemos, el agua que bebemos, el aire que respiramos, y la salud de nuestros ecosistemas. El potencial de los suelos para hacer frente a la contaminación es limitado y, por eso, la prevención de la contaminación de los suelos debería ser una prioridad en todo el mundo” María, H. (Directora General Adjunta de la FAO).

En el Perú, se logra ver con mayor frecuencia suelos contaminados, especialmente por la diversa minería que se lleva a cabo en nuestro país y los trabajos inadecuados en los procesos de tratamiento del mineral, lo que ocasiona la contaminación de estos suelos volviéndolos infértiles. Cajamarca y La Libertad poseen grandes masas de suelo con mineral, enfocándonos en las actividades de mineralización, se encuentra el yacimiento Paredones, denominado corredor estructural San Pablo – Porculla; se encuentra ubicado en el distrito de Chilete/ San Bernardino, provincia de Contumaza/ San Pablo, región Cajamarca. Está paralizado desde hace más de 20 años, debido a que fue explorada y explotada hasta su agotamiento desde 1952 a 1968 por la Northern Perú Mining Corporation. La mineralización que se encuentra en este yacimiento es de tipo filoneana, de origen hidrotermalmesothermal representada por

mineralizaciones de Pb, Zn y Ag en gangas de cuarzo, pirita y andesitas piritizadas. En la época del gobierno del Presidente Velasco Alvarado se expropió esta mina, lo que no permitió que la empresa minera realice un cierre de minas. Desde 1968 hasta la fecha la concesión minera la obtuvo la Empresa Minera SMRL Occidental 2 de Cajamarca. La mina Paredones no cuenta con un plan de cierre de mina, debido a que en la época de explotación el régimen de leyes del Perú no lo amparaban. Existen 29 pasivos ambientales mineros, correspondientes a plantas de procesamiento, desmontes de mina, campamentos, oficinas, talleres, relaves y bocaminas, los cuales afectan al medio natural impactando el terreno causando desertización, modificación del relieve, impacto visual, alteración de la dinámica de los procesos de ladera, desestabilización de laderas por sobrecargas y/o excavaciones y alteraciones en el nivel freático.

El impacto en el suelo es la pérdida de propiedades físicas, lo que se refiere a alteraciones en la horizonación por arranque y/o mezcla de horizontes, deposición de vertidos y polvo, pérdida de los horizontes superficiales por erosión inducida). Pérdida de propiedades químicas (Contaminación por metales pesados (Cu, Pb, Cd, Hg, etc), metaloides (As) e hidrocarburos generada por efluentes líquidos y sólidos, acidificación por acumulación y oxidación de sulfuros y drenaje ácido, adición de sales al suelo (sulfatos) (Castillo, 1978).

Los pasivos ambientales, encontrados en la mina de Paredones no han sido remediados ni tienen la iniciativa de hacerlo, por lo que no existe cobertura vegetal dentro de la zona explotada y es notoria la contaminación en las partes bajas de la cuenca del Jequetepeque, afectando a los ecosistemas acuáticos, agricultura y ganadería, como consecuencia de las descargas de drenaje ácido mayormente en época de invierno. Debido a los diferentes tipos contaminación que producen los

pasivos ambientales de la mina de Paredones Cajamarca, se justifica el sembrado de plantas nativas de la zona y estas absorberán los diferentes metales con la finalidad de disminuir la concentración de los mismos para obtener suelos de mejor calidad, por lo que aplicaremos la fitorremediación, aprovechando la capacidad de ciertas plantas para absorber, acumular, metabolizar, estabilizar contaminantes presentes en el suelo, aire, agua o sedimentos, tales como: metales pesados, metales radioactivos, compuestos orgánicos y compuestos derivados del petróleo. Estas Ramas de la biología vegetal facilitan el nacimiento y crecimiento de las plantas (fitotecnologías) las cuales ofrecen numerosas ventajas en relación con los métodos fisicoquímicos que se usan en la actualidad; por ejemplo, su amplia aplicabilidad y bajo costo. En esta revisión, se presenta un panorama de las diversas técnicas para restaurar suelos y efluentes contaminados; así como del potencial que ofrece el uso de plantas transgénicas (Casalla, 2001).

La metodología aplicada en el siguiente trabajo se basa en las etapas consideradas para abordar una investigación social y científica planteada por Hernández, Fernández y Batista (2011). Respecto a la conveniencia de la investigación, el presente trabajo permitió determinar el nivel de eficacia de la planta *Phragmites australis* en la fitorremediación, obteniendo los datos necesarios de la aplicación de una enmienda de cal para alcanzar mejores resultados, con el fin de disminuir la cantidad de plomo (Pb) en los pasivos ambientales en Paredones – Cajamarca, 2019. El proyecto de investigación beneficiará a la comunidad de San Bernardino, debido a que estimulará la actividad económica a partir de la reutilización del carrizo (*Phragmites australis*) para la elaboración artesanías, así como material de construcción para viviendas. La investigación posibilitará la reducción de la presencia de plomo (Pb) en los suelos de los pasivos ambientales de Paredones –

Cajamarca, 2019. La información que se obtengan a partir de la investigación aportará a las teorías que abordan el tema de las técnicas de fitorremediación y enmienda en lugares afectados por actividades antropogénicas resultando eficaces en su aplicación. A partir de los resultados que se obtengan en la aplicación del presente trabajo de investigación, se logrará obtener conocimientos, los cuales servirán de referencia para futuras investigaciones y podrán confirmar o contradecir los resultados del presente trabajo.

En un estudio, Ortiz, Trejo, Valdez, Arreola y Flores. (2009). De la Universidad Autónoma Chapingo-México, en su investigación llamada “Fitoextracción de plomo y cadmio en suelos contaminados usando Quelite (*Amaranthus hybridus L.*) y micorrizas”. La cual tuvo como objetivo evaluar la capacidad extractora de Plomo (Pb) y Cadmio (Cd) del quelite (*Amaranthus hybridus L.*) al adicionar una mezcla de micorrizas arbusculares (*Entrophospora columbiana*, *Glomus intraradices*, *G. etunicatum*, *G. clarum*) al sustrato contaminado con Pb o Cd. En la investigación, se realizaron dos experimentos, uno por cada metal, con diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones: En el primero, se adicionaron tres cantidades de micorrizas (0, 2.5 y 5.0 g·kg⁻¹) en suelos con 300 mg·kg⁻¹ de Pb. En el segundo experimento, las mismas cantidades de micorrizas fueron probadas en suelos contaminados con 15 mg·kg⁻¹ de Cd., donde da como resultado el incremento significativo en la adición de micorrizas (P<0.05), la concentración de Pb y Cd en raíz, tallo y hoja de quelite, conforme a la edad de la planta. Con esta información, se concluyó que esta especie representa un potencial para la remediación de suelos contaminados con esos metales pesados. El aporte de esta investigación nos muestra la capacidad de esta planta para absorber los metales en un 10%, bajando altas cantidades de metales en el suelo.

Por otro lado, Casalla, J. (2015). De la Universidad Libre – Bogotá, en su tesis llamada “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 (Cundinamarca)”. Tuvo como objetivo evaluar la fitorremediación in situ como estrategia en la recuperación de suelos contaminados por selenio u otros metales pesados en la finca Furatena alta en el municipio de Útica-Cundinamarca. En la investigación se seleccionaron tres lotes a diferente distancia de una quebrada en cercanía a la finca de nombre Agua Puerca (Desemboca en el rio Negro, aguas abajo del sector urbano en límite con el municipio de Guaduas y se encuentra margen izquierda de este); en donde se determinó las concentraciones de los contaminantes de plomo, cadmio, cromo, mercurio y selenio de los suelos por separado para establecer si había diferencia en la concentración de los elementos contaminantes en el suelo de la zona; y a continuación se realizó el tratamiento de los mismos en donde se empleó la fitorremediación como estrategia de recuperación de suelos evaluando su eficacia para la remoción de elementos contaminantes. Para lo anterior se manejaron dos especies de gramíneas de nombre *Brachiaria decumbens* y *mombasa* buscando determinar cuál de las dos era más conveniente utilizar en la zona por su capacidad de remoción y acumulación de estos elementos tóxicos en sus tejidos, donde los resultados que se obtuvieron fueron que el tratamiento con *mombasa* demostró una eficiencia para fitorremediación media ya que los resultados obtenidos inicial promedio en los lotes para cadmio y plomo son 250,8 mg/Kg y 1.135,5 mg/kg para el lote la Laguna , 42,1 mg/kg y 1.256,6 mg/kg para el lote el Churrusco y 123,8 mg/kg y 1.280,3 mg/kg para el lote el Plan y en comparación con los obtenidos al final del tratamiento que para cadmio y plomo son 164,7 mg/kg y 948,6 mg/kg para el lote la Laguna, 0,0 mg/kg y 940,9 mg/kg para el lote el

Churrusco y 35,8 mg/kg y 985,5 mg/kg para el lote el Plan; lo cual presenta una disminución en la concentración de metales en el suelo. Con esta información se concluyó que en cuanto a los tratamientos establecidos y su porcentaje de germinación la *Mombasa* de 70%, la *Brachiariadecumbens* de 73% y la combinación de especies de 75% siendo la que mejor porcentaje y velocidad de germinación presento. En cuanto a desarrollo la *Mombasa* alcanza una mayor altura pero menor cobertura de la superficie del suelo y la *Brachiariadecumbens* genera mayor densidad y cobertura en el suelo. El aporte de esta investigación nos quiere decir que varias plantas tienen la capacidad de absorber grandes cantidades de plomo en el suelo, siendo eficaces.

Así también, según Sosa, Siebe y Chávez. (2015). De la Universidad Nacional Autónoma de México, en su investigación llamada “Remoción de mercurio por *Phragmites australis* empleada como barrera biológica en humedales artificiales inoculados con cepas tolerantes a metales pesados”. Tuvo como objetivo evaluar la acumulación y distribución de mercurio en carrizo (*Phragmites australis*) usado como barrera biológica en humedales artificiales (HA) durante el tratamiento de agua residual. En la investigación se construyeron seis HA sembrados con carrizos, de los cuales tres fueron inoculados con bacterias tolerantes a metales pesados y los otros sin inoculación. También fueron construidos otros tres sistemas sin plantas ni inoculación, que fungieron como control. El agua de alimentación fue residual sintética con 0.11 mg/L de mercurio, valor establecido en estudios previos y reportado para efluentes de industrias relacionadas con el uso del metal, donde los resultados que se obtuvieron fueron que después de 304 días de operación, los sistemas con carrizo y bacterias metalotolerantes, removieron el 73 % del mercurio total. Con valores similares, los sistemas con la vegetación pero sin las bacterias

tolerantes, removieron 66 % del metal. En ambos sistemas el mercurio fue transferido, en su mayoría, a la atmósfera por la acumulación, translocación y transpiración que exhibe el carrizo. Por otra parte, los sistemas usados como testigos removieron el 33 % del mercurio total y fueron los que transfirieron la menor cantidad del metal hacia la atmósfera. Con esta información se concluyó que la planta *Phragmites australis* puede ser utilizada como barrera biológica para mercurio en HA sin que la presencia de las bacterias metalotolerantes influya sobre la remoción y acumulación del metal dentro del sistema. No obstante, los resultados también indicaron que la mayor proporción del mercurio removido es transferido a la atmósfera por volatilización, por lo que resulta necesario hacer una evaluación sobre los riesgos de contaminación atmosférica y de salud pública que pueda ocasionar la implementación de estos sistemas. El aporte de esta investigación es básica para ampliar el conocimiento sobre la factibilidad técnica de utilizar HA para el tratamiento de aguas residuales con contenido de mercurio.

Otro de los estudios sobre fitorremediación es de Recharte, Mejía y Fajardo. (2018). De la Universidad Nacional del Callao, en su tesis llamada “Fitorremediación con *Ricinus communis* para el tratamiento de los suelos contaminados con plomo”. Tuvo como objetivo proponer la fitorremediación con *Ricinus communis* para el tratamiento de suelos contaminados con plomo en el suelo del Asentamiento Humano Virgen de Guadalupe, Callao. En la investigación se preparó los suelos a diferentes concentraciones de plomo a partir del nivel I original; los cuales fueron de 458.62 mg/kg, 704.36 mg/kg, 955.94 mg/kg y 1210.32 mg/kg de plomo, para lo cual se consideró tres repeticiones por cada tratamiento, así se evaluó la tolerancia del *Ricinus communis* al plomo., donde los resultados que se obtuvieron de acuerdo al análisis estadístico planteado para un nivel de confianza de 0.05 indican que el

Ricinus communis fitorremedió mejor en suelos con concentración de plomo entre 221.2 mg/kg y 458.62 mg/kg de Pb acumulando en su organismo vegetal un promedio de 57.41 mg/kg y 45.32 mg/kg de Pb respectivamente. Con esta información se concluyó que esta planta es un fitorremediadora del tipo fitoestabilizador; debido a que, limita la absorción del contaminante por la raíz y reduce la movilidad de este a otros tejidos de la planta; proponiendo esta planta para casos de contaminación de plomo en suelos que requiera de un tratamiento del tipo fitoestabilizador. El aporte de esta investigación nos quiere decir que hay varias plantas que poseen la capacidad de absorber grandes cantidades de plomo en un suelo contaminado.

El autor Dávila M. (2017). De la Universidad César Vallejo, en su tesis llamada “Capacidad de acumulación de la ortiga (*Urtica urens*) para la fitorremediación de suelos contaminados con plomo en la Oroya, Junín”. Tuvo como objetivo determinar la capacidad de acumulación de la ortiga (*Urtica Urens*) para fitorremediar suelos contaminados con plomo en la Oroya, Junín, 2017. En la investigación se buscó ver si la ortiga posee la capacidad de acumular plomo en sus tejidos, la muestra que se utilizó fue parte del suelo contaminado en La Oroya en zonas residenciales, por un periodo de 02 meses, en el cual se observó la acumulación de plomo en hojas y raíces de la ortiga. Esta investigación fue realizada ex situ con un diseño experimental, con 05 repeticiones, realizando los análisis antes y después del tratamiento, donde los resultados que se obtuvieron fueron que la ortiga logro acumular en sus hojas 84,34 mg/kg y en sus raíces 25,06 mg/kg, siendo la concentración inicial de 1119.51 mg/kg y la concentración final de 1010,05 mg/kg, llegando a una disminución de 109,046 mg/kg de plomo. Con esta información se concluyó que la ortiga (*Urtica urens*) tiene la capacidad de acumular plomo presente en el suelo de la Oroya, logrando acumular

109,46 mg/ kg en su totalidad, tanto en hojas como en raíces, asimismo teniendo un nivel de eficiencia del 10% del plomo presente inicialmente, lo que indica que la ortiga es una planta que puede acumular plomo en sus estructuras morfológicas. El aporte de esta investigación nos quiere decir que hay varias plantas que poseen la capacidad de absorber grandes cantidades de plomo en un suelo contaminado.

Finalmente, en el estudio de Dávila y Villegas. (2017). De la Universidad Privada del Norte-Cajamarca, en su tesis llamada “Capacidad fitorremediadora de las especies de flora herbácea silvestre con mayor valor de importancia en la zona pasivos mineros El Sinchao, Distrito de Chugur, Provincia de Hualgayoc, Cajamarca, Perú 2017””. Tuvo como objetivo determinar la capacidad fitorremediadora de las especies de flora herbácea silvestre con mayor valor de importancia en la zona de pasivos mineros El Sinchao, distrito de Chugur, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca. En la investigación se determinaron las especies de flora herbácea silvestre con capacidad fitorremediadora originarias de la zona de pasivos mineros el Sinchao, ubicado en el distrito de Chugur, Provincia de Hualgayoc, donde se realizaron los análisis en las especies *Calamagrostis tarmensis*, *Paspalum bonplandianum*, *Carex pichinchensis*, *Lachemilla orbiculata* y *Juncus conglomeratus* seleccionadas por su alto valor de importancia en la zona, posteriormente mediante el coeficiente de correlación de Pearson se logró determinar la relación entre la concentración de metales en el suelo y las plantas, donde los resultados que se obtuvieron es que la especie *Paspalum bonplandianum*, acumula la mayor cantidad de metales pesados (mg/kg), como el Aluminio (2844.6), Mercurio (0.3), Antimonio (13), Estaño (1.4), Zinc (760.2), Cromo (3.86) y Níquel (3.59). Asimismo, la concentración de metales pesados se da en la parte de la raíz de todas las especies, a excepción de la *Lachemilla orbiculata* donde se observó que es en el

tallo. Con esta información se concluyó que se indentificaron 63 especies de flora herbácea en la zona de estudio El Sinchao, con un total de 1673 individuos en las 15 parcelas establecidas y se determinó que las especies de flora herbácea silvestre de mayor valor de importancia son: *Calamagrostis tarmensis*, *Paspalum bonplandianum*, *Carex pichinchensis* y *Lachemilla orbiculata*. El aporte de esta investigación nos quiere decir que varias especies de la flora herbácea poseen la capacidad de absorber grandes cantidades de metales en suelos contaminados.

1.2. Bases teóricas

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 conjunto de microorganismos asociada a sus raíces degradan y/o secuestran los contaminantes. En este proceso se busca la optimización de resultados mediante una enmienda que es el aporte de un producto fertilizante o de materiales destinados a mejorar la calidad de los suelos (en términos de estructura y composición, ajustando sus nutrientes, su pH ya sea para su acidez o basicidad). Por otro lado, al usar diversas plantas que ayuden en la absorción de metales pesados se ayuda a la descontaminación del suelo una de esas plantas es el carrizo planta perenne, con un rizoma rastrero con capacidad para crecer en la superficie buscando agua. Puede alcanzar los 4 m de altura y 2 cm de diámetro, presentando una gran inflorescencia al final del tallo. Suele habitar suelos húmedos y orillas de cursos de agua y lagunas. Puede soportar bastante bien niveles moderados de salinidad en el agua y en el suelo, necesitando suelos encharcados hasta profundidades de 5 dm, absorbe metales pesados como el plomo que es un metal gris-azulado, que existe naturalmente en pequeñas cantidades en la corteza terrestre. La mayor parte proviene de actividades como la minería,

manufactura industrial y de quemar combustibles fósiles, al tener contacto con la tierra la vuelve infértil y ocasiona la pérdida de propiedades nutritivas para el uso agrícola.

El Factor de bioconcentración (FBC), se utiliza para medir la capacidad de captación de un metal por una planta con relación a su concentración en el suelo (Audet, 2007). También conocido como 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 (Audet, Charest, 2007). Por otro lado, el Factor de bioacumulación es la evaluación de bioacumulación por metales pesados en plantas y suelo, es la concentración de productos químicos en un organismo vivo en un cierto plazo de tiempo, comparada a la concentración de dicho producto químico en el ambiente. Lo cual se medirá con un porcentaje de eficacia y así medir la validez de los resultados; este porcentaje se medirá de acorde a la

siguiente formula $\% Eficacia = \frac{\text{Resultado alcanzado} * 100}{\text{Resultado previsto}}$.

1.3. Formulación del problema

¿Cuál será la eficacia de la fitorremediación de suelos contaminados con plomo utilizando *Phragmites australis* y enmienda en los pasivos ambientales de Paredones- Cajamarca, 2019?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar la eficacia de la fitorremediación en suelos contaminados con plomo utilizando *Phragmites australis* y enmienda en los pasivos ambientales de Paredones- Cajamarca, 2019.

1.4.2. Objetivos específicos

Evaluar la concentración de plomo en los suelos de los pasivos ambientales de Paredones - Cajamarca, 2019.

Determinar la dosis óptima de cal para la bioconcentración de plomo en la planta *Phragmites australis* de los pasivos ambientales de Paredones- Cajamarca, 2019.

Evaluar la bioconcentración de plomo en la planta *Phragmites australis* en los pasivos ambientales de Paredones- Cajamarca, 2019.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

La fitorremediación y la enmienda son eficaces para la bioconcentración de plomo utilizando la planta *Phragmites australis* en los suelos de los pasivos ambientales de Paredones – Cajamarca, 2019.

1.5.2. Hipótesis específicas

La fitorremediación y la enmienda si son eficaces para la bioconcentración de plomo utilizando la planta *Phragmites australis* en los suelos de los pasivos ambientales de Paredones – Cajamarca, 2019.

La fitorremediación y la enmienda no son eficaces para la bioconcentración de plomo utilizando la planta *Phragmites australis* en los suelos de los pasivos ambientales de Paredones – Cajamarca, 2019.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1.Ubicación

La mina Paredones, se encuentra a 90 kilómetros aproximadamente, al sur oeste de la ciudad de Cajamarca, en la Provincia de San Pablo, distrito de San Bernardino. A una altitud de 850 m.s.n.m aproximadamente. Se encuentra en la parte sur del Corredor Estructural San Pablo Porculla.

Este: 740 506 m

Latitud: 7° 11' 18”

Norte: 9 204 703 m

Longitud: 78° 49' 23”



Figura 1. Ubicación geográfica Paredones (GEOCATMIN, 2015).



Figura 2. Ubicación geográfica muestras de Paredones (Google Earth).

2.2. Accesibilidad

La mina Paredones se encontró en un lugar de fácil acceso, dado que está a un costado de la carretera Chilete - San Pablo; para ser más exactos a 4km al norte de Chilete rumbo a San Pablo. En el acceso a la mina tenemos como socavón principal al Nivel Principal de Máxima Seguridad 5, (expresado como NPMC 5 por sus siglas en ingles); otros accesos a la mina pueden ser NPMC 6 y conforme se va observando tiene otros accesos secundarios. La mina Paredones se encuentra aproximadamente a 91 km de la ciudad de Cajamarca, a la cual se puede llegar en combi o autobús desde Cajamarca hasta la ciudad de Chilete, y posteriormente, completar los 4 km restantes desde Chilete hasta la mina en combi o caminando. Todo el trayecto es por carretera asfaltada en muy buenas condiciones a la fecha del proyecto.

Tabla 1
Accesos a la mina Paredones.

Intervalos	Acceso	Tipo transporte / Distancia
Cajamarca – Chilete	Carretera asfaltada	Combi o Autobús – 87 Km
Chilete – Paredones	Carretera asfaltada	Combi o caminando – 4 Km

2.3. Clima y meteorización

El área de influencia de la mina paredones se desarrolló a una altitud variable entre 850 a 1000 m.s.n.m. ubicándose entre la región o piso altitudinal Yunga (500 m.s.n.m. – 2300 m.s.n.m.) (Vidal, 1967).



Figura 3. Clima de Paredones (Google & Weather, 2015).

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	22.5	22.9	22.6	21.6	20.1	19.1	18.6	18.7	19.3	19.8	20.5	21.2
Temperatura mín. (°C)	16.5	17.1	16.8	15.8	14	12.9	12.6	12.7	13.5	13.9	14.4	14.9
Temperatura máx. (°C)	28.5	28.8	28.4	27.5	26.3	25.3	24.7	24.8	25.2	25.7	26.6	27.6
Temperatura media (°F)	72.5	73.2	72.7	70.9	68.2	66.4	65.5	65.7	66.7	67.6	68.9	70.2
Temperatura mín. (°F)	61.7	62.8	62.2	60.4	57.2	55.2	54.7	54.9	56.3	57.0	57.9	58.8
Temperatura máx. (°F)	83.3	83.8	83.1	81.5	79.3	77.5	76.5	76.6	77.4	78.3	79.9	81.7
Precipitación (mm)	39	52	79	31	6	2	1	0	5	16	9	15

Figura 4. *Clima de Chilete – Paredones (Climate data, 2015)*

El área de influencia del proyecto se caracterizó por la existencia de precipitaciones durante casi todo el año, con un periodo de máxima precipitación en los meses de verano y un periodo de baja precipitación en invierno; siendo el periodo más lluvioso los meses de octubre y abril. La temperatura que varía desde el tipo semicálido (20°C) hasta (6°C) por las noches (Goldfields, 2011).

2.4. Vegetación

Se presentó una flora ribereña y flora típica del bosque seco; donde se identificó especies como el Aliso (*Alnus acumita*), Penca Blanca (*Beta vulgaris*), Ishpingo (*Amburana cearensis*), Hualtaco (*Loxopteriginum huasango*), Zapote (*Manilkara zapota*), Faique (*Acacia macracantha*), Cactus (*Cactaceae*) y Gramíneas como el Pasto Insurgente (*Brachiaria Brizantha Hochst*). El tipo de vegetación que encontramos cerca al centro minero es en una gran mayoría Huarango (*Prosopis pallida*), encontramos cerca de Chilete y de las zonas pobladas plantas de uva (*Vitis vinífera*), mangos (*Mangifera indica*), papaya (*Carica papaya*), etc. Pero esta flora ha tenido intervención del hombre (GBIF, 2009).

2.5. Tipo de investigación

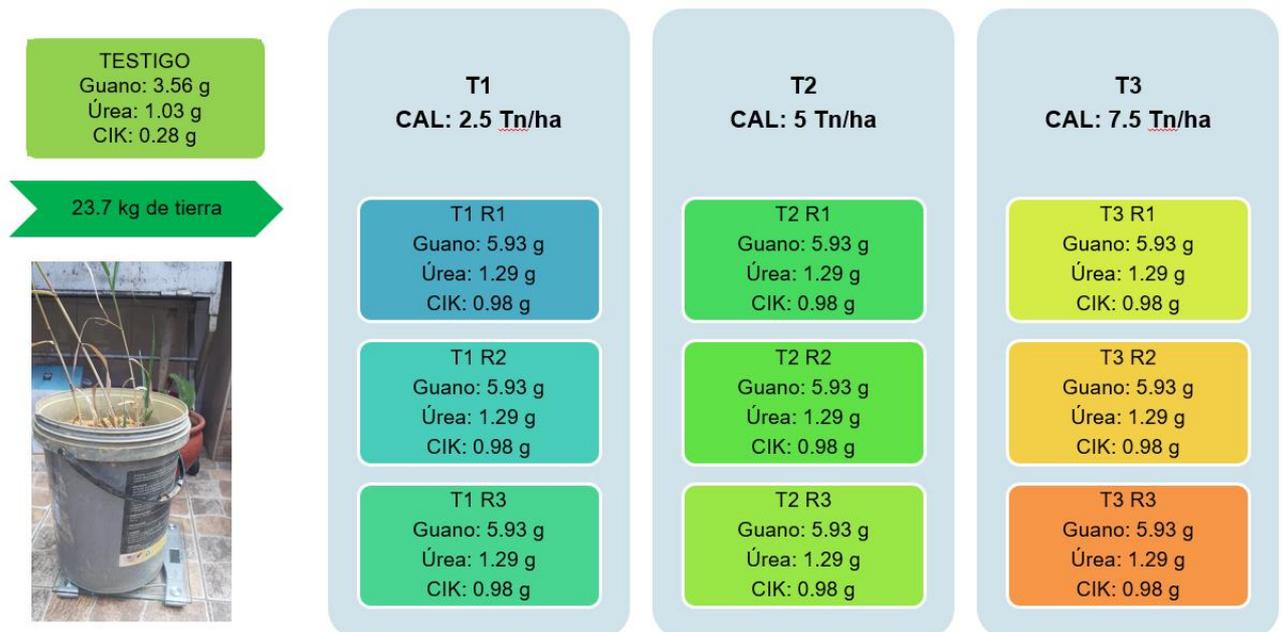


Figura 5. Testigo

Tabla 2
Tipo de investigación

Experimental	Descriptiva
<p>En la tesis se realizó la manipulación de una de nuestras variables (suelo) para lograr el crecimiento de la planta <i>Phragmites australis</i>.</p> <p>Además, se le añadió dosis diferentes de cal por tratamiento, así como guano de isla, úrea, KCl para nutrir más la tierra y lograr el objetivo.</p>	<p>La tesis es descriptiva porque durante 6 meses se observó el comportamiento de la planta <i>Phragmites australis</i>, mediante la medida de tallos, número de brotes, número de hojas, altura de tallos, altura de brotes y peso de balde por cada mes.</p>

2.6. Materiales, instrumentos y métodos

2.6.1 Materiales:

Libreta de apuntes, lapiceros, papel bond

Cámara fotográfica.

Memoria USB

Pico, palana

pH -metro

Vaso Beaker

Agua destilada

10 baldes de 20 Litros

Bolsas para las muestras de suelos y plantas

Humus

Manguera

Cal

Guano de Isla

Úrea

Cloruro de Potasio

GPS

Impresora

Computadora portátil.

Imágenes satelitales

Softwares (Google Earth)

Tijera para cortar las plantas

2.6.2 Instrumentos:

Registros (toma de datos durante todo el proceso del trabajo de investigación).

2.6.3 Metodología:

Análisis de metales totales en el laboratorio por ICP.

El método de análisis por ICP se hizo en el Laboratorio “Regional Del Agua” y en Laboratorio de suelos de INIA. Este procedimiento describe el método para la determinación de elementos totales en muestras sólidas y líquidas tras digestión ácida; así como la determinación de elementos en muestras líquidas mediante espectrometría de emisión por plasma (ICP). Los elementos a los que se refiere son los siguientes: Sodio, potasio, calcio, magnesio, fósforo, boro, aluminio, antimonio, arsénico, berilio, bismuto, cadmio, cromo, cobalto, cobre, hierro, plomo, litio, manganeso, azufre, molibdeno, níquel, selenio, estroncio, talio, titanio, vanadio, rubidio y zinc. El método es aplicable al material sólido o líquido, recibido en el laboratorio. Este procedimiento aplica a la determinación mediante espectrometría de emisión por plasma de los elementos citados anteriormente en los rangos analíticos siguientes (Tabla 3). Para muestras con concentraciones superiores se realizará dilución. La dilución máxima será de 100 veces, es decir, la 1/100. Los límites de cuantificación del método para los distintos elementos se reflejan en la tabla 5.

Tabla 3

*Rangos óptimos de medida para los distintos elementos, expresados en mg/kg.
(Laboratorio Ionómica, 2015)*

Elemento	Al	Be	As	V	Bi	Cd	Co	Cr	Cu
Rango	0.1-	0.01-	0.01-	0.01-	0.01-	0.01-	0.01-	0.01-	0.01-10.0
(ppm)	100.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
Elemento	Fe	Mn	Mo	B	Li	Ni	Pb	Sr	Tl
Rango	0.1-	0.01-	0.01-	0.01-	0.01-	0.01-	0.01-	0.01-	0.01-10.0
(ppm)	100.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
Elemento	Sb	Se	S	Ti	Zn	Na	K	Ca	Mg
Rango	0.01-	0.01-	0.1-	0.01-	0.01-	0.1-	0.3-	1.0-	0.1-100.0
(ppm)	10.0	10.0	100.0	10.0	10.0	100.0	300.0	100.0	
Elemento	Pb	Rb							
Rango	0.1-	0.01-							
(ppm)	100.0	10.0							

Tabla 4

*Rangos de aplicación para los distintos elementos en los distintos tipos de matrices.
(Laboratorio Ionómica, 2015)*

Elemento	Material sólido (mg/kg)
Bi, Co, Li, Sr, Tl, Sb, Se, Ti, Mo, Be, V	0.5-10000.0
As, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn, B, Rb.	0.1-10000.0
Al, Fe, S, P	2.0-100000.0
K, Na, Mg, Ca	100.0-500000.0 (0.01-50.00 %)
Elemento	Envase a 10mL (mg/kg)
Bi, Co, Li, Sr, Tl, Sb, Se, Ti, Mo, Be, V, As, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn, B, Al, Fe, Rb.	0.01-1000.00
K, Na, Mg, Ca, S, P.	100.0-500000.0 (0.01-50.00 %)
Elemento	Muestras Líquidas (mg/L)
As, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Li, Ni, Pb, Sr, Tl, Sb, Se, Ti, Zn, B, Mo, Be, V, Rb	0.01-1000.0
Al, Fe, S, P, K, Na, Mg	0.1-10000.0
Ca	1.0-10000.0

2.7 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.7.1 Técnicas:

A. Observación:

Es una técnica que consiste en observar atentamente el fenómeno, hecho o caso, tomar información y registrarla para su posterior análisis. La observación es un elemento fundamental de todo proceso investigativo; en ella se apoya el investigador para obtener el mayor número de datos (Santillana, 2015).

B. Evaluación:

La evaluación es un proceso que tiene por objeto determinar en qué medida se han logrado los objetivos previamente establecidos, que supone un juicio de valor sobre la programación establecida, y que se emite al contrastar esa información con dichos objetivos (Santillana, 2015).

2.7.2 Instrumentos:

Los instrumentos a utilizar serán mediante una guía de información a través de notas de registro donde se anotará los datos obtenidos a través del tiempo, además de algunas fichas técnicas para la observación de crecimientos del tallo, número de hojas, etc., tal como se muestra a continuación.

Tabla 5
Crecimiento de brotes fecha viernes 15 de febrero de 2019.

Tratamiento N° 01	Peso del balde kg	Brotes (cm)							
		1		2		3		4	
		Longitud del tallo (cm)	Hojas						
Repetición 01	25	5	3	8	4	0	0	0	0
Repetición 02	16.3	11	2	13	3	9	2	0	0
Repetición 03	23.2	25	2	15	1	10	1	7	2
Promedio	21.5	13.7	2.3	12	2.7	6.3	1	2.3	0.7

Tratamiento N° 02	Peso del balde kg	Brotes (cm)							
		1		2		3		4	
		Longitud del tallo (cm)	Hojas						
Repetición 01	27.1	16	2	12	1	0	0	0	0
Repetición 02	25.8	2	0	4	0	0	0	0	0
Repetición 03	25.6	0	0	0	0	0	0	0	0
Promedio	26.17	6	0.7	5.3	0.333	0	0	0	0

Tratamiento N° 03	Peso del balde kg	Brotes (cm)							
		1		2		3		4	
		Longitud del tallo (cm)	Hojas						
Repetición 01	24.5	20	3	21	2	2	0	0	0
Repetición 02	28	3	0	5	0	1	0	0	0
Repetición 03	26.5	17	4	12	2	1	0	0	0
Promedio	26.3	13.3	2.3	12.7	1.3	1.3	0	0	0

Testigo	Peso del balde kg	Brotes (cm)							
		1		2		3		4	
		Longitud del tallo (cm)	Hojas						

		Longitud del tallo (cm)	Hojas						
Repetición 01	20.5	15	3	36	4	16	3	0	0

Tabla 6

Crecimiento de brotes fecha marzo de 2019.

Tratamiento N° 01	Peso del balde kg	Brotes (cm)									
		1		2		3		4		5	
		Longitud del tallo (cm)	Hojas								
Repetición 01	25.2	9	2	13	4	4	0	0	0	0	0
Repetición 02	26	23	2	25	4	19	2	12	1	0	0
Repetición 03	23	45	3	25	2	20	3	10	0	8	2
Promedio	24.7	25.7	2.3	21	3.3	14.3	1.7	7.3	0.3	2.67	0.7

Tratamiento N° 02	Peso del balde kg	Brotes (cm)							
		1		2		3		4	
		Longitud del tallo (cm)	Hojas						
Repetición 01	27.5	32	3	25	2	5	1	7	2
Repetición 02	25.2	5	2	3	0	0	0	0	0
Repetición 03	25.2	2	0	0	0	0	0	0	0
Promedio	25.97	13	1.7	9.3	0.7	1.67	0.3	2.3	0.7

Tratamiento N° 03	Peso del balde kg	Brotes (cm)									
		1		2		3		4		5	
		Longitud del tallo (cm)	Hojas								

Repetición 01	25.5	38	3	41	2	6	1	18	2	10	2
Repetición 02	29.5	5	1	6	0	3	1	1	0	0	0
Repetición 03	26.5	25	2	27	4	6	3	0	0	0	0
Promedio	27.17	22.7	2	24.7	2	5	1.7	6.3	0.7	3.3	0.7

Brotos (cm)

Testigo	Peso del balde kg	1		2		3		4	
		Longitud del tallo (cm)	Hojas						
Repetición 01	21	28	5	70	6	32	4	0	0

Tabla 7

Crecimiento de brotes fecha abril de 2019.

Tratamiento N° 01	Peso del balde kg	Brotos (cm)									
		1		2		3		4		5	
		Longitud del tallo (cm)	Hojas								
Repetición 01	25.3	9	0	13	0	4	0	1	0	0	0
Repetición 02	26.4	22	2	27	3	20	2	5	4	0	0
Repetición 03	23.2	10	0	50	4	83	3	17	2	40	2
Promedio	25.0	13.7	0.7	30	2.3	35.7	2	7.7	2	13.3	0.7

Brotos (cm)

Tratamiento N° 02	Peso del balde kg	Brotos (cm)									
		1		2		3		4		5	
		Longitud del tallo (cm)	Hojas								
Repetición 01	27.5	12	0	3	0	45	3	35	2	14	1
Repetición 02	25	5	0	3	0	0	0	0	0	0	0
Repetición 03	25.1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Promedio	25.9	6.3	0	2	0	15	1	11.7	0.7	4.7	0.3

Tratamiento N° 03	Peso del balde kg	Brotos (cm)													
		1		2		3		4		5		6		7	
		Longitud del tallo (cm)	Hojas												
Repetición 01	25.1	18	2	15	1	42	2	51	3	36	2	7	1	15	1
Repetición 02	28.2	5	0	6	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Repetición 03	26.6	40	3	36	2	12	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Promedio	26.63	21	1.7	19	1	19	1.3	17.3	1	12	0.7	2.3	0.3	5	0

Testigo	Peso del balde kg	Brotos (cm)							
		1		2		3		4	
		Longitud del tallo (cm)	Hojas						
Repetición 01	21.2	42	2	85	3	64	3	0	0

Tabla 8

Crecimiento de brotes fecha mayo de 2019.

Tratamiento N° 01	Peso del balde kg	Brotos (cm)									
		1		2		3		4		5	
		Longitud del tallo (cm)	Hojas								
Repetición 01	25.2	9	0	13	0	12	3	4	1	0	0
Repetición 02	26.5	32	3	41	3	25	2	29	2	1	1
Repetición 03	28.6	10	0	70	5	96	6	34	4	76	6
Promedio	26.8	17	1	41.3	2.7	44.3	3.7	22.3	2.3	25.7	2.3

Tratamiento N° 02	Peso del balde kg	Brotos (cm)											
		1		2		3		4		5		6	
		Longitu d del tallo (cm)	Hoja s										
Repetición 01	27.6	12	0	10	0	60	5	69	7	14	2	6	1
Repetición 02	25.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Repetición 03	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Promedio	25.9	4	0	3.3	0	20	1.667	23	2.3	4.7	0.7	2.0	0.3

Tratamiento N° 03	Peso del balde kg	Brotos (cm)															
		1		2		3		4		5		6		7		8	
		Longitu d del tallo (cm)	Hoja s														
Repetición 01	25.3	18	2	15	1	50	4	90	6	49	5	18	2	30	3	95	7
Repetición 02	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Repetición 03	26.8	50	5	72	7	51	5	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Promedio	27.03	22.7	2.3	29	2.7	33.67	3	31.7	2.3	16.3	1.7	6	0.7	10	1	31.7	2.3

Testigo	Peso del	Brotos (cm)			
		1	2	3	4

	balde kg	Longitu d del tallo (cm)	Hoja s						
Repetición 01	21.3	60	5	120	7	30	5	12	2

Tabla 9

Crecimiento de brotes fecha junio de 2019.

Tratamien to N° 01	Peso del balde kg	Brotes (cm)													
		1		2		3		4		5		6		7	
		Longit ud del tallo (cm)	Hoj as												
Repetición 01	25.2	9	0	13	0	4	3	21	5	0	0	0	0	0	0
Repetición 02	26.2	5	1	11	2	60	5	70	7	78	6	25	4	0	0
Repetición 03	23.5	10	2	1	0	80	6	111	7	74	6	3	7	79	7
Promedio	25.0	8	1.0	8.3	0.7	48.0	4.7	67.3	6.3	50.7	4.0	9.3	3.7	26.3	2.3

Tratamien to N° 02	Peso del balde kg	Brotes (cm)																	
		1		2		3		4		5		6		7		8		9	
		Longit ud del tallo (cm)	Hoj as																
Repetición 01	27.7	12	0	10	0	10	0	14	0	70	5	55	4	58	3	35	2	70	5
Repetición 02	25.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Repetición 03	25.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Promedio	26.0	4.0	0.0	3.3	0.0	3.3	0.0	4.7	0.0	23.3	1.7	18.3	1.3	19.3	1.0	11.7	0.7	23.3	1.7

Tratamiento N° 03	Peso del balde kg	Brotos (cm)																	
		1		2		3		4		5		6		7		8		9	
		Longitud del tallo (cm)	Hojas																
Repetición 01	25	18	0	15	0	1	0	60	5	58	4	100	7	111	6	50	4	20	3
Repetición 02	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Repetición 03	26.6	75	4	63	5	56	5	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Promedio	26.9	31.0	1.3	26.0	1.7	19.0	1.7	22.7	2.3	19.3	1.3	33.3	2.3	37.0	2.0	16.7	1.3	6.7	1.0

Testigo	Peso del balde kg	Brotos (cm)									
		1		2		3		4		5	
		Longitud del tallo (cm)	Hojas								
Repetición 01	21.3	14	0	80	7	50	5	160	6	60	4

Tabla 10

Crecimiento de brotes fecha junio de 2019.

Tratamiento N° 01	Peso del balde kg	Brotos (cm)													
		1		2		3		4		5		6		7	
		Longitud del tallo (cm)	Hoja s												
Repetición 01	30	13	0	9	0	21	5	4	3	0	0	0	0	0	
Repetición 02	26.5	86	7	77	9	9	2	11	2	25	4	61	8	0	
Repetición 03	23.6	10	0	86	9	1	0	82	9	3	0	121	10	24	
Promedio	26.7	36.3	2.3	57.3	6.0	10.3	2.3	32.3	4.7	9.3	1.3	60.7	6.0	8.0	

Tratamiento N° 02	Peso del balde kg	Brotos (cm)																		
		1		2		3		4		5		6		7		8		9		
		Longitud del tallo (cm)	Hoja s																	
Repetición 01	27.7	73	5	12	4	14	2	35	6	14	0	10	4	10	3	76	8	80	8	
Repetición 02	25.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Repetición 03	25.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Promedio	26.0	24.3	1.7	4.0	1.3	4.7	0.7	11.7	2.0	4.7	0.0	3.3	1.3	3.3	1.0	25.3	2.7	26.7	2.7	

Tratamiento N° 03	Peso del balde kg	Brotos (cm)																		
		1		2		3		4		5		6		7		8		9		
		Longitud del tallo (cm)	Hoja s																	
Repetición 01	25	18	2	3	2	60	7	83	12	15	1	111	8	20	3	106	9	60	5	
Repetición 02	28.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Repetición 03	27.5	58	5	1	0	9	2	87	7	67	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Promedio	27.0	25.3	2.3	1.3	0.7	23.0	3.0	56.7	6.3	27.3	2.3	37.0	2.7	6.7	1.0	35.3	3.0	20.0	1.7	

Testigo	Peso del balde kg	Brotos (cm)									
		1		2		3		4		5	
		Longitud del tallo (cm)	Hoja s								
Repetición 01	21.3	76	9	14	1	180	15	89	7	52	11

A. Pasos para hacer un muestreo de plantas (Guía para muestras de plantas, 2006)

a. Colecta:

Se debe elegir un lugar a donde se encuentren plantas que se desean estudiar.

Aquí debemos llevar libreta de campo, bolsas de plástico, tijeras de podar y lápiz para hacer anotaciones.

b. Prensado y secado:

Se coloca la muestra colectada, con cuidado entre las hojas de papel periódico. Asegurándose que las hojas de la planta estén acomodadas en un sentido haz-envés, para poder observar las formas de las hojas por ambos lados. A continuación, se coloca el papel periódico sobre el cartón, cubrir con papel periódico la muestra, luego con cartón y así sucesivamente hasta prensar todas las hojas.

c. Montaje:

Cuando la planta ya se encuentra seca totalmente se coloca sobre una cartulina blanca y se sujeta con puntadas de hilo blanco. Sin que se vaya a romper la muestra ya que en este momento es muy quebradiza. También se puede pegar con resistol u potro pegamento como el silicón.

d. Identificación:

Las plantas generalmente tienen dos nombres. Un libre o común y un nombre científico. El nombre común es el que le otorga la vox populi y es del dominio público, además una planta puede tener más de un nombre común en diferentes comunidades.

e. Etiquetado:

Al identificar la planta se hace necesario elaborar una etiqueta de herbario, en esta se escriben los datos que se anotaron en la libreta de campo cuando se realizó la colecta.

Familia Nombre científico

Nombre común

Fecha de colecta

Sitio de colecta

Fenología de la planta

Abundancia

Características

Nombre de quién colecto y numero de colecta Nombre de quién identifico

Usos.

La etiqueta se coloca y pega en la parte inferior esquina izquierda

f. Valor de importancia en especies de plantas (OSINFOR -Protocolo para la Herborización, 2013):

Para poder realizar la valoración de importancia en la planta es necesario primero determinar si la planta es hiperacumuladora o no.

En caso contrario solo se determina el factor de bioconcentración en la parte raíz, y el factor de traslocación para saber si la planta es fitoestabilizadora o no.

B. Concentración del metal en la parte aérea de la planta:

Si Cd (mg/kg) > 100 mg/kg planta hiperacumuladora.

Si Cu, Co, Cr, Ni o Pb (mg/kg) > 1000 (mg/kg) planta hiperacumuladora.

Si Mn o Zn (mg/kg) > 10 000 mg/kg planta hiperacumuladora

C. Factor de bioconcentración en la parte aérea de la planta:

Si el BCF aérea < 1 la planta es excluyente.

Si el $1 < \text{BCF aérea} > 10$ la planta es acumuladora.

Si el BCF aérea > 10 la planta es hiperacumuladora

D. Factor de bioconcentración en la parte raíz de la planta:

Si el BCF raíz < 1 la planta es excluyente.

Si el $1 < \text{BCF raíz} > 10$ la planta es acumuladora.

Si el BCF raíz > 10 la planta es hiperacumuladora.

E. Factor de translocación:

Si el TF > 1 significa que la planta traslada eficazmente los metales pesados de la raíz a la parte aérea de la planta, por lo que su potencial es la de hiperacumular metales en la parte aérea.

Si el TF < 1 significa que la planta no traslada eficazmente los metales pesados a la raíz a la parte aérea de la planta, por lo que su potencial es la de fitoestabilizar metales en sus raíces.

a. Pasos para hacer una muestra de suelos (MINAM-Guía de suelos, 2014)

Las características del recipiente deben ser compatibles con el material del suelo y los agentes contaminantes en estudio a muestrear, deben ser resistentes a la ruptura y evitar reacciones químicas con la muestra y/o pérdidas por evaporación.

b. Etiquetado:

La etiqueta debe ser colocada en un lugar visible y no sobrepasar el tamaño del recipiente y adherida adecuadamente para evitar su pérdida.

La etiqueta que acompañe a la muestra, debe contar con la siguiente información como mínimo: número o clave única de identificación, lugar del muestreo, nombre del proyecto, y la fecha y hora del muestreo, nombre de la empresa así como las iniciales de la persona que toma la muestra.

La impresión de los datos en la etiqueta, debe realizarse con tinta indeleble.

Inmediatamente de la toma de muestra se debe proceder al etiquetado y registro de la muestra.

c. Ficha de muestreo

Documento que recoge información levantada en campo, que incluye la técnica de muestreo, las condiciones del punto de muestreo y una descripción de las muestras tomadas.

d. Cadena de custodia

La documentación de la cadena de custodia debe contener al menos:

El número de la hoja de custodia proporcionada por el laboratorio acreditado.

El nombre de la empresa y del responsable del muestreo.

Los datos de identificación del sitio (coordenadas UTM).

La fecha y hora del muestreo.

Las claves de las muestras.

Nombre del laboratorio que recibe las muestras.

Los análisis o la determinación requerida.

El número de envases.

Observaciones.

Identificación de las personas que entregan y reciben en cada una de las etapas de transporte, incluyendo fecha y hora.



Figura 6. Pasos para obtener una muestra de suelo (MINAM-2014).

2.7.3 Análisis de datos:

Para el análisis de la información en nuestro trabajo se utilizó: promedio, desviación estándar y el análisis de correlación de Pearson.

A. Procedimiento:

a. Reconocimiento del lugar

Se realizará primeramente el reconocimiento del lugar, las rutas de acceso, las limitaciones que se nos presentan para posteriormente poder realizar el muestreo de las plantas y el suelo de la mina Paredones – Cajamarca, 2019.

b. Recolección de muestras de suelos.

Se fue al lugar a hacer la toma de muestras de suelo a cuatro puntos diferentes de la zona para poder compararlas, se tomó el peso de 1 kg de tierra y se la colocó en bolsas para posteriormente llevarlas a analizar al laboratorio de suelos del Instituto Nacional de Innovación Agraria – Cajamarca.

c. Recolección de muestras de plantas.

Se fue al lugar a hacer la toma de muestras a la planta (carrizo), se colocó la planta en bolsas y se las envió al laboratorio, en el lugar lo separa por tres partes tallo, raíz y hojas para así poder ver donde es la mayor concentración de metales pesados.

d. Remover la tierra

Se removió parte de la tierra en la mina Paredones, para así poder sacar las muestras correspondientes.

e. Compra de materiales.

Se fue a comprar los baldes y los demás materiales para poder extraer la tierra de la concesión minera de Paredones.

f. Extracción de la tierra de la concesión minera.

Se fue al lugar con los materiales comprados (10 baldes de 20 litros, pico y palana), para llenar cada balde con tierra de la concesión minera de Paredones.

g. Extracción de la planta *Phragmites australis* de la concesión minera.

Se fue al lugar con los materiales comprados (pico y palana), para poder extraer varias plantas de *Phragmites australis* de la concesión minera de Paredones, para posteriormente ponerlas en agua.

h. pH del agua

Se fue al lugar y en la parte de la concesión minera en Paredones, en donde se sacaron las muestras de suelo, se sacó pH. Primero se tomó parte de la tierra en un vaso beaker y se lo llenó de agua destilada para posteriormente poder sacar su pH.

i. Preparación de la tierra

Se determinó la cantidad de cal y fueron 29.63 g, 59.25 g y 88.88 g por tratamiento. Cada mes se hizo una medida de tallo, y conteo de hojas y la cantidad de brotes que había por balde y tratamiento, para esto se tuvo que sacar la planta *Phragmites australis* y cortar la raíz, el tallo y las hojas para mandar todo a análisis. A la tierra se hizo el cuarteo por cada balde para obtener la concentración de plomo y pH a cada balde de tierra se le puso una cantidad exacta de cal para cada tratamiento y se dejó reposar por 15 días.

j. Preparación de la muestra testigo

Para la muestra testigo se llenó el último balde con tierra y la planta carrizo sin contaminantes para que posteriormente se pueda comparar con las demás muestras.

k. Preparación de las demás muestras

Para las demás muestras en los 9 baldes, se llenó con tierra de la concesión minera, luego se añadió materia orgánica (humus), y finalmente se traspasó las plantas de carrizo que se sacó en la mina Paredones.

I. Análisis de las muestras.

MUESTREO FINAL. Se hicieron los análisis correspondientes para poder analizarlos con la muestra testigo y ver si la concentración de metales disminuyó, también se analizó la fertilidad del suelo testigo y de la concesión minera de Paredones.

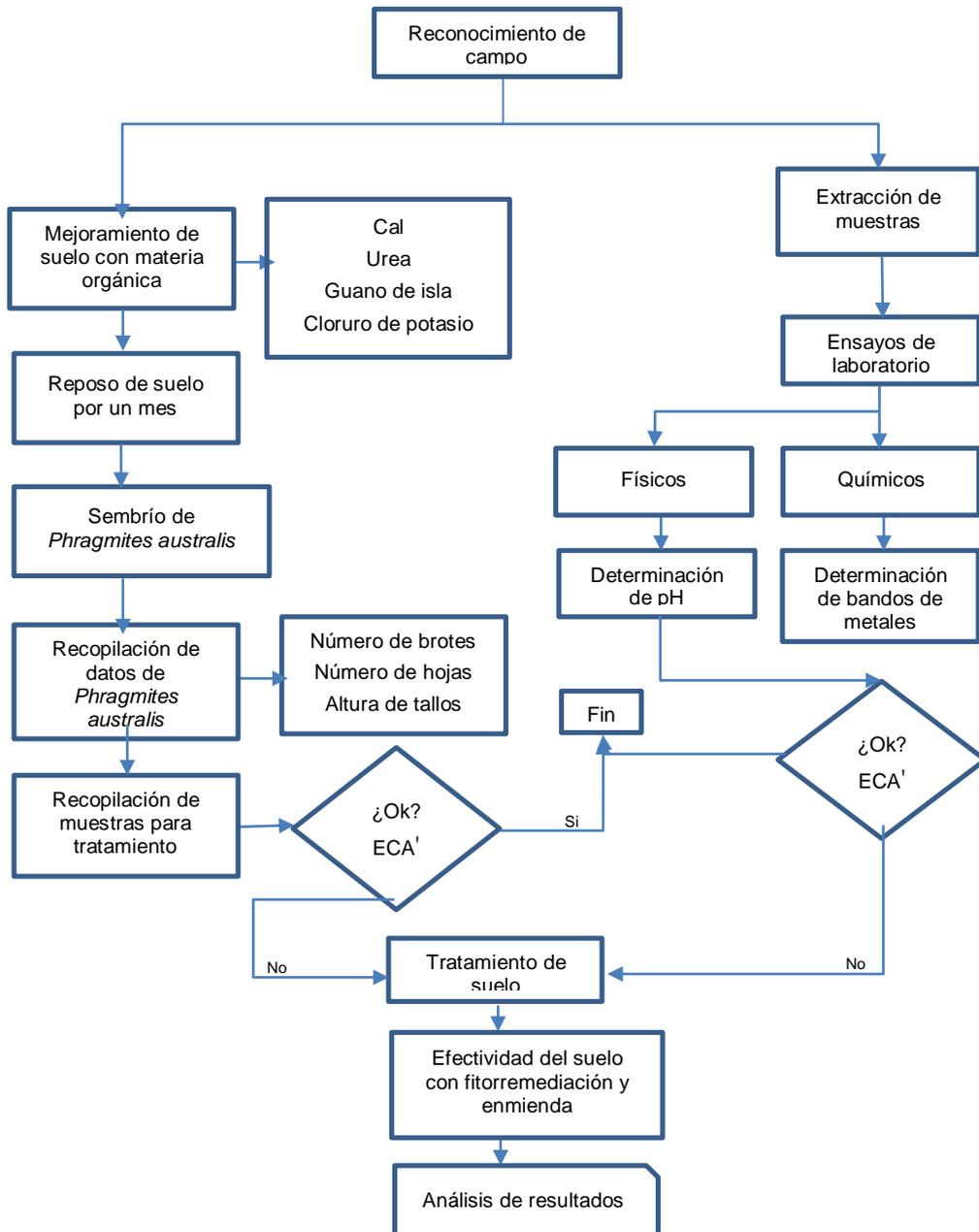


Figura 7. Circuito de procedimiento de la investigación.

2.8 Aspectos éticos:

2.8.1 Ética:

“Ética” deriva de la palabra griega ethos. Hay dos significados de “ética” en el lenguaje griego que revelan dos modos de entender y explicar el comportamiento moral de las personas: a) Êthos (ἦθος): significaba “carácter”, “modo de ser”. Este es el sentido que tiene la palabra “ética” en los poemas de Homero (s. -IX o -IIIIV), Iliada y Odisea Según este modo de entender la ética, el comportamiento moral depende del “carácter” o “modo de ser” de las personas. El “carácter” o “modo de ser” está determinado por la herencia (genética o social) y, por tanto, no se puede cambiar. Así, pues, las normas y los valores morales son inmutables. (Hidalgo, 1994)

2.8.2 Aspectos éticos de la investigación:

Como futuras ingenieras promovemos y protegemos la integridad, el honor y la dignidad de nuestra profesión, desempeñándonos con honestidad e integridad en nuestra labor como futuras profesionales de la ingeniería.

Por consiguiente, seremos honestas e imparciales en nuestra investigación. Desarrollando con veracidad al público, esforzándonos en mostrar calidad y la idoneidad de este proyecto de investigación en ingeniería ambiental.

Por esto, lo llevaremos a cabo con total veracidad de los hechos, guiando nuestra conducta con los principios como: lealtad profesional, honestidad, honor profesional, responsabilidad, solidaridad, respeto, justicia e inclusión social (CIP, 2018).

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Cálculo de fertilizantes:

Suelo testigo:

N	P	K
70	30	20



Datos de resultados

Guano de Isla:

N	P	K
10	10	2

100 kg/ha de G.I	_____	10 kg P
X	_____	30 kg P

$$x = \frac{100 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} \text{ de G.I} \times 30 \text{ kg P}}{10 \text{ kg P}}$$

$$x = 300 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} \text{ de guano de isla}$$

Úrea:

100 kg/ha de úrea	_____	46 kg N
X	_____	40 kg N

$$x = \frac{100 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} \text{ de úrea} \times 40 \text{ kg N}}{46 \text{ kg N}}$$

$$x = 87 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} \text{ de guano de úrea}$$

CIK:

100 kg/ha de G.I	_____	2 kg K ₂ O
300 kg/ha de G.I	_____	X

$$x = \frac{300 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} \text{ de G.I} \times 2 \text{ kg K}_2\text{O}}{100 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} \text{ de G.I}}$$

$$x = 6 \text{ kg de K}_2\text{O}$$

$$20 \text{ kg K}_2\text{O} - 6 \text{ kg K}_2\text{O} = 14 \text{ kg K}_2\text{O}$$

$$\begin{array}{rcl} 100 \text{ kg/ha de CLK} & \text{-----} & 60 \text{ kg K}_2\text{O} \\ X & \text{-----} & 14 \text{ kg K}_2\text{O} \end{array}$$

$$x = \frac{100 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} \text{ de CLK} \times 14 \text{ kg K}_2\text{O}}{60 \text{ kg de K}_2\text{O}}$$

$$x = 23.3 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} \text{ de CLK}$$

Tratamientos

N **P** **K**
100 50 60



Datos de resultados

Guano de Isla:

N **P** **K**
10 10 2

$$\begin{array}{rcl} 100 \text{ kg/ha de G.I} & \text{-----} & 10 \text{ kg P} \\ X & \text{-----} & 50 \text{ kg P} \end{array}$$

$$x = \frac{100 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} \text{ de G.I} \times 50 \text{ kg P}}{10 \text{ kg P}}$$

$$x = 500 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} \text{ de guano de isla}$$

Úrea:

$$\begin{array}{rcl} 100 \text{ kg/ha de úrea} & \text{-----} & 46 \text{ kg N} \\ X & \text{-----} & 50 \text{ kg N} \end{array}$$

$$x = \frac{100 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} \text{ de úrea} \times 50 \text{ kg N}}{46 \text{ kg N}}$$

$$x = 109 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} \text{ de guano de úrea}$$

CIK:

$$\begin{array}{l} 100 \text{ kg/ha de G.I} \quad \text{-----} \quad 2 \text{ kg K}_2\text{O} \\ 500 \text{ kg/ha de G.I} \quad \text{-----} \quad X \end{array}$$

$$x = \frac{500 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} \text{ de G.I} \times 2 \text{ kg K}_2\text{O}}{100 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} \text{ de G.I}}$$

$$x = 10 \text{ kg de K}_2\text{O}$$

➔ $60 \text{ kg K}_2\text{O} - 10 \text{ kg K}_2\text{O} = 50 \text{ kg K}_2\text{O}$

$$\begin{array}{l} 100 \text{ kg/ha de CIK} \quad \text{-----} \quad 60 \text{ kg K}_2\text{O} \\ X \quad \text{-----} \quad 50 \text{ kg K}_2\text{O} \end{array}$$

$$x = \frac{100 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} \text{ de CIK} \times 50 \text{ kg K}_2\text{O}}{60 \text{ kg de K}_2\text{O}}$$

$$x = 83 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} \text{ de CIK}$$

Peso del balde con tierra: 24.5 Kg

Peso del balde solo: 0.80 g

Tratamientos

Guano de Isla:

$$\begin{array}{r} 500000 \text{ g G.I} \quad \text{—————} 2000000 \text{ kg suelo} \\ X \quad \quad \quad \text{—————} 23.7 \text{ kg suelo} \end{array}$$

$$x = \frac{500000 \text{ g cal} \times 23.7 \text{ kg suelo}}{2000000 \text{ kg suelo}}$$

$$x = 5.93 \text{ g de guano de isla}$$

Úrea:

$$\begin{array}{r} 109000 \text{ g úrea} \quad \text{—————} 2000000 \text{ kg suelo} \\ X \quad \quad \quad \text{—————} 23.7 \text{ kg suelo} \end{array}$$

$$x = \frac{109000 \text{ g cal} \times 23.7 \text{ kg suelo}}{2000000 \text{ kg suelo}}$$

$$x = 1.29 \text{ g de guano de isla}$$

CIK:

$$\begin{array}{r} 83000 \text{ g CIK} \quad \text{—————} 2000000 \text{ kg suelo} \\ X \quad \quad \quad \text{—————} 23.7 \text{ kg suelo} \end{array}$$

$$x = \frac{83000 \text{ g cal} \times 23.7 \text{ kg suelo}}{2000000 \text{ kg suelo}}$$

$$x = 0.98 \text{ g de CIK}$$

Testigo no cal

Guano de Isla:

$$\begin{array}{r} 300000 \text{ g G.I} \quad \text{—————} 2000000 \text{ kg suelo} \\ X \quad \quad \quad \text{—————} 23.7 \text{ kg suelo} \end{array}$$

$$x = \frac{300000 \text{ g cal} \times 23.7 \text{ kg suelo}}{2000000 \text{ kg suelo}}$$

$$x = 3.56 \text{ g de guano de isla}$$

Úrea:

$$\begin{array}{r} 87000 \text{ g úrea} \quad \text{—————} 2000000 \text{ kg suelo} \\ X \quad \quad \quad \text{—————} 23.7 \text{ kg suelo} \end{array}$$

$$x = \frac{87000 \text{ g cal} \times 23.7 \text{ kg suelo}}{2000000 \text{ kg suelo}}$$

$$x = 1.03 \text{ g de guano de isla}$$

CIK:

$$\begin{array}{r} 23300 \text{ g CIK} \quad \text{—————} 2000000 \text{ kg suelo} \\ X \quad \quad \quad \text{—————} 23.7 \text{ kg suelo} \end{array}$$

$$x = \frac{23300 \text{ g cal} \times 23.7 \text{ kg suelo}}{2000000 \text{ kg suelo}}$$

$$x = 0.28 \text{ g de CIK}$$

Cálculo de la cal:

$$T_1 = 2.5 \text{ tn/ha}$$

$$T_2 = 5 \text{ tn/ha}$$

$$T_3 = 7.5 \text{ tn/ha}$$

Peso del balde con tierra: 24.5 Kg

Peso del balde solo: 0.80 g

T₁:

$$\begin{array}{r} 2500000 \text{ g cal} \quad \text{—————} 2000000 \text{ kg suelo} \\ X \quad \quad \quad \text{—————} 23.7 \text{ kg suelo} \end{array}$$

$$x = \frac{2500000 \text{ g cal} \times 23.7 \text{ kg suelo}}{2000000 \text{ kg suelo}}$$

$$x = 29.63 \text{ g de cal}$$

T₂:

$$\begin{array}{r} 5000000 \text{ g cal} \quad \text{—————} 2000000 \text{ kg suelo} \\ X \quad \quad \quad \text{—————} 23.7 \text{ kg suelo} \end{array}$$

$$x = \frac{5000000 \text{ g cal} \times 23.7 \text{ kg suelo}}{2000000 \text{ kg suelo}}$$

$$x = 59.25 \text{ g de cal}$$

T₃:

$$\begin{aligned}
 &7500000 \text{ g cal} \quad \text{—————} \quad 2000000 \text{ kg suelo} \\
 &X \quad \quad \quad \text{—————} \quad 23.7 \text{ kg suelo} \\
 \\
 &x = \frac{7500000 \text{ g cal} \times 23.7 \text{ kg suelo}}{2000000 \text{ kg suelo}} \\
 &x = 88.88 \text{ g de cal}
 \end{aligned}$$

Tabla 11
Resultados del Laboratorio Regional del Agua de la muestra suelo – mina Paredones

Muestreo de suelos de la mina Paredones-Chilete temporada seca(10 de junio de 2018)						
Ensayos			Químicos			
Código Cliente			Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
Código Laboratorio			0618323-01	0618323-02	0618323-03	0618323-04
Matriz			Sólidos	Sólidos	Sólidos	Sólidos
Descripción			Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Berilio (Be)	mg/kg	0.200	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Cadmio (Cd)	mg/kg	7.000	126.91	122.32	207.36	9.5395
Cobalto (Co)	mg/kg	0.200	2.8753	3.1784	13.9968	13.385
Cromo (Cr)	mg/kg	0.200	2.3795	1.7878	4.1343	2.3474
Cobre (Cu)	mg/kg	0.200	1232.5	737.07	1910.8	74.403
Hierro (Fe)	mg/kg	1.400	93593.1	89787.5	49255.9	38086.2
Mercurio (Hg)	mg/kg	0.020	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Potasio (K)	mg/kg	1.9000	6562.6	4231.8	1686.2	1302.1
Litio (Li)	mg/kg	4.900	5.1309	3.7992	11.432	20.053
Magnesio (Mg)	mg/kg	0.400	830.36	589.49	6654.7	12421.3
Manganeso (Mn)	mg/kg	1.700	239.14	141.14	1199.39	1904.36
Molibdeno (Mo)	mg/kg	0.200	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Sodio (Na)	mg/kg	0.200	541.23	546.67	515.43	393.35
Niquel (Ni)	mg/kg	1.800	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Fósforo (P)	mg/kg	0.200	2043.8	1320.9	5591.6	6031.2
Plomo (Pb)	mg/kg	2.000	29243.5	11154.2	15765.1	169.36
Antimonio (Sb)	mg/kg	0.300	74.807	51.251	46.722	<LCM
Selenio (Se)	mg/kg	8.500	5.5027	7.8963	<LCM	<LCM
Silice (Si)	mg/kg	0.500	56.415	40.773	147.290	238.338
Estaño (Sn)	mg/kg	1.700	1526.9	806.59	3964.5	6557.4
Estroncio (Sr)	mg/kg	8.500	51.388	42.044	89.241	56.068
Titanio (Ti)	mg/kg	0.200	24.777	15.932	68.330	62.971
Talio (Tl)	mg/kg	0.400	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Vanadio (V)	mg/kg	0.300	49.07	31.079	110.97	197.17
Zinc (Zn)	mg/kg	0.400	15803.9	13418.6	34040.4	601.14

Tabla 12

Tabla de los estándares de calidad ambiental (ECA) para suelo N° 011-2017-MINAM

Estándares de calidad ambiental	
Plomo	70mg/kg

Tabla 13

Resultados del Laboratorio Regional del Agua de la muestra planta – mina Paredones

**Muestreo de plantas de la mina Paredones-
Chilete temporada
seca(10 de junio de 2018)**

Matriz	carrizo		
Descripción	Raíz		
Localización de la Muestra	Mina paredones		
Resultados de Metales Pesados			
Parámetro	Unidad	LCM	Pesados
Plata(Ag)	mg/kg	1.700	16.28
Aluminio(Al)	mg/kg	2.200	3760
Arsénico(As)	mg/kg	0.300	402.2
Boro(B)	mg/kg	2.100	7.35
Bario(Ba)	mg/kg	0.200	3.49
Berilio(Be)	mg/kg	0.200	<LCM
Calcio(Ca)	mg/kg	1.600	7352
Cadmio(Cd)	mg/kg	7.000	33.01
Cobalto(Co)	mg/kg	0.200	7.319
Cromo(Cr)	mg/kg	0.200	0.498
Cobre(Cu)	mg/kg	268.68	268.68
Hierro(Fe)	mg/kg	1.400	4711
Mercurio	mg/kg	0.020	<LCM
Molibdeno(Mo)	mg/kg	0.200	1.374
Sodio(Na)	mg/kg	0.200	278.8
Niquel(Ni)	mg/kg	1.800	<LCM
Fósforo(P)	mg/kg	0.200	1647.3
Plomo(Pb)	mg/kg	2.000	49.49
Antimonio(Sb)	mg/kg	0.300	1.05
Selenio(Se)	mg/kg	8.500	<LCM
Silice(Si)	mg/kg	0.500	31.81
Estaño(Sn)	mg/kg	1.700	1019
Estroncio(Sr)	mg/kg	8.500	26.86
Titanio(Ti)	mg/kg	0.200	3.326
Talio(Tl)	mg/kg	0.400	<LCM
Vanadio(V)	mg/kg	0.300	29.86
Zinc(Zn)	mg/kg	0.400	3825

Tabla 14

Tabla de los estándares de calidad ambiental (ECA) para Planta de consumo directo y forraje- Finlandia- Polinia-Pastos.

Plantas de consumo directo y forraje (modificado de cabata – pendientes – 200)				
Finlandia - Polinia - Pastos				
Elemento	Cultivo	Órgano	Contenido (mg km⁻¹, bases Ps)	Medidas no superan
Cr	pasto	canopia	0,11-0,35	-
Mn	pasto	canopia	0,11-0,35	350 mg/kg ⁻¹
Ni	pasto	hojas	0.07-4,8	1.7 mg/kg ⁻¹
Cu	pasto	hojas	1.1-33,1	11 mg/kg ⁻¹
Zn ,	pasto	hojas	6,0-80	47 mg/kg ⁻¹
As	pasto	hojas	280-300	-
Cd	pasto	hojas	0,1-234	5 mg/kg ⁻¹
Pb	pasto	hojas	0,01-35	4,6

Tabla 15
Resultados tratamientos.

ENSAYOS			QUÍMICOS						
Código Cliente			Testigo-Suelo	Testigo-Hojas	Testigo- Raíces	Testigo-Tallo	Tratamiento 1 Suelos	Tratamiento 1 Hojas	Tratamiento 1 Raíces
Código Laboratorio			0719627-01	0719627-02	0719627-03	0719627-04	0719627-05	0719627-06	0719627-07
Matriz			SÓLIDO	SÓLIDO	SÓLIDO	SÓLIDO	SÓLIDO	SÓLIDO	SÓLIDO
Descripción			Suelo	Planta	Planta	Planta	Suelo	Planta	Planta
Localización de la muestra			Chilete	Chilete	Chilete	Chilete	Chilete	Chilete	Chilete
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Metales Totales						
Plata (Ag)	mg/Kg	1.70	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	9.992	<LCM	<LCM
Aluminio (Al)	mg/Kg	2.20	13275.4	51.43	3532.3	25.66	5579.3	870.6	8513.6
Arsénico (As)	mg/Kg	0.30	5.704	3.129	16.78	<LCM	1976.8	61.32	300.71
Boro (B)	mg/Kg	2.10	6.191	6.931	3.247	<LCM	24.15	11.74	7.389
Bario (Ba)	mg/Kg	0.20	678.6	23.0	46.55	2.186	40.84	11.143	112.8
Berilio (Be)	mg/Kg	0.20	2.226	<LCM	0.308	<LCM	0.209	<LCM	0.352
Calcio (Ca)	mg/Kg	1.60	11093.1	5378.4	4638.1	360.6	7888.6	4688.2	1834.5
Cadmio (Cd)	mg/Kg	7.00	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	30.09	9.579	17.90
Cobalto (Co)	mg/Kg	0.20	7.328	<LCM	1.161	<LCM	4.292	0.99	4.108
Cromo (Cr)	mg/Kg	0.20	8.399	<LCM	1.814	<LCM	1.725	<LCM	1.417
Cobre (Cu)	mg/Kg	0.20	15.97	3.963	11.34	2.268	66.15	19.84	153.5
Hierro (Fe)	mg/Kg	1.40	15610.5	182.3	3489.9	39.9	88971.4	2454.7	16005.7
Mercurio (Hg)	mg/Kg	0.02	0.067	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Potasio (K)	mg/Kg	1.90	1115.00	22776.2	14883.9	18256.4	8957.5	29585.9	6075.1
Litio (Li)	mg/Kg	4.90	8.809	<LCM	<LCM	<LCM	5.429	<LCM	<LCM
Magnesio (Mg)	mg/Kg	0.40	1416.0	1766.5	772.9	216.2	497.3	3991.4	1263.9
Manganeso (Mn)	mg/Kg	1.70	3699.6	126.4	240.3	7.13	390.5	649.8	516.9
Molibdeno (Mo)	mg/Kg	0.20	1.672	1.668	0.689	0.394	4.509	<LCM	1.189
Sodio (Na)	mg/Kg	0.20	57.13	16.35	64.83	13.8	198.8	57.87	164.2
Niquel (Ni)	mg/Kg	1.80	6.555	<LCM	<LCM	<LCM	2.575	<LCM	2.130
Fósforo (P)	mg/Kg	0.20	1404.9	1587.2	1261.8	1521.7	553.0	1757.9	2031.4
Plomo (Pb)	mg/Kg	2.00	17.97	3.605	21.71	<LCM	1981.4	43.13	297.3
Antimonio (Sb)	mg/Kg	0.30	3.90	0.726	1.288	0.508	17.03	0.965	4.94
Selenio (Se)	mg/Kg	8.50	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Silice (Si)	mg/Kg	0.50	412.7	644.3	557.24	258.8	216.2	593.6	1270.6
Estaño (Sn)	mg/Kg	1.70	<LCM	1.964	1.705	<LCM	2.111	1.804	1.940
Estroncio (Sr)	mg/Kg	8.50	55.97	21.61	24.26	<LCM	19.98	19.69	21.85
Titanio (Ti)	mg/Kg	0.20	34.78	0.269	25.36	<LCM	10.39	1.148	25.80
Talio (Tl)	mg/Kg	0.40	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Vanadio (V)	mg/Kg	0.30	33.73	0.457	6.069	<LCM	23.57	1.804	15.35
Zinc (Zn)	mg/Kg	0.40	73.74	51.77	96.06	14.49	2205.7	2971.9	2680.0

ENSAYOS											
Código Cliente			Tratamiento 1 Tallos	Tratamiento 2 Suelos	Tratamiento 2 Hojas	Tratamiento 2 Raíces	Tratamiento 2 Tallo	Tratamiento 3 Suelos	Tratamiento 3 Hojas	Tratamiento 3 Raíces	Tratamiento 3 Tallo
Código Laboratorio			0719627-08	0719627-09	0719627-10	0719627-11	0719627-12	0719627-13	0719627-14	0719627-15	0719627-16
Matriz			SÓLIDO	SÓLIDO	SÓLIDO	SÓLIDO	SÓLIDO	SÓLIDO	SÓLIDO	SÓLIDO	SÓLIDO
Descripción			Planta	Suelo	Planta	Planta	Planta	Suelo	Planta	Planta	Planta
Localización de la muestra			Chilete	Chilete	Chilete	Chilete	Chilete	Chilete	Chilete	Chilete	Chilete
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de metales totales								
Plata (Ag)	mg/Kg	1.70	<LCM	10.01	<LCM	<LCM	<LCM	9.460	<LCM	<LCM	<LCM
Aluminio (Al)	mg/Kg	2.20	93.01	5886.4	960.78	11441.6	167.4	5591.4	258.4	5555.2	40.97
Arsénico (As)	mg/Kg	0.30	0.853	2035.4	32.58	268.9	7.064	1957.7	15.95	193.1	1.051
Boro (B)	mg/Kg	2.10	<LCM	25.49	9.421	9.834	2.283	26.45	7.247	5.283	<LCM
Bario (Ba)	mg/Kg	0.20	0.602	35.80	8.800	146.7	2.593	52.35	9.886	95.69	1.297
Berilio (Be)	mg/Kg	0.20	<LCM	<LCM	<LCM	0.703	<LCM	<LCM	<LCM	0.310	<LCM
Cálcio (Ca)	mg/Kg	1.60	250.0	6539.9	5983.4	6893.1	1191.5	7944.6	6109.2	5473.0	491.0
Cadmio (Cd)	mg/Kg	7.00	<LCM	36.17	7.952	28.84	<LCM	30.55	<LCM	13.35	<LCM
Cobalto (Co)	mg/Kg	0.20	<LCM	8.636	0.660	5.963	0.220	4.678	<LCM	2.625	<LCM
Cromo (Cr)	mg/Kg	0.20	<LCM	1.219	<LCM	3.490	<LCM	1.202	<LCM	1.551	<LCM
Cobre (Cu)	mg/Kg	0.20	3.391	82.44	21.95	158.4	5.837	68.61	6.103	73.73	3.205
Hierro (Fe)	mg/Kg	1.40	97.90	93198.9	1828.9	19769.6	414.6	93527.5	765.0	11422.3	129.1
Mercurio (Hg)	mg/Kg	0.02	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Potasio (K)	mg/Kg	1.90	20544.7	9085.9	25285.8	4095.4	11674.6	8157.8	24560.8	14751.8	19815.2
Litio (Li)	mg/Kg	4.90	<LCM	5.912	<LCM	6.852	<LCM	5.496	<LCM	<LCM	<LCM
Magnesio (Mg)	mg/Kg	0.40	502.2	595.4	4014.6	1785.5	1026.8	482.1	2528.8	1548.1	513.9
Manganeso (Mn)	mg/Kg	1.70	47.62	620.4	565.5	1197.4	50.86	331.9	242.9	481.4	27.06
Molibdeno (Mo)	mg/Kg	0.20	<LCM	4.616	<LCM	1.533	<LCM	4.368	<LCM	0.788	<LCM
Sodio (Na)	mg/Kg	0.20	128.9	195.4	47.03	185.2	151.4	193.1	31.39	241.7	30.07
Níquel (Ni)	mg/Kg	1.80	<LCM	3.180	<LCM	3.786	<LCM	2.330	<LCM	1.946	<LCM
Fósforo (P)	mg/Kg	0.20	2161.6	531.0	4223.5	2512.3	2589.2	604.6	1390.8	2445.5	2063.8
Plomo (Pb)	mg/Kg	2.00	<LCM	2049.5	29.67	285.1	6.083	2000.9	11.92	194.2	<LCM
Antimonio (Sb)	mg/Kg	0.30	0.324	19.23	0.621	4.913	0.601	23.30	0.392	2.549	<LCM
Selenio (Se)	mg/Kg	8.50	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Silíce (Si)	mg/Kg	0.50	162.0	177.7	511.1	597.0	289.2	192.9	417.6	1561.6	280.8
Estaño (Sn)	mg/Kg	1.70	2.036	2.332	2.138	1.728	1.922	1.973	1.945	1.920	2.145
Estroncio (Sr)	mg/Kg	8.50	<LCM	19.78	20.29	36.82	<LCM	21.58	21.43	27.96	<LCM
Titanio (Ti)	mg/Kg	0.20	<LCM	11.92	1.261	61.80	0.511	12.82	0.351	21.86	0.382
Talio (Tl)	mg/Kg	0.40	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Vanadio (V)	mg/Kg	0.30	<LCM	29.31	1.557	21.24	0.406	24.87	0.744	9.301	<LCM
Zinc (Zn)	mg/Kg	0.40	552.3	2672.8	3289.3	4943.2	837.6	2021.6	1338.2	1969.1	308.9

Resultado 1

Tabla 16

Comparación de plomo muestra suelo con los estándares de calidad ambiental N° 0112017-MINAM

Plomo (Pb)	Estaciones de muestreo					
	Muestras	Suelo Paredones	Suelo Testigo	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Cantidad Plomo en suelo		14083.04	17.97	1981.4	2049.5	2000.9
ECA suelo N° 011-2017		70	70	70	70	70

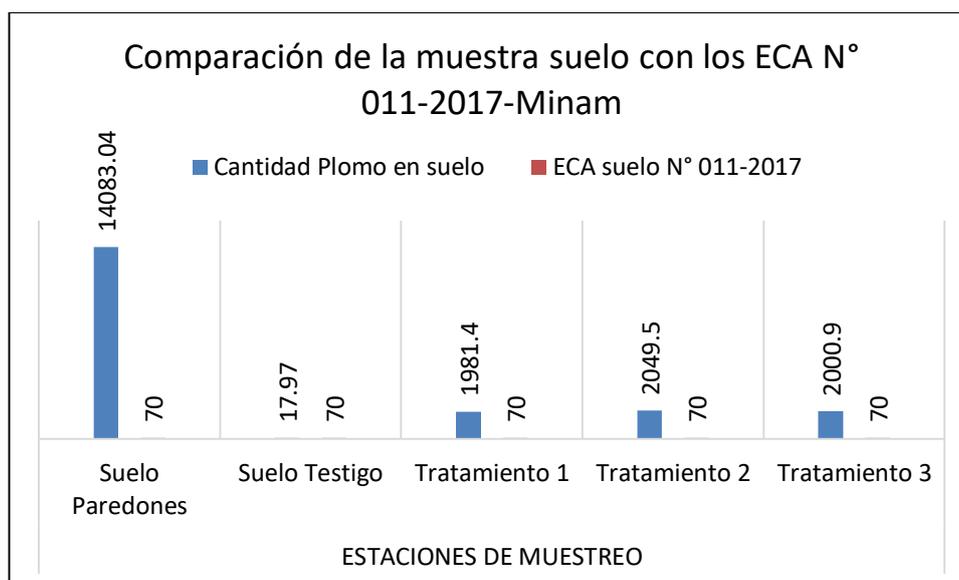


Figura 8. *Comparación de la muestra suelo con los ECA*

Se observa que, en las muestras de suelo de Paredones, Tratamiento 1, tratamiento 2 y tratamiento 3 exceden de los ECA's establecidos (70mg/kg), mientras que en la muestra testigo está entre los rangos establecidos.

Tabla 17

Comparación de pH del suelo en los pasivos ambientales Paredones

Plomo (Pb)	Estaciones de muestreo					
	Muestras	Suelo Paredones	Suelo Testigo	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
pH		2.50	7.00	3.27	3.10	3.20
Rango de pH del suelo		6.50 - 8.50	6.50 - 8.50	6.50 - 8.50	6.50 - 8.50	6.50 - 8.50

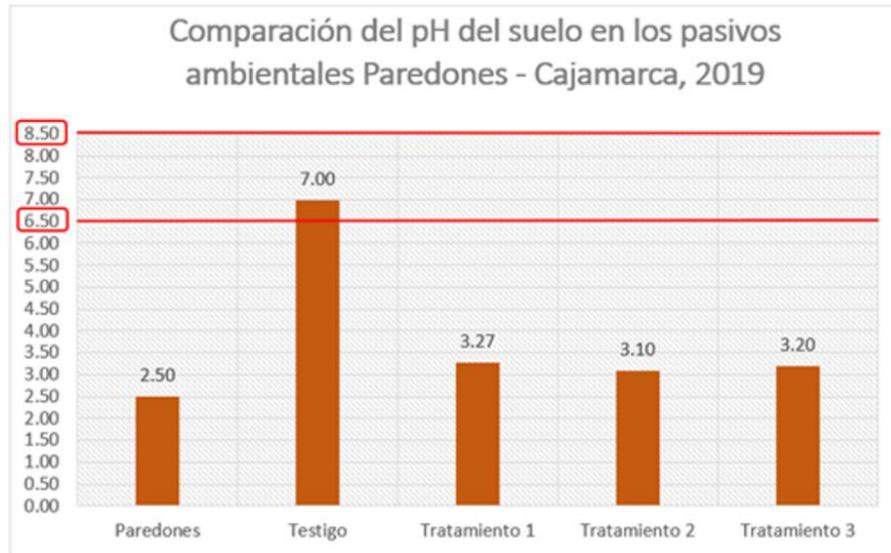


Figura 9. Comparación de pH de suelo en los pasivos ambientales Paredones Cajamarca

Se observa que, en las muestras de pH de suelo de Paredones, Tratamiento 1, tratamiento 2 y tratamiento 3 exceden de los ECA´s establecidos (7), mientras que en la testigo está entre los rangos establecidos.

Resultado 2

Tabla 18

Comparación de los pesos de baldes de los pasivos ambientales de mina Paredones.

Muestras	15 de febrero	15 de marzo	15 de abril	15 de mayo	15 de junio	25 de julio
Testigo	24.5	24.1	24.2	24.5	24.5	24.2
Tratamiento 1	24.3	24.7	24.3	24.6	24.8	24.6
Tratamiento 2	24.2	24.3	24.8	24.8	24.5	24.5
Tratamiento 3	24.1	24.8	24.5	24.3	24.2	24.3

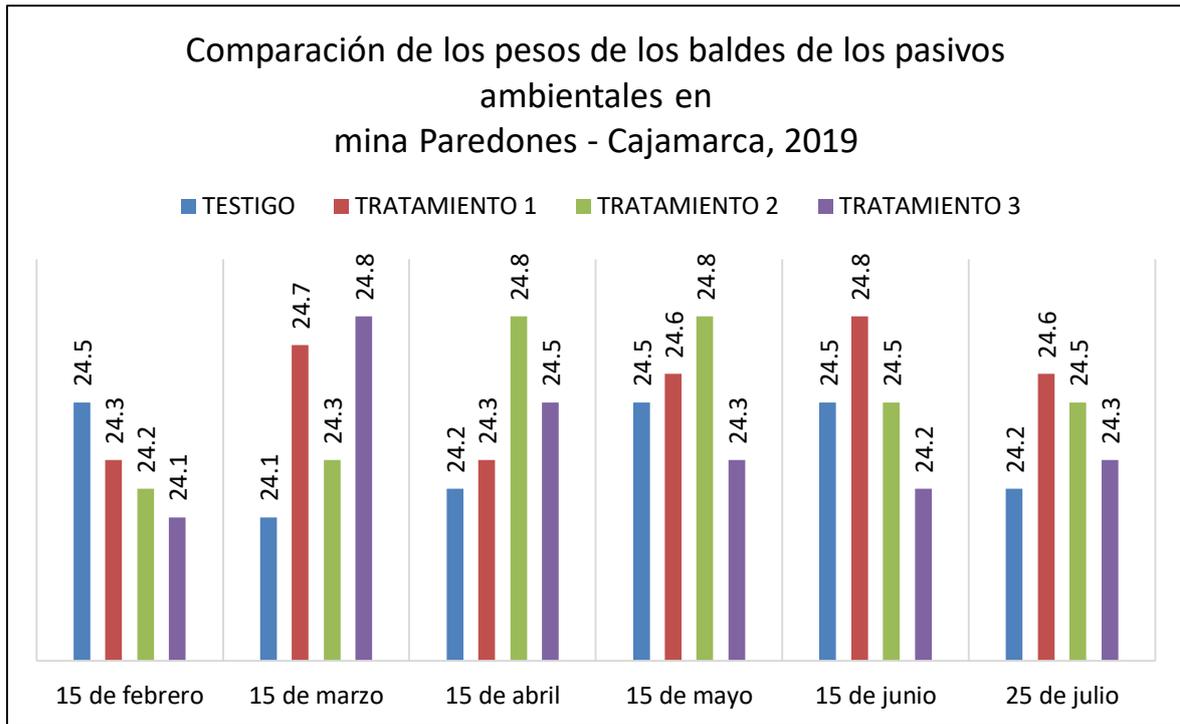


Figura 10. Comparación de pesos de baldes de pasivos ambientales en mina Paredones.

Se observa que el peso de los baldes por tratamiento fue variando de acuerdo a las fechas establecidas de medición. Esto pasó por factores a tener en cuenta como la humedad, crecimiento de la planta, nacimiento de brotes, entre otros.

Tabla 19

Comparación de brotes por tratamiento en los pasivos ambientales mina Paredones

Muestras	15 de febrero	15 de marzo	15 de abril	15 de mayo	15 de junio	25 de julio
Testigo	4	4	4	4	5	5
Tratamiento 1	4	5	5	5	7	7
Tratamiento 2	4	4	5	6	9	9
Tratamiento 3	4	5	7	8	9	9

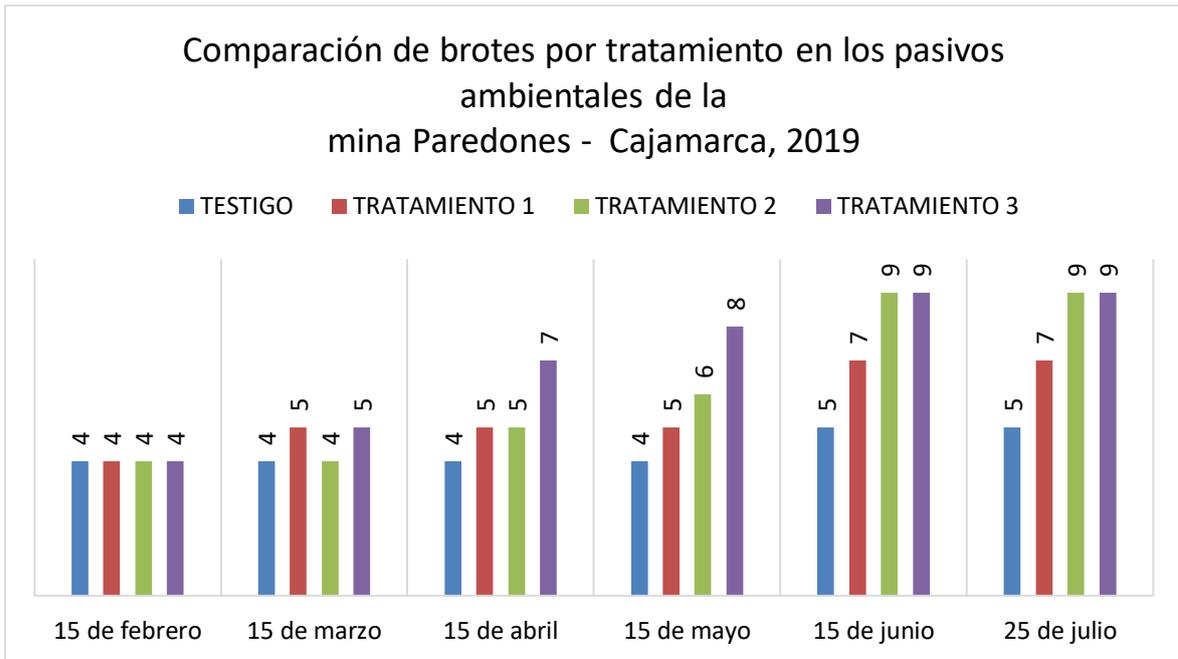


Figura 11. Comparación de brotes por tratamiento

Se observa que la cantidad de brotes fue aumentando en algunos tratamientos, mientras en otros se mantuvo.

Tabla 20

Comparación de longitud de tallo por tratamiento en los pasivos ambientales mina Paredones

Muestras	15 de febrero	15 de marzo	15 de abril	15 de mayo	15 de junio	25 de julio
Testigo	16.75	32.5	47.75	55.5	72.8	82.2
Tratamiento 1	8.6	14.2	20.1	30.1	31.1	30.6
Tratamiento 2	2.8	6.6	7.9	9.5	11.5	12
Tratamiento 3	6.8	12.4	13.7	22.6	21.2	25.9

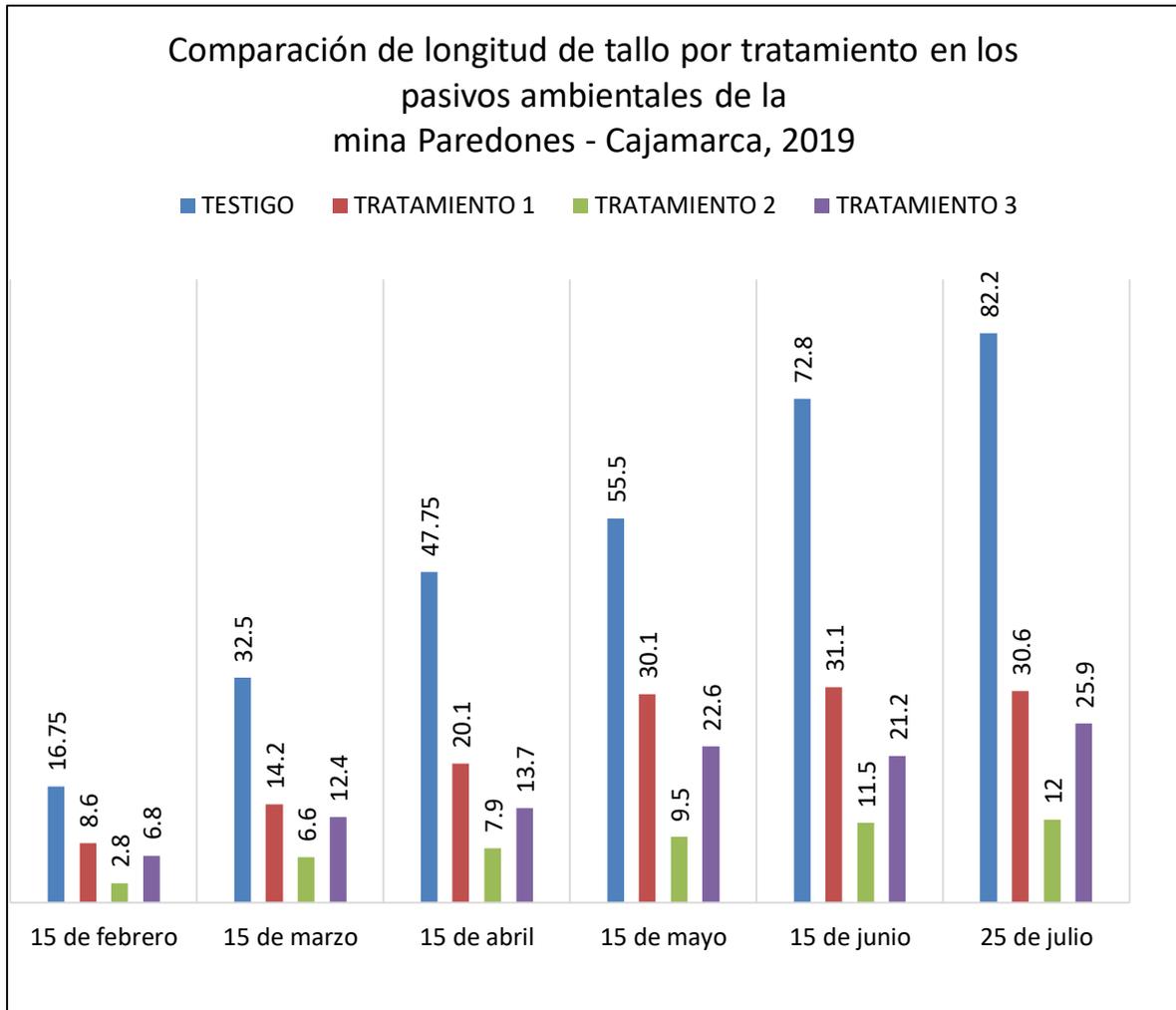


Figura 12. Comparación de longitud de tallo por tratamiento.

Tabla 21

Comparación de cantidad de hojas por tratamientos en los pasivos ambientales mina Paredones.

Muestras	15 de febrero	15 de marzo	15 de abril	15 de mayo	15 de junio	25 de julio
Testigo	3	4	2	5	4	9
Tratamiento 1	2	2	1	2	3	3
Tratamiento 2	0	1	0	1	1	1
Tratamiento 3	1	1	1	2	2	3

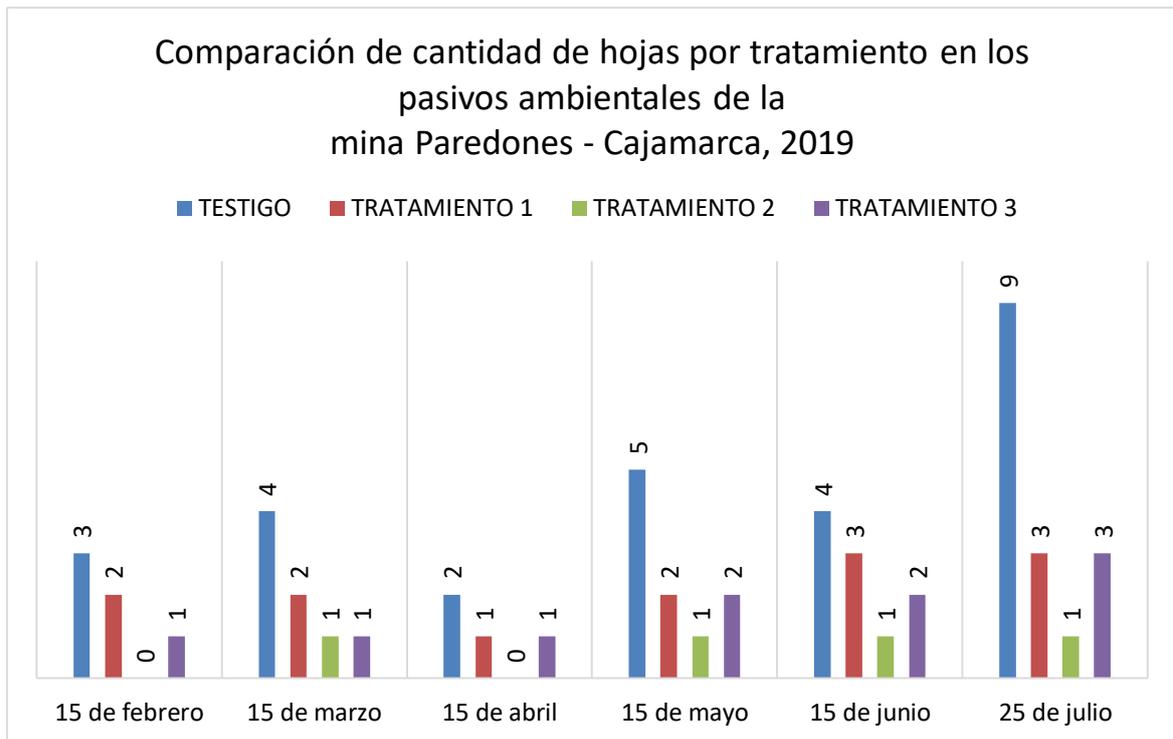


Figura 13. Comparación de cantidad de hojas por tratamiento en los pasivos ambientales.

Se observa que la menor cantidad de hojas se dio en el tratamiento 2 y la mayor cantidad de hojas se dio en la testigo. Así mismo se observa que en algunos la cantidad de hojas disminuyó ya que la planta se secaba por partes.

Tabla 22

Comparación de la muestra de raíz de *Phragmites australis* del plomo con los ECA planta (modificado de Cabata – Pendias – 200)

Muestras	Plomo (Pb)				
	Estaciones de muestreo				
	Raíz Paredones	Raíz Testigo	Raíz Tratamiento 1	Raíz Tratamiento 2	Raíz Tratamiento 3
Cantidad Plomo en raíz	49.49	21.71	297.3	285.1	194.2
Contenido (mg km ⁻¹ , bases Ps)	35	35	35	35	35

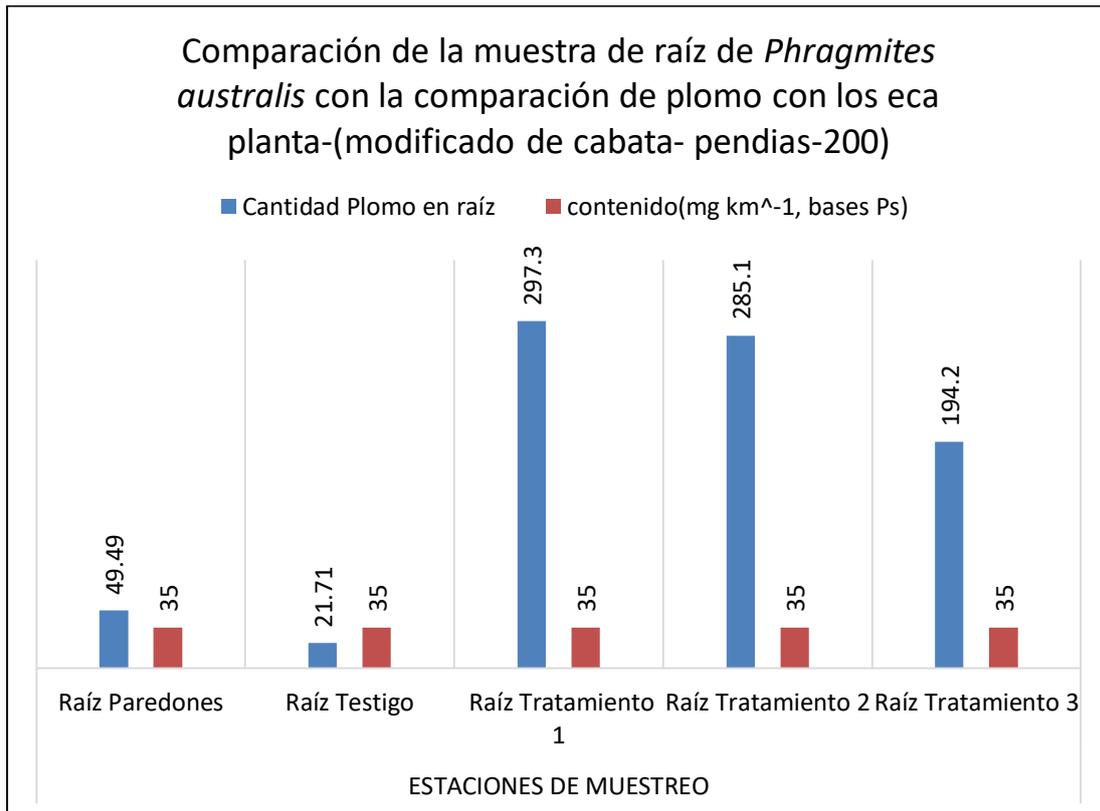


Figura 14. Comparación de la muestra raíz con los ECA.

Se observa que en las muestras de raíz de *Phragmites australis* de Paredones, Tratamiento 1, tratamiento 2 y tratamiento 3 exceden de los ECA'S establecidos (35mg/kg) mientras que en la testigo está entre los rangos establecidos.

Resultados 3

Tabla 23

Comparación de la muestra de planta *Phragmites australis* del plomo con los ECA.

Plomo (Pb)	Estaciones de muestreo				
	Muestras	Testigo	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Cantidad de Plomo		12.7	170.2	107	103.1
contenido(mg km ⁻¹ , bases Ps)		35	35	35	35

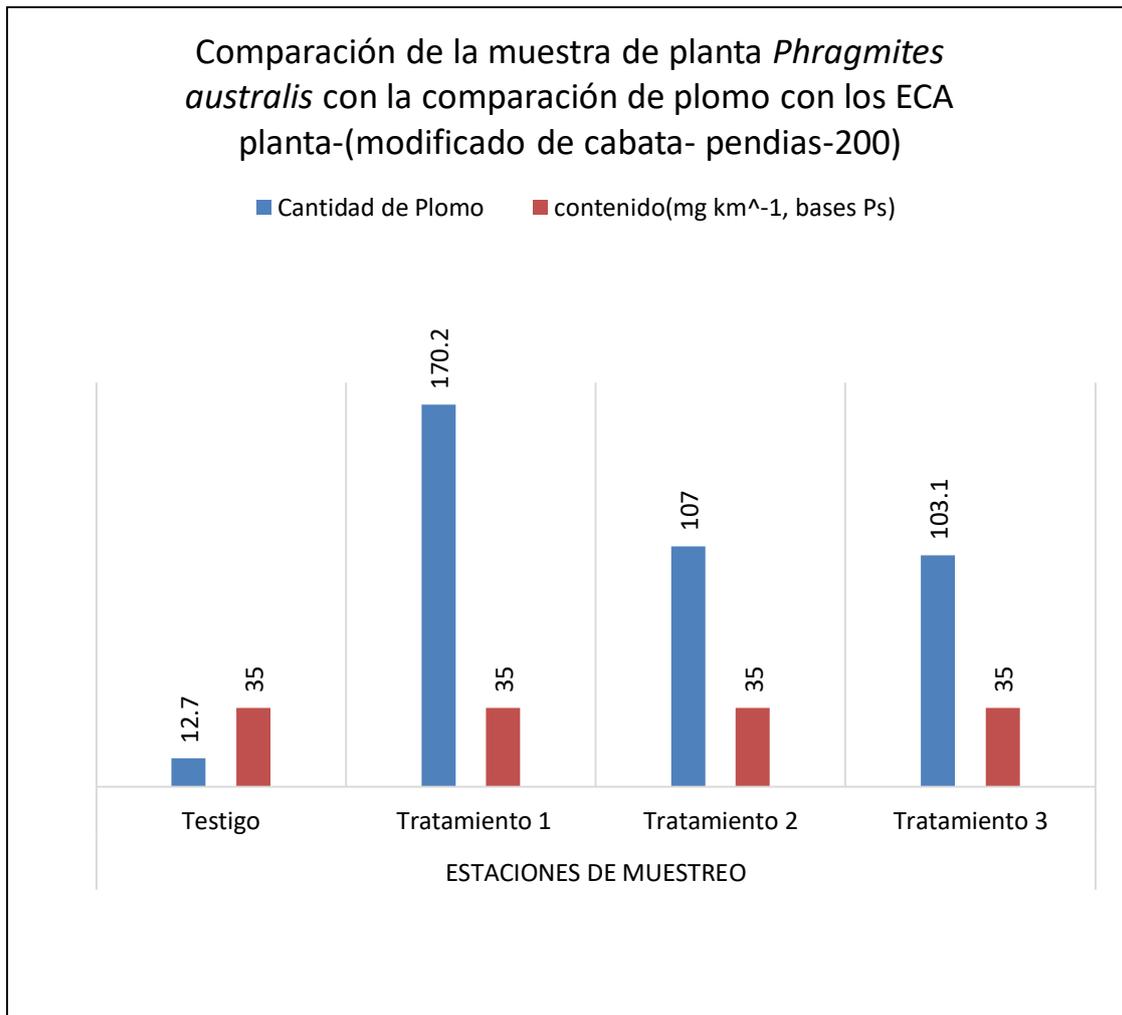


Figura 15. Comparación de la muestra de la planta *Phragmites australis* del plomo con los ECA.

Se observa que en las muestras de planta *Phragmites australis* del Tratamiento 1, tratamiento 2 y tratamiento 3 exceden de los ECA's establecidos (35mg/kg), mientras que en la testigo está entre los rangos establecidos.

Tabla 24
Factor de bioconcentración del plomo

Metal	Elemento	Paredones	T1	T2	T3
Plomo (Pb)	Suelo	14083.04	1981.4	2049.5	2000.4
	Planta	49.49	170.2	107	103.1

Tabla 25
Factor de bioconcentración (BCP)

Plomo(Pb)	Paredones	T1	T2	T3
	0.003514156	0.01208546	0.00759779	0.00732086
	0.024977289	0.08589886	0.05400222	0.05203392
	0.024147353	0.08304465	0.05220786	0.05030495
	0.024740052	0.08508298	0.0534893	0.05153969
Promedio	0.019344712	0.06652799	0.04182429	0.04029986

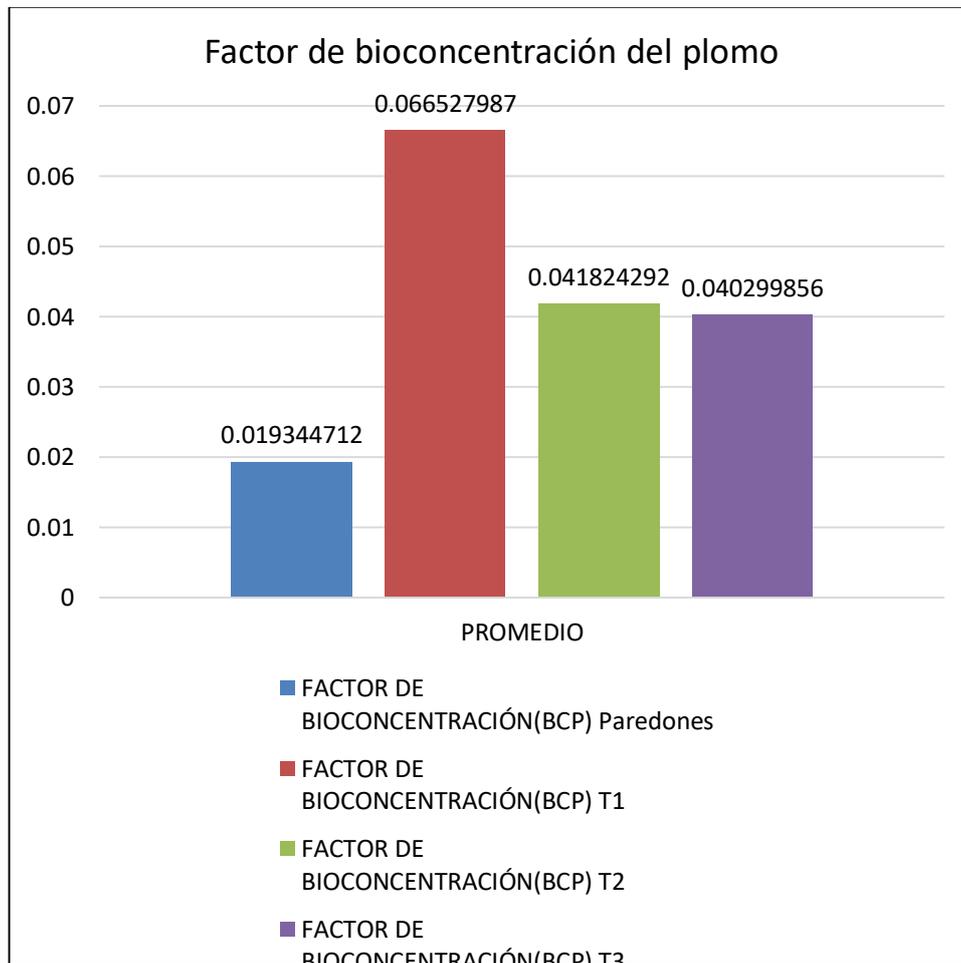


Figura 16. *Factor de bioconcentración del plomo.*

Se observa que el tratamiento 1 tiene un mayor factor de bioconcentración del plomo en los suelos de Paredones-Cajamarca, 2019.

Tabla 26
Factor de traslocación del plomo

Metal	Elemento	Paredones	T1	T2	T3
Plomo (Pb)	Suelo	14083.04	1981.4	2049.5	2000.4
	Planta	49.49	170.2	107	103.1

Tabla 27
Factor de traslocación

Plomo (Pb)	Paredones	T1	T2	T3
	284.5633461	40.036371	41.4124065	40.4202869
	82.7440658	11.6415981	12.0417156	11.7532315
	131.6171963	18.517757	19.1542056	18.6953271
	136.5959263	19.2182347	19.8787585	19.4025218
Promedio	158.8801336	22.3534902	23.1217716	22.5678418

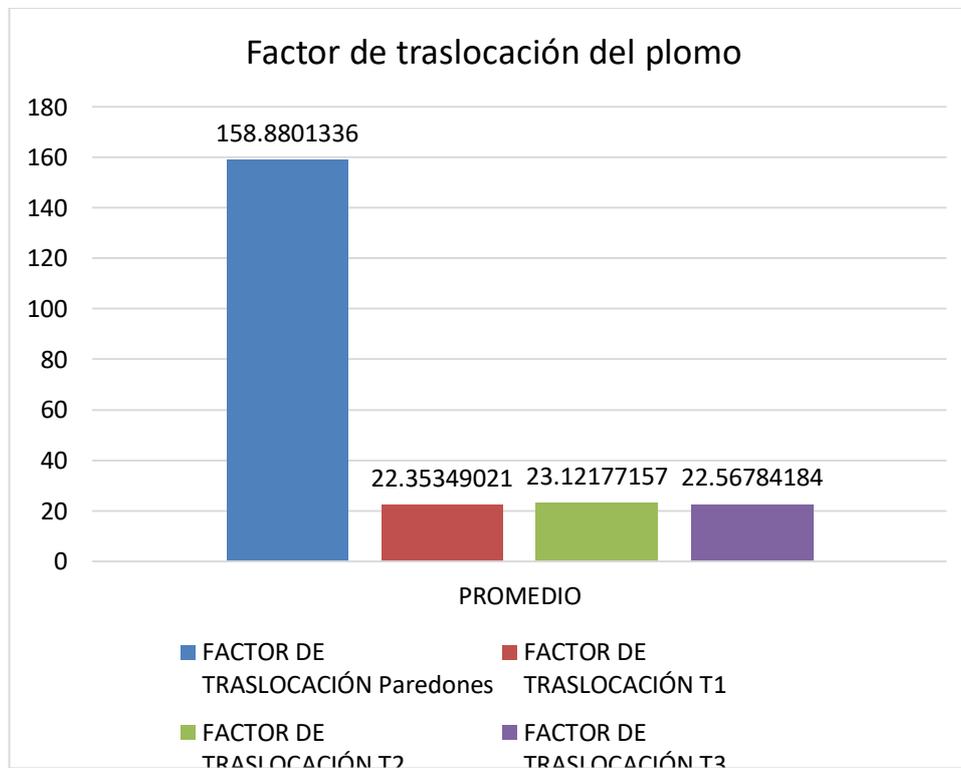


Figura 17. *Factor de traslocación del plomo*

Se observa que el tratamiento 2 tiene un mayor factor de traslocación del plomo en los suelos de Paredones-Cajamarca, 2019.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

Concentración de plomo

Se observa que las muestras presentan la cantidad de plomo de 14083.04 mg/kg, 17.97 mg/kg, 1981.4 mg/kg, 2049.5 mg/kg y 2000.9 mg/kg tanto en el suelo paredones, suelo testigo, Tratamiento 1, tratamiento 2 y tratamiento 3 respectivamente. También, se puede observar que todas las muestras excepto el suelo testigo exceden de los ECA´s establecidos (70mg/kg). Por lo que se puede deducir, que la planta *Phragmites australis* sí tiene la capacidad de acumular el plomo disminuyendo la cantidad promedia de este en 2010.60 mg/kg en su análisis inicial, lo que significa, que; al igual que Diaz; M. (2017) quien utilizo la planta *Urtica urens* para determinar si esta tiene capacidad de acumular plomo, logró como resultado acumular 1010.05 mg/kg de su concentración inicial, los cuales comparó con los Estándares de Calidad Ambiental para suelo D.S N°002-2013-MINAM, sin embargo; este recalca que para poder obtener mejores resultados se debe realizar este tratamiento in situ, para saber cuáles son los cambios en su totalidad y cuanto es lo que podría lograr acumular.

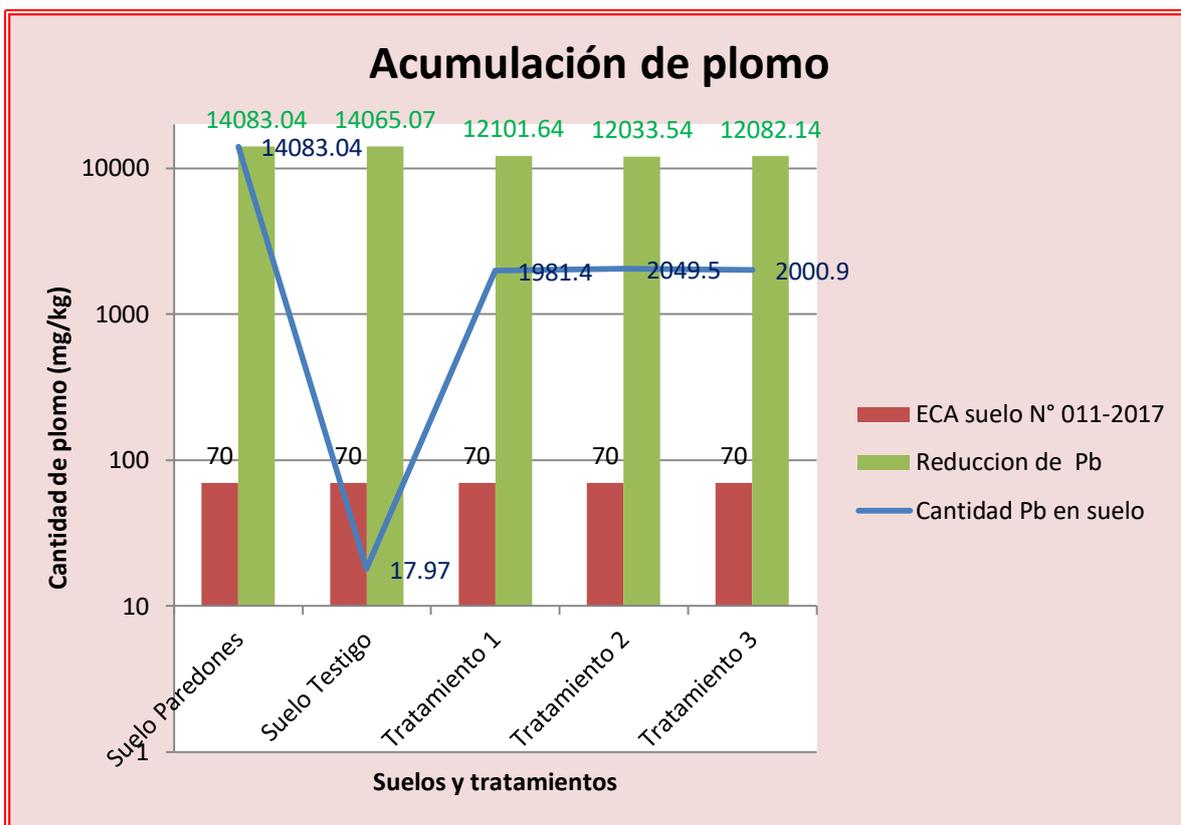


Figura 18. Acumulación del plomo.

Variación de pH

Por otro lado, los resultados de pH fueron de 2.5, 7.0, 3.3, 3.1, 3.2 en el suelo paredones, suelo testigo, tratamiento 1, tratamiento 2 y tratamiento 3 respectivamente. Así, se deduce que las muestras de pH de suelo de Paredones, Tratamiento 1, tratamiento 2 y tratamiento 3 exceden de los ECA's establecidos (7), lo que significa que se trata de un suelo que no cumple con las condiciones para un fin agrícola o sembríos; mientras que en el suelo testigo si se encuentra entre los rangos establecidos. De los resultados obtenidos en la investigación, se puede deducir que los parámetros fisicoquímicos que se evaluó tales como pH y conductividad eléctrica variaron después del tiempo de tratamiento disminuyendo en los dos parámetros, lo que se contradice con Callirgos R. (2014) quien utilizó la especie de *Chrysopogon zizanioides* para determinar la capacidad de acumulación, asimismo este

indico que el pH y conductividad eléctrica tuvieron un aumento facilitando así el desplazamiento del plomo y el *Chrysopogon zizanioides* pueda acumular aún más el contaminante.

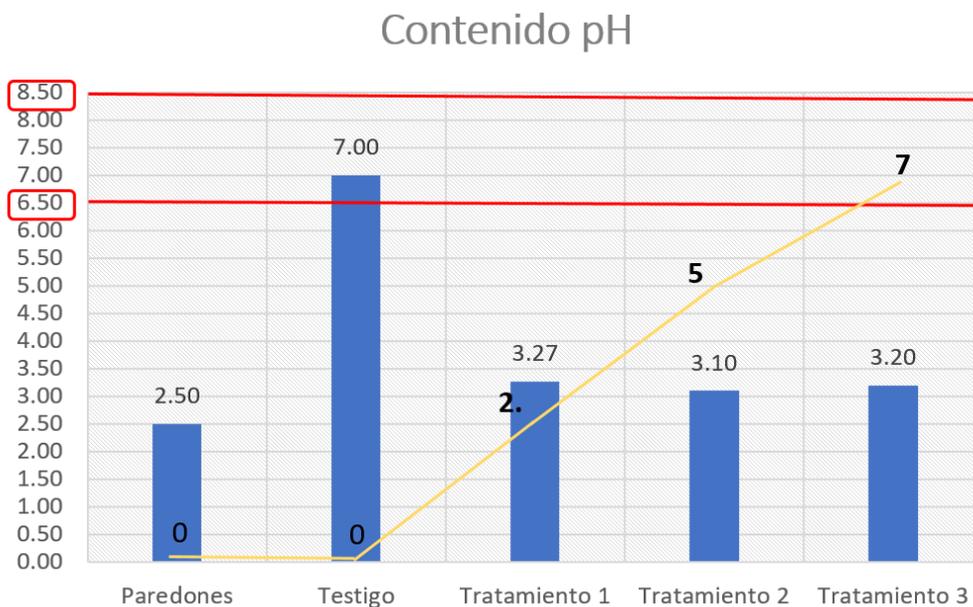


Figura 19 . *Contenido de pH*

Crecimiento de brotes y hojas, acumulación de plomo por planta, bioacumulación y traslocación.

Respecto al peso de los baldes referente al suelo testigo y tratamiento 1 poseen un peso inicial de 24.5 kg y 24.3 kg respectivamente, la fecha de inicio fue el 15 de febrero y ambas muestras disminuyeron en relación al tiempo hasta el 25 de julio del mismo año, disminución que se debió a la pérdida de humedad mediante la evaporación del agua debido a que las muestras estuvieron sujetas a intemperie y las plantas no fueron factor de aumento ya que inicialmente el balde solo soportaba el peso únicamente de la raíz y durante su crecimiento hubo plantas que no se desarrollaron ; por otro lado; los tratamientos 2 y 3 que fueron evaluados y tomados su peso al mismo tiempo se obtuvo un resultado inicial de 24.2 kg y 24.1 kg respectivamente, pero; a diferencia de lo mencionado anteriormente estas muestras tendieron aumentar a lo largo del tiempo debido al crecimiento de la planta *Phragmites*

australis que tuvieron un desarrollo dentro de lo estipulado. Respecto a los brotes que crecieron en el suelo testigo y tratamientos, se mostraron aumentos a lo largo de todo el tiempo ya que hubo un desarrollo adecuado; respecto a la longitud del tallo todos tuvieron un desarrollo adecuado que varía desde 16.75 cm a 82.2 en el testigo, 8.6 cm a 30.6 cm en el tratamiento 1; 2.8 cm a 12cm en el tratamiento 2 y 6.8 cm a 25.9 cm en el tratamiento 3. Por último, la cantidad de hojas a lo largo del tiempo fueron de mayor cantidad en el suelo testigo con un total de 27 hojas a lo largo del tiempo, luego el tratamiento 1 con 13 hojas, posterior a ello el tratamiento 2 con 4 hojas y por último el tratamiento 3 con 10 hojas. Así mismo se observa que en algunos la cantidad de hojas es cero ya que la planta se secaba por partes y tendían a caerse.

Por otro lado, se obtuvo los resultados de 12.70 mg/kg, 170.20 mg/kg, 107.00 mg/kg, 103.10 mg/kg de plomo concentrados en la planta *Phragmites australis* respecto al suelo testigo, tratamiento 1, 2 y 3. En donde, el tratamiento 1, tratamiento 2 y tratamiento 3 exceden de los ECA'S establecidos (35mg/kg) mientras que el suelo testigo está entre los rangos establecidos, así; podemos corroborar que toda la planta *Phragmites australis* si tiene la capacidad de acumular plomo disminuyendo la cantidad de este metal pesado en 98.25 mg/kg en promedio referente a la concentración final, lo que al igual que Diaz; M. (2017) encontró que la acumulación de plomo en la planta *Urtica urens* es de 109.40 mg/kg en su concentración final, cabe indicar que en su investigación no evaluó los tallos como parte de la planta, sin embargo; ambos resultados no son compatibles con el de Enríquez P. (2012) que hizo una investigación con la planta de *Lolium perenne*, en el cual indica que la acumulación fue 2438 mg/kg solo en raíces, esto se debe a que el *Lolium perenne* posee gran cantidad de raíces y sobretodo porque en la experimentación de este investigador le agrego lombricompost y estiércol lo que ayudo a la planta a absorber más plomo en raíces que en

hojas, ambos autores como también Jara; P. (2014), recomiendan que todas las pruebas y/o ensayos se realicen in situ y así obtener resultados más precisos.

Así mismo, según Recharte; F. & Mejia; R. & Fajardo; V. (2018); en su investigación de fitorremediación con la planta *Ricinnus communis*, logro fitorremediar los suelos contaminados con plomo entre 221.2 mg/kg y 458.62 mg/kg, proponiendo que todos los suelos deben llevar a cabo un tratamiento de fitorremediación de tipo fitoestabilizador, es decir que la planta concentre la mayor parte del contaminante en su raíz y trasloque a la parte aérea la menor concentración posible; para lo cual en la presente investigación se tomó en cuenta realizar una fitoextracción puesto que el mejor método para la planta *Phragmites australis*, y también para la planta *Ricinnus communis*, que el autor reconoce en sus conclusiones.

Por otro lado, el factor de bioconcentración del plomo es menor a 1 por lo que la planta es excluyente lo que significa que la concentración del metal en la planta son constantes respecto a la concentración de metales en el suelo y se obtiene los siguientes resultados 0,02; 0,07; 0,04 y 0,04 en promedio referente a suelo paredones y tratamientos 1, 2 y 3 respectivamente, así mismo; se observa que el tratamiento 1 tiene un mayor factor de bioconcentración del plomo en los suelos de Paredones-Cajamarca, 2019. Por otro lado, el factor de translocación en todos los tratamientos es mayor a 1 lo que significa que la planta traslada eficazmente los metales pesados de la raíz a las distintas parte de la planta, por lo que su potencial es la de hiperacumular metales en la parte aérea por lo que se puede decir que el tratamiento 2 tiene un mayor factor de traslocación del plomo en los suelos de Paredones-Cajamarca, 2019.

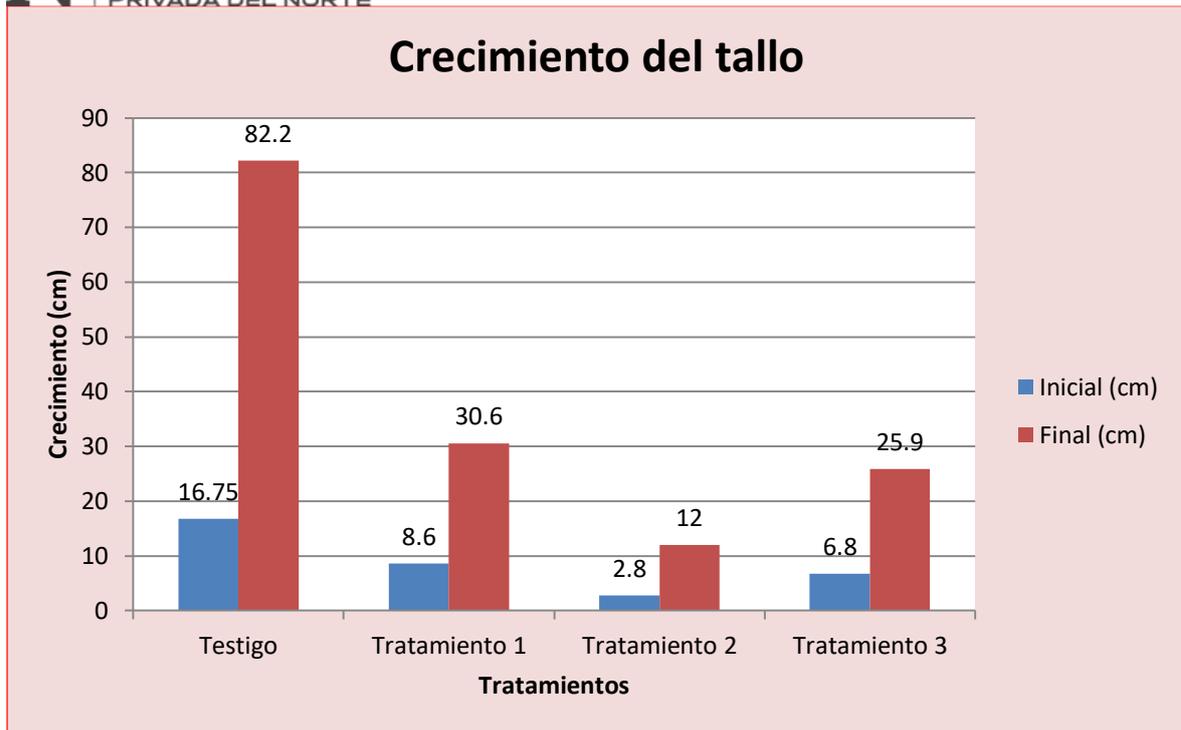


Figura 20. Crecimiento de tallo.

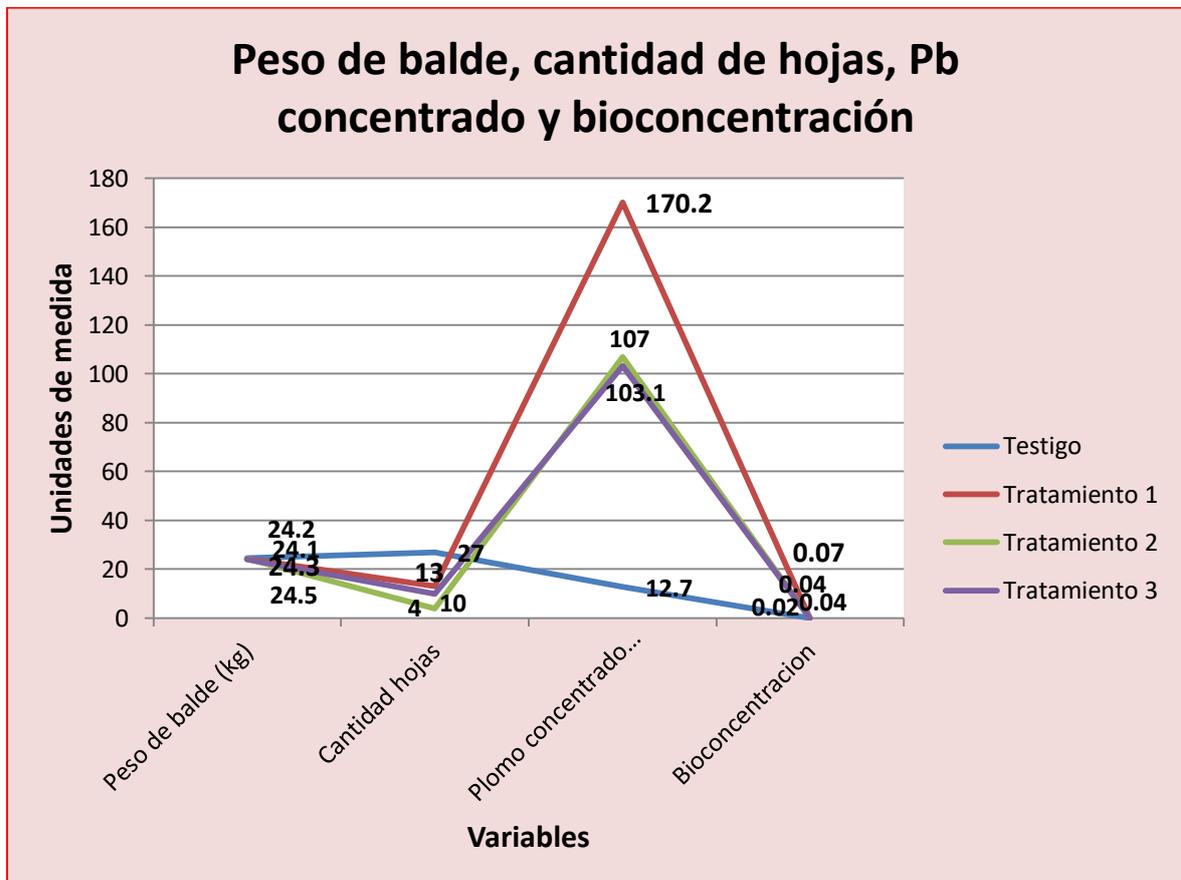


Figura 21. Peso de balde. Cantidad de hojas, plomo concentrado y bioconcentración.

4.2 Conclusiones

La fitorremediación en suelos contaminados con plomo utilizando *Phragmites australis* y enmienda en los pasivos ambientales de Paredones - Cajamarca tiene un 86% de eficacia.

Se concluye que la concentración de plomo en los tratamientos disminuye de acuerdo a la cantidad de dosis de cal, absorbiendo un 85% del plomo, siendo una planta excluyente e hiperacumuladora, también se concluye que el pH aumenta por cada tratamiento, pero aún se encuentra debajo del rango establecido siendo un suelo ácido.

La dosis óptima de cal para la bioconcentración de plomo en la planta *Phragmites australis* de los pasivos ambientales de Paredones Cajamarca, es de 7.5 Tn/ha el cual corresponde al tratamiento 3.

Se concluye que la bioconcentración de plomo en la planta *Phragmites australis* por tratamiento también disminuyó. Donde se observa que la planta que más absorbió el plomo fue el tratamiento 1 con un 170.20 mg/kg, pero no se encuentra entre los rangos establecidos. A esto se concluye que la planta si es eficaz para la absorción del plomo y lograr bajar la cantidad del plomo en el suelo.

REFERENCIAS

- Aguilar, J., et al. *Contaminación de los suelos afectados por el vertido de aznalcóllar y su evolución en el tiempo (1998 – 2001)*, Sociedad Española de la Ciencia del Suelo, 2009. Delgadillo-López, Angélica Evelin, González-Ramírez, César Abelardo, Prieto-García, Francisco, Villagómez-Ibarra, José Roberto, & Acevedo-Sandoval, Otilio. (2011). Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 14(2), 597-612.
- Alford, E.R., Pilon-Smits, E.A.H., Paschke, M.W. (2010). *Metallophytes – a view from the rhizosphere*. *Plant Soil* 337, 33–50.
- Ali H., Khan E., Sajad, M.A., (2013). *Phytoremediation of heavy metals – Concepts and applications*. *Chemosphere*, 91 (2), 869-881.
- Amabilis, L., y Sieber, C., y Moeller, G., y Duran, M. (2015). *Remoción de mercurio por Phragmites Australis empleada como barrera biológica en humedales artificiales inoculados con cepas tolerantes a metales pesados*. Facultad de Química Conjunto E, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Circuito de la Investigación Científica s/n, Delegación Coyoacán, México D.F., México, C.P. 04510. México.
- Becerril Soto, J.M., Barrutia Sarasua, O., García Plazaola, J.I., Hernández, A., Olano Mendoza, J.M., Garbisu Crespo, C., (2007). *Especies nativas de suelos contaminados por metales: aspectos ecofisiológicos y su uso en fitorremediación*. *Ecosistemas*. 16 (2), 50–55.
- Delgadillo-López, Angélica Evelin, González-Ramírez, César Abelardo, Prieto-García, Francisco, Villagómez-Ibarra, José Roberto, & Acevedo-Sandoval, Otilio. (2011).

Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación. Tropical and subtropical agroecosystems, 14(2), 597-612.

Díaz, M. (2017). *Capacidad de Acumulación de la ortiga (Urtica Urens) para la fitorremediación de suelos contaminados con plomo en la Oroya, Junín* (Tesis para optar el título profesional de ingeniero ambiental). Universidad Cesar Vallejo. Junín. Perú.

EC-JCR. (2005). *Soil Atlas of Europe. European Soil Bureau Network. European Commission. Office for Official Publications of the European Communities. Luxembourg*. pp 128.

EEA. (2002). *Con los pies en la Tierra: la degradación del suelo y el desarrollo sostenible en Europa*. En: Problemas ambientales nº 16. Agencia europea de medio Ambiente. Copenague, pp 34.

Ghosh, M., Singh, S.P., (2005). *A review on phytoremediation of heavy metals and utilization of it's by products*. Appl. Ecol. Environ. Res. 3, 1-18.

Gomez, N.E., Cozatl, D.M., Sanchez, R.M., Mendoza, D.G., Perez, O.Z., Hernandez, A.M., Santamaria, J.M., (2009). *The Pb-hyperaccumulator aquatic fern Salvinia minima Baker, responds to Pb²⁺ by increasing phytochelatins via changes in SmPCS expression and in phytochelatin synthase activity*. Aquat. Toxicol. 91, 320–328.

GWRTAC. (1998). *Ground-Water Remediation Technologies Analysis Center. In Situ Flushing*. Report TS-98-01.

Kathy M., y Yeidy C. (2014). *Bioconcentración y Traslocación de metales pesados en el*

Juncus arcticus willd. y cortaderia rudiuscula stapf, de áreas contaminadas con el pasivo ambiental minero Alianza – Ancash (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Santiago Antúnez de Moyolo. Ancash. Perú.

Munive, C., y Loli, O., y Azabache, A., y Gamarra, G. (2018). *Fitorremediación con Maíz (Zea mays L.) y compost de Stevia en suelos degradados por contaminación con metales pesados*. Universidad Nacional de Trujillo. Scientia Agropecuaria. pp 551-560. Lima. Perú.

Paiva, G. (2015). *Fitorremediación de suelos contaminados con plomo utilizando Amaranthus Spinosus – Amaranthaceae en cusco del 2012* (Tesis para optar el grado académico de doctor en ciencias ambientales). Universidad católica Santa Maria. Arequipa. Perú.

Recharte, F., y Mejia, R., y Fajardo, V. (2018). *Fitorremediación con Ricinus Cummunis para el tratamiento de suelos contaminados con plomo* (Tesis para optar el título profesional de ingeniero ambiental y y de recursos naturales). Universidad nacional del callao. Callao. Perú.

Ruiz-Olivares, A., Gonzalez-Chavez, M., & Carrillo-González, R. (2017). *Ricinus communis L., Y Pseudomonas sp. Para la remediación de suelos contaminados con residuos de mina*. Agroproductividad, (4), 48.

Volke S., Juan A. y David A. (2005). *Suelos contaminados por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su remediación*. SyG Editores, S.A. de C.V., Cuapinol 52, Santo Domingo de los Reyes, Coyoacán, 04369, México, D.F

Anexo N° 01: Resultados de Laboratorio Regional del Agua.

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

INFORME DE ENSAYO N° IE 0618323

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	-	-		
Código Laboratorio	0618323-01	0618323-02	0618323-03	0618323-04	-	-		
Matriz	SÓLIDOS	SÓLIDOS	SÓLIDOS	SÓLIDOS	-	-		
Descripción	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	-	-		
Localización de la Muestra	Mina paredones - Chilete	Mina paredones - Chilete	Mina paredones - Chilete	Mina paredones - Chilete	-	-		
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados Metales Totales					
Plata (Ag)	mg/Kg	1.700	61.223	50.854	67.095	33.863	-	-
Aluminio (Al)	mg/Kg	2.200	5233.7	2685.5	14413.9	22583.9	-	-
Arsénico (As)	mg/Kg	0.300	2053.8	1951.7	980.27	<LCM	-	-
Boro (B)	mg/Kg	2.100	<LCM	<LCM	0.478	<LCM	-	-
Bario (Ba)	mg/Kg	0.200	64.446	54.976	38.852	181.65	-	-
Berilio (Be)	mg/Kg	0.200	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Calcio (Ca)	mg/Kg	1.600	22529.4	14916.7	39468.2	25709.9	-	-
Cadmio (Cd)	mg/Kg	7.000	126.91	122.32	207.36	9.5395	-	-
Cobalto (Co)	mg/Kg	0.200	2.8753	3.1784	13.9968	13.385	-	-
Cromo (Cr)	mg/Kg	0.200	2.3795	1.7878	4.1343	2.3474	-	-
Cobre (Cu)	mg/Kg	0.200	1232.5	737.07	1910.8	74.403	-	-
Hierro (Fe)	mg/Kg	1.400	93593.1	89787.5	49255.9	38086.2	-	-
Mercurio (Hg)	mg/Kg	0.020	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Potasio (K)	mg/Kg	1.9000	6562.6	4231.8	1666.2	1302.1	-	-
Litio (Li)	mg/Kg	4.900	5.1309	3.7992	11.432	20.053	-	-
Magnesio (Mg)	mg/Kg	0.400	830.36	589.49	6654.7	12421.3	-	-
Manganeso (Mn)	mg/Kg	1.700	239.14	141.14	1199.39	1904.36	-	-
Molibdeno (Mo)	mg/Kg	0.200	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Sodio (Na)	mg/Kg	0.200	541.23	546.67	515.43	393.35	-	-
Niquel (Ni)	mg/Kg	1.800	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Fósforo (P)	mg/Kg	0.200	2043.8	1320.9	5591.6	6031.2	-	-
Plomo (Pb)	mg/Kg	2.000	29243.5	11154.2	15765.1	169.36	-	-
Antimonio (Sb)	mg/Kg	0.300	74.807	51.251	46.722	<LCM	-	-
Selenio (Se)	mg/Kg	8.500	5.5027	7.8963	<LCM	<LCM	-	-
Silice (Si)	mg/Kg	0.500	56.415	40.773	147.290	238.338	-	-
Estaño (Sn)	mg/Kg	1.700	1526.9	806.59	3964.5	6557.4	-	-
Estroncio (Sr)	mg/Kg	8.500	51.388	42.044	89.241	56.068	-	-
Titanio (Ti)	mg/Kg	0.200	24.777	15.932	68.330	62.971	-	-
Talio (Tl)	mg/Kg	0.400	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Vanadio (V)	mg/Kg	0.300	49.07	31.079	110.97	197.17	-	-
Zinc (Zn)	mg/Kg	0.400	15803.9	13418.6	34040.4	601.14	-	-

Cajamarca, 26 de Junio de 2018.

Anexo N° 02: Panel fotográfico de los procesos para la ejecución de la investigación.

Figura 22

Resultados de la muestra de suelo.



Figura 23

Extracción de la muestra de Phragmites australis.

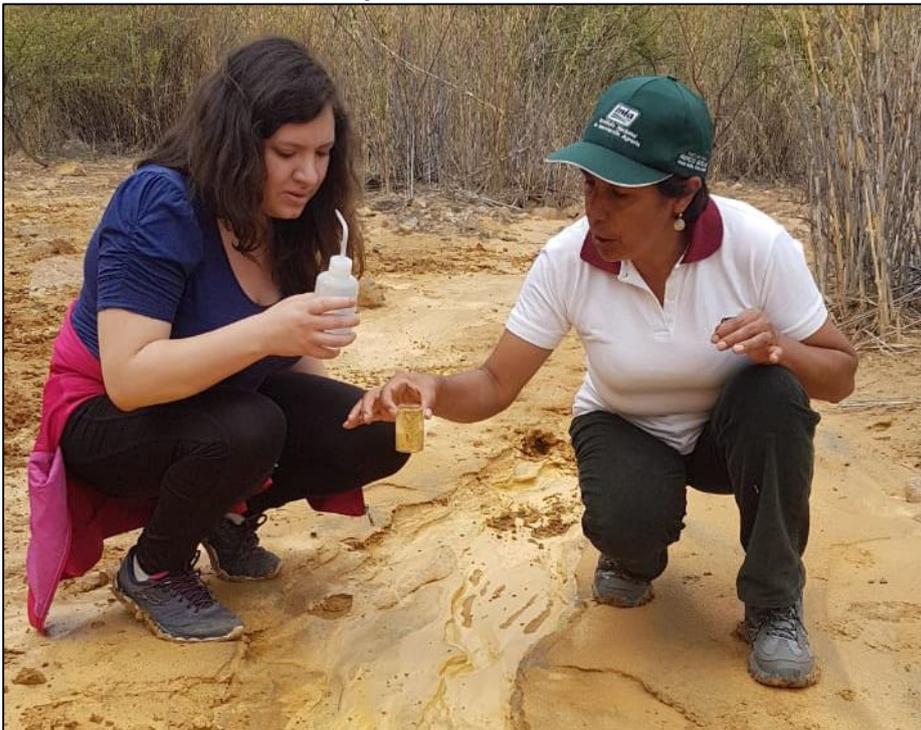


Figura 24

Obtención de muestra de agua de mina Paredones.



Figura 25

Rotulado de parcelas.



Figura 26

Conteo de tallos en la parcela del tratamiento N° 01 repetición N° 01.



Figura 27

Toma de muestras de flora en la parcela del tratamiento N° 01 repetición 03.



Toma de muestras de flora en la parcela del tratamiento N° 01 repetición 01



Figura 29

Toma de muestras de flora en la parcela del tratamiento N° 01 repetición 02



Figura 30
Toma de datos del testigo.



Figura 31
Mezcla de las repeticiones del tratamiento N° 01 para la toma de muestras de pH.





Que, de conformidad con lo previsto en el artículo 14 del Reglamento que establece disposiciones relativas a la Publicidad, Publicación de Proyectos Normativos y Difusión de Normas Legales de Carácter General, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS, y el artículo 39 del Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM; corresponde disponer la publicación de la propuesta de metodología en el Diario Oficial El Peruano, antes de la fecha prevista para su entrada en vigencia, con la finalidad de permitir a las personas interesadas formular los comentarios y aportes respectivos;

Con los vistos de la Secretaría General, la Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos, la Oficina de Asesoría Jurídica, y en uso de las facultades conferidas en la Ley de Recursos Hídricos, el Reglamento de Organización y Funciones de esta autoridad, aprobado por Decreto Supremo N° 06-2010-AG, y modificado por Decreto Supremo N° 012-2016-MINAGRI;

SE RESUELVE:

Artículo 1.- Dispóngase la publicación de la presente resolución en el Diario Oficial El Peruano y del documento denominado "Metodología para la determinación del Índice de calidad de agua para los recursos hídricos superficiales en el Perú ICA-PE", en el portal web de la Autoridad Nacional del Agua: www.ana.gob.pe, por el plazo de quince (15) días hábiles, a fin que los interesados remitan sus opiniones y sugerencias a la dirección electrónica siguiente: IndiceCalidadAgua@ana.gob.pe.

Artículo 2.- Encargar a la Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos, la recepción y análisis de los aportes y comentarios que se presenten respecto al documento citado en el artículo precedente.

Regístrese, comuníquese y publíquese,

ABELARDO DE LA TORRE VILLANUEVA
Jefe
Autoridad Nacional del Agua

1593024-1

AMBIENTE

Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo

DECRETO SUPREMO
N° 011-2017-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, de acuerdo con lo establecido en el artículo 3 de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, en adelante la Ley, el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la Ley;

Que, el numeral 31.1 del artículo 31 de la Ley define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente; asimismo, el numeral 31.2 del artículo 31 de la Ley establece que el ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas, así como un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental;

Que, según lo dispuesto en el numeral 33.1 del artículo 33 de la Ley, la Autoridad Ambiental Nacional dirige el proceso de elaboración y revisión de ECA y, en coordinación con los sectores correspondientes, elabora o encarga las propuestas de ECA, las que serán remitidas a la Presidencia del Consejo de Ministros para su aprobación mediante decreto supremo;

Que, en virtud a lo dispuesto por el numeral 33.4 del artículo 33 de la Ley, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, de conformidad con el literal d) del artículo 7 del Decreto Legislativo N° 1013, que aprueba la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente, esta entidad tiene como función específica elaborar los ECA, los cuales deberán contar con la opinión del sector correspondiente y ser aprobados mediante decreto supremo;

Que, mediante Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM se aprueban los ECA para Suelo y, a través del Decreto Supremo N° 002-2014-MINAM se aprueban las disposiciones complementarias para su aplicación;

Que, asimismo, mediante Decreto Supremo N° 013-2015-MINAM se dictan las reglas para la presentación y evaluación del Informe de Identificación de Sitios Contaminados;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 331-2016-MINAM se crea el Grupo de Trabajo encargado