



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Influencia de la concentración de semilla inoculada con *Pleurotus ostreatus* en la absorción de metales pesados en suelos contaminados, Algamarca Cajamarca”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A)
AMBIENTAL**

AUTOR:

Pérez Díaz, Antonella Estefanía

CÓDIGO ORCID (0000-0001-9279-4239)

Vásquez Quispe, Neyder Ali

CÓDIGO ORCID (0000-0001-6802-2917)

ASESOR:

Ing. Villacorta González, Misael Ydilbrando.

CÓDIGO ORCID (0000-0002-5346-4824)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales.

Trujillo - Perú

2018

DEDICATORIA

A nuestras familias, amigos y personas especiales en nuestras vidas que nos acompañaron durante todo el proceso universitario, que nos permite hoy en día convertirnos en profesionales que es lo que tanto nos apasiona, gracias a cada maestro que hizo parte de este proceso integral formativo que deja como producto terminado a este grupo de graduados y sobre todo a esa pequeña luz que nos acompañó desde el inicio de nuestra investigación que día a día está creciendo y muy pronto hará acto de presencia con su inocencia.

AGRADECIMIENTO

Primero antes de nada dar gracias a Dios, por estar con nosotros en cada paso que damos, por fortalecer nuestros corazones e iluminar nuestras mentes y por haber puesto en nuestros caminos aquellas personas que han sido soporte, compañía en esta vida universitaria.

Agradecer hoy y siempre a nuestras familias por el esfuerzo realizado, por el apoyo en nuestros estudios de ser así no sería posible. Agradecer a la Universidad Cesar Vallejo por permitirnos realizar nuestra investigación y brindarnos su apoyo en todo el proceso.

PÁGINA DE JURADO

APROBADO POR:

Mg. Misael Villacorta González.

Presidente

Mg. Cruz Escobedo Antis Jesús.

Secretario

Msc. Isidoro Valderrama Ramos.

Vocal

TRUJILLO, 2018.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Los alumnos Pérez Díaz Antonella Estefania con DNI N° 77686413, Vázquez Quispe Neyder Ali con DNI N° 73612230 con el fin de poder cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, escuela profesional de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro bajo juramento que todos los datos e información que se muestran en la presente tesis son auténticos.

En este sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad u omisión tanto de los documentos aportados, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la universidad.

Trujillo, 12 de diciembre del 2018.

Antonella Estefania Pérez Díaz.
DNI 77686413

Neyder Ali Vásquez Quispe.
DNI 73612230

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado presentamos ante ustedes la tesis titulada “Influencia de la densidad poblacional de *Pleurotus ostreatus* en la absorción de metales pesados en suelos contaminados, Algamarca Cajamarca “con la finalidad de Evaluar la influencia de los tratamientos de *Pleurotus ostreatus* en la absorción de metales pesados en suelos contaminados, Algamarca Cajamarca, en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental.

Esperando cumplir con los requisitos de la aprobación.

Los autores.

ÍNDICE

DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTO.....	2
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	4
PRESENTACIÓN.....	5
RESUMEN.....	9
ABSTRACT.....	10
I. INTRODUCCIÓN	11
1.1. Realidad Problemática.....	11
1.2. Trabajos previos	17
1.2.1. Internacionales	17
1.2.2. Nacionales	18
1.3. Teorías.....	19
1.3.1. Generalidades	19
1.3.2. Contaminación del suelo por metales pesados	19
1.3.3. Efectos de los metales pesados en la salud.....	
1.3.4. Biorremediación de metales pesados.	20
1.3.5. Genero <i>Pleurotus</i>	21
1.3.6. <i>Pleurotus ostreatus</i> como biorremediador.	21
1.4. Formulación del problema	23
1.5. Justificación del estudio	23
1.6. Hipótesis.....	23
II. MÉTODO.....	25
2.1. Diseño de investigación	25
2.2. Variable Operacionalización.....	25
2.2. Población y muestra	¡Error! Marcador no definido.
2.3. Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	28
2.4. Métodos de análisis de datos	28
2.5. Aspectos éticos.....	29
III. RESULTADOS.....	30
IV. DISCUSIÓN	35
V. CONCLUSIONES	39
VI. RECOMENDACIONES	40
VIII. ANEXOS.....	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Coordenadas de los puntos de muestras.....	27
Tabla 2: Coordenadas de los puntos de muestras.....	28
Tabla 3: Porcentaje de remoción de metales pesados	30
Tabla 4: Prueba de normalidad.....	31
Tabla 5: Prueba de homogeneidad de varianzas.	31
Tabla 6: Arsénico	31
Tabla 7: Análisis de Varianza de Arsénico	32
Tabla 8: Prueba Post hoc – Tukey para Arsénico.	32
Tabla 9: Cerio.....	33
Tabla 10: Análisis de Varianza Cerio	33
Tabla 11: Prueba Post hoc – Tukey para Cerio.....	33
Tabla 12: Níquel.....	34
Tabla 13: Análisis de Varianza de Níquel.....	56
Tabla 14: Prueba Post hoc – Tukey para Níquel.....	56
Tabla 15: Bario.....	51
Tabla 16: Análisis de Varianza de Bario.....	51
Tabla 17: Cadmio.....	52
Tabla 18: Análisis de Varianza de Cadmio	52
Tabla 19: Prueba Post hoc – Tukey para Cadmio.	52
Tabla 20: Cobalto.....	53
Tabla 21: Análisis de Varianza de Cobalto.	53
Tabla 22: Prueba Post hoc – Tukey para Cobalto.	53
Tabla 23: Cobre.....	54
Tabla 24: Análisis de Varianza de Cobre.....	54
Tabla 25: Prueba Post hoc – Tukey para Cobre.	54
Tabla 26: Plomo	55
Tabla 27: Análisis de Varianza de Plomo	55
Tabla 28: Prueba Post hoc – Tukey para Plomo.	55
Tabla 29: Antimonio	56
Tabla 30: Análisis de Varianza de Antimonio	55
Tabla 31: Prueba Post hoc – Tukey para Antimonio.....	55
Tabla 32: Estaño.....	57
Tabla 33: Análisis de varianza de Estaño.....	57
Tabla 34: Prueba Post hoc – Tukey para Estaño.	57
Tabla 35: Estroncio	58
Tabla 36: Análisis de Varianza de Estroncio	58
Tabla 37: Prueba Post hoc – Tukey para Estroncio.....	58
Tabla 38: Talio.	59
Tabla 39: Análisis de Varianza de Talio	59
Tabla 40: Prueba Post hoc – Tukey para Talio	59
Tabla 41: Zinc	60
Tabla 42: Análisis de Varianza de Zinc	60
Tabla 43: Prueba Post hoc – Tukey para Zinc.....	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Localización del área de estudio.....	27
Figura 2: Localización de Puntos de Muestreo en el Área de Excavación.....	27
Figura 3: Porcentaje Arsénico.....	32
Figura 4: Porcentaje Cerio.....	33
Figura 5: Porcentaje Niquel.....	56
Figura 6: Porcentaje de Bario.....	51
Figura 7: Porcentaje de Cadmio.....	52
Figura 8: Porcentaje de Cobalto.....	53
Figura 9: Porcentaje de Cobre.....	54
Figura 10: Porcentaje de Plomo.....	55
Figura 11: Porcentaje de Antimonio.....	55
Figura 12: Porcentajes de Estaño.....	57
Figura 13: Porcentajes de Estroncio.....	58
Figura 14: Porcentajes de Talio.....	59
Figura 15: Porcentajes de Zinc.....	60

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Fotos.....	44
ANEXO 2: Gráficos de Normalidad.....	50
ANEXO 3: Resultados estadísticos ANOVA para cada metal.....	51
ANEXO 4: Tabla de los porcentajes de los resultados finales en la absorción de metales.....	61
ANEXO 5: Resultados iniciales de los análisis de suelos.....	65
ANEXO 6: Resultados finales de los análisis de suelos.....	69
ANEXO 7: Resultados de los análisis del tejido vegetal.....	72
ANEXO 8: Resultado iniciales y finales del barrido de los 18 metales pesados en los 4 tratamientos de las 3 repeticiones.....	73
ANEXO 9: Resultados iniciales y finales del barrido de los 18 metales pesados en los 4 tratamientos de las 3 repeticiones.....	74
ANEXO 10: Resultados iniciales y finales del barrido de los 18 metales pesados en los 4 tratamientos de las 3 repeticiones.....	75

RESUMEN

El siguiente proyecto de investigación se desarrolló dentro de la Universidad César Vallejo, teniendo como objetivo evaluar la influencia de la concentración de semilla inoculada con *Pleurotus ostreatus* en la absorción de metales pesados en Algamarca, en Cajabamba. El tiempo en que se desarrolló el cultivo fue de 30 días, donde se aplicó un diseño experimental unifactorial 4Tx3R. Dentro de éste experimento se llegó a evaluar 12 macetas experimentales con capacidad de 1kg por cada una. Para la dosificación de cada maceta fue diferente tanto para P.o como para S.c de la siguiente manera: 100gr., 150 gr., 200 gr. y 250 gr. de P.o Se evaluó la capacidad de absorción de *Pleurotus ostreatus* en suelos contaminados con metales pesados al comparar los resultados de pre y post tratamiento como también el tejido vegetal donde se llega a la conclusión que el porcentaje promedio de absorción está por encima del 70% en los metales pesados. Los metales como Plata (Ag), Hierro (Fe), Mercurio (Hg), Molibdeno (Mo) y Selenio (Se) no tuvieron variación significativa en cuanto a la absorción. Se logró determinar la mejor concentración de semillas de *Pleurotus ostreatus* mediante el método estadístico ANOVA, con la aplicación del test HSD de Tukey se concluyó que el mejor tratamiento para la absorción de metales pesados es en el tratamiento T3: 200 gr. de P.o + 800 gr. de Sc., para metales como Arsénico (As) con 78.04% de efecto positivo en la absorción de metales pesados en la repetición 2. Además, para metales como Cadmio (Cd) con 77.23% en la repetición 2, Cobre (Cu) con 40.07% en la repetición 2, Plomo (Pb) con 68.97% en la repetición 3, Estroncio (Sr) con 69.20% en la repetición 3, Níquel (Ni) con 66% en la repetición 1. Seguido del Tratamiento T4: 250 gr. de P.o + 750 gr. de Sc., para metales como para Cerio (Ce) con 82.73% de efecto positivo en la absorción de metales pesados en la repetición 3. Además, para metales como Bario (Ba) con 87.60% en la repetición 2, Cobalto (Co) con 87.53% en la repetición 2, Talio (Tl) con 87.37% en la repetición 2, Zinc (Zn) con 84.77% en la repetición 2. Además, se concluyó con el tratamiento T2: 150 gr. de P.o + 850 gr. de Sc., para metales como Antimonio (Sb) con 65.13% de efecto positivo en la absorción de metales en la repetición 1. Además, para metales como Estaño (Sn) con 69.97% en la repetición 1.

Palabras claves: *Pleurotus ostreatus*, dosificación, metales pesados.

ABSTRACT

The present investigation was carried out in the installation of the Cesar Vallejo University. Aiming to evaluate the effect of the dosage of *Pleurotus ostreatus* on the absorption of heavy metals in contaminated soils of Shahuindo in the province of Algamarca. The culture time was 25 days, 4 treatments were applied with 3 repetitions and a blank sample. A unifactorial experimental design was applied, in which four treatments with three repetitions were evaluated, using experimental pots with a capacity of 1kg. For the dosage of each pot was different with *Pleurotus ostreatus* and contaminated soil in amounts of 50, 100, 150, and 200 gr. of *Pleurotus Ostreatus*, were cultivated in experimental pots with a capacity of 1kg. The capacity of absorption of *Pleurotus ostreatus* in soils contaminated with heavy metals was evaluated when comparing the results of pre and post treatment as well as the vegetal tissue where it is concluded that the average percentage of absorption is above 50% in metals heavy. Metals such as Silver (Ag), Iron (Fe), Mercury (Hg), Molybdenum (Mo) and Selenium (Se) did not have significant variation in terms of absorption. It was possible to evaluate the best dosage of *Pleurotus ostreatus* by means of the ANOVA statistical method, with the application of the Tukey HSD test it was concluded that the best treatment for the absorption of heavy metals is in the A3 treatment: 150 gr. of P.o + 850 gr. of Sc., for metals such as Arsenic (As) with 78.04% positive effect on the absorption of heavy metals in contaminated soils in repetition 2. In addition, for metals such as Cadmium (Cd) with 77.23% in repetition 2, Copper (Cu) with 40.07% in Repetition 2, Lead (Pb) with 68.97% in Repetition 3, Strontium (Sr) with 69.20% in Repetition 3, Nickel (Ni) with 66% in Repetition 1. Followed by Treatment A4: 200 gr. of P.o + 800 gr. of Sc., for metals as for Cerium (Ce) with 82.73% of positive effect on the absorption of heavy metals in contaminated soils in repetition 3. Also, for metals such as Barium (Ba) with 87.60% in repetition 2, Cobalt (Co) with 87.53% in Repetition 2, Thallium (Tl) with 87.37% in Repetition 2, Zinc (Zn) with 84.77% in Repetition 2. In addition, it was concluded with treatment A2: 100 gr. of P.o + 900 gr. of Sc., for metals such as Antimony (Sb) with 65.13% positive effect on the absorption of heavy metals in contaminated soils in repetition 1. Also, for metals such as Tin (Sn) with 69.97% in repetition 1.

Key words: *Pleurotus ostreatus*, dosage, heavy metals.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

Los suelos son estructuras muy dinámicas que van cambiando desde sus inicios hasta adquirir un equilibrio con el entorno por lo tanto el suelo tiene propiedades físicas, químicas y biológicas. Respecto a las propiedades biológicas, el suelo tiene la presencia de bacterias, hongos, algas, gusanos, etc., so responsable del crecimiento de todas las plantas, ellos descomponen la m.o para la disponibilidad de los nutrientes. El suelo es el depósito natural de los nutrientes, el suelo es productivo cuando mantiene su fertilidad. Definir al suelo de manera general como la capa superficial que recubre la corteza terrestre, el cual tiene la capacidad de aportar nutrientes para el desarrollo de todas las plantas, que además viene acompañada por porciones de minerales, agua y microorganismo ya sea en flora o fauna lo cual permite que existan diferentes nutrientes para este recurso como la materia orgánica entre otros, la ilación de estos factores da lugar a que este medio se vuelva demasiado complicado para entender el funcionamiento de los ecosistemas terrestres, que cumple la importante actividad de la supervivencia de todo ser vivo. El suelo viene hacer como un colador gigante que impide la lixiviación de partículas contaminantes, de cualquier fuente; de esta manera se evite la contaminación de agua terrestre y el transporte de componente químicos ya sea a nivel terrestre o atmosférico, así mismo, su disposición para ser renovable no lo tiene por su tarda recuperación cuando esta degradado, ello permite alteraciones en las funciones de los ecosistemas, por eso es que es de condición grave la problemática de contaminación minera por pasivos ambientales.

El suelo se forma por la interacción de los sistemas biosfera, atmósfera e hidrósfera. El suelo es alterado como resultado de las actividades mineras esto es generado al momento de la extracción en el aumento de la cantidad de microelementos en el suelo que se convierten a niveles macroelementos los cuales afectan negativamente la vida y calidad del recurso suelo. Las características del suelo juegan un papel importante en aumentar o tratar de reducir la toxicidad de los metales en el suelo, los metales tienden a acumularse en la superficie del suelo quedando de esta manera accesible al consumo de las raíces de todos los cultivos.

Según la FAO, sostiene que la mayor parte del recurso suelo se encuentra en condiciones poco aceptables donde hasta la fecha el 33% del planeta tierra se encuentra de moderadamente a altamente degradada debidos a los distintos factores ambientales siendo una de ellas la erosión, salinización, acidificación y las contaminaciones químicas presentes

en el suelo. La alteración del suelo daña la producción agrícola (alimentos y seguridad alimentaria). FAO, y GTIS, (2015)

El problema de los metales pesados en el cuerpo es que no se eliminan, y si se hace es en muy baja escala, entonces este efecto es más acumulativo ya que su peso molecular es muy alto, estos metales no se pueden metabolizar, y los que están diluidos dentro de la sangre siempre están en alguna parte dañando. Los metales más estudiados son arsénico, mercurio y plomo son por su toxicidad y abundancia, ello constituye una mayor investigación debido a su persistencia y a las bajas concentraciones a las que puedan manifestar efectos toxicidad. BAYÓN S., (2015). Los metales pesados tienden a bioacumularse, llegando a concentraciones altas las cuales pueden reaccionar como envenenamiento en la vida de las personas. Una amenaza para la salud humana y los ecosistemas es gracias a la acumulación progresiva y perpetuación a otros medios naturales y la entrada en la cadena trófica.

La contaminación por metales pesados ya sea en el recurso suelo, hídrico y aire, supone una de las mayores amenazas en las que se comprometen la seguridad alimentaria y salud pública a nivel mundial. La acumulación de arsénico son los principales causantes de lesiones en la piel, afectando al sistema nervioso y os vasos sanguíneos. A concentraciones elevadas ocasiona enfermedades agudas que pueden ser mortales por la sobreexposición, las enfermedades que se presentan suelen ser fiebre, melanosis, anemia, arritmia cardíaca, etc. LONDOÑO L., y otros, (2016)

PRIETO J., y otros, (2009); El autor sostiene que el ser humano está constantemente amenazado por exposición al Cadmio (Cd) de manera excesiva teniendo efectos nocivos en la salud de las personas, una de las causas más frecuentes por sobreexposición es el riñón siendo el órgano más dañado. También de producen enfermedades que son crónicas obstruyendo las vías respiratorias por su constante inhalación, además contribuye al cáncer del pulmón.

Existe la necesidad de conocer en profundidad la contaminación de suelos por metales pesados, esta inquietud surge por el impacto que puede generar en función de los sistemas ecológicos y también productivos. En sitios cercanos en donde se practica la actividad minera se encuentran suelos y áreas extensas con presencia de cobre, arsénico, plomo, entre otros metales, los cuales en altas concentraciones tienen efectos nocivos y altamente tóxicos.

Son metales que no pueden ser degradados mediante procesos biológicos, son persistentes, además se movilizan en matrices de agua, suelo y aire. REYES Y., y otros, (2016).

Según la US Environmental Protection Agency incluye a los principales contaminantes como lo son: arsénico, cobre, cadmio, plomo, níquel, cromo, mercurio, plata, selenio y zinc. Dentro de los 70 elementos que existen en la tabla periódica existen 59 que pueden ser considerados “metales pesados” o pueden ser llamados así, que son aquellos con peso atómico por encima de 55,85g/mol, mayor que el del hierro. Resulta mejor hablar de contaminación por “elementos traza” reconociendo que la mayoría de los contaminantes inorgánicos son “metales pesados”. GALÁN E., y otros. (2008).

La actividad minera es una de las cuestiones que afectaban drásticamente al medio ambiente y la perduración del suelo agrario. El territorio peruano cuenta con extensos yacimientos mineros que trae extraordinarias ganancias económicas, sin embargo, ello viene acompañado con peligrosos dilemas ambientales por la mala ejecución de dicha actividad. PEÑA F., y otros, (2012); Sustenta la ocurrencia que es conocida a nivel mundial por la polución de derrames de remanentes mineros, como el derretimiento minero de la Oroya en el Perú. La contaminación por metales pesados es una preocupación ambiental de una responsabilidad de inmediata actuación ya que tiene participación significativa en la salud humana y el, medio ambiental, asimismo los metales pesados tienen una elevada perseverancia en el ambiente y baja solubilidad en la biota terrestre, además son mutagénicos y carcinógenos.

OSORES F., (2016); Afirma que a pesar de las marcas o huellas dejadas por la contaminación minera en la salud humana en distintas regiones del país, es muy carente la gestión de proyectos por parte de los políticos al seguridad de los ciudadanos. Dentro de éste dilema se encuentran trágicos sucesos como el del Cerro de Pasco (Pasco), La Oroya (Junín), San Mateo (Lima), perteneciendo significativamente a la minería informal más de 8 mil pasivos ambientales mineros dando lugar a la mayor contaminación del territorio peruano; siendo de esta manera los derechos quebrantados desde hace mucho tiempo y sin mayor apoyo por parte del gobierno. Un ejemplar de ello es el asiento humano de Espinar (Cusco) que con el acontecer del tiempo se fue empeorando. En la ejecución de análisis se obtuvo que cientos de hombres, mujeres y niños coexisten con metales pesados en sus organismos,

pastizales y fuentes de agua que se hallan en la parte inferior de los recipientes de desechos mineros de la antigua mina Tintaya.

En la actualidad las contaminaciones por los metales pesados perjudican potencialmente los suelos y esta realidad no es ajena al plan minero Algamarca S.A.C que está ubicado en la parte occidental de la cuenca del Rio Condebamba provincia de Cajabamba, es una región con una altitud promedio en 3000 m.s.n.m., dicha minera se ocupa a la extracción del recurso mineral (oro) con su aprovechamiento de mineral a sima despejada y lixiviación poco profunda. Utilizando equipos de vanguardia e insumos químicos para la abducción de minerales, La preocupación de la sociedad es que este distrito su base económica se origina de la actividad agrícola y pecuaria, que impacta sobre 27,194 mil habitantes.

PUGA S. , y otros, (2006); Nos cita que los micro elementos que se encuentran en el suelo es una de las anormalidades que se originan en el instante de la extracción, transformando los mismo a macro elementos, estos vendrían a ser perjudicial para la fauna, flora y el suelo; éstos impactan negativamente en las actividades de los microorganismos del suelo, limitando el pudrimiento de materia orgánica en el suelo; el cual afectará con el tiempo a la formación de las plantas.

La jurisdicción de Cajabamba gran parte de la población de dedica a la agricultura es decir a la siembra y cosecha de frutos (legumbres y hortalizas), que utilizan para consumo y también para venta, ocupando una considerable área de 799,81 Km² lo que representa el 44% de la totalidad del área de la provincia. Asimismo, se halla distintos sectores de biota donde acoge fauna y flora extravagante. Éstos arbolados tienen una gran pluralidad de fauna, donde hallamos variedad de especies como las serpientes “*leptotyphlops teaguei*” y lagartijas como el “*Stenocercus huancabambae*” que se encuentran en constante amenaza y extinción.

En la ciudad de Cajabamba se encuentran pasivos ambientales gracias a la actividad minera que se celebra en el sector Algamarca (desmontes, bocaminas, relaves, etc.) anotados en el registro del Ministerio de Energía y Minas. Además de ello se encontraron otros pasivos que son introducidos gracias a la actividad minera informal que se realiza en la localidad de Algamarca, y que han contaminado extensas áreas por vertimientos a quebradas como la de Chupalla, que, de acuerdo a la DESA, contienen elevadas concentraciones de arsénico, llegando a la conclusión que dichas aguas no son útiles para la utilización en la agricultura.

De igual manera para las quebradas de Algamarca, Cochabamba y Choloque que tienen elevadas concentraciones de fierro y manganeso. PAT, (2016)

Este problema social y ambiental se origina por la contaminación ambiental y el deterioro que ello supone, gracias a las actividades antropogénicas que generan impactos en el suelo agua, y también en la salud de los pobladores aledaños.

En la fecha 13 de marzo del año 2013 se desarrolló una reunión pública realizada en el vivero forestal de Moyán alto, localidad de Algamarca, con el propósito de mostrar el Estudio de Impacto Ambiental del proyecto Algamarca. El 17 de abril del año 2013 más de 300 personas participaron en una organización “El Frente de Defensa de los Intereses de Cajamarca” oponiéndose a la empresa minera de Algamarca S.A.C.

Los moradores del valle de Condebamba, su preocupación por el deterioro ambiental hace que las masas de habitantes se levanten contra la empresa, se contraponen a este proyecto porque ellos quieren es la participación y aparición del estado y no los beneficiarios directos de las compañías mineras; éstos exponen que el gobierno debería fomentar proyectos alternativos a la minería, puesto que al realizarse el proyecto de afectaría alrededor de 15,000 agricultores que subsisten labrando el suelo siendo de esta manera el más importante recurso que les permite coexistir en el valle. Conflicto minero Shahuindo, (2013).

ITURBE R., (2010); Sustenta que una de las tecnologías para descontaminar los suelos contaminados por metales pesados, viene a ser la biorremediación, puesto que da lugar a los mismos microorganismos que sobrevivieron a esa conminación por metales pesados que en su totalidad son: bacilos, actinomicetos, protozoos y algas que viven en el suelo y el subsuelo, donde estos microorganismos degradan esa composición química que son dañinas para el medio ambiente, verbigracia, los derivados del petróleo como : gasolina, diésel, etc. Donde los microorganismos permiten la transformación de los hidrocarburos en dióxido de Carbono más agua por degradación completa, este tratamiento tiene como parte fundamental a los microorganismos que degradan químicamente compuestos peligrosos que afectan directamente a la flora y fauna incluso a los ser humanos, más un, estos contaminantes tienen características bioacumulables dándole un rango muy peligro es decir puede acumularse en los organismos sean plantas o animales. Por poco en su mayoría los compuestos orgánicos y ciertos inorgánicos pueden descomponerse biológicamente si se les atribuye los ambientes físico-químicos requeridos, si se les sede el periodo suficiente.

COELLO J., (2011); Sustenta que entre los individuos empleados para la biorremediación poseemos la cepa del hongo *Pleurotus ostreatus* de la clase basidiomycete, dichos hongos destruyen especialmente la lignina, es capaz de libertar a la celulosa y hemicelulosa de la difícil forma que se da con ésta; son muy prácticos ya que ellos son capaces de elaborar una enzima extracelular llamada lacasa, esta es capaz de catalizar una reacción que puede degradar a la lignina que es un compuesto aromático. El hongo para poder catalizar éstas reacciones que son poderosas, la enzima requiere de peróxido de hidrógeno la cual el hongo es capaz de producir. El hongo de pudrición blanca *Pleurotus ostreatus* tiene ventaja sobre las bacterias, ya que gracias a sus hifas que crecen de manera alargada pueden penetrar el suelo y a la vez producir enzimas que degraden a los contaminantes presentes en los suelos contaminados con metales pesados. Al ver alterada la estructura molecular del contaminante y la biorremediación de P.o por la actividad biológica de éste. Podemos determinar si se ha producido la descomposición de los compuestos en menos tóxicos. El hongo *Pleurotus ostreatus* posee bajo requerimiento en temperatura para un correcto crecimiento, suficiente para la producción de enzimas. El cuerpo vegetal del hongo se llama micelio, es un inóculo crecido sobre un medio convenientemente que podría ser avena, arroz, trigo, etc. Para la elección del grano en que estará creciendo el hongo, depende mucho de la calidad, disponibilidad y bajo costo que esto supone; con la finalidad de obtener la mejor cosecha de hongos de pudrición blanco. El hongo a partir de sus tejidos y esporas son preparados en un cultivo de agar, seguido de granos que están debidamente esterilizados, que involucra al hongo, todo ello con el fin de proporcionar nutrición a éste durante su crecimiento. SIFUENTES E., (2014, pág. 21.)

SIFUENTES E., (2014); El cultivo de *P. ostreatus* debe crecer en un medio de temperatura entre 20 a 28°C, siendo la temperatura más óptima de 25°C, el crecimiento de los micelios que es la colonización del sustrato ocurre entre los 20 primeros días iniciado el cultivo del hongo. Dentro del crecimiento de *Pleurotus* existen rangos de crecimiento que oscilan entre 4 y 7 Ph, dentro del óptimo se establece 5 y 6. Para la propagación del micelio se requiere de una humedad que fluctúa entre los 80 -90%. La aplicación de estos procesos son necesarios no solo para el cultivo, desarrollo y mantenimiento de estos basidiomicetos, sino que son fundamentales para el correcto crecimiento de estos hongos de pudrición blanca.

Con todos los estudios ya aplicados y aprobados; podemos decir que las Cepas de *Pleurotus ostreatus*, funcionan positivamente para los procesos de biorremediación para suelos que se

encuentran dañados por su alta concentración de metales pesados, ya que tienen ventajas sobre el impacto al medio ambiente; debido a su poco consumo de energía y además de ser biodegradable. Las cepas *Pleurotus ostreatus* por su origen tienen destreza de poder transformar los compuestos orgánicos y convertirlos en CO₂ y H₂O y esto permite ser útil en los procesos de recuperación de suelos. Las cepas tienen la destreza de poder extraer y encapsular metales pesados como: plomo, cadmio, mercurio, zinc. La ejecución de éste estudio nace a causa de los impactos ambientales que genera la contaminación por metales pesados. Entonces surge la necesidad de evaluar la influencia de la densidad poblacional de *Pleurotus ostreatus* en la absorción de metales pesados en suelos contaminados por la minería informal en las comunidades altoandinas.

1.2. Trabajos previos

1.2.1. Internacionales

COELLO J., (2011). Dentro de su investigación titulada “*Pleurotus ostreatus* en su aplicación como alternativa de biorremediación de metales pesados”. Consiste en comprobar la eficiencia del hongo como biorremediador en suelos contaminados por metales pesados. El procedimiento estuvo basado en tubos de ensayos que fueron inoculados respectivamente con hongos de P.o, se obtuvieron un total de doce muestras, seis de éstas fueron seleccionadas para el control y seis para el experimento. Los resultados que fueron recogidos determinaron la eficiencia del hongo respecto a la remoción de distintos metales. Como resultados obtenidos tuvimos a Cd con una cantidad inicial de 50mg y final 10 mg representando al 20 %, como porcentaje de remoción. Para Pb tuvo un porcentaje de absorción de 100 % y Cu en un 60% de remoción. Se concluyó entonces que para el hongo P.o existe la absorción de metales pesados.

LEMACHE E., (2017), En su proyecto de investigación para su titulación “Capacidad del hongo de pudrición blanca *Pleurotus ostreatus* en la absorción de cadmio y plomo en suelos contaminados en la zona el Timbre Cantón Quinde”. Este proyecto consistió en comprobar la eficacia del hongo en el suelo contaminado, a la vez evaluar la efectividad del sustrato a utilizarse con restos de cacao y tamo de cebada, teniendo en cuenta el comportamiento de *Pleurotus ostreatus* con los metales pesados presentes, para ello tuvo una duración de 3 meses, en la cual se dispuso de 6 muestras de suelos en la cual se realizó el tratamiento con el debido sustrato, llegando a la conclusión final que el sustrato con restos de cacao y *Pleurotus ostreatus* tuvo la capacidad de remover el 90.9% de cadmio y 55% plomo; mientras

que el sustrato de cebada y *Pleurotus ostreatus* tuvo la capacidad de remover el 89.20% de cadmio y 44.5% de plomo, llegando a la conclusión que ambos son buenos removiendo metales pesados pero uno mejor que el otro por la gran cantidad de absorción.

1.2.2. Nacionales

ZEGARRA R., (2017). En su investigación de proyecto de tesis titulado: “Capacidad de *Pleurotus ostreatus* en la biorremediación de suelos contaminados por Plomo”. El objetivo de su investigación se basó en la capacidad de absorción de P.o en suelos contaminados con metales pesados, determinando de ésta manera la biorremediación y calcular la dosificación adecuada para determinar el mejor tratamiento. Se trabajaron con 3 tratamientos con 3 repeticiones respectivamente, se trabajó el hongo inoculado en trigo. Se tomó en cuenta el diámetro del sombrero del hongo durante los primeros 4, 8 y 12 días. Llegando a la conclusión que absorbió en mayores cantidades al Pb, teniendo en cuenta que el mejor tratamiento es el 1 y es el más eficaz teniendo en cuenta las mediciones en el día 4 una cantidad de 14.46 mm, el día 8 con 15.92 mm, y el día 12 con 17.46 mm reduciendo en total la cantidad de plomo en el suelo de 792.00 mg/kg reduciendo a 29.4%, teniendo en cuenta que dentro del hongo encontramos el 65.13 mg/kg de plomo, manteniendo la humedad de 33% y con una temperatura de 22°C.

MEJÍA M., (2016). Sostiene en el su proyecto de investigación titulado: “*Pleurotus ostreatus* para la remoción de Pb en los suelos contaminados de Carabayllo, Lima”. Tuvo como objetivo determinar la remoción de Pb en los suelos de Carabayllo, para esto se trabajaron con 6 tratamientos 6%, 12%, 16%, 20%, 24%, 28%, por un periodo de 30 días, llegando a la conclusión que con el tratamiento al 28% disminuyo las concentraciones de plomo presentes en el suelo de 136.3ppm de plomo a 90.78ppm de plomo siendo este un 67% de remoción de metal pesado presente en el suelo.

1.2.3. Locales

JIMÉNES M., (2017). En su proyecto de investigación para su tesis nombrado “Biorremediación con Inóculos de *Pleurotus ostreatus* para recuperar suelos contaminados con metales pesados en La Florida Cajamarca, 2016”. Consistió en la implementación de organismos vivos para la absorción de metales pesados presentes en el suelo, haciendo uso de la muestra con 3 repeticiones a 4 tratamiento, a distintas concentraciones con un total de 1kg de muestra teniendo 1 muestra en blanco y el resto con 50gr, 100gr y 150gr de *Pleurotus*

ostreatus con un total de 12 macetas, por un periodo de 6 meses. Llegando a la conclusión que el tratamiento 4 con 150gr de *Pleurotus ostreatus* en un total de 1kg es la mejor dosificación ya que inicialmente tuvieron una cantidad de 93 mg/kg de plomo en suelo y al termino del experimento obtuvimos una disminución de 65.3 mg/kg que representa a un 80% de disminución del plomo.

1.3. Teorías

1.3.1. Generalidades

FERRE N., y otros, (2007). Este autor entabla que los metales existen de forma natural en el suelo, desarrollando de ésta manera que los metales cumplen una función muy importante en el funcionamiento químico y biológico de todos los organismos. Dentro de los más importantes se encuentran el Cu, el Mn y el Zn que son imprescindibles para la vida de los seres vivos y prima para el desarrollo de los mamíferos.

1.3.2. Contaminación del suelo por metales pesados

Los metales no pueden ser degradados, por lo que su tratamiento biológico consiste básicamente en la detoxificación e inmovilización del mismo, para de ésta manera disminuir su toxicidad biológica y retardar el transporte del metal. Los metales pesados tienen efectos tóxicos en las células por su capacidad de alterar proteínas. Dentro de los metales se identifican dos grupos: los oligoelementos o micronutrientes necesarios en pequeñas cantidades para que los organismos completen su ciclo vital como, por ejemplo: el zinc, el selenio, el boro, el manganeso, entre otros. Por otro lado, están aquellos metales que no tienen función biológica conocidos como, por ejemplo: el mercurio, el níquel, el plomo, entre otras. La remoción de metales pesados por medio de microorganismos es considerada de gran importancia en los ciclos biogeoquímicos. El uso de éstos es benéfico ya que es una técnica menos agresiva para la naturaleza, además de ser menos costosa.

PUGA S., (2006). Dentro de sus teorías menciona que por las actividades mineras que se desarrollan al proceso de iniciar la extracción de minerales, una de las peores aberraciones biogeoquímicas es el aumento del número de micrielementos que están presentes en el suelo, dando de ésta manera lugar a niveles macro, que además todo ello genera la degradación física del suelo, la erosión y desertización. Cuando hablamos de degradación química hace énfasis en que existe una disminución de la fertilidad de los suelos, haciendolos insostenibles para la existencia de la cobertura vegetal. Además, el vertimiento de compuestos químicos a los suelos ocasiona en gran medida un desequilibrio, asumiendo estos la responsabilidad

del deterioro ambiental y con ello la reducción de micro y macro fauna, sufriendo también la pérdida de materia orgánica.

1.3.3. Efectos en la salud.

ERÓSTEGUI R., (2009). Afirma que los metales más perjudiciales y acumulables es el Plomo (Pb) ya que afecta al sistema, daña las neuronas, el cerebro y la médula ósea. Otro metal perjudicial para la salud de todos los seres humanos es el Cadmio que afecta al riñón, el Arsénico que afecta altamente a las mitocondrias. La lesiones que se sufre depende mucho de cada compuesto de metálico y la cantidad.

1.3.4. Biorremediación de metales pesados.

PINEDA A., y otros, (2016) Este autor afirma que desde que las industrias mineras aparecieron, se han convertido en una gran amenaza, ya que liberan agentes nocivos y tóxicos al medio ambiente, especialmente al suelo ya sea directamente o no. La actividades relacionadas a desechos de metales son perjudiciales además para la agricultura, ya que los relaves mineros son la causa principal, estos contaminan a los ecosistemas mediante la aplicación de fertilizantes fosforados.

COELLO P., (2011) Afirma que para poder realizar la descontaminación de los suelos, se requiere de la utilización de métodos tecnológicos químicos que involucrarían elevados costos, que son viables desde el punto de vista de las industrias. Para ello es necesario la remediación de tecnologías más limpias y que sea más accesible para las industrias que son los que más perjudican.

CORTON E., y otros, (2006) Este autor nos dice que uno de los problemas ambientales es la contaminación de suelos contaminados y para buscar una solución en cuanto a remediación y que sean económicamente viable para todas las industrias en sus distintas tipologías, da lugar a alternativas limpias y eficaces capaz de poder contrarrestar y controlar los daños es la biorremediación con el apoyo de hongos, bacterias, protistas y algunos microorganismos capaces de degradar ciertos compuestos tóxicos, mediante la obtención de energía. Cuando por accidente un contaminante tóxico es expuesto al medio ambiente, los microorganismos indígenas morirán, mientras que aquellos microorganismos que sean capaces de degradar compuestos tóxicos sobrevivirán, es de ésta manera como se produce la biorremediación.

1.3.5. Genero *Pleurotus*.

El hongo P.o son organismos que son independientes de las plantas, químicamente están relacionados con los animales. Los hongos se ubican en el reino vegetal, a pesar de no tener clorofila, ellos forman un grupo llamado reino Fungi. La pared celular de los hongos está formada por quitina, en su mayoría son heterótrofos, es decir ellos requieren de materia orgánica que utilizan como fuente de energía y de carbono para poder sintetizar estructuras celulares. Absorben sus nutrientes simples y solubles que obtienen mediante la degradación de polímeros, no son capaces de fagocitar su alimento por poseer una pared rígida. El tallo es también llamado cuerpo vegetativo, que están constituidos por filamentos delgados llamados hifas. El hongo *Pleurotus* es una seta muy variable, su sombrero tiene un tamaño en dependencia a su edad y a las condiciones más o menos favorables, este se encuentra entre 5 y 20cm de diámetro. Tiene forma redondeada y abombada, a medida que se va ensanchando el sombrero se hace cada vez más convexa y aplanada. Las esporas vistas desde un microscopio son de forma alargada, casi cilíndricas que miden entre 7 a 11 x 5,6 micras. COELLO P., (2011).

El hongo es capaz de crecer en una gran diversidad de desechos forestales como por ejemplo: papel, aserrín, pulpa de madera, etc. También en desechos agrícolas como: paja, rastrojo de maíz, cascarilla, desechos de café, bagazo, caña de azúcar, pulpa de soya, etc. Más que cualquier otra especie biológica. LOPEZ R., (2014).

Clasificación:

***Pleurotus ostreatus*:**

Reino: fungi. Subreino: fungi superior. División: *basidiomycota*. Superclase: *holobasidiomycia*. Clase: *hymenomycetes*. Orden: *agaricales*. Familia: *tricholomataceae*. Género: *pleurotus*. Especie: *Pleurotus ostreatus*. COELLO P., (2011)

1.3.6. *Pleurotus ostreatus* como biorremediador.

Los hongos basidiomicetes de pudrición blanca son los únicos organismos que poseen la capacidad de degradar la lignina completamente a CO_2 y H_2O . Bajo condiciones ligninolíticas, los hongos de pudrición blanca producen enzimas extracelulares y un metabolito secundario. Además, tienen un gran potencial en la eliminación de xenobióticos con estructura química similar a la lignina tales como: aromáticos, nitro aromáticos, herbicidas, detergentes, pesticidas y colorantes. Los HPB son capaces de degradar polímeros

complejos a través de la producción de enzimas, esto conduce a que también lo realicen con otros compuestos tales como los metales pesados y xenobióticos. El HPB tiene muchas características importantes para realizar la biorremediación en suelos que están contaminados con metales pesados, ya que poseen un sistema oxidativo extracelular muy versátil; los hongos son capaces de degradar a la lignina que a la vez permiten degradar compuestos que están estructuralmente degradados.

“*Pleurotus ostreatus* posee una particularidad que se ve muy atractivo al momento dirigir planes de Biorremediación en ambientes contaminados ya que tiene vía oxidativa extracelular muy versátil, la cualidad de la articulación de los hongos al instante degradar lignina también puede degradar elementos vinculados. Para *Pleurotus Ostreatus* su procedimiento ligninolítico es individual a la concentración de contaminantes presentes en el medio ambiente, por lo que esta seta puede llevar a muy bajas concentraciones. El desarrollo de la seta por extensión de las hifas, concede la facilidad de expansión en el suelo a mayor radio que el de las bacterias. Si bien el suelo no es su habitat natural, se puede hacer crecer mediante sustratos muy económicos y rentables, como residuos agrarios, donde están considerado paja de trigo, arveja, arroz, etc. Que se puede agregar en el suelo contaminado y de esta manera facilitar la degradación de los contaminantes. TORRES G., (2017).

A parte de las diferentes condiciones nutritivas que debe de cumplir un medio de cultivo, existen condiciones fisicoquímicas que permiten el desarrollo del microorganismo, como la cantidad de agua que va a necesitar, en caso de los hongos, la humedad necesaria para su desarrollo es de 30% y 80%. La temperatura apropiada para una alta remoción de metales con hongos, está entre 25-30°C, además sugiere que la temperatura puede afectar la adsorción física entre el metal y el hongo. Dentro de los requerimientos nutricionales para el crecimiento de estos hongos se encuentra el nitrógeno, el carbono, el fósforo, el manganeso, el cobre, hierro, molibdeno, zinc y níquel implicados en la actividad enzimática. Y los metales no esenciales encontrados comúnmente incluyen al cromo, cadmio, plomo, mercurio y plata. MORALES D., (2008).

La eficacia en la comprobación en el hongo *Pleurotus ostreatus* se realiza porque ellos producen una enzima extracelular que es llamada lacasa, ésta es capaz de catalizar una reacción que llega a degradar a la lignina, que es un compuesto aromático. La enzima extracelular requiere de peróxido de hidrógeno la cual el hongo produce. De ésta manera esta técnica de biorremediación de contaminantes se vuelve muy factibles suelos. Los

hongos llamados también de pudrición blanca poseen un sistema enzimático extracelular capaz de romper una gran cantidad de enlaces diferentes que degradan a gran cantidad los compuestos orgánicos, siendo de uso potencial. COELLO P., (2011).

1.4. Formulación del problema

¿Cuál es la influencia de la concentración de semilla inoculada con *Pleurotus ostreatus* en la absorción de metales pesados en suelos contaminados, Algamarca Cajamarca?

1.5. Justificación del estudio

Existe un gran porcentaje de compuestos tóxicos que son vertidos al ambiente de forma no controlada, contaminando de ésta manera suelos, aire y acuíferos. Esto representa emergencias ambientales que deben ser tomadas de manera rápida. Para ello es de prioridad implementar métodos ambientalmente accesibles para poder remediar compuestos tóxicos que se liberan al medio ambiente sin mayor control.

Dentro de la contaminación de suelos, la contaminación por metales pesados es actualmente uno de los problemas más amplios. Es por esto que se llevó a cabo ésta investigación aplicando métodos de biorremediación de suelos mediante el uso de microorganismos como son los hongos de pudrición blanca. La biorremediación está basada principalmente en la absorción de metales por medio de microorganismos. Ellos actúan degradando desechos de productos que están en altas concentraciones a más bajas.

La baja concentración de metales y contaminantes se produce debido a la absorción y a la gran capacidad que tienen los organismos vivos especialmente los hongos de pudrición blanca que pueden modificar las células orgánicas. Estos organismos son capaces de descomponer el petróleo y sus derivados como el benceno, tolueno, acetona, pesticidas, éteres y alcoholes, entre otros. Los hongos son más desarrollados en metabolismo y bioacumulación, utilizando al carbono y la naturaleza extracelular de sus enzimas.

Dentro de los cuatro distritos de Cajabamba existe la zona minera de Algamarca donde se observa la degradación de recursos como la biota; sin embargo, muchos de los pobladores no tienen conocimiento del gran problema de la explotación minera y la contaminación por metales pesados que genera a los campos agrícolas.

1.6. Hipótesis

H1: La concentración de semilla inoculada con *Pleurotus ostreatus* influye en la absorción de metales pesados en suelos contaminados, Algamarca Cajamarca.

H0: La concentración de semilla inoculada con *Pleurotus ostreatus* no influye en la absorción de metales pesados en suelos contaminados, Algamarca Cajamarca.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar la influencia de la concentración de semilla inoculada con *Pleurotus ostreatus* en la absorción de metales pesados en suelos contaminados, Algamarca Cajamarca.

Objetivos Específicos

- Realizar los análisis químicos de los suelos contaminados con metales pesados en Algamarca Cajamarca.
- Comparar los resultados del pre y post tratamiento para evaluar la absorción de metales pesados.
- Evaluar la mejor concentración de semilla inoculada con *Pleurotus ostreatus* empleada en los tratamientos de biorremediación mediante el método estadístico ANOVA.

II. MÉTODO

2.1. Tipo y diseño de investigación

Se realizó un diseño experimental en el cual se evaluó 4 tratamientos con 3 repeticiones (4x3), utilizando macetas experimentales con capacidad de 1 kg. Para la dosis de cada maceta fue de la siguiente manera:



2.2 Variable Operacionalización

✓ Variables.

- Variable independiente: Concentración de semilla inoculada con *Pleurotus ostreatus*.
- Variable dependiente: Porcentaje de absorción de metales pesados en suelos contaminados.

✓ Operacionalización.

Fuente: Propia

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION	INSTRUMENTOS
<p>INDEPENDIENTE:</p> <p>Concentración de semilla inoculada con <i>Pleurotus ostreatus</i>.</p>	<p>La densidad poblacional de <i>Pleurotus ostreatus</i> se realizó en cuatro tratamientos con tres repeticiones, para determinar el tratamiento adecuado, se utilizó macetas experimentales con capacidad de 1kg.</p>	<p>Para la dosificación de cada maceta fue distinto con <i>Pleurotus ostreatus</i> y el suelo contaminado, para ello se realizó cultivos haciendo un total de 12 macetas experimentales, la cantidad para cada tratamiento será de 100, 150, 200 y 250gr. de <i>Pleurotus ostreatus</i> respectivamente por cada tratamiento, haciendo un total de tres repeticiones. El tiempo del cultivo fue de 25 días.</p>	<p>Peso</p>	<p>mg/Kg.</p>	<p>Guía de observación</p>
<p>DEPENDIENTE:</p> <p>Porcentaje de absorción de metales pesados en suelos contaminados.</p>	<p>Para evaluar la absorción de metales pesados se realizó los análisis químicos a los suelos contaminados de Algamarca Cajamarca.</p>	<p>En cada punto de muestreo de suelo se analizó la presencia de metales pesados, se utilizó el método de Espectrometría de emisión atómica. Para evaluar la absorción de metales pesados, además de realizó una comparación con los resultados del pre y post tratamiento.</p>	<p>Disminución de la concentración inicial de metales pesados.</p>	<p>$C_f - C_i$ $\left(\frac{C_i - C_f}{C_i}\right) \times 100$</p>	<p>Espectrometría de emisión atómica.</p>

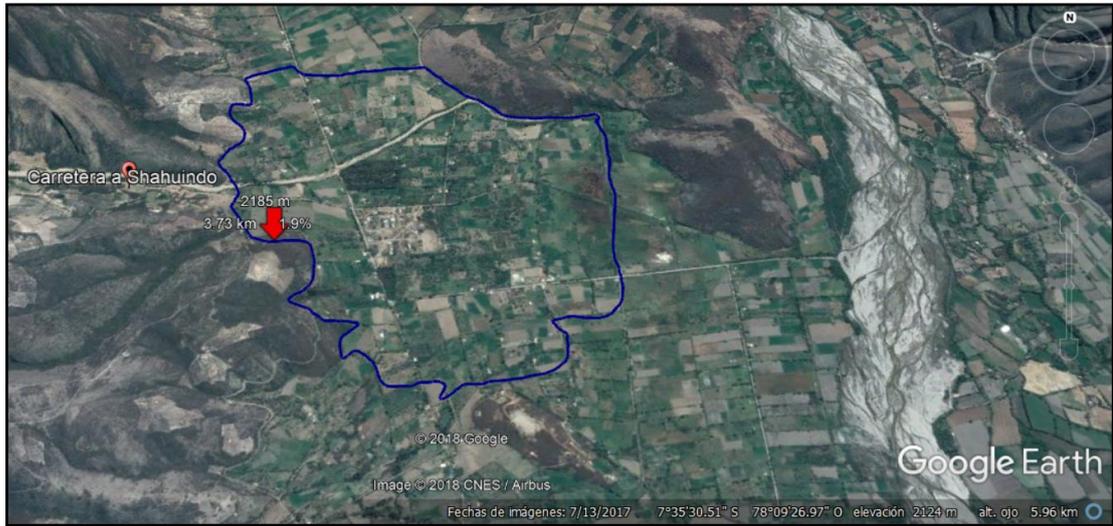
Tabla 1: Puntos de muestra y coordenadas

2.2. Población y muestra

Población:

- Se tomó el área aproximada de 5 hectáreas alrededor de la mina en Algamarca.

Fig.1 Localización de la mina.



Fuente: Google Earth.

Muestra:

- Se pudo extraer 12 kilogramos de suelo contaminado de la mina dentro de los 6 puntos de estudio señalado.

Figura 1: Localización de Puntos de Muestreo en el Área de Excavación



Fuente: Propia

Zona muestral: 4947m - 7°36'2.98"S - 78°11'54.90"O

Tabla 2: Coordenadas de los puntos de muestras.

Muestras	Longitud	Latitud
M1	-78° -11' -35.0423''	-7° -37' -36.9913''
M2	-78° -11' -36.9624''	-7° -37' -37.4916''
M3	-78° -11' -35.4481''	-7° -37' -34.7496''
M4	-78° -11' -35.3738''	-7° -37' -31.1387''
M5	-78° -11' -34.0942''	-7° -37' -32.3989''
M6	-78° -11' -32.351''	-7° -37' -34.762''

Fuente: Propia.

2.3. Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Técnicas:

- Para desarrollar el siguiente estudio se realizó calicatas en la que se consideró para la perforación 10x10x30cm (2kg de suelo) por cada uno de los 6 puntos que fueron seleccionados dentro del área seleccionada para el estudio, las cantidades fueron distribuidas entre las tres repeticiones que se trabajaron en el presente estudio.
- Se realizó los análisis químicos, físicos y biológicos a las muestras de suelo contaminado con metales pesados.

Instrumentos:

- Guía de observación: Evaluamos los aspectos más resaltantes en la investigación gracias al instrumento.
- Espectrometría de emisión atómica: Este instrumento nos permitió tener un resultado exacto ya que se basa en el análisis de barrido de metales pesados.
- Guía de Muestro de Suelos MINAM en el Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, ECA para Suelo.

2.4. Métodos de análisis de datos

- Se aplicó el modelo estadístico ANOVA: El análisis de la varianza parte de los conceptos de regresión lineal. Un análisis de la varianza permite determinar si diferentes tratamientos muestran diferencias significativas o por el contrario puede suponerse que sus medias poblacionales no difieren.

- Para ello se realizó pruebas de normalidad como Shapiro-Wilk que se usa para contrastar la normalidad de un conjunto de datos, sobre todo para muestras pequeñas ($n < 30$). Además de la prueba de homogeneidad de varianzas.
- Se realizó un DCA (diseño completamente al azar) para determinar si existe una diferencia significativa entre los tratamientos (TxR), prueba post hoc HSD (diferencia honestamente significativa) de Tukey que es un procedimiento de comparación múltiple para saber cuál es el tratamiento más adecuado.

2.5.Aspectos éticos

La exactitud de los resultados y análisis a obtener en el proyecto de tesis se garantizó ya que cuenta con los recursos necesarios, la investigación científica, el trabajo y la responsabilidad de los autores.

III. RESULTADOS

3.1 Porcentajes en el pre y post tratamiento para evaluar la absorción de metales pesados

Tabla 3: Porcentaje de remoción de metales pesados.

METALES	CONCENTRACIÓN INICIAL (Ci) (mg/kg)	CONCENTRACIÓN FINAL DEL TEJIDO VEGETAL(mg/kg)	CONCENTRACIÓN FINAL (Cf) (%)			
			T1	T2	T3	T4
Plata (Ag)	< 0.07	< 0.7	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Arsénico (As)	50.0	26.4	62.2%	71.9%	78.00%	86.0%
Bario (Ba)	41.7	29.2	65.4%	74.4%	78.6%	87.6%
Cadmio (Cd)	2.45	2.02	49.3%	66.7%	77.2%	82.5%
Cerio (Ce)	6.2	4.7	46.7%	58.5%	64.5%	82.7%
Cobalto (Co)	21.49	9.90	51.6%	60.5%	66.6%	87.5%
Cobre (Cu)	69.2	65.9	8.6%	28.2%	40.0%	59.0%
Hierro (Fe)	> 20000	>20000	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Mercurio (Hg)	< 0.1	<0.1	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Molibdeno (Mo)	< 0.2	<0.2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Níquel (Ni)	11.78	10.38	41.7%	50.3%	66.0%	80.5%
Plomo (Pb)	20.14	15.83	61.3%	65.0%	68.9%	78.0%
Antimonio (Sb)	0.9	<0.2	49.6%	65.1%	69.6%	80.6%
Selenio (Se)	< 0.3	<0.3	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Estaño (Sn)	1.1	0.4	58.1%	69.9%	81.4%	87.2%
Estroncio (Sr)	4.4	3.53	52.9%	66.4%	69.2%	80.2%
Talio (Tl)	1.3	0.6	54.5%	67.4%	75.5%	87.3%
Zinc (Zn)	86.6	73.35	58.6%	63.5%	73.4%	84.7%

Fuente: Propia.

T1: 100 gr. P.o. + 900gr. Sc.; T2: 150 gr P.o. + 850gr. Sc.; T3: 200 gr. P.o. +800 gr. Sc.; T4: 250 gr. P.o. + 750 gr. Sc.

Interpretación: En la tabla 3 se puede observar los resultados finales (%) promedio de las tres repeticiones de los análisis de los 18 metales seleccionados que fueron enviados a los laboratorios de Servicios Analíticos Generales S.A.C mediante el método de Espectrometría de emisión atómica (EAA), sin embargo 5 de los metales los resultados no varían como es

Plata (Ag), Hierro (Fe), Mercurio (Hg), Molibdeno (Mo) y Selenio (Se) no tuvo variación significativa en cuanto a la absorción. Para evaluar la absorción de metales pesados en los suelos contaminados, se aplicó la siguiente fórmula: $\left(\frac{Ci-Cf}{Ci}\right) \times 100$; Donde se infiere que la mayoría de los porcentajes están por encima del 70% en la absorción de metales pesados, teniendo en cuenta que en el cuadro se puede apreciar los valores de la concentración inicial que se encuentran en porcentaje, sin embargo podemos observar de forma individual y en números enteros. (Ver anexo 5)

Tabla 4: Prueba de normalidad.

Pruebas de normalidad				
Tratamientos		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl.	Sig.
METALES	T1=100 g.	0,953	3	0,582
	T2=150 g.	0,753	3	0,070
	T3=200 g.	0,921	3	0,456
	T4=250 g.	0,996	3	0,880

Fuente: Propia.

Interpretación: El test de Shapiro-wilk, mostrado en la tabla 4, se usó para comprobar si nuestros datos (de cada tratamiento) proceden de una población con distribución normal; en ese sentido, los valores de significancia (Sig.) $p > 0.05$ (en cada caso descrito) demuestran la normalidad de nuestros resultados.

Tabla 5: Prueba de homogeneidad de varianzas.

Prueba de varianzas constante				
	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
METALES	0,594	3	8	0,636

Fuente: Propia.

Interpretación: Se comprueba el supuesto de homogeneidad en la tabla 5, donde se obtiene como resultado final que el valor de la significancia obtenida $p > 0.05$, razón por la cual asumimos que la varianza es homogénea.

Procedemos a realizar el ANOVA para cada tipo de metal.

Tabla 6: Arsénico

RESUMEN	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
T1	3	186,60	62,20	28,00
T2	3	215,80	71,93	9,33
T3	3	234,11	78,04	4,22
T4	3	258,20	86,07	2,33
R1	4	299,20	74,80	57,47
R2	4	306,31	76,58	95,57
R3	4	289,20	72,30	168,07

Fuente: Propia.

Tabla 7: Análisis de Varianza de Arsénico

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Tratamientos	912,479	3	304,160	35,897	0,000	4,757
Repeticiones	36,942	2	18,471	2,180	0,194	5,143
Error	50,839	6	8,473			
Total	1000,260	11				

Fuente: Propia.

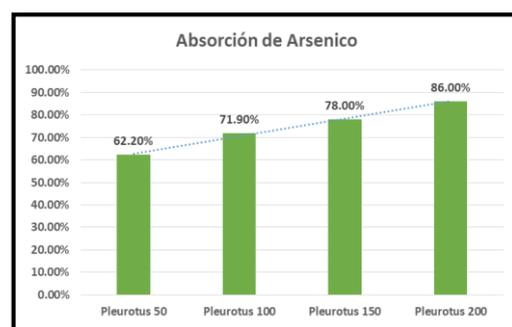
Interpretación: Obteniendo un valor $p < 0.05$ para los tratamientos aceptando así la H1 con un efecto positivo en la absorción de metales pesados en suelos contaminados, Algamarca - Cajamarca.

Tabla 8: Prueba Post hoc – Tukey para Arsénico.

TRATAMIENTO	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
T1	3	62,20		
T2	3		71,93	
T3	3		78,04	78,04
T4	3			86,07
Sig.		1,000	0,188	0,069

Fuente: Propia

Figura 2: Porcentaje Arsénico.



Fuente: Propia

Interpretación: Aplicando la prueba Tukey y teniendo en cuenta para Arsénico (As) no existe variación significativa entre el tratamiento T3 y T4 el mejor resultado obtenido es el tratamiento T3 con un valor de 78.04% de efecto positivo en la absorción de metales pesados

en la repetición 2, esto corroboramos aplicando la prueba de Duncan (Ver Anexo 4). El mejor tratamiento obtenido fue el T3 para metales como Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Plomo (Pb), Estroncio (Sr) y Níquel (Ni).

Tabla 9: Cerio

<i>RESUMEN</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
T1	3	140,20	46,73	10,56
T2	3	175,70	58,57	16,64
T3	3	193,50	64,50	2,56
T4	3	248,20	82,73	0,85
R1	4	249,90	62,48	201,26
R2	4	248,20	62,05	257,51
R3	4	259,50	64,88	231,30

Fuente: Propia

Tabla 10: Análisis de Varianza Cerio

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Filas	2027,527	3	675,842	95,014	0,000	4,757
Columnas	18,562	2	9,281	1,305	0,338	5,143
Error	42,678	6	7,113			
Total	2088,767	11				

Fuente: Propia.

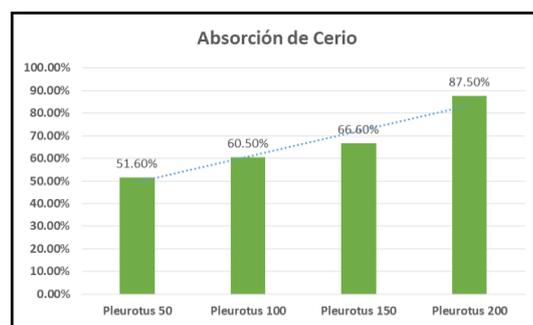
Interpretación: Obteniendo un valor $p < 0.05$ para los tratamientos aceptando así la H1 con un efecto positivo en la absorción de metales pesados en suelos contaminados, Algamarca - Cajamarca.

Tabla 11: Prueba Post hoc – Tukey para Cerio.

TRATAMIENTO	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
T1	3	46,73		
T2	3		58,57	
T3	3		64,50	
T4	3			82,73
Sig.		1,000	,113	1,000

Fuente: Propia

Figura 3: Porcentaje Cerio.



Fuente: Propia

Interpretación: Aplicando la prueba Tukey se puede observar para Cerio (Ce), los mejores resultados fueron obtenidos en el tratamiento T4 con un valor de 82.73% con efecto positivo en la absorción de metales pesados en suelos en la repetición 3. El mejor tratamiento obtenido fue el T4 para metales como Bario (Ba), Cobalto (Co), Talio (Tl) y Zinc (Zn).

Tabla 12: Antimonio

<i>RESUMEN</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
T1	3	148,80	49,60	112,48
T2	3	195,40	65,13	162,66
T3	3	208,80	69,60	3,01
T4	3	242,00	80,67	37,40
R1	4	286,50	71,63	69,74
R2	4	259,80	64,95	122,36
R3	4	248,70	62,18	452,88

Fuente: Propia.

Tabla 13: Análisis de Varianza de Antimonio

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Filas	1492,597	3	497,532	6,748	0,024	4,757
Columnas	188,745	2	94,372	1,280	0,344	5,143
Error	442,368	6	73,728			
Total	2123,710	11				

Fuente: Propia.

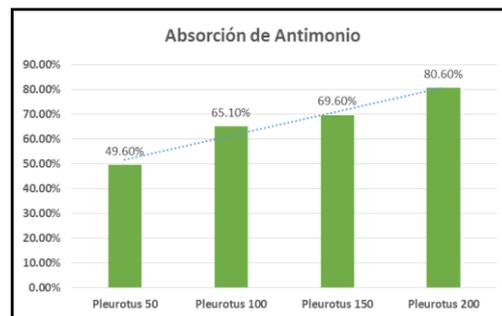
Interpretación: Obteniendo un valor $p < 0.05$ para los tratamientos aceptando así la H1 con un efecto positivo en la absorción de metales pesados en suelos contaminados, Algamarca - Cajamarca.

Tabla 14: Prueba Post hoc – Tukey para Antimonio.

TRATAMIENTO	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
T1	3	49,60	
T2	3	65,13	65,13
T3	3	69,60	69,60
T4	3		80,67
Sig.		0,094	0,219

Fuente: Propia

Figura 5: Porcentaje de Antimonio.



Fuente: Propia

Interpretación: Aplicando la prueba Tukey y teniendo en cuenta para Antimonio no existe variación significativa entre el tratamiento T2, T3 y T4, los mejores resultados se han obtenido en el tratamiento T2 con un valor de 65.13% de efecto positivo en la absorción de metales pesados en la repetición 1. Corroborar los resultados aplicamos la prueba de Duncan. El mejor tratamiento obtenido fue el T2 para metales como Estaño (Sb).

IV. DISCUSIÓN

La capacidad del hongo *Pleurotus ostreatus* es alta para la absorción de metales pesados en suelos contaminados. En el presente trabajo se pudo evaluar la influencia de la concentración de semilla inoculada con *Pleurotus ostreatus* al analizar los resultados del pre y post tratamiento en los suelos contaminados de Algamarca, Cajamarca mostrando de ésta manera resultados significativos en cuánto a la disminución de la concentración inicial de metales pesados. (Ver anexo 7.) Esto es corroborado por TORRES G., (2017) donde nos indica que el crecimiento del hongo es por extensión de hifas, permitiendo la colonización del suelo y de ésta manera los HPB son capaces de degradar polímeros complejos a través de la producción de enzimas, esto conduce a que también lo realicen con otros compuestos tales como los metales pesados y xenobióticos.

En la tabla 3 se observa las concentraciones finales (%) promedio de los análisis de los 18 metales pesados Ag, As, Ba, Cd, Ce, Co, Cu, Fe, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Sr, Tl, Zn y del tejido vegetal, que fueron enviados a los laboratorios de Servicios Analíticos Generales S.A.C. mediante el método de Espectrometría de emisión atómica (EAA) seleccionados en las tres repeticiones de los cuatro tratamientos con *Pleurotus ostreatus* donde se concluyó que la mayoría de los porcentajes de metales pesados están por encima del 70% en la absorción y en el tejido vegetal del hongo *Pleurotus ostreatus* se comprobó que en su cuerpo micelar existe la presencia de metales pesados en altas concentraciones. (Ver anexo 5).

Los metales como Plata (Ag), Hierro (Fe), Mercurio (Hg), Molibdeno (Mo) y Selenio (Se) no tuvieron variación significativa en cuanto a la absorción en metales pesados. Esto es corroborado por el trabajo de MORALES D., (2008) donde indica que dentro de los requerimientos nutricionales de los hongos se encuentra el nitrógeno, el carbono, el fósforo, el manganeso, el cobre, molibdeno, zinc y níquel implicados en la actividad enzimática y en su crecimiento. Los metales no esenciales encontrados comúnmente incluyen al cromo (Cr), cadmio (Cd), plomo (Pb), mercurio (Hg) y plata (Ag).

Para evaluar la mejor concentración de semilla inoculada con *Pleurotus ostreatus* en los tratamientos en la presente investigación concluimos que los resultados obtenidos de los tratamientos de suelos contaminados con metales pesados, utilizando *Pleurotus ostreatus* fueron analizados mediante el método estadístico ANOVA para cada metal, obteniendo el valor $p < 0.05$ por lo tanto aceptamos la hipótesis alterna H1: donde nos dice que la concentración de semilla inoculada con *Pleurotus ostreatus* tiene efecto positivo en la absorción de metales pesados en suelos contaminados. Se trabajó a una temperatura de 26°C, el tiempo de cultivo fue de 25 días con un pH de 4.86. Este trabajo es corroborado por SIFUENTES E., (2014) donde nos indica que el hongo *Pleurotus ostreatus* precisa de un rango de temperatura entre 20 a 28°C, siendo la temperatura óptima de 25°C, la colonización del hongo ocurre entre los 15 a 20 primeros días iniciado el cultivo y para el crecimiento de *Pleurotus ostreatus* se han identificado un rango de crecimiento entre 4 y 7 de pH, siendo el óptimo entre 5 y 6. Para la propagación del micelio tuvieron una humedad relativa entre el 90 y 100%.

En el presente trabajo se evaluó la concentración de semilla inoculada con *Pleurotus ostreatus* en la remoción de metales pesados, al analizar los siguientes metales: Ag, As, Ba, Cd, Ce, Co, Cu, Fe, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Sr, Tl y Zn los resultados de los análisis del pre y post tratamiento en los suelos contaminados de Algamarca, Cajamarca mostraron diferencias significativas en cuánto a los porcentajes iniciales de metales pesados, indicando que la concentración de semillas inoculadas con *Pleurotus ostreatus* son eficientes en la remoción de metales pesados. (Ver Anexo 7.)

De acuerdo a los resultados mostrados en la tabla 3 observamos la capacidad de absorción del hongo *Pleurotus ostreatus*, en diferentes metales pesados tales como para Cd con 77.23%, Pb con 68.97% y Cu 40.07%, esto coincide con el trabajo de investigación de COELLO J., (2011) quien utilizó *Pleurotus ostreatus* para la absorción de metales pesados en suelos contaminados como el Cd en un 20%, Pb 100% y Cu 2%.

En los resultados analizados en su investigación JIMÉNES M., (2017) llegó a trabajar con 12 muestras experimentales con concentraciones distintas de 100, 150, 200 y 250gr de *Pleurotus ostreatus* por un periodo de 6 meses y concluyendo que la remoción para Plomo (Pb) fue de 80.0%, mientras que en nuestro proyecto de investigación concluimos que la absorción para Plomo (Pb) fue de 68.97% en la repetición 3 y el mejor tratamiento fue el T3 con una cantidad de 200 gr. de *P.o* más 800 gr. de S.c.

De nuestros resultados obtenidos en el barrido inicial de metales para Plomo (Pb) obtuvimos 20.14 mg/kg con un valor de 68.97% en la absorción de metales pesados en suelos contaminados en la repetición 3. Esto es corroborado con el trabajo de MEJÍA M., (2016) quien utilizó el hongo *Pleurotus ostreatus* para la remoción de Plomo (Pb) en suelos contaminados de Carabayllo, Lima que trabajó con 6 tratamientos por un periodo de 30 días, llegando a la conclusión que el tratamiento 6 (al 28%) disminuyó las concentraciones de Pb presentes en el suelo, siendo la remoción de Plomo (Pb) en un 67%.

En el barrido inicial para Cadmio (Cd) se obtuvo 2.45 mg/kg y un valor de 77.23% en la absorción de metales pesados en suelos contaminados en la repetición 2. Estos resultados son corroborados por COELLO J., (2011) quién utilizó el hongo *Pleurotus ostreatus* como medida para la Biorremediación de suelos contaminados con gran cantidad de metales pesados, comprobando la eficiencia de remoción del hongo en relación a distintos metales, teniendo al Cadmio (Cd) con un 20% de remoción y de Plomo (Pb) con un 98% de remoción.

Para determinar el mejor tratamiento procedimos a realizar un análisis de comparaciones múltiples a través del test HSD de Tukey para determinar la mejor concentración de semilla inoculada en la absorción de cada metal. Además, esto fue corroborado aplicando el estadístico Duncan para Arsénico y Níquel (Ver Anexo 4). Concluimos que aplicando como método de absorción de metales pesados haciendo uso de cepas de germen de trigo redujo con respecto al metal Cadmio (Cd) un 77.23% , en Plomo (Pb) 68.97%, en Bario (Ba) tuvo un porcentaje de absorción máxima de 87.60% con respecto al resto de metales, seguido del Cobalto (Co) con un porcentaje de absorción del 87.53%, Talio (Tl) con 87.37%, Estaño (Sn) con 69.97%, Arsénico (As) con 78.04%, Zinc (Zn) con 84.77%, Cerio (Ce) con 82.73%, Antimonio (Sb) con 65.13%, Níquel (Ni) con 66.0%, Estroncio (Sr) con 69.20% y Cobre (Cu) con 40.07%. (Ver Anexo 3). Esto es corroborado con el trabajo de LEMACHE E., (2017) en su trabajo de investigación donde concluyó que el sustrato con restos de cacao y *Pleurotus ostreatus* tuvo la capacidad de remover el 90.9% de cadmio y 55% plomo, mientras que el sustrato de cebada y *Pleurotus ostreatus* tuvo la capacidad de remover el 89.20% de cadmio y 44.5% de plomo.

Ante la existencia de diferencias estadísticamente significativas en función del grupo en el análisis de varianza ANOVA, procedimos a realizar un análisis de comparaciones múltiples a través del test HSD de Tukey por cada metal con el objetivo de ahondar aún más en las diferencias existentes.

Con la aplicación del test HSD de Tukey se concluyó que el mejor tratamiento para la absorción de metales pesados es en el tratamiento T3: 200 gr. de *P.o* + 800 gr. de *Sc.*, para metales como Arsénico (As) con 78.04% de efecto positivo en la absorción de metales pesados en suelos contaminados en la repetición 2. Además, para metales como Cadmio (Cd) con 77.23% en la repetición 2, Cobre (Cu) con 40.07% en la repetición 2, Plomo (Pb) con 68.97% en la repetición 3, Estroncio (Sr) con 69.20% en la repetición 3, Níquel (Ni) con 66% en la repetición 1. (Ver anexo 3)

Con la aplicación del test HSD de Tukey se concluyó que el mejor tratamiento para la absorción de metales pesados es en el tratamiento T4: 250 gr. de *P.o* + 750 gr. de *Sc.*, para metales como para Cerio (Ce) con 82.73% de efecto positivo en la absorción de metales pesados en suelos contaminados en la repetición 3. Además, para metales como Bario (Ba) con 87.60% en la repetición 2, Cobalto (Co) con 87.53% en la repetición 2, Talio (Tl) con 87.37% en la repetición 2, Zinc (Zn) con 84.77% en la repetición 2. (Ver anexo 3)

Con la aplicación del test HSD de Tukey se concluyó que el mejor tratamiento para la absorción de metales pesados es en el tratamiento T2: 150 gr. de *P.o* + 850 gr. de *Sc.*, para metales como Antimonio (Sb) con 65.13% de efecto positivo en la absorción de metales pesados en suelos contaminados en la repetición 1. Además, para metales como Estaño (Sn) con 69.97% en la repetición 1. (Ver anexo 3)

Estos resultados son corroborados por JIMÉNES M., (2017) quien realizó Biorremediación con inóculos de *Pleurotus ostreatus* para recuperar suelos contaminados con metales pesados en La Florida, Cajamarca utilizando 4 tratamientos experimentales con 3 repeticiones, teniendo una muestra en blanco y el resto fue de 50 gr., 100 gr., 150 gr. de *P.o* por un periodo de 6 meses, llegando a la conclusión que el tratamiento 4 con 150 gr. de *P.o* + 850 gr. de *Sc* es la mejor dosificación en cuánto a la absorción de metales pesados en suelos contaminados.

V. CONCLUSIONES

- ✓ Se realizó los análisis químicos de los suelos contaminados, los valores iniciales obtenidos de los parámetros fueron los siguientes: temperatura 26°C, humedad 7.23% y pH 4.86. Para los análisis de los metales pesados se realizó mediante el método de Espectrometría de emisión atómica (EAA) mostrando de ésta manera resultados significativos en cuánto a la disminución de la concentración inicial de metales pesados.

- ✓ Se evaluó la capacidad de absorción de *Pleurotus ostreatus* en suelos contaminados con metales pesados al comparar los resultados de pre y post tratamiento como también el tejido vegetal donde se llega a la conclusión que el porcentaje promedio de absorción está por encima del 70% en los metales pesados. Los metales como Plata (Ag), Hierro (Fe), Mercurio (Hg), Molibdeno (Mo) y Selenio (Se) no tuvo variación significativa en cuanto a la absorción.

- ✓ Se logró determinar el mejor tratamiento con semillas de *Pleurotus ostreatus* mediante el método estadístico ANOVA, con la aplicación del test HSD de Tukey se concluyó que el mejor tratamiento para la absorción de metales pesados es en el tratamiento T3: 200 gr. de *P.o* + 800 gr. de *Sc.*, para metales como Arsénico (As) con 78.04% de efecto positivo en la absorción de metales pesados en suelos contaminados en la repetición 2. Además, para metales como Cadmio (Cd) con 77.23% en la repetición 2, Cobre (Cu) con 40.07% en la repetición 2, Plomo (Pb) con 68.97% en la repetición 3, Estroncio (Sr) con 69.20% en la repetición 3, Níquel (Ni) con 66% en la repetición 1. Seguido del Tratamiento T4: 250 gr. de *P.o* + 750 gr. de *Sc.*, para metales como para Cerio (Ce) con 82.73% de efecto positivo en la absorción de metales pesados en suelos contaminados en la repetición 3. Además, para metales como Bario (Ba) con 87.60% en la repetición 2, Cobalto (Co) con 87.53% en la repetición 2, Talio (Tl) con 87.37% en la repetición 2, Zinc (Zn) con 84.77% en la repetición 2. Además, se concluyó con el tratamiento T2: 150 gr. de *P.o* + 850 gr. de *Sc.*, para metales como Antimonio (Sb) con 65.13% de efecto positivo en la absorción de metales pesados en suelos contaminados en la repetición 1. Además, para metales como Estaño (Sn) con 69.97% en la repetición 1.

VI. RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda controlar los parámetros de pH, humedad, temperatura y tiempo para obtener resultados óptimos de certeza con respecto a la remoción de metales.
- ✓ Se recomienda humectar o utilizar un sistema de riego en los tratamientos del suelo contaminado para prolongar el crecimiento del micelio.
- ✓ Se recomienda hacer un estudio del tejido vegetal del hongo *Pleurotus ostreatus* para comprobar que en su micelio se observan contenidos los metales pesados.
- ✓ Se recomienda extender los días del cultivo ya que, en los 25 días, algunos de los metales no llegaron a los resultados mínimos para poder comparar en cuanto al ECA de suelo agrícola.
- ✓ En cuanto a los residuos generados por el hongo *Pleurotus ostreatus*, se recomienda su uso como material de construcción para fabricar ladrillos.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- BAYÓN, Sara. Aplicación de la fitorremediación a suelos contaminados por metales pesados. Tesis (Trabajo Fin de Grado. Departamento de Edafología, Facultad de Farmacia). Madrid: Universidad Complutense de Madrid: UCM, 2015. 23p.
- Biotecnología ambiental. Costa Rica, 1 (1). Junio 2017.
- BELTRAN, Mayra; Gómez, Alida. Biorremediación de metales pesados cadmio, cromo, y mercurio mecanismos bioquímicos e ingeniería genética. *Ciencias Básicas*, (12): 2016.
- Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. Yucatán, México. Vol. 10 (1). Octubre 2009.
- Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. Bocayá, Colombia. Vol. 16 (2). Diciembre 2016.
- COELLO, Jessica. Aplicación del hongo *Pleurotus ostreatus* como alternativa de la biorremediación de suelos contaminados con metales pesados. Tesis (Biólogo). Guayaquil. Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2011. 56 p.
- CORTON, E.; VIALE, A. Solucionando grandes problemas ambientales con la ayuda de pequeños amigos: las técnicas de biorremediación. *Científica de ecología y medio ambiente*, (15): 2006.
- COELLO, Jessica. Aplicación del hongo *Pleurotus ostreatus* como alternativa para la biorremediación de suelos contaminados con metales pesados. Tesis (título de biólogo). Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ingeniería Marítima, ciencias Biológicas, Oceánicas y Recursos Naturales. 2011. 59 p.
- Erostequi, Carlos. Contaminación por metales pesados. *Ciencia Médica*, (1):45-46,2009.
- FAO y GTIS, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación. *Estado Mundial del Recurso Suelo (EMRS)*. I edición. Roma, Italia: Alianza mundial por el suelo, 2015. 79 páginas. ISBN 978-92-5-308960-4.
- FERRER, Nuria, y otros. Diseño de un software para evaluar los riesgos de la exposición ambiental a través del agua, suelos y aire. *Metales pesados y salud*, (158): 51-52, 2007.
- GALÁN, Emilio. y ROMERO Antonio. Contaminación de suelos por metales pesados. Sevilla, España. Vol. 1 (10). 2008.

- JIMENES, Melissa. Biorremediación con Inóculos de *Pleurotus ostreatus* para recuperar suelos contaminados con metales pesados en La Florida Cajamarca, 2016. Tesis (Título en Ingeniera Ambiental). Chiclayo. Universidad Cesar Vallejo, 2017. 96 p.
- LEMACHE, Enitt. Determinación de la capacidad de cadmio y plomo por hongos de la podredumbre blanca *Pleurotus Ostreatus* en suelos de la zona el Timbre Cantón Quinde. TESIS (Ingeniera en Biotecnología Ambiental). Riobamba. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2017. 75 p.
- Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. Medellín, Colombia, 14 (2). Mayo 2016
- LOPEZ, Armando. El género *pleurotus* y su diversificación taxonómica en especies. *Funji cultura*, (14):2014.
- MEDAURA, María., GUIVERNAU, Miriam y BOLDÙ, Francesc. Micorremediación y su aplicación para el tratamiento de suelos contaminados con hidrocarburos pesados. Tesis (Técnicas de Agua y del Medio Ambiente). Argentina: UNC, Facultad de ingeniería. 2013. 109 p.
- MEJIA, Martha., Uso del hongo *Pleurotus ostreatus* para la remoción de Pb en los suelos de Carabayllo-Lima. TESIS (Título de Ingeniero Ambiental). Lima. Universidad Cesar Vallejo, 2017. 82 p.
- MORALES, Diana., Determinación de la capacidad de remoción de cadmio, plomo y níquel por hongos de la podredumbre blanca inmovilizados. Tesis (Título de Microbiólogo industrial). Bogotá, D.C. Colombia, Pontificia universidad Javeriana, 2008. 122p.
- OBSERVATORIO DE CONFLICTOS CAJAMARCA. *Conflicto minería informal Algamarca*. 1ª. ed. Cajamarca, 2013. 8 p.
- OSORES, Fernando. Diagnóstico de salud ambiental humana en la provincia de Espinar-Cusco. En: Metales pesados tóxicos y salud pública: El caso de Espinar. Perú. Cooper Acción, Derechos humanos sin fronteras, Instituto de defensa legal y Broederlijk Denle, 2016. pp 186.
- PAT, (Plan de acondicionamiento Territorial). En: Capítulo VI Propuesta de Acondicionamiento territorial provincial. Cajabamba. Estrategia regional de biodiversidad de Cajamarca, 2016. pp 489 páginas.

- PEÑA, Flor; BELTRÁN Lázaro; ENRIQUE, Moisés. Aplicación de la fitorremediación en suelos contaminados por metales pesados utilizando *Helianthus annuus* L. en la estación experimental el Mantaro. Huancayo. Vol. 1. 2012.
- PUGA, Soraya, y otros. *Contaminación por metales pesados en el suelo provocada por la industria minera*. Ed. N° 5 (1,2). Lima, Perú: Ecología Aplicada, 2006. pp 7. ISBN 1726-2216.
- PUGA, Soraya, y otros. Contaminación por metales pesados en el suelo provocada por la industria minera. *Ecología aplicada*, (5):150-151,2006.
- SIFUENTES, Enith. Producción de inóculo de *Pleurotus ostreatus* para uso en biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos de petróleo. Tesis (Biólogo). Lima. Universidad Nacional Agraria La Molina, escuela de Ciencias, 2014. 75P.
- TORRES, Evelyn. Evaluación de la biodegradación de un insecticida piretroide en muestras de suelo de cultivo de papa mediante la adición de trichoderma arceanum y *Pleurotus ostreatus*. Tesis (Ingeniera en biotecnología de los recursos naturales). Quito: Universidad Politécnica Salesiana, escuela de biotecnología de los recursos naturales, 2017. 124p.
- ZEGARRA, Regina. Capacidad del hongo *Pleurotus ostreatus* para la biorremediación de suelos contaminados por Plomo (Pb) en el laboratorio – 2017. TESIS (Título de Ingeniero Ambiental). Lima. Universidad Cesar Vallejo, 2017. 93 p.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: Fotos

Foto 1: Mina de Algamarca.



Fuente: Propia



Fuente: Propia

Foto 2: Etiquetado de las muestras del suelo contaminado.

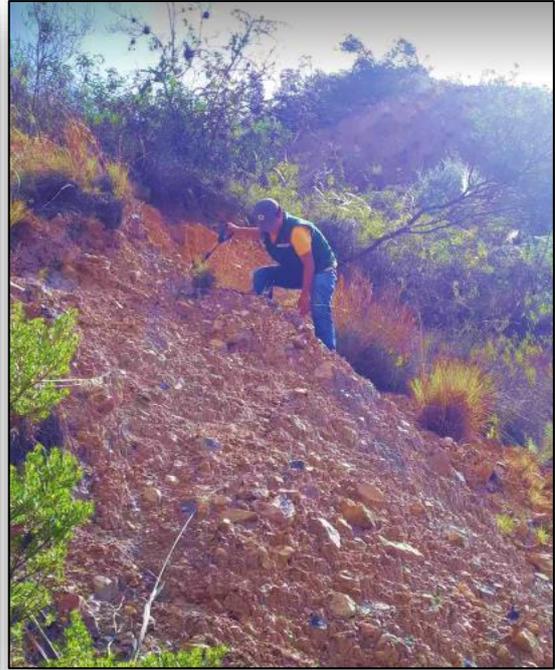


Fuente: Propia

Foto 3: Excavación de calicatas en los alrededores de la mina Algamarca.



Fuente: Propia



Fuente: Propia



Fuente: Propia

Foto 4: Inóculos de *Pleurotus ostreatus* en germen de trigo de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).



Fuente: Propia

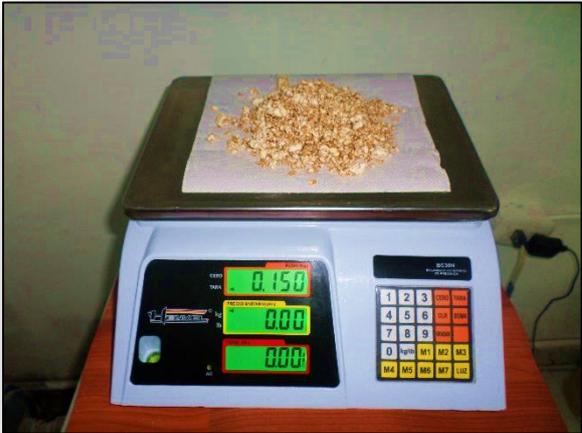


Fuente: Propia



Fuente: Propia

Foto 5: Pesando los inóculos de *Pleurotus ostreatus*.



Fuente: Propia



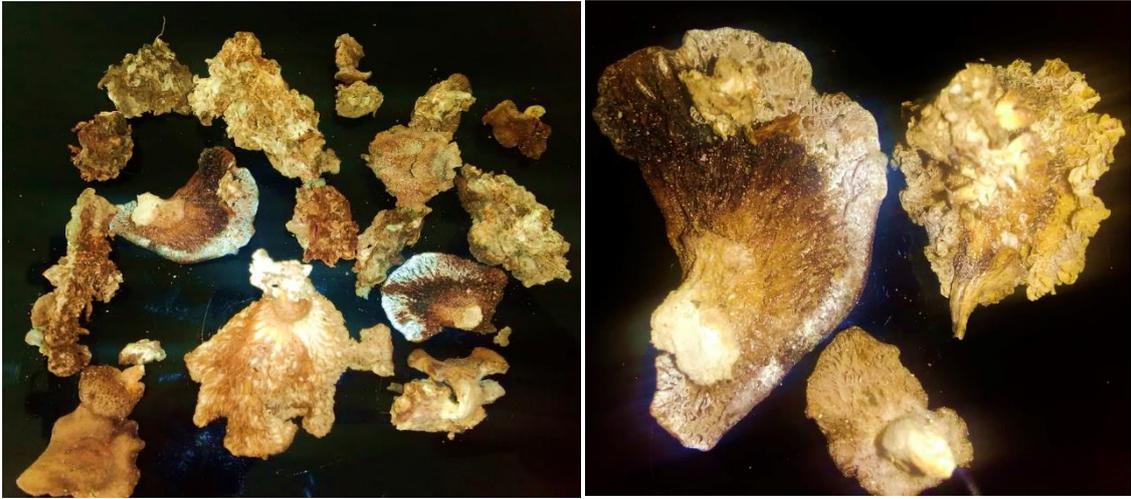
Fuente: Propia

Foto 6: Cultivo y crecimiento de *Pleurotus ostreatus*.



Fuente: Propia

Foto 7: Tejido vegetal seco.



Fuente: Propia



Fuente: Propia



Fuente: Propia

Foto 8: Envío de muestras de suelo a los laboratorios de SAG.



Fuente: Propia



Fuente: Propia



Fuente: Propia

ANEXO 2: Gráficos de Normalidad.

Gráfico Q-Q normal de PORCENTAJE
para TRATAMIENTO= A1

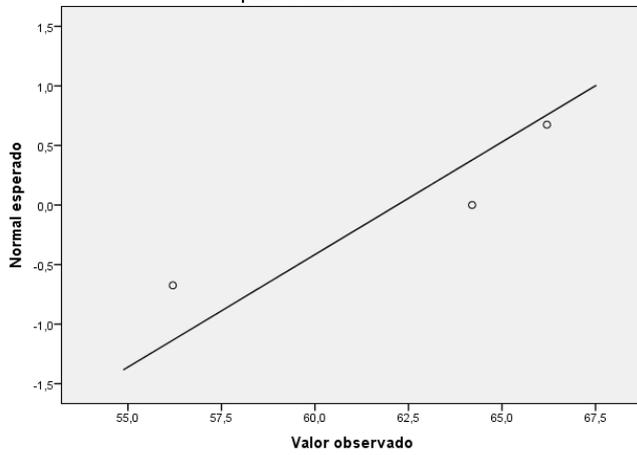


Gráfico Q-Q normal de PORCENTAJE
para TRATAMIENTO= A2

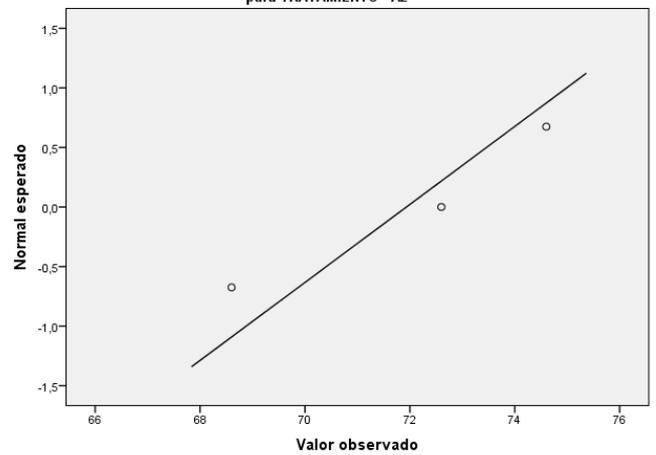


Gráfico Q-Q normal de PORCENTAJE
para TRATAMIENTO= A3

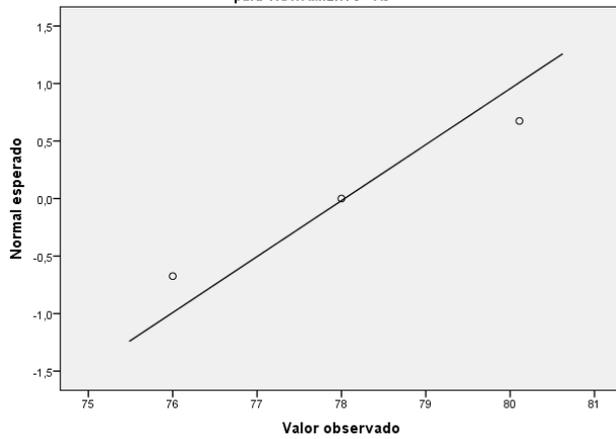
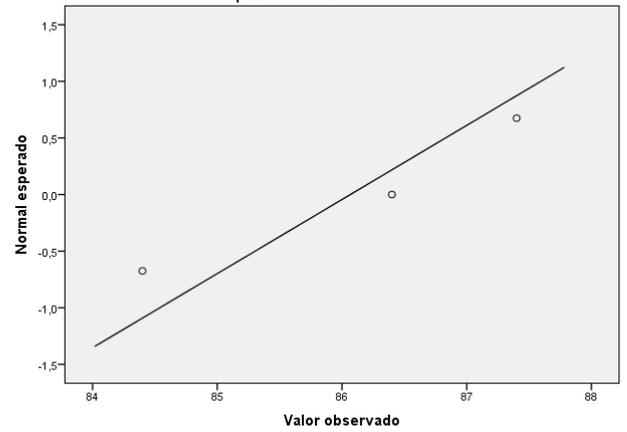


Gráfico Q-Q normal de PORCENTAJE
para TRATAMIENTO= A4



Fuente: Propia

ANEXO 3: Resultados estadísticos ANOVA para cada metal.

Tabla 9: Bario

<i>RESUMEN</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
T1	3	196,30	65,43	7,02
T2	3	224,80	74,93	5,33
T3	3	235,80	78,60	2,19
T4	3	262,80	87,60	1,92
R1	4	300,80	75,20	98,88
R2	4	315,20	78,80	75,45
R3	4	303,70	75,93	79,45

Fuente: Propia.

Tabla 10: Análisis de Varianza de Bario

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Tratamientos	757,396	3	252,465	385,280	0,000	4,757
Repeticiones	29,002	2	14,501	22,129	0,002	5,143
Error	3,932	6	0,655			
Total	790,329	11				

Fuente: Propia.

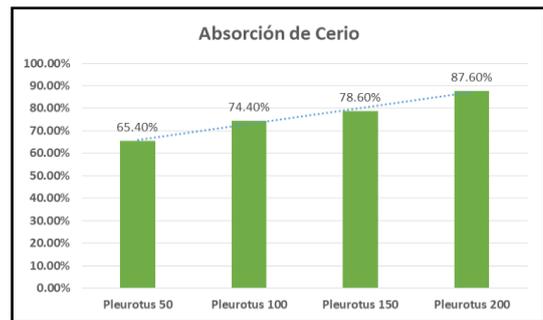
Interpretación: Obteniendo un valor $p < 0.05$ para los tratamientos aceptando así la H1 con un efecto positivo en la absorción de metales pesados en suelos contaminados, Algamarca - Cajamarca.

Cuadro 6: Prueba Post hoc – Tukey para Bario.

TRATAMIENTO	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
T1	3	65,43		
T2	3		74,93	
T3	3		78,60	
T4	3			87,60
Sig.		1,000	,199	1,000

Fuente: Propia

Figura 4: Porcentaje de Bario.



Fuente: Propia

Interpretación: Aplicando la prueba Tukey, se puede observar para Bario (Ba), los mejores resultados fueron obtenidos en el tratamiento T4 con un valor de 87.60% con efecto positivo en la absorción de metales pesados en suelos en la repetición 2.

Tabla 11: Cadmio

<i>RESUMEN</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
T1	3	148,10	49,37	4,72
T2	3	200,30	66,77	18,50
T3	3	231,70	77,23	4,05
T4	3	247,60	82,53	4,85
R1	4	272,20	68,05	170,82
R2	4	285,10	71,28	211,44
R3	4	270,40	67,60	269,85

Fuente: Propia.

Tabla 12: Análisis de Varianza de Cadmio

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Tratamientos	1924,176	3	641,392	119,805	0,000	4,757
Repeticiones	32,145	2	16,073	3,002	0,125	5,143
Error	32,122	6	5,354			
Total	1988,443	11				

Fuente: Propia.

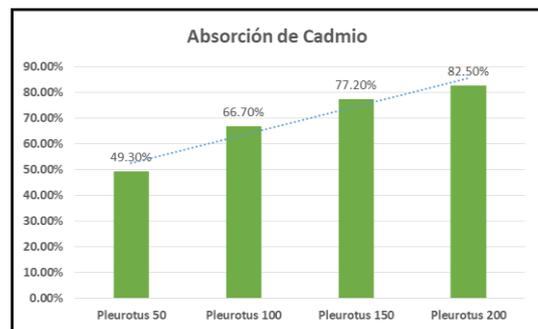
Interpretación: Obteniendo un valor $p < 0.05$ para los tratamientos aceptando así la H1 con un efecto positivo en la absorción de metales pesados en suelos contaminados, Algamarca-Cajamarca.

Tabla 13: Prueba Post hoc – Tukey para Cadmio.

TRATAMIENTO	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
A1	3	49,37		
A2	3		66,77	
A3	3			77,23
A4	3			82,53
Sig.		1,000	1,000	0,179

Fuente: Propia.

Figura 5: Porcentaje de Cadmio.



Fuente: Propia

Interpretación: Aplicando la prueba Tukey y teniendo en cuenta para Cadmio (Cd) no existe variación significativa entre el tratamiento T3 y T4, los mejores resultados se han obtenido en el tratamiento T3 con un valor de 77.23% de efecto positivo en la absorción de metales pesados en la repetición 2.

Tabla 14: Cobalto

<i>RESUMEN</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
T1	3	154,90	51,63	5,82
T2	3	181,70	60,57	7,36
T3	3	199,90	66,63	7,05
T4	3	262,60	87,53	9,04
R1	4	257,80	64,45	212,26
R2	4	276,50	69,13	212,22
R3	4	264,80	66,20	278,78

Fuente: Propia.

Tabla 15: Análisis de Varianza de Cobalto.

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Filas	2095,823	3	698,608	300,800	0,000	4,757
Columnas	44,632	2	22,316	9,609	0,013	5,143
Error	13,935	6	2,322			
Total	2154,389	11				

Fuente: Propia.

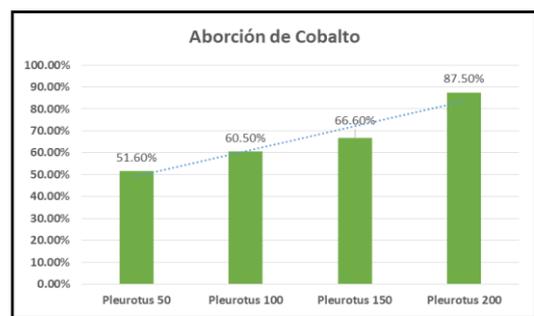
Interpretación: Obteniendo un valor $p < 0.05$ para los tratamientos aceptando así la H1 con un efecto positivo en la absorción de metales pesados en suelos contaminados, Algamarca - Cajamarca.

Tabla 16: Prueba Post hoc – Tukey para Cobalto.

TRATAMIENTO	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
T1	3	51,63		
T2	3		60,57	
T3	3		66,63	
T4	3			87,53
Sig.		1,000	,095	1,000

Fuente: Propia.

Figura 6: Porcentaje de Cobalto.



Fuente: Propia

Interpretación: Aplicando la prueba Tukey se puede observar para Cobalto (Co), los mejores resultados fueron obtenidos en el tratamiento T4 con un valor de 87.53% con efecto positivo en la absorción de metales pesados en suelos en la repetición 2.

Tabla 17: Cobre

<i>RESUMEN</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
T1	3	25,90	8,63	58,00
T2	3	84,60	28,20	55,29
T3	3	120,20	40,07	198,86
T4	3	177,00	59,00	211,71
R1	4	95,60	23,90	333,87
R2	4	164,30	41,08	407,78
R3	4	147,80	36,95	732,15

Fuente: Propia.

Tabla 18: Análisis de Varianza de Cobre

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Filas	4016,729	3	1338,910	19,852	0,002	4,757
Columnas	643,065	2	321,533	4,767	0,058	5,143
Error	404,668	6	67,445			
Total	5064,463	11				

Fuente: Propia.

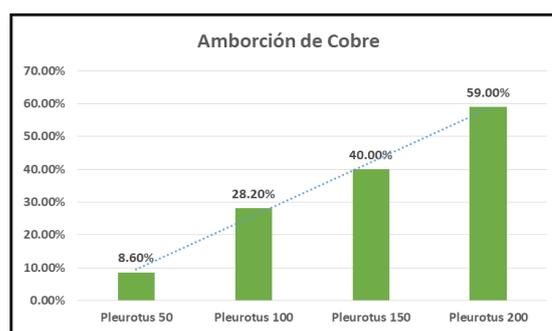
Interpretación: Obteniendo un valor $p < 0.05$ para los tratamientos aceptando así la H1 con un efecto positivo en la absorción de metales pesados en suelos contaminados, Algamarca - Cajamarca.

Tabla 19: Prueba Post hoc – Tukey para Cobre.

TRATAMIENTO	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
A1	3	8,63		
A2	3	28,20	28,20	
A3	3		40,07	40,07
A4	3			59,00
Sig.		0,234	0,604	0,255

Fuente: Propia.

Figura 7: Porcentaje de Cobre.



Fuente: Propia

Interpretación: Aplicando la prueba Tukey y teniendo en cuenta para Cobre (Cu) no existe variación significativa entre el tratamiento T3 y T4, los mejores resultados se han obtenido en el tratamiento T3 con un valor de 40.07% de efecto positivo en la absorción de metales pesados en la repetición 2.

Tabla 20: Plomo

<i>RESUMEN</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
T1	3	184,00	61,33	24,60
T2	3	195,10	65,03	30,33
T3	3	206,90	68,97	0,65
T4	3	234,00	78,00	7,33
R1	4	259,80	64,95	88,66
R2	4	280,00	70,00	18,31
R3	4	280,20	70,05	65,82

Fuente: Propia.

Tabla 21: Análisis de Varianza de Plomo

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Filas	461,207	3	153,736	16,139	0,003	4,757
Columnas	68,687	2	34,343	3,605	0,094	5,143
Error	57,153	6	9,526			
Total	587,047	11				

Fuente: Propia.

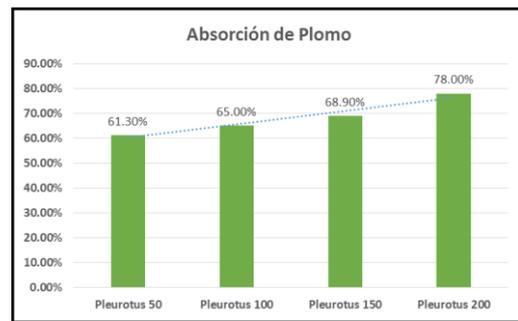
Interpretación: Obteniendo un valor $p < 0.05$ para los tratamientos aceptando así la H1 con un efecto positivo en la absorción de metales pesados en suelos contaminados, Algamarca - Cajamarca.

Tabla 22: Prueba Post hoc – Tukey para Plomo.

TRATAMIENTO	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
T1	3	61,33	
T2	3	65,03	
T3	3	68,97	68,97
T4	3		78,00
Sig.		0,164	0,090

Fuente: Propia.

Figura 8: Porcentaje de Plomo.



Fuente: Propia

Interpretación: Aplicando la prueba Tukey y teniendo en cuenta para Plomo (Pb) no existe variación significativa entre el tratamiento T3 y T4, los mejores resultados se han obtenido en el tratamiento T3 con un valor de 68.97% de efecto positivo en la absorción de metales pesados en la repetición 3.

Tabla 23: Níquel

<i>RESUMEN</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
T1	3	125,30	41,77	79,29
T2	3	151,00	50,33	76,56
T3	3	198,00	66,00	72,25
T4	3	241,70	80,57	122,14
R1	4	264,90	66,23	192,98
R2	4	227,80	56,95	167,22
R3	4	223,30	55,83	670,88

Fuente: Propia.

Tabla 31: Análisis de Varianza de Níquel

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Filas	2653,327	3	884,442	12,063	0,006	4,757
Columnas	260,602	2	130,301	1,777	0,248	5,143
Error	439,898	6	73,316			
Total	3353,827	11				

Fuente: Propia.

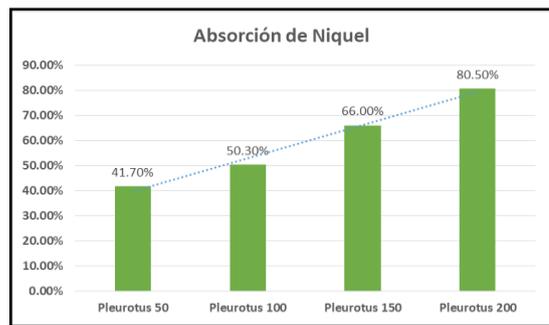
Interpretación: Obteniendo un valor $p < 0.05$ para los tratamientos aceptando así la H1 con un efecto positivo en la absorción de metales pesados en suelos contaminados, Algamarca - Cajamarca.

Tabla 32: Prueba Post hoc – Tukey para Níquel

TRATAMIENTO	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
T1	3	41,77	
T2	3	50,33	
T3	3	66,00	66,00
T4	3		80,57
Sig.		0,052	0,298

Fuente: Propia.

Figura 11: Porcentaje Níquel



Fuente: Propia

Interpretación: Aplicando la prueba Tukey, y teniendo en cuenta para el Níquel no existe variación significativa entre el tratamiento T3 y T4, el mejor resultado obtenido es el tratamiento T3 con su valor de 66.00% de efecto positivo en la absorción de metales pesados en la repetición 1.

Tabla 24: Estaño

RESUMEN	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
T1	3	176,40	58,80	215,67
T2	3	209,90	69,97	81,90
T3	3	244,40	81,47	11,85
T4	3	261,70	87,23	10,80
R1	4	327,00	81,75	37,92
R2	4	290,10	72,53	147,24
R3	4	275,30	68,83	387,82

Fuente: Propia.

Tabla 25: Análisis de varianza de Estaño

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Filas	1432,927	3	477,642	10,021	0,009	4,757
Columnas	354,462	2	177,231	3,718	0,089	5,143
Error	285,998	6	47,666			
Total	2073,387	11				

Fuente: Propia.

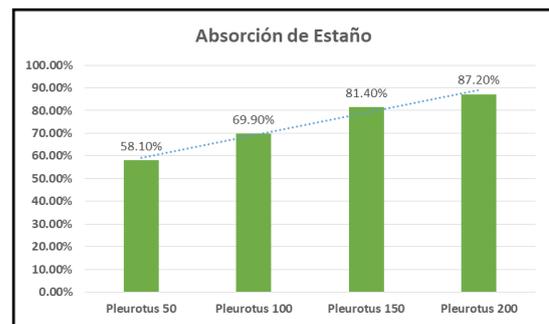
Interpretación: Obteniendo un valor $p < 0.05$ para los tratamientos aceptando así la H1 con un efecto positivo en la absorción de metales pesados en suelos contaminados, Algamarca - Cajamarca.

Tabla 26: Prueba Post hoc – Tukey para Estaño.

TRATAMIENTO	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
T1	3	58,80	
T2	3	69,97	69,97
T3	3	81,47	81,47
T4	3		87,23
Sig.		0,058	0,162

Fuente: Propia.

Figura 9: Porcentajes de Estaño.



Fuente: Propia

Interpretación: Aplicando la prueba Tukey y teniendo en cuenta para Estaño (S_n) no existe variación significativa entre el tratamiento T2, T3 y T4, los mejores resultados se han obtenido en el tratamiento T2 con un valor de 69.97% de efecto positivo en la absorción de metales pesados en la repetición 1.

Tabla 27: Estroncio

<i>RESUMEN</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
T1	3	158,90	52,97	1,76
T2	3	199,40	66,47	7,37
T3	3	207,60	69,20	9,99
T4	3	240,80	80,27	53,29
R1	4	258,90	64,73	105,05
R2	4	263,50	65,88	94,76
R3	4	284,30	71,08	195,81

Fuente: Propia.

Tabla 28: Análisis de Varianza de Estroncio

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Filas	1133,583	3	377,861	42,568	0,000	4,757
Columnas	91,580	2	45,790	5,158	0,050	5,143
Error	53,260	6	8,877			
Total	1278,423	11				

Fuente: Propia.

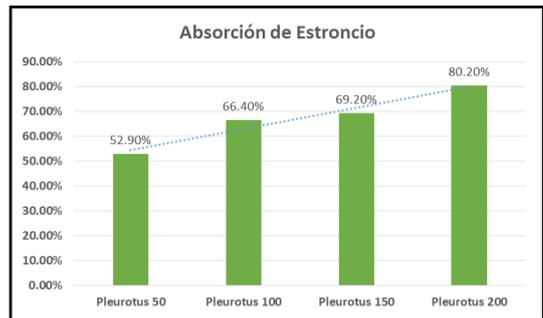
Interpretación: Obteniendo un valor $p < 0.05$ para los tratamientos aceptando así la H1 con un efecto positivo en la absorción de metales pesados en suelos contaminados, Algamarca - Cajamarca.

Tabla 29: Prueba Post hoc – Tukey para Estroncio.

TRATAMIENTO	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
T1	3	52,97		
T2	3		66,47	
T3	3		69,20	69,20
T4	3			80,27
Sig.		1,000	0,859	0,051

Fuente: Propia.

Figura 10: Porcentajes de Estroncio.



Fuente: Propia

Interpretación: Aplicando la prueba Tukey, y teniendo en cuenta para Estroncio (Sr) no existe variación significativa entre el tratamiento T3 y T4, los mejores resultados se han obtenido en el tratamiento T3 con un valor de 69.20% de efecto positivo en la absorción de metales pesados en la repetición 3.

Tabla 30: Talio.

<i>RESUMEN</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
T1	3	163,70	54,57	16,66
T2	3	202,20	67,40	30,88
T3	3	226,70	75,57	17,92
T4	3	262,10	87,37	15,62
R1	4	278,20	69,55	181,37
R2	4	302,10	75,53	169,34
R3	4	274,40	68,60	237,30

Fuente: Propia.

Tabla 31: Análisis de Varianza de Talio

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Filas	1714,603	3	571,534	69,368	0,000	4,757
Columnas	112,745	2	56,372	6,842	0,028	5,143
Error	49,435	6	8,239			
Total	1876,783	11				

Fuente: Propia.

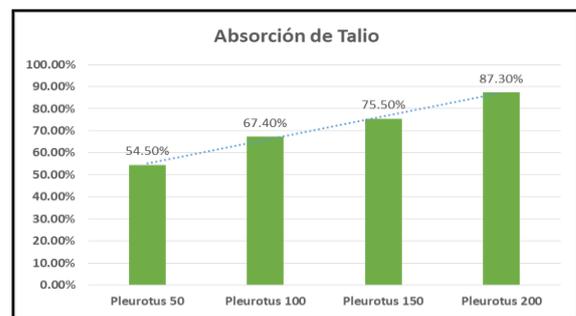
Interpretación: Obteniendo un valor $p < 0.05$ para los tratamientos aceptando así la H1 con un efecto positivo en la absorción de metales pesados en suelos contaminados, Algamarca - Cajamarca.

Tabla 32: Prueba Post hoc – Tukey para Talio.

TRATAMIENTO	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
T1	3	54,57		
T2	3		67,40	
T3	3		75,57	
T4	3			87,37
Sig.		1,000	,197	1,000

Fuente: Propia.

Figura 11: Porcentajes de Talio.



Fuente: Propia

Interpretación: Aplicando la prueba Tukey se puede observar para Talio (Tl), los mejores resultados fueron obtenidos en el tratamiento T4 con un valor de 87.37% con efecto positivo en la absorción de metales pesados en suelos en la repetición 2.

Tabla 33: Zinc

<i>RESUMEN</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
T1	3	175,80	58,60	5,88
T2	3	190,50	63,50	4,75
T3	3	220,40	73,47	5,14
T4	3	254,30	84,77	29,84
R1	4	270,80	67,70	118,95
R2	4	286,30	71,58	134,12
R3	4	283,90	70,98	168,00

Fuente: Propia.

Tabla 34: Análisis de Varianza de Zinc

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Filas	1206,763	3	402,254	42,769	0,000	4,757
Columnas	34,802	2	17,401	1,850	0,237	5,143
Error	56,432	6	9,405			
Total	1297,997	11				

Fuente: Propia.

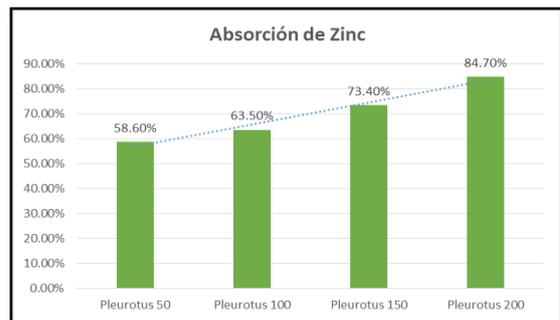
Interpretación: Obteniendo un valor $p < 0.05$ para los tratamientos aceptando así la H1 con un efecto positivo en la absorción de metales pesados en suelos contaminados, Algamarca - Cajamarca.

Tabla 35: Prueba Post hoc – Tukey para Zinc.

TRATAMIENTO	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
T1	3	58,60		
T2	3	63,50		
T3	3		73,47	
T4	3			84,77
Sig.		,349	1,000	1,000

Fuente: Propia

Figura 12: Porcentajes de Zinc.



Fuente: Propia

Interpretación: Aplicando la prueba Tukey se puede observar para Zinc (Zn), los mejores resultados fueron obtenidos en el tratamiento T4 con un valor de 84.77% con efecto positivo en la absorción de metales pesados en la repetición 2.

ANEXO 4: Resultados de comprobación aplicando el método de Duncan.

Tabla 44: Arsénico

<i>RESUMEN</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
T1	3	186,60	62,20	28,00
T2	3	215,80	71,93	9,33
T3	3	234,11	78,04	4,22
T4	3	258,20	86,07	2,33
R1	4	299,20	74,80	57,47
R2	4	306,31	76,58	95,57
R3	4	289,20	72,30	168,07

Fuente: Propia.

Tabla 45: Análisis de Varianza de Arsénico

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Tratamientos	912,479	3	304,160	35,897	0,000	4,757
Repeticiones	36,942	2	18,471	2,180	0,194	5,143
Error	50,839	6	8,473			
Total	1000,260	11				

Fuente: Propia.

Interpretación: Obteniendo un valor $p < 0.05$ para los tratamientos aceptando así la H1 con un efecto positivo en la absorción de metales pesados en suelos contaminados, Algamarca - Cajamarca.

Tabla 46: Prueba Post hoc – Duncan para Arsénico.

TRATAMIENTO	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
T1	3	62,2000		
T2	3		71,9333	
T3	3		78,0367	78,0367
T4	3			86,0667
Sig.		1,000	0,188	0,069

Fuente: Propia.

Interpretación: Aplicando la prueba Duncan, se puede observar que los mejores resultados se han obtenido en el tratamiento T3 con su valor de 78.03% de efecto positivo en la absorción de metales pesados en suelos contaminados en la repetición 2.

Tabla 47: Níquel

<i>RESUMEN</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
T1	3	125,30	41,77	79,29
T2	3	151,00	50,33	76,56
T3	3	198,00	66,00	72,25
T4	3	241,70	80,57	122,14
R1	4	264,90	66,23	192,98
R2	4	227,80	56,95	167,22
R3	4	223,30	55,83	670,88

Fuente: Propia.

Tabla 48: Análisis de Varianza de Níquel

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Filas	2653,327	3	884,442	12,063	0,006	4,757
Columnas	260,602	2	130,301	1,777	0,248	5,143
Error	439,898	6	73,316			
Total	3353,827	11				

Fuente: Propia.

Interpretación: Obteniendo un valor $p < 0.05$ para los tratamientos aceptando así la H1 con un efecto positivo en la absorción de metales pesados en suelos contaminados, Algamarca - Cajamarca.

Tabla 49: Prueba Post hoc – Duncan para Níquel.

TRATAMIENTO	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
T1	3	41,7667	
T2	3	50,3333	
T3	3	66,0000	66,0000
T4	3		80,5667
Sig.		0,052	0,298

Fuente: Propia.

Interpretación: Aplicando la prueba Duncan, se puede observar que los mejores resultados se han obtenido en el tratamiento T3 con su valor de 66.00% de efecto positivo en la absorción de metales pesados en suelos contaminados en la repetición 1.

ANEXO 5: Tabla de los porcentajes de los resultados finales en la absorción de metales.

METALES	RESULTADOS INICIALES	RESULTADOS FINALES			
		T1	T2	T3	T4
Plata (Ag)	0,07	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Arsénico (As)	50.0	66,20%	72.6%	76,00%	84.4%
		64,20%	74.6%	80,00%	87.4%
		56,20%	68.6%	78,00%	86.4%
Bario (Ba)	41.7	62.8%	73.6%	77.6%	86.8%
		68.1%	76,00%	80.3%	89.2%
		65.4%	73.6%	77.9%	86.8%
Cadmio (Cd)	2.45	50.2%	66.9%	75.1%	80,00%
		51,00%	71,00%	79.1%	84,00%
		46.9%	62.4%	77.5%	83.6%
Cerio (Ce)	6.2	50,00%	54.8%	62.9%	82.2%
		43.5%	58,00%	64.5%	82.2%
		46.7%	62.9%	66.1%	83.8%
Cobalto (Co)	21.49	49.6%	59,00%	65.1%	84.1%
		54.3%	63.7%	69.7%	88.8%
		51,00%	59,00%	65.1%	89.7%
Cobre (Cu)	69,2	0,00%	25,00%	26.1%	44.5%
		14.4%	36.7%	54.3%	58.9%
		11.5%	22.9%	39.8%	73.6%
Hierro (Fe)	20000	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Mercurio (Hg)	0,1	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Molibdeno (Mo)	0,2	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Níquel (Ni)	11.78	50.5%	59.1%	74.5%	80.8%
		42.1%	50.3%	66,00%	69.4%
		32.7%	41.6%	57.5%	91.5%
Plomo (Pb)	20.14	56.2%	58.7%	68.1%	76.8%
		66.1%	68.7%	69.1%	76.1%
		61.7%	67.7%	69.7%	81.1%

Antimonio (Sb)	0.9	60,00%	77.7%	71.1%	77.7%
		50,00%	65.5%	67.7%	76.6%
		38.8%	52.2%	70,00%	87.7%
Selenio (Se)	0.3	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Estaño (Sn)	1.1	74.5%	79,00%	85.4%	88.1%
		54.5%	70,00%	80,00%	83.6%
		45.4%	60.9%	79,00%	90,00%
Estroncio (Sr)	4.4	52.2%	63.6%	65.9%	77.2%
		52.2%	66.8%	69.5%	75,00%
		54.5%	69,00%	72.2%	88.6%
Talio (Tl)	1.3	53,00%	64.6%	77.6%	83,00%
		59.2%	73.8%	78.4%	90.7%
		51.5%	63.8%	70.7%	88.4%
Zinc (Zn)	86.6	56.2%	61,00%	75.2%	78.6%
		60.8%	64.5%	74.3%	86.7%
		59,00%	65,00%	70.9%	89,00%

Fuente: Propia.

ANEXO 6: Resultados iniciales de los análisis de suelos.



SAG

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



Registro N° LE - 047

INFORME DE ENSAYO N° 124790- 2018 CON VALOR OFICIAL

RAZÓN SOCIAL : ANTONELLA ESTEFANIA PÉREZ DÍAZ
DOMICILIO LEGAL : CAL. RIVA AGÜERO 630 URB. PALERMOLA LA LIBERTAD - TRUJILLO - TRUJILLO
SOLICITADO POR : ANTONELLA ESTEFANIA PÉREZ DÍAZ
REFERENCIA : ABSORCIÓN DE PLEUROTUS OSTREATUS EN SUELO CONTAMINADOS CON METALES PESADOS SHAHUINDO - CAJAMARCA
PROCEDENCIA : LA LIBERTAD, TRUJILLO, TRUJILLO
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS : 2018-08-23
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS : 2018-08-23
MUESTREO POR : EL CLIENTE

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método	L.C	Unidades
*Humedad	Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 ítem 7.1.5 AS-05 - Método Gravimétrico (31 de Diciembre 2002). Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis.	0.10	%
pH	EPA SW-846, Method 9045 D (Rev4) 2004. Soil and waste pH.	---	unidad pH
*Textura	Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 ítem 7.1.9 Método AS-09 (31 de Diciembre 2002). Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis.	---	%
Metales (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Boro, Berilio, Cadmio, Calcio, Cerio, Cromo, Cobalto, Cobre, Hierro, Plomo, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Fósforo, Potasio, Selenio, Plata, Sodio, Estroncio, Talio, Estaño, titanio, Vanadio, Zinc).	Method 200.7 Rev. 4.4 EMMC Version (1994). Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry.	---	mg/kg
*Conductividad medido en el extracto de saturación	NOM-021-SEMARNAT-2000 ítem 7.2.5 Método AS-18. Conductividad medido en el Extracto de Saturación. Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Materia Orgánica. 2002.	---	dS/m
Materia orgánica	NOM-021-SEMARNAT-2000 ítem 7.1.7 Método AS-07. 2002. Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis.	0.24	%

L.C.: limite de cuantificación.

II. RESULTADOS:

Producto declarado		Suelo
Matriz analizada		Suelo
Fecha de muestreo		2018-08-20
Hora de inicio de muestreo (h)		11:00
Condiciones de la muestra		Conservada
Código del Cliente		AP-01
Código del Laboratorio		18081648
Ensayo	Unidad	Resultados
*Humedad	%	7.23
pH	unidad pH	4.86
*Conductividad medido en el extracto de saturación	dS/m	0.157
Materia orgánica	%	<0.24

*El método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.
 Resultados de Suelo reportado en base seca.

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

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

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

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

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

Página 1 de 3

Fuente: Resultados del laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C

**SAG**

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



Registro N° LE - 047

INFORME DE ENSAYO N° 124790- 2018 CON VALOR OFICIAL

II. RESULTADOS:

Producto declarado		Suelo	
Matriz analizada		Suelo	
Fecha de muestreo		2018-08-20	
Hora de inicio de muestreo (h)		11:00	
Condiciones de la muestra		Conservada	
Código del Cliente		AP-01	
Código del Laboratorio		18081648	
Ensayo	L.D.M.	Unidades	Resultados
Metales			
Plata (Ag)	0.07	mg/kg	<0.07
Aluminio (Al)	1.4	mg/kg	3288.7
Arsénico (As)	0.1	mg/kg	50.0
Boro (B)	0.2	mg/kg	<0.2
Bario (Ba)	0.2	mg/kg	41.7
Berilio (Be)	0.03	mg/kg	0.68
Calcio (Ca)	4.7	mg/kg	1452.4
Cadmio (Cd)	0.04	mg/kg	2.45
Cerio (Ce)	0.2	mg/kg	6.2
Cobalto (Co)	0.05	mg/kg	21.49
Cromo (Cr)	0.04	mg/kg	5.26
Cobre (Cu)	0.1	mg/kg	193.4
Hierro (Fe)	0.2	mg/kg	>20000
Mercurio (Hg)	0.1	mg/kg	<0.1
Potasio (K)	4.3	mg/kg	597.6
Litio (Li)	0.3	mg/kg	2.8
Magnesio (Mg)	4.4	mg/kg	515.2
Manganeso (Mn)	0.05	mg/kg	1246.13
Molibdeno (Mo)	0.2	mg/kg	<0.2
Sodio (Na)	2.3	mg/kg	24.4
Níquel (Ni)	0.06	mg/kg	11.78
Fósforo (P)	0.3	mg/kg	144.9
Plomo (Pb)	0.06	mg/kg	20.14
Antimonio (Sb)	0.2	mg/kg	0.9
Selenio (Se)	0.3	mg/kg	<0.3
Estaño (Sn)	0.1	mg/kg	1.1
Estroncio (Sr)	0.1	mg/kg	4.4
Titanio (Ti)	0.03	mg/kg	5.64
Talio (Tl)	0.3	mg/kg	1.3
Vanadio (V)	0.04	mg/kg	8.49
Zinc (Zn)	0.2	mg/kg	86.6

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

Resultados de Suelo reportado en base seca.

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

**EXPERTS
WORKING
FOR YOU**

Cod.: FI 02/ Versión: 08/EE-09/2018

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

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

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

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

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

Página 2 de 3

Fuente: Resultados del laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C

**SAG**

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



Registro N° LE - 047

INFORME DE ENSAYO N° 124790- 2018 CON VALOR OFICIAL

II. RESULTADOS:

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA						
Código de cliente	Código de laboratorio	Producto declarado	Matriz analizada	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Condición de la muestra
AP-01	18081648	Suelo	Suelo	2018-08-18	11:00	Conservada

*ANÁLISIS DE TEXTURA						
IDENTIFICACIÓN		COMPOSICIÓN				
Código de cliente	Código de laboratorio	% Arena	% Limo	% Arcilla	Clase Textural	Denominación
AP-01	18081648	37	33	29	Fr.Ar.	Franco Arcilloso

A = Arena; A.Fr. = Arena franca; Fr.A = Franco arenoso; Fr = Franco; L = Limoso; Fr.L = Franco limoso; Fr.Ar.A = Franco arcillo arenoso; Fr.Ar. = Franco arcilloso; Fr.Ar.L = Franco arcillo limoso; Ar.A = Arcillo arenoso; Ar = Arcilloso; Ar.L = Arcillo limoso

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

Modificadores de Clase Textural	
Contenido de fragmentos %V	Término
< 15	Sin adjetivo
15 a < 35	gravoso, lajoso, pedregoso
35 a < 60	muy gravoso, muy lajoso
60 a < 90	extremadamente gravoso
> 90	(no suelo) grava, laja

Observación: Los modificadores de clase textural se utilizan cuando la muestra analizada por granulometría contiene material gravoso determinado en una porción diferente a la de granulometría. Según su porcentaje se utiliza los adjetivos para dar denominación adicional a la clase textural.

Lima, 10 de Setiembre del 2018.

17025

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

EXPERTS
WORKING
FOR YOU

Cod.: F102/versión: 08/FE-03/2018

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

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

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

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

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

Página 3 de 3



CADENA DE CUSTODIA DE MONITOREO - DE AGUAS Y SUELOS

0.S. 1730B

Página..... de

Cliente: Antonella Pérez Díaz Contacto: Antonella Pérez Díaz E-mail: alen16.estegua@ Telef.(s) 9186056428.
 Lugar: La Libertad - Tujillo Empresa: Antonella Pérez Díaz Planta: Proyecto: Muestra de suelo Shahu
 Carta/Cotización: N° 2018 - 08VT - 37 - 1 - 2

PUNTO DE MUESTREO ó CÓDIGO DEL CLIENTE	MUESTREO		TIPO DE MATRIZ	PARAMETROS IN SITU		ANÁLISIS DE LABORATORIO					N° Informe: 124790 - 2018	CÓDIGO DE LABORATORIO	DATOS ADICIONALES
	FECHA	HORA		Mébar	PH	Humedad	Textura	Condición	M00	MUESTRADO POR SAG			
AA-01	20-08-18	11am	Suelo			<input checked="" type="checkbox"/>		18081648					
<p>Observaciones de Muestreo: <u>Suelo proveniente de Cajabamba - Shahuindo I de una quebrada cercana.</u></p> <p>* <u>PH no tiene por ser el tiempo de penetración es</u></p>													

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES
RECIBIDO
 23 AGO 2018
 RECEPCION DE MUESTRAS
 SAG

Observaciones de Muestreo: Suelo proveniente de Cajabamba - Shahuindo I de una quebrada cercana.
 Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable del muestreo: Pérez Díaz Antonella Estegua Firma(s): [Firma] Recibido en laboratorio: E-T
 Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable o Supervisor en campo: Pérez Díaz Antonella Estegua Firma(s): [Firma] Día/Hora: 11:10 Am.

ANEXO 7: Resultados finales de los análisis de suelos.

INFORME DE ENSAYO N° 126177-2018

CON VALOR OFICIAL

RESULTADOS DE LA PRIMERA REPETICIÓN:

Producto declarado			Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Matriz analizada			Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Fecha de muestreo			2018-10-25	2018-10-25	2018-10-25	2018-10-25
Hora de inicio de muestreo (h)			12:30	12:30	12:30	12:30
Condiciones de la muestra			Conservada	Conservada	Conservada	Conservada
Código del cliente			T1	T2	T3	T4
Código de laboratorio			18101933	18101934	18101935	18101936
Ensayo	L.D.M	unidades	Resultados			
Metales						
Plata (Ag)	0.07	mg/kg	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07
Aluminio (Al)	1.4	mg/kg	1118.5	1105.3	972.5	779.2
Arsénico (As)	0.1	mg/kg	16.9	13.7	12.0	7.8
Boro (B)	0.2	mg/kg	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Bario (Ba)	0.2	mg/kg	15.5	11.0	9.3	5.5
Berilio (Be)	0.03	mg/kg	0.13	0.9	0.5	0.08
Calcio (Ca)	4.7	mg/kg	655.3	533.5	402.5	334.8
Cadmio (Cd)	0.04	mg/kg	1.22	0.81	0.61	0.49
Cerio (Ce)	0.2	mg/kg	3.1	2.8	2.3	1.1
Cobalto (Co)	0.05	mg/kg	10.82	8.8	7.5	3.41
Cromo (Cr)	0.04	mg/kg	2.46	2.18	1.85	1.0
Cobre (Cu)	0.1	mg/kg	69.2	51.9	51.1	38.4
Hierro (Fe)	0.2	mg/kg	>20000	>20000	>20000	>20000
Mercurio (Hg)	0.1	mg/kg	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Potasio (K)	4.3	mg/kg	297.8	178.3	150.7	124.1
Litio (Li)	0.3	mg/kg	1.33	1.26	1.1	0.7
Magnesio (Mg)	4.4	mg/kg	255.2	173.8	142.8	102.1
Manganeso (Mn)	0.05	mg/kg	685.7	330.8	304.9	206.0
Molibdeno (Mo)	0.2	mg/kg	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Sodio (Na)	2.3	mg/kg	12.3	11.6	8.8	3.2
Níquel (Ni)	0.06	mg/kg	5.82	4.81	3.0	2.26
Fósforo (P)	0.3	mg/kg	75.1	52.5	46.6	13.3
Plomo (Pb)	0.06	mg/kg	8.81	8.3	6.42	4.66
Antimonio (Sb)	0.2	mg/kg	0.36	0.2	0.26	0.2
Selenio (Se)	0.3	mg/kg	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Estaño (Sn)	0.1	mg/kg	0.28	0.23	0.16	0.13
Estroncio (Sr)	0.1	mg/kg	2.1	1.6	1.5	1.0
Titanio (Ti)	0.03	mg/kg	3.33	2.23	1.37	1.0
Talio (Tl)	0.3	mg/kg	0.61	0.46	0.29	0.22
Vanadio (V)	0.04	mg/kg	3.20	2.15	1.98	0.99
Zinc (Zn)	0.2	mg/kg	37.9	33.7	21.4	18.5

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

Fuente: Resultados de suelo reportados en base seca del laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C

INFORME DE ENSAYO N° 126177-2018

CON VALOR OFICIAL

RESULTADOS DE LA SEGUNDA REPETICIÓN:

Producto declarado			Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Matriz analizada			Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Fecha de muestreo			2018-10-25	2018-10-25	2018-10-25	2018-10-25
Hora de inicio de muestreo (h)			12:30	12:30	12:30	12:30
Condiciones de la muestra			Conservada	Conservada	Conservada	Conservada
Código del cliente			T1	T2	T3	T4
Código de laboratorio			18101933	18101934	18101935	18101936
Ensayo	L.D.M	unidades	Resultados			
Metales						
Plata (Ag)	0.07	mg/kg	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07
Aluminio (Al)	1.4	mg/kg	1128.5	1101.5	962.5	765.8
Arsénico (As)	0.1	mg/kg	17.9	12.7	10.0	6.3
Boro (B)	0.2	mg/kg	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Bario (Ba)	0.2	mg/kg	13.3	10.0	8.2	4.5
Berilio (Be)	0.03	mg/kg	0.14	0.8	0.4	0.06
Calcio (Ca)	4.7	mg/kg	635.3	521.7	395.5	234.5
Cadmio (Cd)	0.04	mg/kg	1.2	0.71	0.51	0.39
Cerio (Ce)	0.2	mg/kg	3.5	2.6	2.2	1.1
Cobalto (Co)	0.05	mg/kg	9.82	7.8	6.5	2.4
Cromo (Cr)	0.04	mg/kg	2.26	2.08	1.85	1.0
Cobre (Cu)	0.1	mg/kg	59.2	43.8	31.6	28.4
Hierro (Fe)	0.2	mg/kg	>20000	>20000	>20000	>20000
Mercurio (Hg)	0.1	mg/kg	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Potasio (K)	4.3	mg/kg	275.8	165.3	138.7	124.1
Litio (Li)	0.3	mg/kg	1.3	1.22	1.12	0.5
Magnesio (Mg)	4.4	mg/kg	230.2	163.8	132.8	82.5
Manganeso (Mn)	0.05	mg/kg	655.7	320.5	288.9	205.5
Molibdeno (Mo)	0.2	mg/kg	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Sodio (Na)	2.3	mg/kg	10.3	9.3	7.8	3.6
Níquel (Ni)	0.06	mg/kg	6.82	5.85	4.0	2.0
Fósforo (P)	0.3	mg/kg	65.1	42.9	38.6	15.3
Plomo (Pb)	0.06	mg/kg	6.81	6.3	6.22	4.8
Antimonio (Sb)	0.2	mg/kg	0.45	0.31	0.29	0.21
Selenio (Se)	0.3	mg/kg	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Estaño (Sn)	0.1	mg/kg	0.50	0.33	0.22	0.18
Estroncio (Sr)	0.1	mg/kg	2.1	1.46	1.34	1.1
Titanio (Ti)	0.03	mg/kg	2.8	2.23	1.37	1.21
Talio (Tl)	0.3	mg/kg	0.53	0.34	0.28	0.12
Vanadio (V)	0.04	mg/kg	3.1	2.11	1.78	1.0
Zinc (Zn)	0.2	mg/kg	33.9	30.7	22.2	11.5

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

Fuente: Resultados de suelo reportados en base seca del laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C

INFORME DE ENSAYO N° 126177-2018

CON VALOR OFICIAL

RESULTADOS DE LA TERCERA REPETICIÓN:

Producto declarado			Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Matriz analizada			Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Fecha de muestreo			2018-10-25	2018-10-25	2018-10-25	2018-10-25
Hora de inicio de muestreo (h)			12:30	12:30	12:30	12:30
Condiciones de la muestra			Conservada	Conservada	Conservada	Conservada
Código del cliente			T1	T2	T3	T4
Código de laboratorio			18101933	18101934	18101935	18101936
Ensayo	L.D.M	unidades	Resultados			
Metales						
Plata (Ag)	0.07	mg/kg	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07
Aluminio (Al)	1.4	mg/kg	1025.5	1111.5	983.5	755.7
Arsénico (As)	0.1	mg/kg	21.9	15.7	11.0	6.8
Boro (B)	0.2	mg/kg	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Bario (Ba)	0.2	mg/kg	14.4	11.0	9.2	5.5
Berilio (Be)	0.03	mg/kg	0.24	0.7	0.4	0.02
Calcio (Ca)	4.7	mg/kg	621.3	481.7	355.5	214.5
Cadmio (Cd)	0.04	mg/kg	1.3	0.92	0.55	0.40
Cerio (Ce)	0.2	mg/kg	3.3	2.3	2.1	1.0
Cobalto (Co)	0.05	mg/kg	10.52	8.8	7.5	2.2
Cromo (Cr)	0.04	mg/kg	2.36	2.28	1.99	1.0
Cobre (Cu)	0.1	mg/kg	61.2	53.3	41.6	18.2
Hierro (Fe)	0.2	mg/kg	>20000	>20000	>20000	>20000
Mercurio (Hg)	0.1	mg/kg	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Potasio (K)	4.3	mg/kg	265.4	135.3	128.3	114.4
Litio (Li)	0.3	mg/kg	1.33	1.17	1.1	0.3
Magnesio (Mg)	4.4	mg/kg	240.5	186.5	122.5	62.5
Manganeso (Mn)	0.05	mg/kg	675.8	310.8	268.5	205.5
Molibdeno (Mo)	0.2	mg/kg	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Sodio (Na)	2.3	mg/kg	8.3	6.3	5.5	2.3
Níquel (Ni)	0.06	mg/kg	7.92	6.87	5.0	1.0
Fósforo (P)	0.3	mg/kg	61.1	41.5	36.6	18.5
Plomo (Pb)	0.06	mg/kg	7.7	6.5	6.1	3.8
Antimonio (Sb)	0.2	mg/kg	0.55	0.43	0.27	0.11
Selenio (Se)	0.3	mg/kg	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Estaño (Sn)	0.1	mg/kg	0.60	0.43	0.23	0.11
Estroncio (Sr)	0.1	mg/kg	2.0	1.36	1.22	0.5
Titanio (Ti)	0.03	mg/kg	2.5	2.13	1.3	1.1
Talio (Tl)	0.3	mg/kg	0.63	0.47	0.38	0.15
Vanadio (V)	0.04	mg/kg	3.0	2.31	1.88	1.0
Zinc (Zn)	0.2	mg/kg	35.5	30.3	25.2	9.5

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

Fuente: Resultados de suelo reportados en base seca del laboratorio de Servicios Analíticos Generales

S.A.C

ANEXO 8: Resultados de los análisis del tejido vegetal.

INFORME DE ENSAYO N° 126177-2018 CON

VALOR OFICIAL

RESULTADOS:

Producto declarado			Tejido Vegetal
Matriz analizada			Tejido Vegetal
Fecha de muestreo			2018-10-25
Hora de inicio de muestreo (h)			12:30
Condiciones de la muestra			Refrigerada
Código del cliente			B1
Código del Laboratorio			18101937
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados
*Metales Totales			
Plata (Ag)	0.07	mg/kg	<0.07
Aluminio (Al)	1.4	mg/kg	2638.7
Arsénico (As)	0.1	mg/kg	26.4
Boro (B)	0.2	mg/kg	4.9
Bario (Ba)	0.2	mg/kg	29.2
Berilio (Be)	0.03	mg/kg	0.20
Calcio (Ca)	4.7	mg/kg	8377.2
Cadmio (Cd)	0.04	mg/kg	2.02
Cerio (Ce)	0.2	mg/kg	4.7
Cobalto (Co)	0.05	mg/kg	9.90
Cromo (Cr)	0.04	mg/kg	3.89
Cobre (Cu)	0.1	mg/kg	65.9
Hierro (Fe)	0.2	mg/kg	>20000
Mercurio (Hg)	0.1	mg/kg	<0.1
Potasio (K)	4.3	mg/kg	8463.2
Litio (Li)	0.3	mg/kg	3.4
Magnesio (Mg)	4.4	mg/kg	4250.8
Manganeso (Mn)	0.05	mg/kg	495.83
Molibdeno (Mo)	0.2	mg/kg	<0.2
Sodio (Na)	2.3	mg/kg	619.4
Níquel (Ni)	0.06	mg/kg	10.38
Fósforo (P)	0.3	mg/kg	>6000
Plomo (Pb)	0.06	mg/kg	15.83
Antimonio (Sb)	0.2	mg/kg	<0.2
Selenio (Se)	0.3	mg/kg	<0.3
Estaño (Sn)	0.1	mg/kg	0.4
Estroncio (Sr)	0.1	mg/kg	3.53
Titanio (Ti)	0.03	mg/kg	8.88
Talio (Tl)	0.3	mg/kg	0.6
Vanadio (V)	0.04	mg/kg	7.34
Zinc (Zn)	0.2	mg/kg	73.35
Uranio (U)	0.7	mg/kg	<0.7

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

Lima, 08 de noviembre del 2018.

Fuente: Resultados de suelo reportados en base seca del laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C

ANEXO 9: Resultado iniciales y finales del barrido de los 18 metales pesados en los 4 tratamientos de las 3 repeticiones.

METALES	RESULTADOS INICIALES	T1	T2	T3	T4
Plata (Ag)	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Arsénico (As)	50.0	16,9	13,7	12	7,8
Bario (Ba)	41.7	15,5	11	9,3	5,5
Cadmio (Cd)	2.45	1,22	0,81	0,61	0,49
Cerio (Ce)	6.2	3,1	2,8	2,3	1,1
Cobalto (Co)	21.49	10,82	8,8	7,5	3,41
Cobre (Cu)	69,2	69,2	51,9	51,1	38,4
Hierro (Fe)	20000	20000	20000	20000	20000
Mercurio (Hg)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Molibdeno (Mo)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Níquel (Ni)	11.78	5,82	4,81	3	2,26
Plomo (Pb)	20.14	8,81	8,3	6,42	4,66
Antimonio (Sb)	0.9	0,36	0,2	0,26	0,2
Selenio (Se)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Estaño (Sn)	1.1	0,28	0,23	0,16	0,13
Estroncio (Sr)	4.4	2,1	1,6	1,5	1
Talio (Tl)	1.3	0,61	0,46	0,29	0,22
Zinc (Zn)	86.6	37,9	33,7	21,4	18,5

Fuente: Propia

ANEXO 10: Resultados iniciales y finales del barrido de los 18 metales pesados en los 4 tratamientos de las 3 repeticiones.

METALES	RESULTADOS INICIALES	T1	T2	T3	T4
Plata (Ag)	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Arsénico (As)	50.0	17,9	12,7	10	6,3
Bario (Ba)	41.7	13,3	10	8,2	4,5
Cadmio (Cd)	2.45	1,2	0,71	0,51	0,39
Cerio (Ce)	6.2	3,5	2,6	2,2	1,1
Cobalto (Co)	21.49	9,82	7,8	6,5	2,4
Cobre (Cu)	69,2	59,2	43,8	31,6	28,4
Hierro (Fe)	20000	20000	20000	20000	20000
Mercurio (Hg)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Molibdeno (Mo)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Níquel (Ni)	11.78	6,82	5,85	4	3,6
Plomo (Pb)	20.14	6,81	6,3	6,22	4,8
Antimonio (Sb)	0.9	0,45	0,31	0,29	0,21
Selenio (Se)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Estaño (Sn)	1.1	0,5	0,33	0,22	0,18
Estroncio (Sr)	4.4	2,1	1,46	1,34	1,1
Talio (Tl)	1.3	0,53	0,34	0,28	0,12
Zinc (Zn)	86.6	33,9	30,7	22,2	11,5

Fuente: Propia

ANEXO 11: Resultados iniciales y finales del barrido de los 18 metales pesados en los 4 tratamientos de las 3 repeticiones.

METALES	RESULTADOS INICIALES	T1	T2	T3	T4
Plata (Ag)	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Arsénico (As)	50.0	21,9	15,7	11	6,8
Bario (Ba)	41.7	14,4	11	9,2	5,5
Cadmio (Cd)	2.45	1,3	0,92	0,55	0,4
Cerio (Ce)	6.2	3,3	2,3	2,1	1
Cobalto (Co)	21.49	10,52	8,8	7,5	2,2
Cobre (Cu)	69,2	61,2	53,3	41,6	18,2
Hierro (Fe)	20000	20000	20000	20000	20000
Mercurio (Hg)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Molibdeno (Mo)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Níquel (Ni)	11.78	7,92	6,87	5	1
Plomo (Pb)	20.14	7,7	6,5	6,1	3,8
Antimonio (Sb)	0.9	0,55	0,43	0,27	0,11
Selenio (Se)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Estaño (Sn)	1.1	0,6	0,43	0,23	0,11
Estroncio (Sr)	4.4	2	1,36	1,22	0,5
Talio (Tl)	1.3	0,63	0,47	0,38	0,15
Zinc (Zn)	86.6	35,5	30,3	25,2	9,5

Fuente: Propia