



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL**

“REMOCIÓN DE CADMIO Y PLOMO EN SUELOS A ORILLAS DEL
RIO MANTARO, JUNIN, MEDIANTE FITORREMEDIACION CON
GIRASOL (HELIANTHUS ANNUS) Y MAÍZ (ZEA MAYS) USANDO
ENMIENDAS”

**TESIS PARA TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERIO AMBIENTAL**

AUTOR:

GRANDEZ ARGOMEDA, MAXIMO GABRIEL ALFREDO

ASESOR:

MG. CABELLO TORRES RITA JAQUELINE

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

CALIDAD Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES

LIMA – PERU

2017

DEDICATORIA

A mi tan amada madre Gabby Lucy Argomeda Rosales y a mi respetable padre Alfredo Grandez Flores por haber confiado en mí, estar siempre presentes en mis pensamientos y haber logrado todo a pesar de las distancias y circunstancias de la vida , ser ejemplo de sencillez, humildad y responsabilidad. A mis hermanos Jorge, Gustavo, Jesús por su cariño y amor. A todos en especial por sus consejos y extensas charlas y por ayudarme a lograr esta meta tan importante.

A mi tan querida universidad por haberme recibido en momentos tan trascendentales en mi vida pues ahí tuve vivencias que marcaron mi vida, que nunca podré olvidar. Ahí estude, ahí me prepare, ahí dormí, ahí comí y porque ahí se vieron mis alegrías, mis tristezas y triunfos gracias.

AGRADECIMIENTOS

A dios por mandarme un hijo de su rebaño mi amigo Ángelo Alegre Ibarra e impedir que el desaliento influya en mis peores momentos, a mi madre Gaby Lucy Argomeda Rosales, con la mayor de las gratitudes por los esfuerzos realizados para que logre terminar mi carrera siendo para mí el mejor legado eres y serás el ser máspreciado en mi vida. Gracias por el apoyo moral anímico, tu cariño y comprensión, por estar ahí en aunque las distancias siempre nos separaron. A mi padre Alfredo Grandez Flores porque desde siempre él ha sido para mí un ejemplo de un hombre respetable y maravilloso al que siempre he respetado y admirado. Gracias por guiar mi vida y camino con tus infaltables enseñanzas gracias por todo.

Agradecer profundamente a mi asesora la Ingeniera Rita Jaqueline Caballero torres por su incondicional apoyo sus enseñanzas y haber compartido una de las mejores experiencias durante mi estancia en la universidad y haberme trasmitido ese espíritu incansable de hacer bien las cosas, pero sobre todo por ser un ejemplo a seguir.

Así mismo una profunda gratitud al Ing. Gianpiere Pereda Llanos por su gran apoyo para poder realizar este objetivo tan importante y a mi compañera Ana Flavia Ríos Rodríguez sin su ayuda no habría podido lograr mi cometido, de una manera muy respetuosa agradecer a mí ya colega la Ing. Kriss Razuri Malqui por su apoyo para conmigo, todo lo agradecido y si me olvido de alguna persona que influyo de sobre manera le agradezco de ante mano dándole la misma gratitud que dejo sentir en mi todo lo vivido gracias con todos.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, GRANDEZ ARGOMEDA MAXIMO GABRIEL ALFREDO con DNI N° 42254051, en cumplimiento con las reglamentaciones correspondientes de grados y títulos de la universidad Cesar Vallejo, declaro bajo juramento que toda la información, documentación es de carácter original y autentica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información con respecto a esta tesis son veraces y auténticos.

De esta manera, asumo cualquier responsabilidad que devenga ante cualquier falsedad, omisión de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en el reglamento académico de la Universidad Cesar Vallejo.

Lima, Julio del 2017.

Maximo gabriel Alfredo Grandez Argomeda

PRESENTACION

Señores Miembros Del Jurado:

En cumplimiento del reglamento de Grados Y Títulos De La Universidad Cesa Vallejo presento ante usted la tesis titulada: REMOCIÓN DE Cd y Pb EN SUELOS A ORILLAS DEL RIO MANTARO, JUNIN, MEDIANTE FITORREMEDIACION CON GIRASOL Y MAÍZ USANDO ENMIENDAS, la misma que someto a vuestra votación y espero cumplir con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de ingeniero ambiental.

Maximo Gabriel Alfredo Grandez Argomeda

ÍNDICE

DEDICATORIAS.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
DECLARACION DE AUTENTICIDAD.....	iv
PRESENTACION.....	v
Índice.....	vi
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	12
1.2. TRABAJOS PREVIOS.....	15
1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA.....	18
1.3.1. CONCEPTOS RELACIONADOS.....	18
1.3.2. MARCO TEÓRICO.....	25
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	30
1.4.1. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	30
1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	31
1.6. HIPÓTESIS.....	31
1.6.1. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	32
1.7. OBJETIVOS.....	32
1.7.1. OBJETIVO GENERAL.....	32
1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	32
II. MÉTODO.....	33
2.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	33
2.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	35
2.3. POBLACIÓN Y ESCENARIO.....	36
2.3.1 MUESTREO.....	36
2.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.....	38
2.5. MÉTODOS DE ANALISIS DE DATOS.....	40
2.6. ASPECTOS ÉTICOS.....	40

III. RESULTADOS.....	41
3.1. RESULTADOS DE LA REMOCIÓN DE PLOMO y CADMIO EN LA ESPECIE HELIANTHUS ANNUUS (GIRASOL).....	41
3.2. RESULTADOS DE LA REMOCIÓN DE PLOMO Y CADMIO EN LA ESPECIE ZEA MAYS (MAIZ).....	47
3.3. RESULTADOS DE LAS CONCENTRACIONES DE CADMIO Y PLOMO EN LA BIOMASA RADICULAR DEL TEJIDO VEGETAL DE HELIANTHUS ANNUUS (GIRASOL).....	53
3.4. RESULTADOS DE LAS CONCENTRACIONES DE CADMIO Y PLOMO EN LA BIOMASA RADICULAR DEL TEJIDO VEGETAL DE ZEA MAYS (MAIZ).....	57
3.5. RESULTADOS DE LA EFICIENCIA DE REMOCION DE CADMIO Y PLOMO EN SUELOS CONTAMINADOS.....	61
IV. DISCUSION.....	64
V. CONCLUSION.....	65
VI. RECOMENDACIONES.....	67
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68

Anexo N° 1: Formato de instrumentos

Instrumento N°1: Tratamientos Y Enmiendas

Instrumento N°2: Instrumento Del Testigo

Instrumento N°3: Condiciones Iniciales Del Suelo

Instrumento N°4: Características De La Planta

Anexo N° 2: Fotografías

Anexo N° 3: Matriz de consistencia

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N°1: ECAS de suelos.....	24
Cuadro N°2: Diseño de investigación.....	33
Cuadro N°3: Operacionalización de variable.....	35
Cuadro N°4: Coordenadas UTM, WGS84.....	37
Cuadro N°5: Rango de germinación.....	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: MAIZ (ZEA MAYS).....	20
Figura N° 2: GIRASOL (HELIANTHUS ANNUS).....	21
Figura N° 3: Enmienda Humus de Lombriz.....	22
Figura N° 4: Enmienda compost de stevia.....	23
Figura N° 5: Imagen satelital de la zona de influencia y puntos de muestreo.....	37

RESUMEN

En el presente trabajo se evaluara, mediante tratamientos, la optimización de la fitoextracción de metales pesados mediante *Helianthus annuus* L. (girasol) y *Zea Mays* (maíz), especies bioacumuladoras de metales pesados, mediante la adición de enmiendas al suelo contaminado, para la fitoextracción de plomo y cadmio.

Se inició tomando un total de 50 kg de muestras de suelo contaminado con cadmio y plomo, del departamento de Junín provincia de Jauja distrito de Huaripampa; posteriormente se homogenizó las muestras para tener una sola muestra representativa, la cual nos brindara los datos iniciales del suelo para este estudio, mediante 6 tratamientos con enmiendas, más 2 usando testigos sin enmiendas, se darán para 3 repeticiones dando un total de 24 pruebas. Mediante este procedimiento obtendremos datos confiables, para optimizar con cuál de las especies es más recomendable trabajar para la extracción de cadmio y plomo en suelos de cultivo agrícola, dando de esta manera una solución confiable y de menor costo, comparada con otros tratamientos, al problema de suelos contaminados por metales pesados en áreas de cultivo agrícola.

Así mismo, se tiene conocimiento de estudios previos usando las 2 especies mencionadas en el presente trabajo, lo cual nos indica que *Helianthus annuus* L., tiene más probabilidad de absorber más plomo que cadmio y de igual manera el *Zea mays* tiene más oportunidad de absorber cadmio, teniendo en cuenta que se usaron enmiendas, que en este caso fueron humus y compost, para un óptimo desarrollo de las especies usadas en el presente trabajo, dando de esta manera las condiciones para el óptimo desarrollo de cada especie cultivada.

El tiempo de duración de los cultivos fue de 64 días, los resultados obtenidos durante el tratamiento estadístico arrojaron con un nivel de confianza del 95%, se pudo determinar la remoción de los metales pesados en el suelo contaminado con un 11% de remoción de cadmio, 9.951% de remoción de plomo con las respectivas plantas cultivadas, existe diferencia estadísticamente significativa entre las concentraciones de cadmio y plomo de un tratamiento a otro, así también la absorción por parte de las 2 especies de plantas cultivadas, para obtener como datos, mayor concentración de los metales pesados en la biomasa radicular y un porcentaje menor en la parte aérea de la planta; y dando óptimos resultados en la eficiencia de la remoción de metales pesados en suelos contaminados teniendo en cuenta que los mejores resultados se dieron con el Maíz usando Compost + Humus.

Palabras clave: cadmio, plomo, fitorremediación, remoción.

ABSTRACT

In the present work, the optimization of phytoextraction of heavy metals by *Helianthus annuus* L. (sunflower) and *Zea Mays* (maize), bioaccumulating heavy metal species, by means of the addition of amendments to the contaminated soil, will be evaluated by means of treatments. Phytoextraction of lead and cadmium.

It began by taking a total of 50 kg of samples of soil contaminated with cadmium and lead, from the department of Junín province of Jauja district of Huaripampa; We then homogenized the samples to have a single representative sample, which would provide the initial soil data for this study, using 6 treatments with amendments, plus 2 using controls without amendments, for 3 replications, giving a total of 24 tests. Through this procedure we will obtain reliable data to optimize with which of the species it is more advisable to work for the extraction of cadmium and lead in agricultural soils, thus giving a reliable and less expensive solution, compared to other treatments, to the problem of soils contaminated by heavy metals in areas of agricultural cultivation.

Also, we know of previous studies using the 2 species mentioned in the present study, which indicates that *Helianthus annuus* L. is more likely to absorb more lead than cadmium and likewise *Zea mays* has more opportunity to absorb Cadmium, taking into account that amendments were used, which in this case were humus and compost, for an optimal development of the species used in the present work, thus giving the conditions for the optimum development of each cultivated species.

The duration of the cultures was 64 days, the results obtained during the statistical treatment yielded with a confidence level of 95%, it was possible to determine the removal of the heavy metals in the soil contaminated with an 11% removal of cadmium, 9,951% of lead removal with the respective cultivated plants, there is a statistically significant difference between the concentrations of cadmium and lead from one treatment to another, as well as the absorption by the two species of cultivated plants, to obtain as data, greater Concentration of heavy metals in root biomass and a lower percentage in the aerial part of the plant; And giving optimum results in the efficiency of the removal of heavy metals in contaminated soils taking into account that the best results were obtained with Maize using Compost + Humus.

Key words: cadmium, lead, phytoremediation, removal.

I. INTRODUCCIÓN

En el suelo podemos encontrar gran variedad de elementos, ya sea de manera natural o antropogénicas; de esta manera podemos deducir que el uso excesivo de fertilizantes o agentes sintéticos que se utilicen para el tratamiento de los suelos puede ser objeto del daño que se le produce al suelo, de igual manera la extracción de minerales del suelo es una forma muy común de contaminación de los suelos debido a que es común la utilización de elementos químicos para sus procesos y en un país minero siempre tiene otras consecuencias muy desfavorables para el medio ambiente.

La fitorremediación de suelos es una de las soluciones más eficaces que consiste en la aplicación de plantas tolerantes a grandes niveles de metales pesados, dichas plantas tienen la capacidad de acumular, absorber o volatilizar contaminantes presentes en el suelo (Chaney, 1997). Una de las técnicas ambientalmente amigable para resolver la contaminación que se origina por metales pesados en el suelo, es aquella basada en la utilización de plantas que tienen la propiedad de extraer, transportar y acumular; el mecanismo de fitorremediación o fitoextracción que consiste en la remoción, transferencia, estabilización y/o degradación y neutralización de compuestos orgánicos, inorgánicos y radioactivos que resultan tóxicos para el suelo y agua.

Las maneras de remediar el suelo contaminado por metales pesados utilizando plantas para este medio, siempre será una opción primordial a considerar, pues de este tipo de tratamientos es que se realizó este trabajo, el de utilizar girasol (*Helianthus annuus*) y Maíz (*Zea mays*) para la reducción de cadmio y plomo, dando énfasis en el uso de enmiendas para su mejor desarrollo, crecimiento y absorción, pues así mismo

evaluar que especies es más factible a utilizar y con tipo de metal pesado.

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

- UBICACIÓN DEL DISTRITO DE HUARIPAMPA

El distrito de Huaripampa tiene una superficie de 14.19 km², se encuentra a 3 354 msnm, y tiene una población permanente de unos 3354 habitantes. Se encuentra ubicado en la margen derecha del Valle del río Mantaro, que se encuentra a unos 20 minutos de la Ciudad de Jauja.

Hoy en día la contaminación por metales pesado en el Perú y el mundo, vienen siendo impulsada por diversas actividades que ejerce el hombre, uno de ellos es el caso de mineras tanto informales como ilegales e incluso de grandes mineras o pasivos que hayan dejado anteriores empresas extractivas que no cumplen con las normas ambientales, dejando grandes daños irreparables a la naturaleza y la sociedad en la cual se ha desarrollado esta actividad.

Los suelos que quedan tras una explotación minera contienen todo tipo de materiales residuales, escombros estériles, una gran variedad de metales, entre otros, lo que representa graves problemas para el desarrollo de la cubierta vegetal, siendo sus características más notables las siguientes: clase textural desequilibrada, ausencia o baja presencia de la estructura edáfica, propiedades químicas anómalas, disminución o desequilibrio en el contenido de nutrientes fundamentales, ruptura de los ciclos biogeoquímicos, baja profundidad efectiva, dificultad de enraizamiento, baja capacidad de cambio, baja retención de agua y presencia de compuestos tóxicos (Cuevas, 2010) (Hernández, 2011)

Las plantas cultivadas en suelos contaminados absorben en general más oligoelementos y la concentración de éstos en los tejidos vegetales está a menudo directamente relacionada con su abundancia en los suelos, y especialmente en la solución.

En los suelos se pueden encontrar diferentes metales, formando parte de los minerales propios; como son silicio (Si), aluminio (Al), hierro (Fe), calcio (Ca), sodio (Na), potasio (K), magnesio (Mg). También puede encontrarse manganeso (Mn), que generalmente se presenta en el suelo como óxido y/o hidróxido, formando concreciones junto con otros elementos metálicos. Algunos de estos metales son esenciales en la nutrición de las plantas, así son requeridos algunos de ellos como el Mn, imprescindible en el fotosistema y activación de algunas enzimas para el metabolismo vegetal (Mahler, 2003).

El término de metal pesado refiere a cualquier elemento químico metálico que tenga una relativa alta densidad y sea tóxico o venenoso en concentraciones incluso muy bajas. Los ejemplos de metales pesados o algunos metaloides, incluyen el mercurio (Hg), cadmio (Cd), arsénico (As), cromo (Cr), talio (Tl), y plomo (Pb), entre otros (Lucho et al., 2005a).

La contaminación del río Mantaro se llevó a cabo por las actividades extractivas en su mayoría la minería, al descargar grandes cantidades de aguas ácidas, en las cuales contienen metales pesados difíciles de tratar, que causa daño a la salud de las personas no solo de la zona sino también a la población que se abastece de áreas de cultivo aledañas y en especial al medio ambiente.

Según el Dr. Godofredo Arauzo El río Mantaro nace del lago de Junín ya contaminado el 100% especialmente por metales pesados que no se alteran y en cantidades elevadas: cobre y cadmio 4 veces más que lo

permitido, plomo 13 veces más y hierro más de 30 veces y en ciertas veces del año 130 veces más.(ARAUZO, 2016)

Las aguas del río Mantaro son empleadas para el riego de los suelos agrícolas en ambos márgenes del valle del Mantaro por muchos años, desde 1940 viene contaminando con metales pesados los suelos agrícolas.

Las aguas del río Mantaro contienen moléculas y compuestos contaminantes que son arrastrados a largas distancias, lo que conlleva la presencia de elementos contaminantes en las aguas del río Mantaro, especialmente de metales pesados que son componentes negativos para la salud humana, del suelo y de los animales, provocando así efectos negativos irreversibles en el organismo humano y en animales al consumir vegetales regados con estas aguas.

Es el caso del distrito de Huaripampa que al encontrarse al margen derecho del río Mantaro es beneficiada por las aguas del río para regar sus cultivos, debido a que es una principal actividad económica, por otro lado es perjudicial, ya que esas aguas traen consigo metales pesados, que a su vez son adsorbidos y almacenados en los suelos fértiles productivos para la agricultura, originando que los alimentos absorban los metales pesados. Estos metales son irrigados con aguas a los canales y PLAN MERIS, dicho plan es perteneciente al Ministerio de Agricultura, proveniente del río Mantaro, iniciándose en Ataura y culminando en el Distrito de Huacrapuquio, sumando y dando problema aproximadamente a 17 distritos por dicha contaminación.

El Valle del Mantaro es considerado como la despensa de alimentos (hortalizas, tubérculos, cereales, leguminosas, etc.) para la zona central del país, en particular para Lima, donde constituye el mercado de mayor importancia, pues aproximadamente el 40% de la producción agrícola del valle se destina al mercado de la capital, un 30% se comercializan

en los mercados de las otras provincias de la región y el 30% restante se destina al consumo y a la producción de semillas.

A pesar de las denuncias por parte de los agricultores hacia las empresas extractivas, aun no se han logrado establecer planes ni programas para la recuperación del río Mantaro. Es por ello que se busca con la presente investigación remover las altas concentraciones de metales pesados como Cd y Pb en dichos suelos, con la espera que mediante el proceso de fitorremediación se puede disminuir los niveles de concentraciones aplicando enmiendas de humus y compost, para contribuir al cuidado del medio ambiente aplicando procesos que sean rentables y sostenibles para el Distrito de Huaripampa.

1.2. TRABAJOS PREVIOS

ANTECEDENTES INTERNACIONALES

MUSO (2012). En su estudio titulado, “Diseño de un vivero piloto en campo con el fin de determinar la capacidad fitorremediadora de especies que hay en el Oriente Ecuatoriano”, para este estudio se utilizó 4 concentraciones de Cd (0, 20, 40 y 60 ppm), cada una con un total de 30 plantas y se analizó el Cd presente en la parte aérea, raíz y suelo a los 60 y 120 días de exposición mediante absorción atómica por llama. Para el estudio piloto se plantaron 5 especies (Camacho, cabezona, maíz, girasol y dalis). El suelo de cada cubeta expuesto a 15 ppm. Los resultados arrojados mostraron una remoción de hasta 79,67 %, la especie que tuvo mayor capacidad de remoción fue el maíz, superando al camacho.

GAMBOA (2015), realizó el estudio de: “Fitoextracción de metales preciosos y contaminantes con *helianthus annuus* L. (girasol) inducida por adyuvantes químicos en la Universidad Autónoma de Sinaloa, México”. El objetivo que se describe en este trabajo es el de evaluar el

potencial de absorción de Au, Ag, Cu por la especie vegetal *Helianthus annuus* (girasol) que crece en los relaves de las minas usando cianuro de sodio como agente inductor de la hiperacumulación del metal en el tejido vegetal. Las semillas de girasol fueron plantados en macetas que contenían un promedio de 3.5 kg de sustrato previamente preparado. Las plantas se cultivaron durante 13 semanas en una casa de sombra bajo condiciones de temperatura que van desde 24 hasta 38 ° C y la humedad de 40-60%. Se concluyó lo siguiente: La especie *H. annuus* es una especie viable para ser utilizada tanto en procesos de fitominería para extracción de Au y Ag alojado en desechos de mina, como en procesos de fitorremediación de Cu. Además, se puede concluir que, en los sustratos donde se cultivan plantas tales como la especie *H. annuus*, utilizada en este estudio, el proceso de degradación de los residuos de NaCN.

ANTECEDENTES NACIONALES

CHICO, CERNA, et al. (2012). En su trabajo sobre la “fitorremediación utilizando girasoles”. Las semillas de *H. annuus* “girasol” fueron colectadas de la localidad de Barraza, provincia de Trujillo, Región La Libertad. Seleccionaron las plántulas de “girasol” con características semejantes, lo trasladaron a macetas de tecnopor de 1.5 kg de capacidad y cada una contenía 50% de arena gruesa y 50% de arena fina. En cada maceta colocaron 3 plántulas y en total fueron 20 plantas por tratamiento. Las plántulas de 20 días de crecimiento fueron sometidas a los siguientes tratamientos: 100 µM Pb/Lt, 200 µM Pb/L, 300 µM Pb/L, 400 µM Pb/L, 500 µM Pb/L. Concluyeron que la longitud de la raíz no se ve afectada por la concentración de plomo y la mayor concentración se da en las raíces secundarias y son capaces de tolerar concentraciones de 500 mg/l de plomo.

BUENDÍA, CRUZ, et al. (2014), En su investigación “La fitorremediación con Girasol *Helianthus Annuus* L, con compuestos orgánicos e

inorgánicos para absorber metales pesados”, indica que la fitorremediación es una tecnología que usa plantas para recuperar suelos contaminados con compuestos orgánicos o inorgánicos. Con el objetivo de conocer la capacidad de la planta de girasol *Helianthus annuus* L, para crecer, absorber y acumular metales pesados como el plomo en sus tejidos, instalaron un experimento en el Laboratorio de Fertilidad de la Universidad Agraria La Molina, que duró 60 días. Utilizaron el diseño estadístico completamente al azar, con tres repeticiones. Las muestras de suelos fueron tomadas de los alrededores de la refinería Maple Gas – Pucallpa con acondicionadores: humus de lombriz, aserrín de bolaina blanca y perlita blanca; y como planta fitoextractora, el girasol *Helianthus annuus* L. Los resultados y la prueba de significación estadística arrojaron que el tratamiento T4 (suelo contaminado más humus y aserrín de bolaina) y el tratamiento T6 (suelo contaminado más humus y perlita) obtuvieron un mejor crecimiento en altura y peso seco de los tejidos de la planta (raíz, tallo y hojas). Además extrajeron y acumularon mayor cantidad de metales pesados de los hidrocarburos de petróleo, como es el Pb, en comparación con los demás tratamientos. Esto confirma que la planta de girasol es un buen fitoextractor por haber acumulado plomo en un rango de 21.03 y 26.99 ppm de Pb.

ANTECEDENTES LOCALES

DIARIO EL COMERCIO (2010). En la noticia con título Río Mantaro “En situación crítica”: residuos mineros son el principal contaminante, redacta que esta cuenca es una de las más importantes del país, sin embargo presenta altos niveles de contaminación. Esta es una de las conclusiones que se desprenden de los resultados del “Informe sobre desarrollo humano 2009: por una densidad del Estado al servicio de la gente”, elaborado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). El estudio identifica cuáles son las causas de esta

contaminación: el Mantaro recibe descargas de 32 vertimientos mineros (pertenecientes a nueve empresas), así como aguas residuales de 43 distritos. Además, en su zona de influencia hay 272 pasivos mineros y botaderos pertenecientes a 34 centros poblados.

LEY N ° 28082 (2003). Ley que declaraba en emergencia la cuenca del río Mantaro; nos dice que las autoridades locales, regionales y nacionales no hicieron absolutamente nada, dicha ley se dio por las permanentes denuncias públicas de agricultores sobre la contaminación del río Mantaro por las mineras de Yauli y Doe Run; siendo el valle del Mantaro el mayor usuario de las aguas de este río, en ello se encuentran la mayoría los agricultores .El empleo de las aguas contaminadas del río Mantaro es confirmado por la CONAM y el ministerio de salud para la producción agrícola.

1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA

1.3.1. CONCEPTOS RELACIONADOS

- REMEDIACIÓN

Se refiere a la remoción de contaminación o contaminantes del medio ambiente (suelo, aguas subterráneas, sedimento o aguas de la superficie), para la protección general de la salud humana y del ambiente, o de tierras provistas para el redesarrollo. Remediación en términos de nuevos medios, es la representación de un medio en otro (Jay David Bolter y Richard Grusin, 1999).

- REMOCIÓN

La remoción de un metal se lleva a cabo mediante tratamientos, enmiendas, procesos para disminuir, separar o eliminar algunos contaminantes, que están presentes en el suelo, dicha remoción del

metal se da al disminuir, remover o quitar una parte del contaminante.

- ENMIENDAS ORGANICAS

Son residuos de origen animal y vegetal que adicionados a los suelos mejoran sus características químicas, físicas y biológicas
Efecto de la aplicación de residuos vegetales al suelo sobre las propiedades físicas del mismo.

- CADMIO

El cadmio es una sustancia natural en la corteza terrestre, se encuentra como mineral combinado con otras sustancias tales como oxígeno (óxido de cadmio), cloro (cloruro de cadmio), o azufre (sulfato de cadmio, sulfuro de cadmio). Todo tipo de terrenos y rocas, incluso minerales de carbón y abonos minerales, contienen algo de cadmio. El cadmio no se oxida fácilmente, y tiene muchos usos incluyendo baterías, pigmentos, revestimientos para metales, y plásticos. (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 1999).

- PLOMO

El plomo es un metal pesado de color azulado, es muy común encontrarlo en forma de sulfuros, por combinación con el azufre, el mayor uso se da en la fabricación de baterías para autos, en la medicina, materiales de construcción, soldadura, etc. El plomo a su vez puede ingresar al organismo humanos, lo cual puede conllevar a generar cuadros de anemia, dolores de cabeza, insomnio, disminución de aprendizaje, etc. (Sociedad Nacional de Minería Petróleo y Energía, 2012).

- BIORREMEDIACIÓN

La biorremediación es una técnica en la cual consiste en limpiar suelos contaminados de una forma muy práctica ya que se usan a los mismos microorganismos que viven en el suelo y el subsuelo. Se utiliza para describir la variedad de sistemas que utilizan los organismos vivos (plantas, hongos, bacterias, etc.). Esta estrategia biológica va a depender de las actividades catabólicas de los organismos. (Iturbe, 2010).

- MAÍZ (*Zea Mays*)

El maíz es una especie de gramínea que es originaria del continente americano y fue introducida en Europa en el siglo XVII, siendo en la actualidad el cereal con el mayor volumen de producción a nivel mundial. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2006).

FIGURA N°1: MAIZ (ZEA MAYS)



- GIRASOL (*Helianthus annuus*)

Es una planta herbácea anual de la familia de las asteráceas, originaria de Centro y Norteamérica y cultivada como alimenticia, oleaginosa y ornamental en todo el mundo. (Osorio, 2016).

FIGURA N°2: GIRASOL (HELIANTHUS ANNUS)



- HUMUS

El humus es la sustancia compuesta por ciertos productos orgánicos de naturaleza coloidal, que proviene de la descomposición de los restos orgánicos por organismos y microorganismos benéficos (hongos y bacterias). Se caracteriza por su color negruzco debido a la gran cantidad de carbono que contiene. Se encuentra principalmente en las partes altas de los suelos con actividad orgánica. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2009).

FIGURA N°3: Enmienda Humus de Lombriz



FUENTE: Propia

- **COMPOST**

La palabra compost viene del latín componer (juntar), por lo tanto, es la unión de restos orgánicos que sufren una transformación a través de la oxidación biológica secuencial que convierte materia orgánica heterogénea en un producto homogéneo. Es una descomposición que ocurre bajo condiciones controladas de humedad, temperatura y aireación realizada por microorganismos (bacterias, hongos y actinomicetes), que liberan energía por la actividad metabólica y, gracias a una serie de reacciones bioquímicas, agua, anhídrido carbónico y sales minerales. (Avedaño, 2003).

FIGURA N°4: Enmienda Compost de stevia.



FUENTE: Propia

- ENMIENDA

Son materiales capaces de provocar cambios en ciertas propiedades o características del suelo, para así tratarlo y manipular las condiciones del suelo utilizado, en el caso de la presente tesis con enmiendas de humus y compost.

- SUELO ARENOSO

Este suelo es seco, formado mayormente por arena, este suelo requiere de un riego con mucho cuidado para ser apto para cultivo, puede mejorarse el suelo con abono orgánico y fertilización.

- ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA SUELOS

El artículo 31° de la Ley N° 28611, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo

significativo para la salud de las personas ni al ambiente. El ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas; así como referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental. (MINAM, 2005).

N°	Parámetros	Usos del Suelo			Método de Ensayo
		Suelo Agrícola	Suelo Residencial / Parques	Suelo Comercial/Industrial/ Extractivos	
18	Cadmio total (mg/Kg MS)	1.4	10	22	EPA3050 -B EPA 3051
21	Plomo total (mg/Kg MS)	70	140	1200	EPA3050 -B EPA 3051

CUADRO N°1: ECAS PARA SUELO

Fuente: Diario El Peruano

- SUELO CONTAMINADO

El concepto de suelo contaminado ha ido evolucionando con el tiempo. Un suelo está contaminado cuando la presencia de uno o varios compuestos químicos alteran su funcionalidad o calidad. Tradicionalmente se venía teniendo en cuenta el criterio más sencillo para considerar un suelo contaminado: la concentración total de cada compuesto en el suelo. Si se excedía el valor propuesto estaría contaminado el suelo. Sin embargo muchos autores han criticado esta visión ya que, como hemos visto, la especiación, el fraccionamiento y la disponibilidad del compuesto en los suelos van a ser parámetros críticos para interpretar el riesgo. En España el Real Decreto 9/2005 establece el modo de determinar los valores guías de sustancias químicas en suelos y la forma de evaluar el riesgo, por lo que se aborda la declaración de suelo

contaminado desde una perspectiva toxicológica y del análisis de riesgos (Tarazona et al., 2005).

1.3.2. MARCO TEÓRICO

- TIPOS DE BIORREMEDIACIÓN:

Los tipos de biorremediación son los siguientes:

✓ FITORREMEDIACION

Es el método de usar plantas para limpiar suelos contaminados, que llegaría hacer una tecnología in situ no destructiva y de bajo costo y está basada en la estimulación de microorganismos degradadores (Merkl et al., 2004).

Consiste en el uso de plantas para mitigar o reducir niveles considerables de contaminantes ambientales, dentro de las técnicas se encuentran diferentes tipos tales Fitoextracción o Fitoacumulación, la fitoestabilización y la fitovolatilización (Singh et al., 2003).

✓ FITOEXTRACCIÓN

Podría considerarse como una tecnología a largo plazo, que puede requerir varios ciclos de cultivos para reducir la concentración de los contaminantes a niveles aceptables. Esta metodología de limpieza de suelos contaminantes que se hace a través de los tejidos de las plantas, presenta ventajas ecológicas y económicas. Esta opción de limpieza depende principalmente de las condiciones del suelo y de la planta acumuladora (Pulfort y Watson, 1993).

✓ FITOESTABILIZACIÓN

Es el uso de ciertas plantas para inmovilizar contaminantes en el suelo, sedimentos y lodos a través de su absorción y

acumulación en la raíz, absorción en la raíz o precipitación en la rizósfera. Por este proceso se reduce la movilidad de los contaminantes y previene la migración de los mismos al agua o aire; además disminuye la biodisponibilidad de los metales para su entrada a la cadena alimenticia.

✓ FITOVOLATILIZACIÓN

Involucra el uso de las plantas para absorber a los contaminantes, transformarlos a formas volátiles y por transpiración liberarlos a la atmosfera. La Fitovolatilización se aplica generalmente en agua subterránea aunque también puede usarse en suelo, sedimentos y lodos contaminados con Se, Hg o As (Chaney y col. 1997).

- CONTAMINACION POR METALES PESADOS

Un suelo contaminado es aquel que presenta cambios en sus características físicas, químicas o biológicas debido a la presencia de un elemento o compuesto a partir del cual se producen efectos desfavorables en él, causando daños directos e indirectos en el hombre y el ambiente.

Según Puga (2006), El suelo es alterado como resultado de las actividades mineras. Una de las anomalías biogeoquímicas que se generan al momento de la extracción, es el aumento de la cantidad de microelementos en el suelo convirtiéndolos a niveles de macroelementos los cuales afectan negativamente la calidad del suelo; estos afectan el número, diversidad y actividad de los organismos del suelo, inhibiendo la descomposición de la materia orgánica del suelo. Así mismo comenta que los metales son tóxicos para los organismos vivos y son inhibidores de factores ecológicos afectando el crecimiento de las plantas. El origen de los metales pesados en el suelo pueden ser geológicos o antropogénicos.

El primero, se refiere a la presencia de los elementos en los minerales y rocas y a la distribución que estos tiene en la corteza terrestre. El segundo, se debe a las actividades productivas del sector agropecuario, industrial y al desarrollo urbano, que generan contaminantes que son depositados en ríos, suelos y sedimentos.

Así mismo, los suelos que quedan tras una explotación minera contiene todo tipo de materiales residuales, escombros estériles, entre otros, lo que representa graves problemas para el desarrollo de la cubierta vegetal, siendo sus características más notables las siguientes: Clase textural desequilibrada, ausencia o baja presencia de la estructura edáfica, propiedades químicas anómalas, disminución o desequilibrio en el contenido de nutrientes fundamentales, ruptura de los ciclos biogeoquímicos, baja profundidad efectiva, dificultad de enraizamiento, baja capacidad de cambio, baja profundidad efectiva, dificultad de enraizamiento, baja capacidad de cambio, baja retención de agua y presencia de compuestos tóxicos (Gracia y Dorronsoro, 2002).

También los metales tienden a acumularse en la superficie del suelo quedando accesibles al consumo de las raíces de los cultivos (Baird, 1999).

- EFECTO METAL – PLANTA

El sistema suelo – planta se considera un sistema abierto, que se encuentra sujeto a aportes, tales como contaminantes, fertilizantes y pesticidas, y también a pérdidas mediante lixiviación, erosión o volatilización. La incorporación de los metales por las plantas que se hacen a través de las raíces, se encuentra influenciada por varios factores en las que destacan la temperatura, pH, aireación, condiciones redox y fertilización, la especie vegetal, el momento del desarrollo y el sistema radical, etc. (Roca, 2013).

- EFECTO DE LOS METALES PESADOS EN EL SUELO

Se consideran entre los metales pesados elementos como el plomo, el cadmio, el cromo, el mercurio, el zinc, el cobre, la plata, entre otros, los que constituyen una gran importancia, ya que algunos de ellos son esenciales para las células, pero en altas concentraciones pueden resultar tóxicos para los seres vivos, organismos del suelo, plantas y animales (Spain et al., 2003), incluyendo el hombre. En la corteza terrestre existe una similitud entre la distribución de Níquel (Ni), Cobalto (Co) y hierro (Fe).

En los horizontes superficiales del suelo (capa arable), el Ni aparece ligado a formas orgánicas, parte de las cuales pueden encontrarse formando quelatos fácilmente solubles. El Ni también es un elemento esencial para el metabolismo de las plantas, aun cuando estas requieren menos de 0.001mg Kg^{-1} de su peso seco (Mahler, 2003).

Dentro de los metales pesados, los denominados oligoelementos, y que pueden servir como micronutrientes para cultivos, ya que son requeridos en pequeñas cantidades y son necesarios para que los organismos completen su ciclo vital. Pasado cierto umbral se vuelven tóxicos. Como el B, Co, Cr, Cu, Mo, Mn, Ni, Fe, Se, y Zn.

También hay metales sin función biológica conocida, cuya presencia en determinadas cantidades en seres vivos lleva aparejada disfunciones en el funcionamiento de sus organismos. Resultan tóxicos y presentan la propiedad de acumularse en los organismos vivos, elementos tales como el Cd, Pb, Hg, Sb, Bi, Sn, Tl (García y Dorronsoro, 2005).

- PLANTAS HIPERACUMULADORAS DE METALES PESADOS

Las plantas que pueden crecer y desarrollarse en suelos con altas concentraciones de metales pesados pertenecen a una flora especializada, que coloniza suelos originarios de serpentina o ultramáficos ricos en Ni y calamina (mineral que contiene altas concentraciones de Zn y Cd), naturales o contaminados por la actividad antrópica como la actividad minera. Esas plantas son seleccionadas naturalmente por su alta tolerancia a un determinado metal (hipertolerancia), (Diez L, 2008).

Se han identificado alrededor de 415 especies de plantas hiperacumuladoras distribuidas en 45 familias botánicas con capacidad para acumular selectivamente alguna sustancia. Los hiperacumuladores son especies capaces de acumular metales a niveles de 100 veces más que aquellos típicamente medidos en retoños de plantas no acumuladoras comunes. Un hiperacumulador concentrará más de 10 $\mu\text{g/g-1}$ Hg; 100 $\mu\text{g/g-1}$ Cd; 1000 $\mu\text{g/g-1}$ Co, Cr, Cu, y Pb; 10 000 $\mu\text{g/g-1}$ Zn y Ni (Boyd R. S, 2008).

En la mayoría de los casos no se trata de especies raras, sino de cultivos bien conocidos, tal es el caso del girasol (*Heliantus annus*) capaz de absorber grandes cantidades de uranio depositado en el suelo y el maíz (*Sea mays*) con un gran potencial para la acumulación de cadmio y plomo (Mojiri A, 2011).

Todas las plantas tienen un potencial para absorber una amplia variedad de metales del suelo pero la mayor parte de las plantas tienden solamente a absorber los que son esenciales para su supervivencia y desarrollo. Existe una notable excepción de esta regla de un pequeño grupo de plantas que pueden tolerar, absorber y traslocar altos niveles de

ciertos metales, estas plantas reciben el nombre de hiperacumuladoras (Chen et al., 2004).

Una definición propone que si una planta contiene más de 0.1% de Ni, Co, Cu, Cr y Pb o 1% del Zn en sus hojas sobre una base del peso seco, esta puede ser llamada una “hiperacumuladora”, independientemente de la concentración del metal en el suelo (Robinson et al., 2003).

Las plantas hiperacumuladoras son miembros de la familia de Brassicaceae y Fabaceae. El gran interés despertado por las plantas hiperacumuladora, especialmente para destoxificar un ambiente contaminado, obliga también a resolver otros problemas relativos a otras disciplinas.

1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Qué cantidad de Cd y Pb pueden ser removidos en suelos fitorremediados con Zea Mays (Maíz) y Helianthus annuus (girasol), usando enmiendas orgánicas, en el Departamento de Junín, Provincia de Jauja, Distrito de Huaripampa, 2017?

1.4.1. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Qué cantidad de Cd y Pb absorben en la Fitoremediación las plantas cultivadas usando distintas composiciones de enmiendas orgánicas en suelos contaminados del Departamento de Junín, Provincia de Jauja, Distrito de Huaripampa, 2017?

- ¿Qué cantidad de remoción hay de Cd y Pb en suelo contaminado en el Departamento de Junín, Provincia de Jauja, Distrito de Huaripampa, 2017, una vez concluido el proceso de Fitoremediación?

1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

El estudio se justifica, debido a que se cuenta con un suelo contaminado por metales pesados, ya demostrado por ensayos de laboratorio siendo un estudio de remediación de dicho suelo.

Con esta investigación se pretende mejorar la calidad ambiental del suelo del Distrito de Huaripampa para una mejor producción de productos agrícolas.

La recuperación y evaluación trae consigo muchos beneficios desde la calidad de vida de los habitantes, como la calidad del ambiente en el que viven, hasta el incremento de valor de los productos agrícolas obteniendo una mejor calidad en su producto sin metales pesado como contaminante.

Este tema de investigación es viable y contribuirá con la información, adecuación y manejo de suelos contaminados para una mejora en la cosechas de cultivos.

Luego de culminar esta investigación, se pueden hacer estudios específicos, de determinar el tratamiento adecuado para los suelos y la cantidad de remedio para la recuperación total de esos suelos.

1.6. HIPÓTESIS

- Cantidad de Cadmio y Plomo removidos en suelos contaminados, aplicando de Zea Mays (Maíz) y Helianthus annuus (Girasol) con distintas enmiendas orgánicas, mediante la técnica de fitorremediación en el Departamento de Junín Provincia de Jauja, Distrito de - Huaripampa, 2017.

1.6.1. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- La Fitorremediación con plantas cultivadas usando distintas composiciones de enmiendas orgánicas en suelos contaminados absorben cantidades significativas de Cd y Pb, en el Departamento de Junín, Provincia de Jauja, Distrito de Huaripampa, 2017.
- La remoción de Cd y Pb en suelo contaminado en el Departamento de Junín, Provincia de Jauja, Distrito de Huaripampa, 2017, es eficiente una vez concluida el proceso de Fitorremediación.

1.7. OBJETIVOS

1.7.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar la cantidad de Cadmio y Plomo removido en suelos contaminados, aplicando de Zea Mays (Maíz) y Helianthus annuus (Girasol) con distintas enmiendas orgánicas, mediante la técnica de fitorremediación en el Departamento de Junín Provincia de Jauja, Distrito de Huaripampa, 2017.

1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la cantidad de Cd y Pb en plantas cultivadas usando distintas composiciones de enmiendas orgánicas como fitorremediación en suelos contaminados, absorben cantidades significativas de Cd y Pb, en el Departamento de Junín, Provincia de Jauja, Distrito de Huaripampa, 2017.
- Determinar la cantidad de remoción de Cd y Pb en suelo contaminado en el Departamento de Junín, Provincia de Jauja, Distrito de Huaripampa, 2017, una vez concluido el proceso de Fitorremediación.

II. MÉTODO

2.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación sigue la estrategia del diseño experimental, específicamente el DISEÑO FACTORIAL ya que se manipularán las variables con el propósito de ver como la variable independiente influye en la variable dependiente, en este caso la variable independiente son las enmiendas orgánicas, tipo de tratamientos y como estas actúan con la variable dependiente en la remoción de Cd y Pb.

Cuadro N° 2: Diseño de investigación

TRATAMIENTOS	E1(C)	E2(H)	E (1y2)
TIPO DE ENMIENDAS ORGÁNICAS			
T 1(M)	T1 E1	T1 E2	T1E (1y2)
T 2(G)	T2 E1	T2 E2	T2E (1y2)

Fuente: Propia

Se obtiene un total de 6 tratamientos donde:

Tipo de enmiendas orgánicas:

E1: Enmienda a base de compost

E2: Enmienda a base de humus

E (1y2): Enmienda a base de humus y compost (combinado)

Tratamientos:

T1: Tratamiento de maíz (*Zea Mays*).

T2: Tratamiento de girasol (*Helianthus annuus*).

Los 6 tratamientos más 2 usando testigos (sin enmiendas) se darán para 3 repeticiones dando un total de 24 pruebas.

◆ Eficiencia de remoción:

$$\% \text{ Eficiencia} = \frac{\text{Concentración inicial} - \text{Concentración final} * 100}{\text{Concentración inicial}}$$

$$\% \text{ Eficiencia Cd} = 2.88 - 2.77 * 100 / 2.88 = 3.8195\%$$

$$\% \text{ Eficiencia Pb} = 518.26 - 418.75 * 100 / 518.26 = 19.201\%$$

2.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Cuadro N° 3: Operacionalización de variables

Fuente: Propia

HIPOTESIS	PROBLEMAS	OBJETIVOS	VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
La fitorremediación con Zea Mays (Maíz) y Helianthus annuus (Girasol), remueve Cd y Pb contenidos en el suelo, Departamento de Junin, Provincia de Jauja, Distrito de Huaripampa, 2017.	¿Qué cantidad de Cd y Pb se remueve en suelos contaminados, después de realizar la fitorremediación en el Departamento de Junin, Provincia de Jauja, Distrito de Huaripampa, 2017?	Determinar la cantidad de Cd y Pb que se remueve en suelos contaminados mediante el cultivo de plantas acumuladoras fortalecidas con enmiendas orgánicas.	DEPENDIENTE Remoción de Cadmio y Plomo en suelos	Es la cantidad del contaminante absorbido del suelo contaminado por un método específico, Según Macchi. L.(2006); la remoción es la disminución de metales pesados en el suelo contaminado.	La remoción se mide en función de la concentración, absorción de Cd y Pb del suelo contaminado por metales pesados.	La concentración de Cd y Pb en el suelo.	Concentración inicial de Cd y Pb en suelo. Concentración final de cadmio y plomo en el suelo. Proporción de humus. Proporción de compost. Proporción de humus + compost.	ppm mg/Kg MS ppm mg/Kg MS Kg Kg Kg
La fitorremediación con plantas cultivadas usando distintas composiciones de enmiendas orgánicas en suelos contaminados remueven cantidades significativas de Cd y Pb, en el Departamento de Junin, Provincia de Jauja, Distrito de Huaripampa, 2017.	¿Qué cantidad de Cd y Pb remueven en la fitorremediación las plantas cultivadas usando distintas composiciones de enmiendas orgánicas en suelos contaminados del Departamento de Junin, Provincia de Jauja, Distrito de Huaripampa, 2017?	Determinar la cantidad de Cd y Pb en plantas cultivadas usando distintas composiciones de enmiendas orgánicas como fitorremediación en suelos contaminados absorben cantidades significativas de Cd y Pb, en el Departamento de Junin, Provincia de Jauja, Distrito de Huaripampa, 2017?	INDEPENDIENTE Fitorremediación con Zea Mays (Maíz) y Helianthus Annus (Girasol)	Consiste en el uso de plantas verdes para contener, remover o neutralizar compuestos orgánicos, metales pesados o radionucleidos encontrados en la rizosfera, Lombi et al.(2001) (re-portado por Torres, 2003).	Son las concentraciones de Pb y Cd, removidas por las plantas acumuladoras de metales pesados en el Girasol y Maíz, absorbidas en la biomasa aérea o biomasa radicular; removidas del suelo contaminado por metales pesados.	Concentración de plomo y cadmio en el girasol	Altura de cultivo. Biomasa aérea de la cosecha. Materia seca. Biomasa radicular. Concentración de Cd y Pb en biomasa radicular y biomasa aérea.	cm gr gr gr ppm mg/Kg MS
						Concentración de plomo y cadmio en maíz	Altura de cultivo Biomasa aérea de la cosecha Materia seca Biomasa radicular Concentración de Cd y Pb en raíz y biomasa aérea	cm gr gr gr ppm

2.3. POBLACIÓN Y ESCENARIO

- ESCENARIO: Se tomó un área de 0.005 Km² o 5000 m² (0,5 hectáreas) de suelos del Departamento de Junín, Provincia de Jauja, Distrito de Huaripampa, al margen derecho del Valle del Río Mantaro.
- MUESTRA: 50 kg de muestra de suelos del Departamento de Junín, Provincia de Jauja, Distrito de Huaripampa, al margen derecho del Valle del Río Mantaro. El tipo de muestreo fue de identificación seleccionado de la guía para muestreo de suelos del ministerio del ambiente para suelo agrícola o de cultivo a criterio del investigador por las enmiendas a utilizar.
- UNIDAD DE ANÁLISIS: La muestra consta de 4 kg de suelo contaminado, el uso con la enmienda se dará utilizando una dosis de: (ejemplo por 1 kg de suelo contaminado se utilizara 0,5 kg de enmienda).

2.3.1 MUESTREO

- ❖ **Tipo De Muestreo:** Muestreo de identificación utilizando el método de rectángulo para áreas contaminadas según la guía para muestreo de suelos MINAM.
- ❖ **Área de muestreo:** El área de toma de muestras se ubica en el departamento de Junín provincia de jauja distrito de huaripampa al margen derecho del rio Mantaro aguas abajo, el área total fue de 0,5 hectáreas equivalentes a 1000m², tomando una distancia entre puntos de 50 metros.

FIGURA N°5: IMAGEN SATELITAL DE LA ZONA DE INFLUENCIA Y PUNTOS DE MUESTREO



FUENTE: Google Earth 2016.

❖ **Coordenadas UTM, WGS84:**

Puntos de control		Coordenadas UTM, WGS84
1		X: 448111.91222930513 Y: 8695670.643195221
2		X: 448215.64438796387 Y: 8695724.008465216
3		X: 448216.1862886542 Y: 8695725.668088827
4		X: 448292.5188467465 Y: 8695811.607772877
5		X: 448301.7851963542 Y: 8695807.97431697
6		X: 448308.53817465587 Y: 8695808.870393952
Zona	18	Fuente: Propia
Hemisferio	S	

CUADRO N°4: Puntos de control con GPS

- ❖ **Profundidad De La Muestra:** La toma de muestras se realizó con una profundidad de 60 cm como lo establece la guía para muestreo de suelos agrícolas del MINAM.

2.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD

Estadística: Ésta se realizó mediante el programa SPSS, con el objetivo de determinar la comparación de medias entre los resultados iniciales y finales, así como también para contrastar la hipótesis.

➤ **Área De Acondicionamiento**

Para el proyecto, se acondiciono un área adecuada para el desarrollo de las especies de plantas, en este caso se dispuso unas mallas para evitar la pérdida de calor y humedad en el ambiente creándose un mini vivero, teniendo en cuenta la temperatura y porcentaje de humedad en la habitación de 4 m², en una vivienda del distrito de Los Olivos, en la Urbanización Micaela Bastidas N°330, entre los meses de Febrero y Junio del 2017.

➤ **Implementación Del Experimento**

Se implementaron 24 macetas de botellas recicladas con una capacidad de 4 kg cada una, se implementaron platos para evitar la pérdida de líquidos, se utilizaron 50 kg de suelo contaminado del distrito de Huaripampa, de esta manera se procedió con la siembra de las especies vegetales mencionadas contando con semillas proporcionadas en el vivero de la UNALM, dándose inicio el, 17/04/2017 y culminando su cultivo por el tiempo programado para este proyecto, el 19/06/2017.

El uso de las enmiendas fue de 20 kg compost y 20 kg humus, repartidos entre las especies de girasol y maíz respectivamente por cada maceta usando una proporción de 2 a 1 es decir por cada kg de suelo contaminado 0,5 kg de enmienda.

CUADRO N°5: Rango de germinación Especie	Rango de germinación
Helianthus annuus	5-13 días
Zea mays	3-5 días

Las técnicas de recolección de datos se basarán en la revisión de bases de datos, análisis de documentos, observación directa de los hechos, entre otras; es por ello que de acuerdo a la naturaleza de investigación los instrumentos se darán a través de cuadros que representen los resultados a analizar, y estos serán validados por especialistas en el área.

❖ **Validación Y Confiabilidad Del Instrumentos**

Para determinar la validez del contenido se sometió al juicio de tres expertos los cuales hicieron algunas observaciones, siempre con el objetivo de mejorar cada instrumento. Los especialistas que intervinieron en ésta validación fueron:

Especialista 1:

Apellidos y Nombre: Rubén Munive Cerrón

Grado Académico: MAGISTER SCIENTIAE, ESPECIALIDAD: SUELOS

N° de Colegiatura: 38103

Especialista 2:

Apellidos y Nombre: Rita Jaqueline Cabello Torres

Grado Académico: MAGISTER EN QUÍMICA AMBIENTAL Y FUNDAMENTAL

N° de Colegiatura: 145791

Especialista 3:

Apellidos y Nombre: Lorgio Valdiviezo Gonzales

Grado Académico: MAGISTER EN INGENIERIA METALÚRGICA Y DE MATERIALES

N° de Colegiatura: 77088

2.5. MÉTODOS DE ANALISIS DE DATOS

El análisis estadístico se realizará en base a un ANOVA factorial, en el que se determinará la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos aplicados con las enmiendas, tanto de maíz y girasol. (Se utilizará el programa SPSS).

Programa de Microsoft Excel: Permitió tabular los datos obtenidos en las evaluaciones realizadas en campo, facilitando la obtención de resultados.

2.6. ASPECTOS ÉTICOS

Esta investigación se realizará con técnicas e instrumentos validados que servirán para la obtención de resultados que sean veraces, se respetará la propiedad intelectual de los autores que aportan con sus libros, tesis, artículos, etc.

Así mismo se muestra con respecto a las citas bibliográficas, respetando la Norma ISO 690, la estructura indicada en el Anexo 2 de la Resolución Rectoral N.º 0459-2015/UCV.

III. RESULTADOS

3.1. RESULTADOS DE LA REMOCIÓN DE PLOMO y CADMIO EN LA ESPECIE HELIANTHUS ANNUUS (GIRASOL)

HIPÓTESIS GENERAL:

Ho: No determinar la remoción de Cadmio y Plomo en suelos contaminados, aplicando de Zea Mays (Maíz) y Helianthus annuus (Girasol) con distintas enmiendas orgánicas, mediante la técnica de fitorremediación en el Departamento de Junín Provincia de Jauja, Distrito de Huaripampa, 2017.

Ha: Determinar la remoción de Cadmio y Plomo en suelos contaminados, aplicando de Zea Mays (Maíz) y Helianthus annuus (Girasol) con distintas enmiendas orgánicas, mediante la técnica de fitorremediación en el Departamento de Junín Provincia de Jauja, Distrito de Huaripampa, 2017.

Para Plomo – Girasol:

Hipótesis Estadísticas

Ho: $u_1 = u_2$

Ha: $u_1 \neq u_2$

Dónde:

- u₁: Promedio de las concentraciones de Pb en Girasol en las muestras de compost, humus, (Compost y humus) y el testigo antes del tratamiento.
- u₂: Promedio de las concentraciones de Pb en Girasol en las muestras de compost, humus, (Compost y humus) y el testigo después del tratamiento.

Nivel de Confiabilidad:

El nivel de confiabilidad de la investigación es del 95%.

Siendo el nivel de significancia del 5%.

($\alpha = 0.05$)

Estadígrafo de Contraste

El estadígrafo de contraste es ANOVA, por que se requieren comparar más de dos medias en relación a la variable concentraciones de Pb en Girasol, es decir los escenarios antes y después.

Cálculos estadísticos

El cálculo del estadístico ANOVA se utilizará el software estadístico SPSS versión 23 para las variables teniendo como resultado:

Factores inter-sujetos		
		N
Tratamientos	TC1 = Compost	3
	TC2 = Humus	3
	TC3 = Testigo	3
	TC4 = Compost + Humus	3

Pruebas multivariante^a

Efecto		Valor	F	Gl de hipótesis	gl de error	Sig.
Intersección	Traza de Pillai	,998	4006,181 ^b	1,000	8,000	,000
	Lambda de Wilks	,002	4006,181 ^b	1,000	8,000	,000
	Traza de Hotelling	500,773	4006,181 ^b	1,000	8,000	,000
	Raíz mayor de Roy	500,773	4006,181 ^b	1,000	8,000	,000
Tratamientos	Traza de Pillai	,801	10,767 ^b	3,000	8,000	,004
	Lambda de Wilks	,199	10,767 ^b	3,000	8,000	,004
	Traza de Hotelling	4,037	10,767 ^b	3,000	8,000	,004
	Raíz mayor de Roy	4,037	10,767 ^b	3,000	8,000	,004

a. Diseño : Intersección + Tratamientos

b. Estadístico exacto

Pruebas de efectos inter-sujetos

Origen	Variable dependiente	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	Pb - Girasol antes	,000 ^a	3	,000	.	.
	Pb - Girasol después	19956,579 ^b	3	6652,193	10,767	0,004
Intersección	Pb - Girasol antes	3223121,131	1	3223121,131	.	.
	Pb - Girasol después	2475244,667	1	2475244,667	4006,181	0,000
Tratamientos	Pb - Girasol antes	,000	3	,000	.	.
	Pb - Girasol después	19956,579	3	6652,193	10,767	0,004
Error	Pb - Girasol antes	,000	8	,000		
	Pb - Girasol después	4942,852	8	617,856		
Total	Pb - Girasol antes	3223121,131	12			
	Pb - Girasol después	2500144,097	12			
Total corregido	Pb - Girasol antes	,000	11			
	Pb - Girasol después	24899,430	11			

a. R al cuadrado = . (R al cuadrado ajustada = .)

b. R al cuadrado = ,801 (R al cuadrado ajustada = ,727)

Conclusión

De los cálculos obtenidos en el SPSS Ver 23 se obtiene un valor $p=0.000$ para los promedio de las concentraciones de Pb en Girasol en las muestras de compost, humus, (Compost y humus) y el testigo antes y después del tratamiento; por lo tanto rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la alterna, determinando que la remoción de Plomo en suelos contaminados es eficiente aplicando de *Helianthus annuus* (Girasol) con distintas enmiendas orgánicas, mediante la técnica de fitorremediación en el Departamento de Junín Provincia de Jauja, Distrito de Huaripampa, 2017.

Para Cadmio – Girasol:

Hipótesis Estadísticas

Ho: $u_1 = u_2$

Ha: $u_1 \neq u_2$

Dónde:

u_1 : Promedio de las concentraciones de Cd en Girasol en las muestras de compost, humus, (Compost y humus) y el testigo antes del tratamiento.

u_2 : Promedio de las concentraciones de Cd en Girasol en las muestras de compost, humus, (Compost y humus) y el testigo después del tratamiento.

Nivel de Confiabilidad:

El nivel de confiabilidad de la investigación es del 95%.

Siendo el nivel de significancia del 5%.

($\alpha = 0.05$)

Estadígrafo de Contraste

El estadígrafo de contraste es ANOVA, por que se requieren comparar más de dos medias en relación a la variable concentraciones de Cd en Girasol, es decir los escenarios antes y después.

Cálculos estadísticos

El cálculo del estadístico ANOVA se utilizará el software estadístico SPSS versión 23 para las variables teniendo como resultado:

Factores inter-sujetos		
		N
Tratamientos	TC1 = Compost	3
	TC2 = Humus	3
	TC3 = Testigo	3
	TC4 = Compost + Humus	3

Contrastes multivariados ^a						
Efecto		Valor	F	Gl de la hipótesis	Gl del error	Sig.
Intersección	Traza de Pillai	1,000	117662,313 ^b	1,000	8,000	,000
	Lambda de Wilks	,000	117662,313 ^b	1,000	8,000	,000
	Traza de Hotelling	14707,789	117662,313 ^b	1,000	8,000	,000
	Raíz mayor de Roy	14707,789	117662,313 ^b	1,000	8,000	,000
Tratamientos	Traza de Pillai	,435	2,057 ^b	3,000	8,000	,184
	Lambda de Wilks	,565	2,057 ^b	3,000	8,000	,184
	Traza de Hotelling	,771	2,057 ^b	3,000	8,000	,184
	Raíz mayor de Roy	,771	2,057 ^b	3,000	8,000	,184

a. Diseño: Intersección + Tratamientos

b. Estadístico exacto

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Origen	Variable dependiente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	Cd - Girasol después	,005 ^a	3	,002	2,057	0,184
	Cd - Girasol antes	,000 ^b	3	,000	.	.
Intersección	Cd - Girasol después	97,071	1	97,071	117662,31	0,000
	Cd - Girasol antes	99,533	1	99,533	.	.
Tratamientos	Cd - Girasol después	,005	3	,002	2,057	0,184
	Cd - Girasol antes	,000	3	,000	.	.
Error	Cd - Girasol después	,007	8	,001		
	Cd - Girasol antes	,000	8	,000		
Total	Cd - Girasol después	97,083	12			
	Cd - Girasol antes	99,533	12			
Total corregida	Cd - Girasol después	,012	11			
	Cd - Girasol antes	,000	11			

a. R cuadrado = 0,435 (R cuadrado corregida = ,224)

b. R cuadrado = . (R cuadrado corregida = .)

Conclusión

De los cálculos obtenidos en el SPSS Ver 23 se obtiene un valor $p=0.000$ para los promedio de las concentraciones de Cd en Girasol en las muestras de compost, humos, (Compost y humus) y el testigo antes y después del tratamiento; por lo tanto rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la alterna, determinando que la remoción de Cadmio en suelos contaminados es eficiente aplicando *Helianthus annuus* (Girasol) con distintas enmiendas orgánicas, mediante la técnica de fitorremediación en el Departamento de Junín Provincia de Jauja, Distrito de -Huaripampa, 2017.

3.2. RESULTADOS DE LA REMOCIÓN DE PLOMO Y CADMIO EN LA ESPECIE ZEA MAYS (MAIZ)

Para Plomo – Maíz:

Hipótesis Estadísticas

Ho: $u_1 = u_2$

Ha: $u_1 \neq u_2$

Dónde:

u_1 : Promedio de las concentraciones de Pb en Maíz en las muestras de compost, humus, (Compost y humus) y el testigo antes del tratamiento.

u_2 : Promedio de las concentraciones de Pb en Maíz en las muestras de compost, humus, (Compost y humus) y el testigo después del tratamiento.

Nivel de Confiabilidad:

El nivel de confiabilidad de la investigación es del 95%.

Siendo el nivel de significancia del 5%.

($\alpha = 0.05$)

Estadígrafo de Contraste

El estadígrafo de contraste es ANOVA, por que se requieren comparar más de dos medias en relación a la variable concentraciones de Pb en Maíz, es decir los escenarios antes y después.

Cálculos estadísticos

El cálculo del estadístico ANOVA se utilizará el software estadístico SPSS versión 23 para las variables teniendo como resultado:

Factores inter-sujetos		
		N
Tratamientos	TC1 = Compost	3
	TC2 = Humus	3
	TC3 = Testigo	3
	TC4 = Compost + Humus	3

Pruebas multivariante ^a						
Efecto		Valor	F	Gl de hipótesis	gl de error	Sig.
Intersección	Traza de Pillai	1,000	1612976,759 ^b	1,000	8,000	,000
	Lambda de Wilks	,000	1612976,759 ^b	1,000	8,000	,000
	Traza de Hotelling	201622,095	1612976,759 ^b	1,000	8,000	,000
	Raíz mayor de Roy	201622,095	1612976,759 ^b	1,000	8,000	,000
Tratamientos	Traza de Pillai	,409	1,848 ^b	3,000	8,000	,217
	Lambda de Wilks	,591	1,848 ^b	3,000	8,000	,217
	Traza de Hotelling	,693	1,848 ^b	3,000	8,000	,217
	Raíz mayor de Roy	,693	1,848 ^b	3,000	8,000	,217

a. Diseño : Intersección + Tratamientos

b. Estadístico exacto

Pruebas de efectos inter-sujetos

Origen	Variable dependiente	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	Pb - Maíz antes	,000 ^a	3	,000	.	.
	Pb - Maíz después	11,005 ^b	3	3,668	1,848	0,217
Intersección	Pb - Maíz antes	3223121,131	1	3223121,131	.	.
	Pb - Maíz después	3201597,569	1	3201597,569	1612976,759	0,000
Tratamientos	Pb - Maíz antes	,000	3	,000	.	.
	Pb - Maíz después	11,005	3	3,668	1,848	0,217
Error	Pb - Maíz antes	,000	8	,000		
	Pb - Maíz después	15,879	8	1,985		
Total	Pb - Maíz antes	3223121,131	12			
	Pb - Maíz después	3201624,453	12			
Total corregido	Pb - Maíz antes	,000	11			
	Pb - Maíz después	26,884	11			

a. R al cuadrado = . (R al cuadrado ajustada = .)

b. R al cuadrado = ,409 (R al cuadrado ajustada = ,188)

Conclusión

De los cálculos obtenidos en el SPSS Ver 23 se obtiene un valor $p=0.000$ para los promedio de las concentraciones de Pb en Maíz en las muestras de compost, humus, (Compost y humos) y el testigo antes y después del tratamiento; por lo tanto rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la alterna, determinando que la remoción de Plomo en suelos contaminados es eficiente aplicando de Zea Mays (MAIZ) con distintas enmiendas orgánicas, mediante la técnica de fitorremediación en el Departamento de Junín Provincia de Jauja, Distrito de - Huaripampa, 2017.

Para Cadmio – Maíz:

Hipótesis Estadísticas

Ho: $u_1 = u_2$

Ha: $u_1 \neq u_2$

Dónde:

u_1 : Promedio de las concentraciones de Cd en Maíz en las muestras de compost, humus, (Compost y humos) y el testigo antes del tratamiento.

u_2 : Promedio de las concentraciones de Cd en Maíz en las muestras de compost, humus, (Compost y humos) y el testigo después del tratamiento.

Nivel de Confiabilidad:

El nivel de confiabilidad de la investigación es del 95%.

Siendo el nivel de significancia del 5%.

($\alpha = 0.05$)

Estadígrafo de Contraste

El estadígrafo de contraste es ANOVA, por que se requieren comparar más de dos medias en relación a la variable concentraciones de Cd en Maíz, es decir los escenarios antes y después.

Cálculos estadísticos

Para el cálculo del estadístico ANOVA se utilizará el software estadístico SPSS versión 23 para las variables teniendo como resultado:

Factores inter-sujetos		
		N
Tratamientos	TC1 = Compost	3
	TC2 = Humus	3
	TC3 = Testigo	3
	TC4 = Compost + Humus	3

Contrastes multivariados^a

Efecto		Valor	F	Gl de la hipótesis	Gl del error	Sig.
Intersección	Traza de Pillai	,998	4785,081 ^b	1,000	8,000	,000
	Lambda de Wilks	,002	4785,081 ^b	1,000	8,000	,000
	Traza de Hotelling	598,135	4785,081 ^b	1,000	8,000	,000
	Raíz mayor de Roy	598,135	4785,081 ^b	1,000	8,000	,000
Tratamientos	Traza de Pillai	,658	5,120 ^b	3,000	8,000	,029
	Lambda de Wilks	,342	5,120 ^b	3,000	8,000	,029
	Traza de Hotelling	1,920	5,120 ^b	3,000	8,000	,029
	Raíz mayor de Roy	1,920	5,120 ^b	3,000	8,000	,029

a. Diseño: Intersección + Tratamientos

b. Estadístico exacto

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Origen	Variable dependiente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	Cd - Maíz antes	,000 ^a	3	,000	.	.
	Cd - Maíz después	,286 ^b	3	,095	5,120	0,029
Intersección	Cd - Maíz antes	99,533	1	99,533	.	.
	Cd - Maíz después	89,162	1	89,162	4785,081	0,000
Tratamientos	Cd - Maíz antes	,000	3	,000	.	.
	Cd - Maíz después	,286	3	,095	5,120	0,029
Error	Cd - Maíz antes	,000	8	,000		
	Cd - Maíz después	,149	8	,019		
Total	Cd - Maíz antes	99,533	12			
	Cd - Maíz después	89,597	12			
Total corregida	Cd - Maíz antes	,000	11			
	Cd - Maíz después	,435	11			

a. R cuadrado = . (R cuadrado corregida = .)

b. R cuadrado = ,658 (R cuadrado corregida = ,529)

Conclusión

De los cálculos obtenidos en el SPSS Ver 23 se obtiene un valor $p=0.000$ para los promedio de las concentraciones de Cd en Maíz en las muestras de compost, humus, (Compost y humos) y el testigo antes y después del tratamiento; por lo tanto rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la alterna, determinando que la remoción de Cadmio en suelos contaminados es eficiente aplicando de *Helianthus annuus* (Girasol) con distintas enmiendas orgánicas, mediante la técnica de fitorremediación en el Departamento de Junín Provincia de Jauja, Distrito de -Huaripampa, 2017.

3.3. RESULTADOS DE LAS CONCENTRACIONES DE CADMIO Y PLOMO EN LA BIOMASA RADICULAR DEL TEJIDO VEGETAL DE HELIANTHUS ANNUUS (GIRASOL)

HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1:

Ho: La Fitorremediación con plantas cultivadas usando distintas composiciones de enmiendas orgánicas en suelos contaminados no absorben cantidades significativas de Cd y Pb, en el Departamento de Junín, Provincia de Jauja, Distrito de Huaripampa, 2017.

Ha: La Fitorremediación con plantas cultivadas usando distintas composiciones de enmiendas orgánicas en suelos contaminados absorben cantidades significativas de Cd y Pb, en el Departamento de Junín, Provincia de Jauja, Distrito de Huaripampa, 2017.

Para Plomo – Girasol:

Hipótesis Estadísticas

Ho: $u_1 = u_2$

Ha: $u_1 \neq u_2$

Dónde:

u_1 : Promedio de las concentraciones de Pb en la planta Girasol.

u_2 : Promedio de las concentraciones de Pb en la biomasa radicular de la planta Girasol.

Nivel de Confiabilidad:

El nivel de confiabilidad de la investigación es del 95%.

Siendo el nivel de significancia del 5%.

($\alpha = 0.05$)

Estadígrafo de Contraste

El estadígrafo de contraste es ANOVA, por que se requieren comparar el promedio de Pb en la planta girasol con el promedio de las concentraciones de Pb en la biomasa radicular de la planta, es decir los escenarios antes y después.

Cálculos estadísticos

El cálculo del estadístico ANOVA se utilizará el software estadístico SPSS versión 23 para las variables teniendo como resultado:

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Tratamientos

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	10,000 ^a	8	1,250	,750	0,0370
Intersección	61,364	1	61,364	36,818	0,0009
VAR00007	10,000	8	1,250	,750	0,0370
Error	5,000	3	1,667		
Total	90,000	12			
Total corregida	15,000	11			

a. R cuadrado = ,667 (R cuadrado corregida = -,222)

Conclusión

De los cálculos obtenidos en el SPSS Ver 23 se obtiene un valor $p=0.037$ para los promedio de las concentraciones de Pb en la biomasa radicular del Girasol en las muestras de compost, humus, (Compost y humos) y el testigo antes y después del tratamiento; por lo tanto rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la alterna, determinando que la Fitoremediación con plantas cultivadas usando distintas composiciones de enmiendas orgánicas para el Girasol en suelos

contaminados absorben cantidades significativas de Pb, en el Departamento de Junín, Provincia de Jauja, Distrito de Huaripampa, 2017.

Para Cadmio – Girasol:

Hipótesis Estadísticas

Ho: $u_1 = u_2$

Ha: $u_1 \neq u_2$

Dónde:

u_1 : Promedio de las concentraciones de Cadmio en la planta Maíz.

u_2 : Promedio de las concentraciones de Cadmio en la biomasa radicular de la planta Maíz.

Nivel de Confiabilidad:

El nivel de confiabilidad de la investigación es del 95%.

Siendo el nivel de significancia del 5%.

($\alpha = 0.05$)

Estadígrafo de Contraste

El estadígrafo de contraste es ANOVA, por que se requieren comparar el promedio de Cadmio en girasol con el promedio de las concentraciones de Cadmio en la biomasa radicular de la planta, es decir los escenarios antes y después.

Cálculos estadísticos

El cálculo del estadístico ANOVA se utilizará el software estadístico SPSS versión 23 para las variables teniendo como resultado:

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Tratamientos

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	9,500 ^a	7	1,357	,987	0,038
Intersección	59,259	1	59,259	43,098	0,003
VAR00009	9,500	7	1,357	,987	0,038
Error	5,500	4	1,375		
Total	90,000	12			
Total corregida	15,000	11			

a. R cuadrado = ,633 (R cuadrado corregida = -,008)

Conclusión

De los cálculos obtenidos en el SPSS Ver 23 se obtiene un valor $p=0.038$ para los promedio de las concentraciones de Cadmio en la biomasa radicular del Girasol en las muestras de compost, humus, (Compost y humos) y el testigo antes y después del tratamiento; por lo tanto rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la alterna, determinando que la Fitoremediación con vegetales cultivados usando distintas composiciones de enmiendas orgánicas para el Girasol en suelos contaminados absorben cantidades significativas de Cadmio, en el Departamento de Junín, Provincia de Jauja, Distrito de Huaripampa, 2017.

3.4. RESULTADOS DE LAS CONCENTRACIONES DE CADMIO Y PLOMO EN LA BIOMASA RADICULAR DEL TEJIDO VEGETAL DE ZEA MAYS (MAIZ)

Para Plomo – Maíz:

Hipótesis Estadísticas

Ho: $u_1 = u_2$

Ha: $u_1 \neq u_2$

Dónde:

u_1 : Promedio de las concentraciones de Pb en la planta Maíz.

u_2 : Promedio de las concentraciones de Pb en la biomasa radicular de la planta Maíz.

Nivel de Confiabilidad:

El nivel de confiabilidad de la investigación es del 95%.

Siendo el nivel de significancia del 5%.

($\alpha = 0.05$)

Estadígrafo de Contraste

El estadígrafo de contraste es ANOVA, por que se requieren comparar el promedio de Pb en el maíz con el promedio de las concentraciones de Pb en la biomasa radicular de la planta, es decir los escenarios antes y después.

Cálculos estadísticos

El cálculo del estadístico ANOVA se utilizará el software estadístico SPSS versión 23 para las variables teniendo como resultado:

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Tratamientos

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	8,500 ^a	9	,944	,291	0,022
Intersección	66,694	1	66,694	20,521	0,045
VAR00008	8,500	9	,944	,291	0,022
Error	6,500	2	3,250		
Total	90,000	12			
Total corregida	15,000	11			

a. R cuadrado = ,567 (R cuadrado corregida = -1,383)

Conclusión

De los cálculos obtenidos en el SPSS Ver 23 se obtiene un valor $p=0.022$ para los promedio de las concentraciones de Pb en la biomasa radicular del Maíz en las muestras de compost, humus, (Compost y humos) y el testigo antes y después del tratamiento; por lo tanto rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la alterna, determinando que la Fitoremediación con plantas cultivadas usando distintas composiciones de enmiendas orgánicas para el Maíz en suelos contaminados absorben cantidades significativas de Pb, en el Departamento de Junín, Provincia de Jauja, Distrito de Huaripampa, 2017.

Para Cadmio – Maíz:

Hipótesis Estadísticas

Ho: $\mu_1 = \mu_2$

Ha: $\mu_1 \neq \mu_2$

Dónde:

μ_1 : Promedio de las concentraciones de Cadmio en la planta Maíz.

μ_2 : Promedio de las concentraciones de Cadmio en la biomasa radicular de la planta Maíz.

Nivel de Confiabilidad:

El nivel de confiabilidad de la investigación es del 95%.

Siendo el nivel de significancia del 5%.

($\alpha = 0.05$)

Estadígrafo de Contraste

El estadígrafo de contraste es ANOVA, por que se requieren comparar el promedio de Cadmio en maíz con el promedio de las concentraciones de Cadmio en la biomasa radicular de la planta, es decir los escenarios antes y después.

Cálculos estadísticos

Para el cálculo del estadístico ANOVA se utilizará el software estadístico SPSS versión 23 para las variables teniendo como resultado:

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Tratamientos

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	8,500 ^a	9	,944	,291	0,022
Intersección	66,694	1	66,694	20,521	0,045
VAR00010	8,500	9	,944	,291	0,022
Error	6,500	2	3,250		
Total	90,000	12			
Total corregida	15,000	11			

a. R cuadrado = ,567 (R cuadrado corregida = -1,383)

Conclusión

De los cálculos obtenidos en el SPSS Ver 23 se obtiene un valor $p=0.022$ para los promedio de las concentraciones de Cadmio en la biomasa radicular del Maíz en las muestras de compost, humus, (Compost y humos) y el testigo antes y después del tratamiento; por lo tanto rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la alterna, determinando que la Fitoremediación con plantas cultivadas usando distintas composiciones de enmiendas orgánicas para el Maíz en suelos contaminados absorben cantidades significativas de Cadmio, en el Departamento de Junín, Provincia de Jauja, Distrito de Huaripampa, 2017.

3.5. RESULTADOS DE LA EFICIENCIA DE REMOCION DE CADMIO Y PLOMO EN SUELOS CONTAMINADOS.

HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2:

Ho: La remoción de Cd y Pb en suelo contaminado en el Departamento de Junín, Provincia de Jauja, Distrito de Huaripampa, 2017, no es eficiente una vez concluida el proceso de Fitoremediación.

Ha: La remoción de Cd y Pb en suelo contaminado en el Departamento de Junín, Provincia de Jauja, Distrito de Huaripampa, 2017, es eficiente una vez concluida el proceso de Fitoremediación.

Para Plomo:

Hipótesis Estadísticas

Ho: $u_1 = u_2$

Ha: $u_1 \neq u_2$

Dónde:

u_1 : Promedio de las concentraciones de Pb antes de remoción.

u_2 : Promedio de las concentraciones de Pb después de remoción.

Nivel de Confiabilidad:

El nivel de confiabilidad de la investigación es del 95%.

Siendo el nivel de significancia del 5%.

($\alpha = 0.05$)

Estadígrafo de Contraste

El estadígrafo de contraste es ANOVA, por que se requieren comparar el promedio de Pb antes y después de la remoción.

Cálculos estadísticos

El cálculo del estadístico ANOVA se utilizará el software estadístico SPSS versión 23 para las variables teniendo como resultado:

ANOVA de un factor

Pb

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	12998,134	1	12998,134	12,390	0,001
Intra-grupos	48256,438	46	1049,053		
Total	61254,571	47			

Conclusión

De los cálculos obtenidos en el SPSS Ver 23 se obtiene un valor $p=0.001$ para los promedio de las concentraciones de Pb antes y después del tratamiento; por lo tanto rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la alterna, determinando que la remoción de Pb en suelo contaminado en el Departamento de Junín, Provincia de Jauja, Distrito de Huaripampa, 2017, es eficiente una vez concluida el proceso de Fitoremediación.

Para Cadmio:

Hipótesis Estadísticas

Ho: $\mu_1 = \mu_2$

Ha: $\mu_1 \neq \mu_2$

Dónde:

μ_1 : Promedio de las concentraciones de Cd antes de remoción.

μ_2 : Promedio de las concentraciones de Cd después de remoción.

Nivel de Confiabilidad:

El nivel de confiabilidad de la investigación es del 95%.

Siendo el nivel de significancia del 5%.

($\alpha = 0.05$)

Estadígrafo de Contraste

El estadígrafo de contraste es ANOVA, por que se requieren comparar el promedio de Cadmio antes y después de la remoción.

Cálculos estadísticos

El cálculo del estadístico ANOVA se utilizará el software estadístico SPSS versión 23 para las variables teniendo como resultado:

ANOVA de un factor

Cd	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	,100	1	,100	8,390	,006
Intra-grupos	,537	45	,012		
Total	,637	46			

Conclusión

De los cálculos obtenidos en el SPSS Ver 23 se obtiene un valor $p=0.006$ para los promedio de las concentraciones de Cd antes y después del tratamiento; por lo tanto rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la alterna, determinando que la remoción de Cd en suelo contaminado en el Departamento de Junín, Provincia de Jauja, Distrito de Huaripampa, 2017, es eficiente una vez concluida el proceso de Fitoremediación.

IV. DISCUSION

Según (Chaney, 1997) con respecto a la fitorremediación y contrastándolo con el apartado 3.1 se puede observar la remoción de plomo y cadmio por medio de la especie vegetal de girasol, en esta podemos decir que la remoción de cadmio no es tan significativa como la remoción de plomo por medio de la especie girasol, puesto que en su mayoría los datos arrojados muestran que el girasol tiende a remover más plomo que cadmio del suelo contaminado, teniendo en cuenta que el pH del suelo estudiado es moderadamente alcalino con una clase textural del suelo de arena franca, pues estos datos son importantes ya que a mayor acidez de los suelos la absorción y remoción de metales pesados por medio de la especie girasol es más elevada.

Así pues, MUSO (2012); habla sobre las cantidades removidas de metales pesados en las cuales expone que la mayor absorción se da

con la especie *Helianthus Annuus* con el metal pesado Pb; de igual manera en el apartado 3.2 se puede observar que la remoción de plomo y cadmio por medio de la especie vegetal de maíz, nos brinda una buena remoción de cadmio y plomo, debido a que la especie mencionada tuvo un mejor desarrollo, teniendo en cuenta que el maíz tiende a remover más cadmio que plomo, pero en este estudio se puede apreciar que de igual manera pudo desarrollar una buena remoción en ambos metales pesados del suelo contaminado.

Los resultados del apartado 3.3 nos brindan una clara concentración de los metales pesados en la biomasa radicular de la especie girasol, así el cadmio fue en menor proporción acumulado, pues el plomo se vio en proporciones mayores acumulado en la parte radicular; pero teniendo en cuenta que en su mayoría la concentración mayoritaria se da en la parte radicular de la especie cultivada más no en la parte aérea de la planta.

De igual manera en el apartado 3.4 se aprecia que en la especie vegetal maíz la mayor acumulación también se da en la parte radicular de la planta, pero con un alto rango de proporción para concentrar cadmio y plomo en la biomasa radicular, de esta manera se puede analizar que el maíz tuvo mejores resultados con los dos metales pesados en su biomasa radicular pero también concentrando en menor proporción cadmio y plomo en la parte aérea de la planta.

En el apartado 3.5 obtuvimos que la eficiencia de remoción de cadmio y plomo en los suelos contaminados por metales pesados se da en su mayoría por la especie ZEA MAYS que utilizó las enmiendas combinadas compost más humus, pues este tipo de prueba fue la que tuvo los mejores resultados para remover y acumular los metales pesados tanto en la biomasa radicular como en la parte aérea de la planta.

V. CONCLUSION

En el estudio se utilizaron dos especies vegetales *Helianthus annuus* girasol y *Zea Mays* maiz, de los cuales se dejaron 2 muestras de suelo contaminado testigos sin ninguna adicion de enmiendas, las cuales estaban constituidas por humus de lombriz y compost de stevia, a lo largo del cultivo se pudo apreciar que la especie maiz, con enmiendas combinadas de humus + compost, tuvo mejores resultados tanto para la remocion y absorcion de metales pesados en la biomasa radicular como en la biomasa aerea de la planta, esto debido a su mejor desarrollo tanto en las muestras testigo como en las muestras con enmiendas.

El estudio demostro que la especie con mejores resultados para remocion de metales pesados del suelo contaminado fue, *Zea Mays* con unos valores de 76.22 mg/kg MS o ppm de Plomo removido en su biomasa radicular y un valor de 2.18 mg/Kg MS o ppm para el Cadmio en su biomasa radicular; teniendo en cuenta que los mejores valores de la biomasa aerea fueron 50.50 mg/Kg o ppm para plomo y 2.40 mg/Kg MS o ppm de cadmio en la biomasa aerea.

Comparados con los resultados de la especie girasol pues su mejor valor fue de 14.72 ppm para plomo en su biomasa radicular y 1.83 ppm para cadmio en su biomsasa radicular; comparando ambos podemos deducir que los mejores resultados se dieron con la especie *Zea Mays*, teniendo en cuenta que estos resultados estan ligados al uso de las enmiendas de compost + humus, para el mejor desarrollo de las especies.

Por otra parte la especie girasol tuvo buenos resultados con la absorcion de plomo en muestras con enmiendas combinadas con compost + humus, dandose su mayor acumulacion en la biomasa radicular, pero teniendo problemas para su desarrollo pues es un cultivo fragil, ya que se produjo una afeccion por hongos en concreto por el llamado mal de talluelo, que es una enfermedad que ataca la parte radicular de la planta y el tallo evitando que la planta pueda obtener los nutrientes del suelo para su desarrollo, teniendo en cuenta que 4 especies de girasol no pudieron desarrollarse pues no tuvo brotes, el

estudio arrojó buenos resultados para la remoción de plomo mediante la especie girasol; teniendo en cuenta que la especie maíz también se vio afectada por esta enfermedad de hongos pero tuvo mejor respuesta ante esta enfermedad siendo la que mejor respuesta tuvo ante este mal de talluelo.

Las especies de girasol con enmienda de compost se desarrollaron muy bien, teniendo mejor retención de líquidos, mejor aireación del cultivo y mayor absorción de nutrientes, es decir mayor remoción de plomo, pues este metal es con el cual tuvo mejores resultados la especie girasol, así pues con la enmienda humus también tuvo buenos resultados pero no fueron tan resaltantes, así como con los testigos de girasol, dando resultados positivos pero en menor cantidad comparado con la especie maíz la cual no tuvo ningún problema para su desarrollo y crecimiento.

Ahora bien la especie maíz tanto con testigos como el uso de enmiendas de humus, dieron similar resultado, dándose los resultados más resaltantes con la combinación de humus + compost, los cuales brindaron la mejor remoción y absorción de cadmio y plomo, por ende se concluye que la especie con mejores rendimientos de remoción y fitoextracción de metales pesados se dio por esta especie tomando en cuenta la respuesta positiva a la enfermedad contraída por la otra especie, siendo el *Zea Mays* una de las mejores alternativas para fitorremediación de metales pesados en suelos agrícolas, teniendo en cuenta que el tiempo para desarrollar el estudio no logró terminar el ciclo completo de cosecha de cada cultivo, pero de igual manera los datos obtenidos brindaron los mejores resultados para el maíz.

Ahora bien podemos contar con los valores de % eficiencia Cd = 3.8195 y % eficiencia Pb = 19.201; teniendo en cuenta que los valores de remoción para cadmio son 11% y para plomo 9.951% respectivamente.

VI. RECOMENDACIONES

Como recomendación, evite la siembra en épocas que no sean óptimas para el desarrollo de cada especie, pues por causas de cambio de estación se tuvo mayores problemas con el desarrollo del girasol, puesto que es una especie frágil con respecto al estado climatológico y tiempo en el cual se desea cultivarlo, aunque el girasol puede cultivarse en cualquier época del año, solo si es que se realiza el cultivo controlado y con un seguimiento responsable, pues da buenos resultados al momento de remover plomo de suelos contaminados.

Así pues se recomienda, no solo un primer ciclo de cultivo, pues es normal que se den más de uno para dejar completamente libre de metales pesados el suelo.

También se recomienda completar el ciclo normal de los cultivos desde su siembra hasta su cosecha final, pues en el caso de este estudio no se logró llegar a la última etapa de cada cultivo, pues por cuestiones de tiempo para desarrollar este proyecto, no se contó con más tiempo para el desarrollo total de las especies.

Otra recomendación es la de evitar manipular las plantas y suelo contaminado, con cualquier metal o material el cual pueda alterar o modificar el estado de cada prueba, pues esto podría llevar al error al momento de mandar analizar las muestras recolectadas.

Como última recomendación, se tiene conocimiento que la mejor manera de evitar el retorno de los metales pesados al ambiente es la incineración de la biomasa de la planta, pues de esta manera los compuestos quedarán inertes y no regresarán a la cadena alimenticia, evitando que se generen descuidos, tales como rumiantes que se alimenten de estas especies contaminadas las cuales retornarían a la cadena alimenticia los metales pesados, cosa que es lo que estamos tratando de evitar y solucionar.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAUZO, Godofredo. El Rio Mantaro se Resiste a Morir. 2016. Lima: s.n
- ASTDR. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. Reseña Toxicológica del Cadmio. Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU., Servicio de Salud Pública. 1999.
- AVEDAÑO, Daniella. Proceso de Compostaje. Pontificia Universidad Católica de Chile. Departamento de Fruticultura y Enología. Chile, 2003. Pp. 5-34.
- BAIRD C. 1999. Environmental Chemistry. 2nd Ed. W.H. Freeman & Company.
- BOYD, R. S.; Davis, M. A.; Balkwill, K. Elemental patterns in Ni hyperaccumulating and non-hyperaccumulating ultramafic soil populations of *Senecio coronatus*. South African Journal of Botany. 74: pp. 158-162, 2008.
- BUENDIA, CRUZ, et al. Fitorremediación por suelos contaminados por Hidrocarburos de petróleo. Ciencias Sociales. Universidad Agraria La Molina. Perú. 2014.
- CHANEY, R.L.; Malik, K.M.; Li, Y.M.; Brown, S.L.; Brewer, E.P.; Angle, J.S.; Baker, A.J.M. Phytoremediation of soil metals. Current Opinion in Biotechnology 8: 279 – 284. 1997.
- CHANEY, R.L.; Angle, J.S.; Broadhurst, C.L.; Peters, C.A.; Tappero, R.V.; Sparks, D.L. Improved understanding of hyperaccumulation yields commercial phytoextraction and phytomining technologies. Journal of Environmental Quality 36: 1429-1443. 2007.

- CHEN, Y.; LI, X.D. y SHEN, Z.G. Leaching and uptake of heavy metals by ten different species of plants during an EDTA-assisted phytoextraction process. *Chemosphere*, v.57, p.187-196. 2004.
- CHICO, CERNA, et al. Capacidad Remediadora de la raíz de girasol, *Helianthus annuus*, cuando es sometida a diferentes concentraciones de plomo-. Universidad Nacional de Trujillo. Perú. REBIOL, 2012.
- CONGRESO de la República. Ley N° 28082. Ley que declara en emergencia ambiental la cuenca del río Mántaro. Perú, 2003.
- DIARIO EL COMERCIO. Río Mantaro “En situación crítica”: residuos mineros son el principal contaminante. Perú, 28 de Junio 2010. Disponible en: <http://elcomercio.pe/ciencias/planeta/rio-mantaro-situacion-critica-residuos-mineros-son-principal-agente-contaminante-noticia-502094>.
- DIEZ, L. Fiotocorrección de suelos contaminados con metales pesados. Evaluación de plantas tolerantes y optimización del proceso mediante prácticas agronómicas. Tesis de doctorado. Universidad de Santiago de Compostela, 2008.
- GAMBOA, Héctor. Fitoextracción de metales preciosos y contaminantes con *helianthus annuus* L. (girasol) inducida por adyuvantes químicos. Universidad Autónoma de Sinaloa. México, 2015
- GARCÍA, I. y Dorronsoro, C. Contaminación por Metales Pesados. En *Tecnología de Suelos*. Universidad de Granada. Departamento de Edafología y Química Agrícola. 2005. Disponible en: <Http://Edafologia.ugr.es>.
- GARCÍA I. & Dorronsoro C. 2002. Contaminación por metales pesados. Departamento de edafología y química agrícola de España.

- ITURBE, Rosario. ¿Qué es la biorremediación?. Universidad Nacional Autónoma de México. Dirección General de Divulgación de la Ciencia. 2010. ISBN 978-607-02-1267-3 pp 13.
- Kabata – Pendias A. & Kabata – Pendias Kh. 1989. Macroelements in the soil and plants. Myr., Moskva (in Russian).
- Kabata-Pendias A. & Pendias H. 2001. Trace elements in soils and plants CRC. Press, Florida.
- Lombi et al.(2001), (re-portado por Torres, 2003).
- LÓPEZ, Antonio. Capítulo II. Biorremediación y fitorremediación en suelos contaminados. Académico de la Real Academia Nacional de Farmacia. México, 1995. pp17.
- LUCHO, C.A., Álvarez, M., Beltrán, R.I., Prieto, F. and Poggi, H. 2005a. A multivariate analysis of the accumulation and fractionation of major and trace elements in agricultural soils in Hidalgo State, Mexico irrigated with raw wastewater. Environmental International, On Line: 0160-4120-D 2004 doi:10.1016/j.envint.2004.08.002.
- Macchi L. (2006). RONNY RODRIGUES Y OSCAR CONTRERAS. PROPUESTA DE REMOCION DE METALES PESADOS, (2006).
- MAHLER, R.L. 2003. General overview of nutrition for field and container crops. In: Riley, L. E.; Dumroese, R. K.; Landis, T. D. Tech Coords. National Proceeding: Forest and Conservation Nursery Associations. 2003 June 9-12; Coeur d`Alene, ID; and 2003 July 14-17; Springfield, IL. Proc. RMRS-P-33.

- MERKL, N. R, Schultze-Kraft y C. Infante. Phytoremediation of Petroleum Contaminated Soils in the Tropics - Pre-Selection of Plant Species from Eastern Venezuela. *Journal of Applied Botany and Food Quality* 78 (3):185-192. 2004.
- MINISTERIO del Ambiente. Ley N° 28611. Ley General del Ambiente. Artículo N° 31. Perú 2005.
- MOJIRI, A. The Potential of Corn (*Zea mays*) for Phytoremediation of Soil Contaminated with Cadmium and Lead. *J. Biol. Environ. Sci.* 5: pp. 17-22, 2011.
- MUDARRA Cano, Valeriano. Efecto de enmiendas orgánicas a base de lodos de depuradora, sobre la lixiviación y biodisponibilidad de elementos traza, procedentes de suelos contaminados en cultivos. 2013.
- MUSO, Javier. Determinación de la capacidad fitorremediadora de cadmio del Camacho (*Xanthosoma undipes* Koch), especie vegetal nativa del área de influencia de EP PETROECUADOR en el Distrito Amazónico. Departamento de Ciencias de la Vida. Ingeniería en Biotecnología. Ecuador. 2012.
- OSORIO Mora, David. JVA herbario 902. 2016
- ORGANIZACIÓN de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Producción mundial del maíz. Archaeological evidence of teosinte domestication from Guilá Naquitz, Oaxaca 2006
- ORGANIZACIÓN de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Glosario de Agricultura Orgánica de la FAO. 2009.
- PEREZ Guzman, Silvia. Fitoextracción de plomo con higuera y ácido fulvico de un suelo contaminado. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrícola y Ambiental. Saltillo, Junio 2013.

- PRIETO Méndez, J. Gonzales Ramírez, C.A. Román Gutiérrez, Alma. D. Prieto García Francisco. Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua Tropical y subtropical agrosistemas, Universidad Autónoma de Yucatán Mérida, México vol. 10 num.1 29-44 pag. 2009.
- PULFORT I. D., y Watson, C. 1993. J. Environ. Inten. 29:529-540
- PUGA. S., Sosa M., Lebgue. T., Quintana. C. y Campos. A. Contaminación por metales pesados en el suelo provocada por la industria minera. Departamento Académico de Biología. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima – Perú, 2006.
- ROCA, Fernández. Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo. INGACAL. Xunta de Galicia., 2013.
- ROBINSON, B.; Schulin, R.; Nowack, B.; Roulier, S.; Menon, M.; Clothier, B.; Green, S.; Mills, T. Phytoremediation for the management of metal flux in contaminated sites. Forest, Snow & Landscape Research 80:221–234. 2006.
- SIERRA, Rubén. Fitorremediación de un suelo contaminado por plomo por actividad industrial. Para obtener el título profesional de Ingeniero Agrícola y Ambiental. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Buenavista. México, 2006. 13-16p
- Singh, O.V., S. Labana, G. Pandey, R. Budhiraja y R.K. Jain. 2003. Phytoremediation: An Overview of Metallic Ion Decontamination From Soil. Applied Microbiology and Biotechnology. 61: 405-412.
- SPAIN, A. Implications Of Microbial Heavy Metals Tolerance in the Environment. Reviews In Undergraduate Research, 2: 1-6. 2003.
- SOCIEDAD Nacional de Minería Petróleo y Energía. Informe Quincenal. Perú. Mayo, 2012.

- TARAZONA, J.V.; Fernández, M.D.; Vega, M.M.; Regulation of contaminated soils in Spain. A new legal instrument. *Journal of Soils & Sediments* 5: 121-124.

VIII. ANEXOS

Anexo N° 1: Formato de instrumentos

Instrumento N°1: Tratamientos Y Enmiendas

			ANTES DEL TRATAMIENTO (ppm)		DESPUES DEL TRATAMIENTO (ppm)	
			Pb	Cd	Pb	Cd
Girasol	TC1=COMPOST	MUESTRA N°1	518.26	2.88	418.75	2.80
		MUESTRA N°1	518.26	2.88	417.89	2.83
		MUESTRA N°1	518.26	2.88	415.70	2.82
	TC2=HUMUS	MUESTRA N°2	518.26	2.88	429.01	2.87
		MUESTRA N°2	518.26	2.88	436.40	2.87
		MUESTRA N°2	518.26	2.88	518.15	2.81
	TC3=TESTIGO	MUESTRA N°3	518.26	2.88	518.12	2.79
		MUESTRA N°3	518.26	2.88	518.23	2.87
		MUESTRA N°3	518.26	2.88	517.89	2.85
	TC4=COMPOST + HUMUS	MUESTRA N°4	518.26	2.88	425.32	2.86
		MUESTRA N°4	518.26	2.88	416.89	2.88
		MUESTRA N°4	518.26	2.88	417.69	2.88
Maíz	TC5=COMPOST	MUESTRA N°1	518.26	2.88	515.15	2.77
		MUESTRA N°1	518.26	2.88	517.81	2.27
		MUESTRA N°1	518.26	2.88	516.79	2.37
	TC6=HUMUS	MUESTRA N°2	518.26	2.88	517.90	2.84
		MUESTRA N°2	518.26	2.88	514.98	2.81
		MUESTRA N°2	518.26	2.88	517.45	2.81
	TC7=TESTIGO	MUESTRA N°3	518.26	2.88	517.91	2.87
		MUESTRA N°3	518.26	2.88	517.89	2.88
		MUESTRA N°3	518.26	2.88	517.32	2.86
	TC8=COMPOST + HUMUS	MUESTRA N°4	518.26	2.88	512.98	2.77
		MUESTRA N°4	518.26	2.88	515.46	2.67
		MUESTRA N°4	518.26	2.88	516.68	2.79
Validado por:			Nombre y Apellidos:		Nombre y Apellidos:	
Nombre y Apellidos:						
Firma:			Firma:		Firma:	
CIP:			CIP:		CIP:	
Fuente: Propia						

Instrumento N°2: Instrumento Del Testigo

ANALISIS DE TESTIGO (suelo)						
pH	C.E	N	P	K	Pb	Cd
8.26	0.36	0.03	5.6	52	518.26	2.88
Validado por:			Nombre y Apellidos:		Nombre y Apellidos:	
Nombre y Apellidos:						
Firma:			Firma:		Firma:	
CIP:			CIP:		CIP:	
			Fuente: Propia			

Instrumento N°3: Condiciones Iniciales Del Suelo

INDICADORES	UNIDAD	INICIAL	FINAL	% de remoción	
pH	-	8.26	8.24		
C.E.	mS/cm	0.36	0.37		
M.O.	%	0.32	0.35		
P	ppm	5.6	5.8		
K	ppm	52	53		
TEXTURA	%	A.Fr.	A.Fr.		
CIC	meq/100g.	9.28	9.3		
CATIONES	meq/100g.	0.16	0.17		
%humedad	%H	13.99	14.11		
Infiltracion	mm/min				
Cadmio	ppm	2.88	2.77	11	
plomo	ppm	518.26	418.75	9.951	
Validado por:			Nombre y Apellidos:		Nombre y Apellidos:
Nombre y Apellidos:					
Firma:			Firma:		Firma:
CIP:			CIP:		CIP:
			Fuente: Propia		

Instrumento N°4: Características De La Planta

Tratamientos								
		Altura de cultivo(cm)	Cd en la biomasa de la planta (ppm)	Pb en la biomasa de la planta (ppm)	Cd en la biomasa radicular (ppm)	Pb en la biomasa radicular (ppm)	Biomasa seca (gr)	Tiempo de cultivo (días)
Maiz testigo T1	M1	30	2.4	50.5	NO	NO	8	64
	M2	38	2.76	46.08	NO	NO	9	64
	M3	32	1.8	44.03	2.18	76.22	8	64
Maiz Compost T2C	M1	50	1.38	13.13	NO	NO	10	64
	M2	49	2.01	15.23	NO	NO	9	64
	M3	45	1.69	10.96	2.17	75.33	10	64
Maiz Humus T3H	M1	46	1.56	10.8	NO	NO	11	64
	M2	51	1.17	9.65	NO	NO	10	64
	M3	48	1.27	7.1	2.09	70.21	10	64
Maiz Compost mas Humus T4 C+H	M1	55	1.38	13.13	NO	NO	10	64
	M2	52	1.17	9.65	NO	NO	11	64
	M3	50	1.22	26.09	2.18	76.22	10	64

Girasol testigo T5	G1	8	0.67	10.8	NO	NO	3	64
	G2	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO CRECIO
	G3	6	0.86	6.49	NO	NO	2	64
Girasol Compost T6C	G1	15	0.31	8.49	NO	NO	4	64
	G2	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO CRECIO
	G3	14	0.8	6.98	NO	NO	4	64
Girasol Humus T7H	G1	18	0.3	9.42	NO	NO	4	64
	G2	19	0.86	6.51	NO	NO	4	64
	G3	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO CRECIO
Girasol Compost mas Humus T8 C+H	G1	22	0.36	9.87	NO	NO	8	64
	G2	23	0.94	9.38	1.83	14.72	8	64
	G3	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO CRECIO
Validado por:			Nombre y Apellidos:			Nombre y Apellido:		
Nombre y Apellidos:			Firma:			Firma:		
Firma:			CIP:			CIP:		
CIP:			Fuente: Propia					

Anexo N° 2: Fotografías



Imagen panorámica de la zona de la toma de muestras.

FUENTE: Propia



Imagen de la zona de la toma de muestras.

FUENTE: Propia

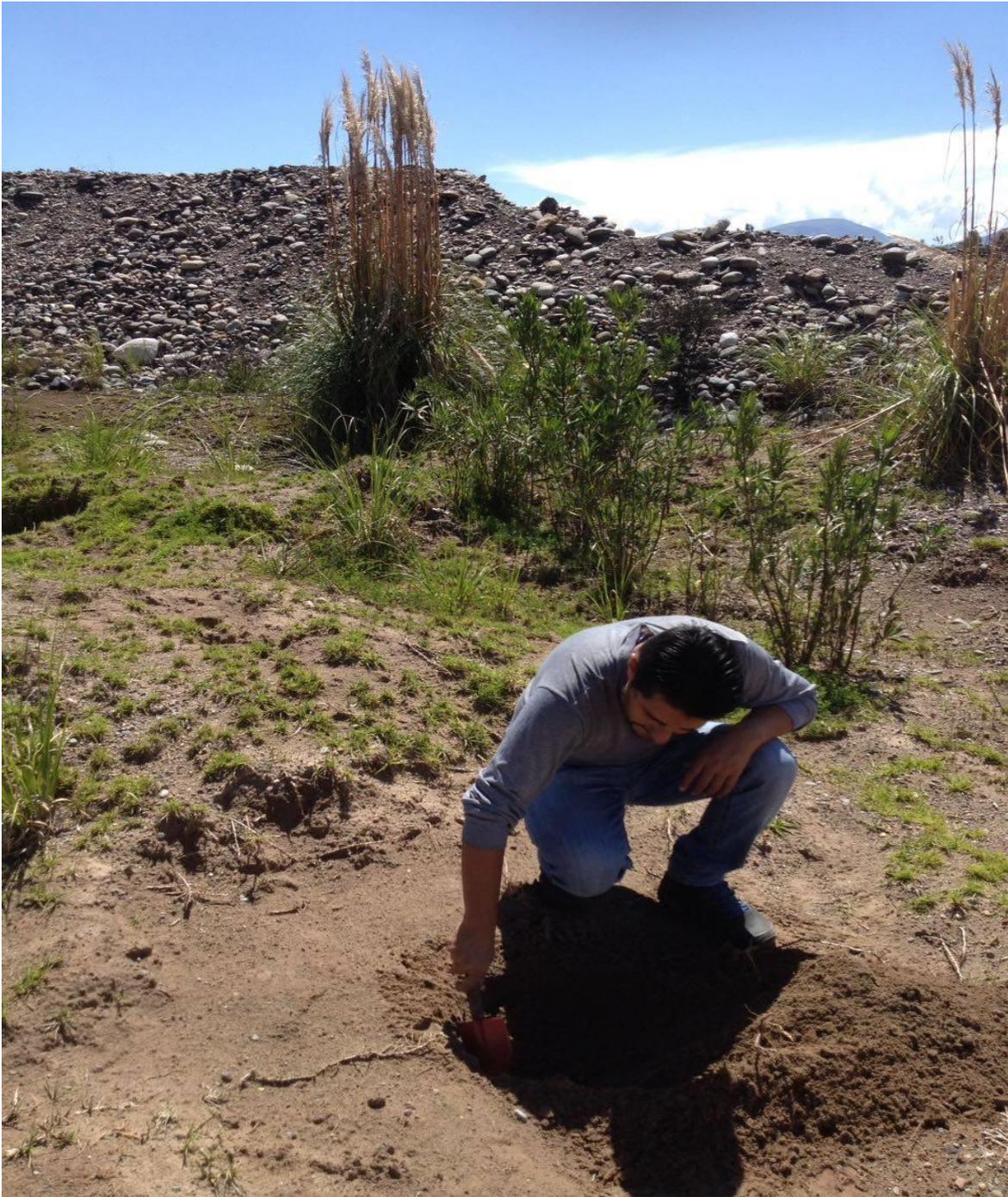


Imagen de la excavación en la zona de influencia.

FUENTE: Propia



Imagen de la calicata.

FUENTE: Propia



Imagen del perfil del suelo.

FUENTE: Propia



Imagen de la primera muestra etiquetada y rotulada.

FUENTE: Propia



Imagen del llenado de la calicata.

FUENTE: Propia



Imagen de uno de los primeros brotes después del sembrado.

FUENTE: Propia



Imagen del primer grupo de macetas después del sembrado.

FUENTE: Propia



Imagen del segundo grupo de macetas.

Fuente: Propia



Imagen de dos girasoles en crecimiento.

FUENTE: Propia



Imagen de dos macetas con girasoles en crecimiento.

FUENTE: Propia



Imagen de 2 girasoles superando los 10 cm de largo.

FUENTE: Propia



Imagen de macetas con girasoles en crecimiento.

FUENTE: Propia



Imagen del tercer grupo de macetas de girasol.

FUENTE: Propia



Imagen de las macetas con sus especies en crecimiento.

FUENTE: Propia



Imagen de 2 macetas de girasol en crecimiento.

FUENTE: Propia



Imagen de una maceta de girasol infectada por el hongo mal de talluelo.

FUENTE: Propia



Imagen de una maceta de girasol infectada por el hongo mal de talluelo.

FUENTE: Propia



Imagen de un brote de girasol.

FUENTE: Propia



Imagen de un nuevo brote de girasol.

FUENTE: Propia



Imagen de una planta de girasol infectada por el hongo mal del talluelo.

FUENTE: Propia



Imagen de muestra de biomasa de maiz.

FUENTE: Propia



Imagen de biomasa radicular de maíz.

FUENTE: Propia



Imagen de toma de muestra foliares para analisis.

FUENTE: Propia



Imagen de toma de muestras de suelo después del tratamiento para análisis.

FUENTE: Propia



Imagen de suelo y foliar después de separarlo de la maceta.

FUENTE: Propia



Imagen de las raíces después de separar de la maceta.

FUENTE: Propia



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : COMPAÑIA GRANDEZ Y ASOCIADOS S.A.

Departamento : JUNIN
 Distrito : HUABIPAMPA

Provincia : JAUJA
 Predio : MARGEN DERECHO
 DEL RIO MANTARO
 Fecha : 09/05/17

Referencia : H.R. 58383-060SC-17

Fact. 555

Número de Muestra	pH	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	C/C	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
							Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺			
3343	8.26	0.36	21.90	0.32	5.6	52	86	8	6	A.Fr.	9.28	7.86	1.13	0.16	0.13	0.00	9.28	9.28	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Número de Muestra	N Total %	H.G %

Dr. Sady Garcia Bendezn
 Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM - Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

Análisis de caracterización de suelos.

FUENTE: Laboratorio de suelos Agraria la molina 2017.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : MAXIMO GRANDEZ ARGOMEDA
PROCEDENCIA : JUNIN/ JAUJA/ HUARIPAMPA
REFERENCIA : H.R. 58366
BOLETA : 255
FECHA : 08/05/2017

Lab	Número Muestra	Pb ppm	Cd ppm
	Claves		
3542	M.A	518.26	2.88

 *Sady Garcia Bendezú*
Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

Análisis de metales pesados en suelo contaminado por Cadmio y Plomo.

FUENTE: Laboratorio de suelos Agraria la molina 2017.

INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE	:	COMPAÑÍA GRANDEZ Y ASOCIADOS S.A.
PROCEDENCIA	:	LIMA
MUESTRA DE	:	HUMUS DE LOMBRIZ
REFERENCIA	:	H.R. 58384
FACTURA	:	555
FECHA	:	18/05/17

Nº LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	M.O. %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
276	1º Muestra Humus de Lombriz	5.82	4.78	39.61	2.33	2.71	0.31

Nº LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %
276	1º Muestra Humus de Lombriz	4.71	0.96	44.02	0.02

Informe de análisis de materia orgánica Humus.

Fuente: Laboratorio de suelos agraria la molina 2017.

INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE	:	COMPAÑÍA GRANDEZ Y ASOCIADOS S.A.
PROCEDENCIA	:	LIMA
MUESTRA DE	:	COMPOST DE STEVIA
REFERENCIA	:	H.R. 58385
FACTURA	:	555
FECHA	:	18/05/17

Nº LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	M.O. %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
277	1º Muestra Compost de Stevia	6.10	3.90	22.87	0.86	0.86	0.31

Nº LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %
277	1º Muestra Compost de Stevia	1.93	0.35	29.21	0.01

Informe de análisis de materia orgánica Compost.

Fuente: Laboratorio de suelos agraria la molina 2017.

INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : COMPAÑIA GRANDEZ Y ASOCIADOS S.A.

PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ LOS OLIVOS

MUESTRA : TEJIDOS VEGETALES

REFERENCIA : H.R. 59266

FACTURA : 888

FECHA : 10/07/2017

MAIZ				GIRASOL			
N.	CLAVE DE	Pb	Cd	N.	CLAVE DE	Pb	Cd
Lab.	CAMPO	ppm	ppm	Lab.	CAMPO	ppm	ppm
4150	1era muestra de maiz (compost + humus) organico	13.13	1.38	4150	1era muestra de girasol (compost + humus) organico	9.87	0.36
4151	2da muestra de maiz (compost + humus) organico	9.65	1.17	4151	2da muestra de girasol (compost + humus) organico	9.38	0.94
4152	3ra muestra de maiz (compost + humus) organico	26.09	1.22	4152	3ra muestra de girasol (compost + humus) RAIZ organico	14.72	1.83
4153	3ra muestra de maiz humus RAIZ organico	70.21	2.09	4153	3ra muestra de girasol (testigo) organico	6.49	0.86
4154	2da muestra de maiz humus organico	9.65	1.17				
4155	3ra muestra de maiz (compost + humus) RAIZ organico	76.22	2.18				
MAIZ				GIRASOL			
N.	CLAVE DE	Pb	Cd	N.	CLAVE DE	Pb	Cd
Lab.	CAMPO	ppm	ppm	Lab.	CAMPO	ppm	ppm
4150	1era muestra de maiz testigo organico	50.50	2.40	4150	1era muestra de girasol compost organico	8.49	0.31
4151	2da muestra de maiz testigo organico	46.08	2.76	4151	2da muestra de girasol humus organico	6.51	0.86
4152	3ra muestra de maiz testigo organico	44.03	1.80	4152	3ra muestra de girasol compost organico	6.98	0.80
4153	3ra muestra de maiz compost RAIZ organico	75.33	2.17	4153	1da muestra de girasol (testigo) organico	10.08	0.67
4154	1ra muestra de maiz humus organico	10.08	1.56	4154	1era muestra de girasol humus organico	9.42	0.30
4155	3ra muestra de maiz testigo RAIZ organico	76.22	2.18				
4150	1era muestra de maiz compost organico	13.13	1.38				
4151	2da muestra de maiz compost organico	15.23	2.01				
4152	3ra muestra de maiz compost organico	10.96	1.69				
4153	3era muestra de maiz humus organico	7.10	1.27				

Dr. Sady García Bendezú

Jefe de Laboratorio

Informe de análisis foliar y biomasa radicular.

Fuente: Laboratorio de suelos agraria la molina 2017.

INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : COMPAÑÍA GRANDEZ Y ASOCIADOS S.A

PROCEDENCIA : LIMA/LIMALOS OLIVOS

REFERENCIA : HR 52966

FACTURA : 888

FECHA : 10/07/17

Nº LAB	CLAVES	Pb ppm	Cd ppm	Nº LAB	CLAVES	Pb ppm	Cd ppm
4530	1ra Muestra de girasol Compost	418.75	2.80	4530	1ra Muestra de Maiz Compost	515.15	2.77
4531	2da Muestra de girasol compost	417.89	2.83	4531	2da Muestra de Maiz compost	517.81	2.27
4532	3ra Muestra de girasol compost	415.70	2.82	4532	3ra Muestra de Maiz compost	516.79	2.37
4530	1ra Muestra de girasol humus	429.01	2.87	4530	1ra Muestra de Maiz humus	517.90	2.84
4531	2da Muestra de girasol humus	436.40	2.87	4531	2da Muestra de Maiz humus	514.98	2.81
4532	3ra Muestra de girasol humus	518.15	2.81	4532	3ra Muestra de Maiz humus	517.45	2.81
4530	1ra Muestra de girasol testigo	518.12	2.79	4530	1ra Muestra de Maiz testigo	517.91	2.87
4531	2da Muestra de girasol testigo	518.23	2.87	4531	2da Muestra de Maiz testigo	517.89	2.88
4532	3ra Muestra de girasol testigo	517.89	2.85	4532	3ra Muestra de Maiz testigo	517.32	2.86
4530	1ra Muestra de girasol Compost + humus	425.32	2.86	4530	1ra Muestra de Maiz Compost + humus	512.98	2.77
4531	2da Muestra de girasol compost + humus	416.89	2.88	4531	2da Muestra de Maiz compost + humus	515.46	2.67
4532	3ra Muestra de girasol compost + humus	417.69	2.88	4532	3ra Muestra de Maiz compost + humus	516.68	2.79

Dr. Sady Garcia Bendezú
Jefe de Laboratorio

Informe de análisis final de suelo.

Fuente: Laboratorio de suelos agraria la molina 2017.

Anexo N° 3: Matriz de consistencia

HIPOTESIS	PROBLEMAS	OBJETIVOS	VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
La fitorremediación con Zea Mays (Maíz) y Helianthus annuus (Girasol), remueve Cd y Pb contenidos en el suelo, Departamento de Junin, Provincia de Jauja, Distrito de Huaripampa, 2017.	¿Qué cantidad de Cd y Pb se remueve en suelos contaminados, después de realizar la fitorremediación en el Departamento de Junin, Provincia de Jauja, Distrito de Huaripampa, 2017?	Determinar la cantidad de Cd y Pb que se remueve en suelos contaminados mediante el cultivo de plantas acumuladoras fortalecidas con enmiendas orgánicas.	DEPENDIENTE Remoción de Cadmio y Plomo en suelos	Es la cantidad del contaminante absorbido del suelo contaminado por un método específico, Según Macchi. L.(2006); la remoción es la disminución de metales pesados en el suelo contaminado.	La remoción se mide en función de la concentración, absorción de Cd y Pb del suelo contaminado por metales pesados.	La concentración de Cd y Pb en el suelo.	Concentración inicial de Cd y Pb en suelo. Concentración final de cadmio y plomo en el suelo. Proporción de humus. Proporción de compost. Proporción de humus + compost.	ppm mg/Kg MS ppm mg/Kg MS Kg Kg Kg
La fitorremediación con plantas cultivadas usando distintas composiciones de enmiendas orgánicas en suelos contaminados remueven cantidades significativas de Cd y Pb, en el Departamento de Junin, Provincia de Jauja, Distrito de Huaripampa, 2017.	¿Qué cantidad de Cd y Pb remueven en la fitorremediación las plantas cultivadas usando distintas composiciones de enmiendas orgánicas en suelos contaminados del Departamento de Junin, Provincia de Jauja, Distrito de Huaripampa, 2017?	Determinar la cantidad de Cd y Pb en plantas cultivadas usando distintas composiciones de enmiendas orgánicas como fitorremediación en suelos contaminados absorben cantidades significativas de Cd y Pb, en el Departamento de Junin, Provincia de Jauja, Distrito de Huaripampa, 2017?	INDEPENDIENTE Fitorremediación con Zea Mays (Maíz) y Helianthus Annus (Girasol)	Consiste en el uso de plantas verdes para contener, remover o neutralizar compuestos orgánicos, metales pesados o radionucleidos encontrados en la rizosfera, Lombi et al.(2001) (re-portado por Torres, 2003).	Son las concentraciones de Pb y Cd, removidas por las plantas acumuladoras de metales pesados en el Girasol y Maíz, absorbidas en la biomasa aérea o biomasa radicular; removidas del suelo contaminado por metales pesados.	Concentración de plomo y cadmio en el girasol Concentración de plomo y cadmio en maíz	Altura de cultivo. Biomasa aérea de la cosecha. Materia seca. Biomasa radicular. Concentración de Cd y Pb en biomasa radicular y biomasa aérea.	cm gr gr gr ppm mg/Kg MS
							Altura de cultivo Biomasa aérea de la cosecha Materia seca Biomasa radicular Concentración de Cd y Pb en raíz y biomasa aérea	cm gr gr gr ppm