



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Carrera de **INGENIERÍA AMBIENTAL**

**“CAPACIDAD FITORREMEDIADORA DEL MAÍZ Y EL  
GIRASOL EN SUELOS CONTAMINADOS DEL  
BOTADERO MUNICIPAL DE LUCMA”**

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Ambiental**

**Autor:**

Jhack Jhelsin Julca Castañeda

**Asesor:**

Mg. Luis Enrique Alva Díaz

Código ORCI: <https://orcid.org/0000-0002-6793-775X>

Trujillo - Perú

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación está dedicado con mucho cariño y amor para aquellas personas que siempre estuvieron conmigo apoyándome y motivándome, y a quienes no solo les debo mi vida sino también todo lo que he logrado hasta ahora.

**Mi querida Madre, Padre y Hermanos.**

A la persona que siempre me apoyo en los momentos difíciles y que a cada momento compartió y seguirá compartiendo mis sueños.

## **AGRADECIMIENTO**

Primero que todo quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y por permitirme concluir una parte esencial de mi vida profesional y mis amados padres por aliento y esfuerzos que hicieron posible esta meta.

A todos mis profesores, amigos (as) y compañeros (as) que me apoyaron de una y otra manera para culminar este gran objetivo en mi vida.

## **TABLA DE CONTENIDOS**

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>1</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>2</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>4</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>5</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>6</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO II. MÉTODO .....</b>	<b>22</b>
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS.....</b>	<b>29</b>
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIONES Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>34</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>38</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>49</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos de los Puntos de donde se extrajeron las muestras simples. ....	27
Tabla 2. Resultados de la Prueba t-student. ....	29
Tabla 3. Resultados de la concentración de metales en el suelo del botadero de Lucma. .....	31

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diseño metodológico del Trabajo de Investigación.....	23
Figura 2. Diagrama de Procesos aplicados en la investigación.....	26
Figura 3. Cantidad removida de metales pesados en cada uno de los estratos.....	30
Figura 4. Porcentaje de remoción de metales pesados en cada uno de los estratos.....	30
Figura 5. Comparación de las concentraciones determinadas para el Plomo, pre y post fitorremediación entre los Estándares de Calidad Ambiental. ....	31
Figura 6. Comparación de las concentraciones determinadas para el Arsénico, pre y post fitorremediación entre los Estándares de Calidad Ambiental. ....	32
Figura 7. Comparación de las concentraciones determinadas para el Mercurio, pre y post fitorremediación entre los Estándares de Calidad Ambiental. ....	32
Figura 8. Comparación de las concentraciones determinadas para el Cadmio, pre y post fitorremediación entre los Estándares de Calidad Ambiental. ....	33

## RESUMEN

Este presente trabajo tiene como objetivo determinar el efecto de la capacidad fitorremediadora del maíz y girasol en suelos contaminados con metales pesados (plomo, arsénico, mercurio, cadmio) en el botadero municipal de Lucma, por medio de una metodología no experimental – transversal - descriptiva que consiste en obtener información de la concentración de metales antes y después de aplicar la fitorremediación en el suelo del botadero del Distrito de Lucma, y realizar un análisis estadístico para determinar si existe remoción significativa de metales pesados, además de comparar con los Estándares de Calidad Ambiental. Como resultados se obtuvo que: estadísticamente si existe remoción significativa de estos metales habiendo aplicado la fitorremediación, debido a que los valores de p-valúe determinados para estos metales son menores que el nivel de significancia de 0.05, asimismo se obtuvieron los porcentajes de remoción para el Plomo son de 41.51%, 43.47% y 44.44%; para el Arsénico son de 49.96%, 49.23% y 50.39%; para el Mercurio son de 50.26%, 59.38% y 62.68%, y para el Cadmio son de 76.41%, 61.62% y 64.66%, en los estratos bajo, medio y alto respectivamente. Asimismo, se realizó la comparación con los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs), antes y después de la aplicación de la fitorremediación. En conclusión, el maíz y el girasol son agentes fitorremediadores eficaces, ya que remueven significativamente los metales pesados del suelo.

**Palabras clave:** Fitorremediación, Maíz (*Zea mays*), Girasol (*helianthus annus*), Enmienda orgánica, Botadero Municipal.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas el acelerado crecimiento de las actividades industriales, mineras, agropecuarias, etc. han contribuido a que la producción de residuos sólidos crezca en un elevado número, formando así elementos tóxicos que son nocivos para la salud de la población y medio ambiente. Esto conlleva a la afectación del equilibrio ecológico deteriorando el subsuelo, suelo y atmosfera, teniendo como consecuencia perdida de los recursos naturales.

Una de las problemáticas más grandes de contaminación ambiental por residuos sólidos es que generan metales pesados como Cu, Pb, Cd, Cr, Ni, Hg, Co, Ag, Au; debido a que disposición final de estos se realiza mayormente en botaderos que no están bien manejados y al tener un tiempo de acumulación progresivo va generando lixiviados y gases tóxicos causando daños particulares en los suelos, como la infertilidad de estos. Asimismo, afecta a los acuíferos cercanos a los botaderos debido a que determinadas sustancias contaminadas se filtran en estos, afectación la agricultura y por ende los recursos que son consumidos por el ser humano.

Alrededor del mundo el manejo inadecuado de los residuos es un gran problema para la salud de la población, ya que la acumulación de los residuos en botaderos a cielo abierto producen enfermedades entéricas como tífus, colera, hepatitis y otras dependiendo de las condiciones de lugar (Rondón, Szantó, Francisco, Contreras, y Gálvez, 2016) Por otro lado, Pagnanelli, et al., (2014) menciona que los metales pesados forman parte de los lixiviados siendo un problema latente mundialmente ocasionando riesgos potenciales en la salud, cabe mencionar que estos duran un largo periodo de tiempo y van acumulándose de manera progresiva y pueden acoplarse en la cadena alimentaria y afectar a los animales y al hombre.

En Latinoamérica, para ser más preciso el municipio de Villa Victoria en México está pasando por un grave problema en su disposición final de residuos sólidos, puesto que no cuenta con un relleno sanitario y dispone solamente de un botadero a cielo abierto. Este no presenta las condiciones necesarias para su funcionamiento y se encuentra en un estado deplorable debido al mal manejo de los residuos (basura); por otro lado, este botadero está cerca de cuerpos de agua importantes para la ciudad que se ven afectados por la existencia de fauna nociva, filtración y escurrimientos de lixiviados (Álvarez, 2016, p.22).

En el caso del Perú, la gestión inadecuada de los residuos sólidos municipales es un problema que está generando un gran impacto en el medio ambiente. Este problema va creciendo en nuestro país, ya que nuestra sociedad se preocupa más por el consumismo y no por el buen manejo del residuo que generan gracias a esta práctica, la falta de conciencia y cultura ambiental desarrollan el hábito de usar y botar. En nuestro país se está produciendo 23 toneladas de basura diaria y únicamente el 15% de esta se logra reciclar, además existen solamente 12 rellenos sanitarios y 1250 botaderos ilegales los cuales acaparan la mayoría de basura a nivel nacional (Gestión, 2017). El distrito de San Pablo no es ajeno a esta realidad ya que las disposiciones finales de sus residuos son realizadas en un botadero a cielo abierto, a su vez manifiesta que este botadero no se encuentra en condiciones óptimas para poder desarrollar un adecuado manejo de ellos como consecuencia la contaminación por lixiviados de ese lugar (Díaz, 2017, p.38).

Lucma el distrito donde se desarrolla la presente investigación, desde años a tras viene realizando una mala disposición de los residuos sólidos en el botadero municipal donde llegan toneladas de basura de toda la población y no cuentan ningún proceso de segregación llevando a que toda la basura se mezcle y forme todo tipo de contaminantes. Causando problemas a los pobladores que habitan a los alrededores del

botadero, quienes son los más afectados tanto por los olores emanados por degradación de los residuos dispuestos, asimismo la infertilidad de sus tierras y la contaminación de sus fuentes de agua naturales.

Ante estas situaciones que se vienen presentando en diferentes lugares de nuestro país y alrededor del mundo, se necesita de tecnologías que disminuyan los niveles de contaminación que se generan por la inadecuada disposición de residuos sólidos; como se mencionó con anterioridad uno de los problemas de la inadecuada disposición de los residuos sólidos es la acumulación de metales pesados por la descomposición de estos. Para este problema existe un método denominado fitorremediación, la cual aprovecha la capacidad de ciertas plantas para absorber, acumular, metabolizar, volatilizar o estabilizar contaminantes presentes en el suelo, aire, agua o sedimentos como: metales pesados, metales radioactivos, compuestos orgánicos y compuestos derivados del petróleo. Estas Fito tecnologías ofrecen numerosas ventajas en relación con los métodos fisicoquímicos que se usan en la actualidad, por ejemplo, su amplia aplicabilidad y bajo costo (Delgadillo, et al., 2011, p.122-128).

Teniendo en cuenta la problemática descrita y la tecnología mencionada se planteó la siguiente pregunta de investigación: ¿Existe un efecto de la capacidad Fitorremediadora del maíz y girasol sobre los suelos contaminados del botadero municipal de Lucma? Asimismo, se planteó como objetivo **determinar la capacidad Fitorremediadora del Maíz y Girasol en suelos contaminados**, para la determinación de este objetivo se tuvo que determinar de la concentración de metales pesados en el suelo del botadero municipal de Lucma (Plomo, Arsénico, Mercurio y Cadmio) antes y después de aplicar la fitorremediación de maíz y girasol y posteriormente realizar una comparación entre la concentración de los metales pesados en el suelo y los Estándares de Calidad Ambiental [ECAs] para suelos establecidos en el MINAM.

Por otro lado, se realizó la revisión de varios antecedentes, en los cuales se enfocan en la fitorremediación de suelos con maíz y girasol. Encontrando múltiples trabajos de investigación tanto a nivel internacional, nacional y local que se detallan a continuación.

Ramón & Herrera (2012), detallan en su artículo titulado “Utilización de plantas de amaranto como alternativa de Fitorremediación en suelos contaminados con plaguicidas organoclorados en la comunidad” teniendo como objetivo general valorar el efecto Fitorremediadora de tres variedades de plantas Amaranto en suelos contaminados con plaguicidas organoclorados. El método utilizado fue de Extracción Soxhlet, en este método se utilizó 10 gr de muestra de suelo y planta seca y se extractaron con 200 ml de una mezcla de diclorometano. El autor llega a la conclusión que los resultados de las concentraciones de los plaguicidas organoclorados obtenidos después del cultivo de las tres variedades de Amaranto presento un efecto biorremediador positivo en los suelos contaminados con plaguicidas organoclorados en la comunidad.

Pastor, Gutiérrez, Hernández, (2012) a través de su artículo titulado “Respuesta del maíz (*Zea mays*) en suelos contaminados por metales pesados después de crecer una comunidad de pasto” se propusieron como objetivo conocer la respuesta del maíz en suelos contaminados por metales pesados. Se realizó un bioensayo en mesocosmos en condiciones controladas durante tres meses. Los suelos utilizados procedieron de las muestras medias recogidas en cada uno de los 30 lugares seleccionados de los tres emplazamientos de minas abandonadas. El autor concluye que las hojas del maíz son susceptibles de acumular una gran cantidad de metales pesados cuando el cultivo crece en suelos con un "cóctel" de los mismos.

Grandez, (2017) en artículo titulado “Remoción de cadmio y plomo en suelos a orillas del río Mantaro, Junín, mediante Fitorremediación con girasol (*helianthus annuus*) y maíz

(zea mays) usando enmiendas” se propuso como objetivo 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, para muestreo de identificación se utilizó el método de rectángulo para áreas contaminadas según la guía para muestreo de suelos MINAM. El autor concluye que a largo del cultivo se pudo apreciar que la especie maíz, con enmiendas combinadas de humus + compost, tuvo mejores resultados tanto para la remoción y absorción de metales pesados en la biomasa radicular como en la biomasa del área de la planta, esto debido a su mejor desarrollo.

Suaña (2017) a través de su artículo “Capacidad del girasol (helianthus annus L) para absorber cadmio de suelos contaminados en ambiente controlado-Puno” se planteó en su objetivo determinar la capacidad de absorción por el girasol (Helianthus annus L.) de suelos que tienen contenido de cadmio. Para el experimento se recolectaron dos muestras de suelo que se tomaron de suelo superficial hasta 35 cm de profundidad, 20 kg por muestra, se transportaron en baldes plásticas al laboratorio de Biología, se secaron en estufa a 40 °C por 24 h, continuando con su secado durante cuatro días. El autor concluye que la muestra de suelo proveniente de la zona de la rinconada en el invernadero presento un valor igual al otro ambiente, no existiendo diferencia estadística entre ambos ambientes de cultivo, asimismo, también se determinó que la mayor absorción de cadmio se produce a nivel de la raíz del girasol.

Chávez, (2014) explica en su investigación titulada “Fitoremediación con especies nativas en suelos contaminados por plomo”, el objetivo del autor fue determinar la capacidad Fitoremediadora de especies de flora nativa encontradas en zonas de contaminación por plomo, se realizó un transecto sobre las zonas con conocida contaminación por este metal, seleccionando un total de 12 puntos de forma tal que se

obtuviera la mayor representatividad posible del área seleccionada. Para las condiciones del presente estudio, el autor concluye que la *Nicotiana* tiene un mejor potencial de uso para fines de Fitorremediación, asimismo según el estudio, las especies nativas *Calamagrostis* y *Nicotiana* son acumuladoras de plomo; en su hábitat natural demuestran comportamiento de hiperacumulación de plomo.

Munive, (2018). Detalla en su artículo “Recuperación de suelos degradados por contaminación con metales pesados en el valle del Mantaro mediante compost de stevia y Fitorremediación” el objetivo del autor es estudiar el efecto de la aplicación de compost y vermicompost a base de *Stevia* sobre la extracción de los metales pesados y la fertilidad de los suelos agrícolas del Valle del Mantaro con la aplicación de la técnica de Fitorremediación, con uso de plantas Fito remediadoras. El autor concluye que, en los suelos de la localidad del Mantaro con el cultivo de Maíz, el uso de las enmiendas orgánicas tiene como efecto la disminución del pH, aumento de la C.E. y M.O. disminución de P y K.

Avelino, (2013), a través de su investigación “Eficacia de la Fito extracción para la remediación de suelos contaminados en Villa de Pasco” se propuso determinar las especies Fito extractoras más eficaces para remediar los suelos contaminados por elementos metálicos, producidos por la actividad minera en Villa de Paseo, se recolectó aproximadamente 1 kg de muestra de suelo, del mismo lugar en donde fueron recolectadas las plantas a una profundidad de 0-20cm y se recogieron 6 plantas de cada especie en un área de 0,65m<sup>2</sup> por estación. El autor determinó que las especies fitoextractoras, el *Sonchus oleraceus*, *Lepidium bipinnatifidum*, *Plantago orbignyana* y del *bidens triplinervia* como especies más eficaces para remediar los suelos contaminados por elementos metálicos en Villa de Paseo.

Torres (2018), realizó una investigación titulada “Evaluación de la concentración de metales pesados como As, Cu, Cd, Hg y Pb en el botadero de Chancharani de la ciudad de Puno” su objetivo fue evaluar las concentraciones de metales pesados como As, Cu, Cd, Hg y Pb y el grado de contaminación en los suelos del botadero a cielo abierto de Chancharani. Para este estudio se determinó nueve puntos de muestreo tomando en cuenta varios criterios, el principal es que tenga una localización visual directa, los puntos de muestreo se ubicaron a 20 m de distancia de cada punto. El autor concluye que la concentración de los elementos plomo, cadmio y cobre superaron los estándares de calidad ambiental, demostrando así que el plomo se encuentra en mayor cantidad, seguido del cadmio con menor cantidad y finalmente el cobre y baja cantidad.

Rodrigo, (2018), realizó su artículo titulado “Estimación de la capacidad Fitorremediadora del “girasol” *Helianthus annuus* mediante la incorporación de enmiendas para suelos contaminados por metales pesados (Plomo, Cromo) de industrias metal-mecánicas” el propósito de su objetivo fue evaluar la capacidad Fitorremediadora del “girasol” *Helianthus annuus* mediante la incorporación de enmienda a suelos contaminados con metales pesados de industrias metalmecánicas, y proponer una alternativa económica, simple y natural. Se evalúa la bioacumulación de Plomo (Pb) y Cromo (Cr) de las plantas cultivadas en un periodo de 60 días, para ello se realiza cuatro tratamientos que incluían enmienda orgánica (guano de isla y suelo agrícola). El autor concluye que *Helianthus annuus* posee capacidad fitorremediadora, debido a que logra bioacumular Pb, Cr en la masa foliar para todos los tratamientos reduciendo de esta manera la concentración de metal pesado en el suelo.

Labra, (2018) elabora su artículo titulado “Fitoextracción con *Helianthus annuus* L. (Girasol) para la reducción de cadmio en suelos contaminados, a nivel laboratorio 2018” tuvo como objetivo principal evaluar la capacidad de Fitoextracción del *Helianthus*

annuus L. (girasol) para reducir el cadmio en suelos contaminados. El presente trabajo de investigación es de diseño experimental, debido a que se operara dos variables una independiente (Fito extracción con *Helianthus annuus* L. (girasol) y una dependiente (Reducción de cadmio en suelos contaminados). el autor concluye que al evaluar la capacidad de Fito extracción del *Helianthus annuus* L. (girasol) se obtuvo 192.08 mg/kg de absorción de cadmio, con una eficiencia de extracción de un 15.62%.

Bolívar (2014) detalla en su artículo titulado “Tres especies de plantas bioacumuladoras de plomo en asociación con el cultivo de cebolla en suelos agrícolas contaminados con aguas del rio Chili en Tiabaya” el objetivo de su investigación es establecer el potencial bioacumulador de *Sonchus oleraceus*, *Helianthus annuus* y *Amaranthus hybridus* en el proceso de Fito extracción de plomo para la descontaminación de cultivos producidos en suelos contaminados por este metal. La metodología del estudio fue con plantas bioacumuladoras de Plomo e interacción de estos asociados al cultivo de cebolla, se hicieron siete tratamientos con cebolla utilizando el diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones cada tratamiento. El autor concluye que el plomo fue el tratamiento que mejores resultados obtuvo.

Munive, Loli, Azabache y Gamarra, (2018). Realizaron su investigación titulada “Fitoremediación con Maíz (*zea mays* L.) y compost de stevia en suelos degradados por contaminación con metales pesados” proponiéndose como objetivo evaluar el efecto de la aplicación de compost y vermicompost a base de stevia sobre los metales pesados y la fertilidad de los suelos agrícolas del valle, Mantaro con la aplicación de la técnica de Fitoremediación utilizando el maíz, la metodología empleada se eligió seis lugares distribuidos a lo largo del rio Mantaro y se realizaron diferentes enmiendas para determinar la capacidad fitorremediadora del maíz. El autor concluye que las enmiendas orgánicas: compost y vermicompost de Stevia contribuyen a la solubilización de los

metales pesados (Pb y Cd) para una mejor absorción, el vermicompost contribuye a que la planta de maíz presente mayor altura, peso de hojas, tallos y peso de raíces, en ambas localidades, en las raíces se presentan los mayores valores de extracción de plomo y cadmio, el maíz extrae mayor cantidad de plomo cuando el suelo presenta mayor contenido en el suelo.

Falcón, (2017). Explica en su artículo titulado “Fitoextracción de metales pesados en suelos contaminados con *Zea mays* L. en la estación experimental el Mantaro en el año 2016” su objetivo fue aplicar la tecnología de la Fitoextracción en los suelos contaminados por metales pesados utilizando *Zea mays* L. en la Estación Experimental “El Mantaro” en el año 2016. Para esta investigación se utilizó suelos de la estación del distrito de Mantaro irrigada por agua del canal de riego y se dividió en tres parcelas A, B y C. El autor concluye que en los tres lotes A, B y C de suelo contaminados por metales pesados y metaloides tenemos en el lote A presenta un pH ligeramente ácido, el lote B y C presentan pH igual a 7.10 y 7.08, ligeramente ácido

Vargas, (2017) elaboro su investigación titulada “Eficiencia del maíz cultivado con abonos orgánicos en la disminución de las concentraciones de plomo de suelos contaminados por el pasivo ambiental minero” El objetivo general del estudio es determinar la eficiencia Fito extractora del Maíz cultivado con abono orgánico en la disminución de las concentraciones de plomo en suelos contaminados. Para el estudio se tomó en total 185 kg de suelo agrícola contaminados con plomo por el pasivo ambiental minero de un área de 2000 m<sup>2</sup>, tomados en un total de 4 puntos establecidos. El autor concluye que la eficiencia Fito extractora del maíz en los tratamientos 3 y 4 donde se añadió humus y humus + compost respectivamente fue mayor en comparación con el testigo donde no se agregó ningún abono orgánico, ya que en estos dos tratamientos se observó porcentajes de remoción de 24.6% y 21.2% respectivamente.

La presente investigación, contempla argumentos como suelos contaminados, la disposición de residuos sólidos municipales, la fitorremediación, la capacidad fitorremediadora del maíz y el girasol; que se detallan a continuación.

La **contaminación de suelos** se refiere a la presencia en el suelo de un químico o una sustancia fuera de sitio y/o presente en una concentración más alta de lo normal que tiene efectos adversos sobre cualquier organismo al que no está destinado. Aunque la mayoría de los contaminantes tiene origen antropogénico, algunos contaminantes pueden ocurrir naturalmente en los suelos como componentes de minerales y pueden ser tóxicos en concentraciones altas. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura [FAO], 2019).

Las **principales fuentes** antropogénicas de la contaminación del suelo son los químicos utilizados en las actividades industriales, residuos domésticos, ganaderos y municipales (incluyendo aguas residuales), agroquímicos y productos derivados del petróleo. La **contaminación del suelo por desechos municipales** es muy común, los residuos son eliminados en vertederos, generando muchos contaminantes, como los **metales pesados**, los hidrocarburos poliaromáticos, los compuestos farmacéuticos, los productos para el cuidado personal y sus derivados, se acumulan en el suelo; procedentes directamente de los lixiviados de los vertederos que pueden estar contaminando el suelo y las aguas subterráneas (FAO, 2019).

Los **metales pesados** constituyen un grupo de 65 elementos, varios de estos resultan esenciales para el crecimiento y supervivencia de los organismos vivos; otros, son de gran importancia económica e industrial y pueden ocasionar efectos perjudiciales. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (E.P.A.) ha definido al Hg (un metal traza pesado) como peligroso, una ligera exposición a este metal puede causar

daños a la salud humana. Otros metales han sido definidos como posibles elementos peligrosos: Cd, Cu, Pb, Mn, Ni, Zn, Vn, Sn; su peligrosidad es potencial y deben mantenerse bajo control (Marrero, Amores y Coto, 2012).

La **biorremediación** de los suelos es una estrategia que busca restaurar ecosistemas contaminados utilizando seres vivos, como bacterias, **plantas**, hongos. Dependiendo del tipo de contaminación que se quiera combatir se utilizará uno u otro agente biorremediador. Su aplicación es amplia, con resultados interesantes en suelos contaminados por radiactividad o, por ejemplo, por actividades mineras (Juste, 2021).

La **fitorremediación** es una de las variantes de la biorremediación que puede considerarse una tecnología alternativa rentable y sostenible. En ella se emplean plantas (flora arbórea, arbustiva, herbácea) y algas que tienen la capacidad de almacenar y eliminar sustancias tóxicas mediante sus procesos metabólicos, principalmente metales pesados, por lo que son denominadas plantas hiperacumuladoras según (Marrero, Amores y Coto, 2012). Además, los mismos autores señalan que la **fitoextracción**, es una técnica de la fitorremediación también conocida como fitoacumulación, consiste en la absorción y translocación de los metales desde las raíces hasta las partes aéreas de las plantas; estas posteriormente se cortan y se incineran o son acumuladas con el objetivo de reciclar los metales.

El empleo de las plantas hiperacumuladoras de metales pesados en el saneamiento de suelos contaminados tiene ciertas **limitaciones**. Generalmente, acumulan un elemento metálico y no han sido identificadas para otros elementos de interés, la mayoría crece lentamente y produce biomasa reducida; son especies endémicas y poco se conoce sobre ellas. De forma general, los metales de mayor biodisponibilidad para la absorción son: el Cd, Ni, Zn, As, Se y Cu. Con un comportamiento moderado están el Co, Mn y Fe,

mientras que el Pb y Cr prácticamente no son biodisponibles (Marrero, Amores y Coto, 2012).

**El maíz** o *zea mays* es un cereal, una planta gramínea americana, que se caracteriza por tener tallos largos y macizos (y no huecos como sus parientes más cercanos) al final de los cuales se dan espigas o mazorcas (inflorescencias femeninas), con sus semillas o granos de maíz dispuestos a lo largo de su eje (Uriarte, 2020). Por otro lado, según Vergara (2021), **el girasol** es una planta que presenta un tallo recto y grueso, y la flor se conforma de un centro café y pétalos amarillos que lo rodean. Las hojas son anchas, ovales, opuestas y están recubiertas con una especie de vello que puede ser áspero al tacto. Munive, Loli, Azabache y Gamarra (2018), señalan que el maíz es capaz de absorber los metales pesados como el plomo y cadmio y bioacumularlas en sus raíces; al igual que el girasol que tiene la misma característica de absorber los metales pesados (Munive, et al., 2020).

Esta investigación es conveniente por que muestra un tipo de rehabilitación para suelos afectado por los lixiviados provenientes de la acumulación de residuos sólidos en el botadero municipal del distrito de Lucma, proponiendo una limpieza de suelos contaminados por metales pesados mediante la aplicación de procesos bioquímicos realizados por el maíz y el girasol, acumulando los elementos y compuestos contaminantes en la especie vegetal, estas especies de plantas, acumulan, metabolizan y reducen los contaminantes a menores influencias siendo esta alternativa sustentable de menor costo y menor impacto en comparación los métodos de origen industrial, restaura la apariencia de la zona de manera natural, se desarrolla de forma in situ como ex situ.

Asimismo, es de relevancia social porque beneficia a los pobladores aledaños al botadero del distrito. Por consecuente la fitorremediación de los suelos del botadero

municipal restaura de una manera significativa y permite la utilización de estos para realizar diferentes actividades agrícolas. Para la municipalidad es una solución muy viable porque reduce los lixiviados que se generan por un mal manejo de los residuos sólidos (basura) en el lugar que ellos han designado como botadero.

Finalmente, la metodología que aplica es importante ya que implica un muestreo de suelos in situ y de esta manera determinar la calidad de suelo que se tiene en el botadero, ya que las muestras fueron analizadas en el laboratorio para determinar la presencia de metales pesados en dicha zona. Y así poder aplicar la Fitorremediación, método que reduce la concentración de metales en los suelos, donde se utilizó plantas que crecen en el mismo lugar que en este caso es el Maíz y el Girasol y tienen una alta capacidad de remoción.

Para la presente investigación se consideró algunas normativas legales tales como.

**Ley General de Residuos Sólidos:** Según la Ley General de los Residuos Sólidos N° 23734, se pone de manifiesto como finalidad, el manejo integral y sostenible, mediante la articulación, integración y compatibilización de las políticas, planes, programas, estrategias y acciones de quienes intervienen en la gestión y manejo de los residuos sólidos, aplicando los lineamientos de políticas que se establecen. Aclara que la responsabilidad de la gestión de los residuos sólidos es de las municipalidades provinciales y distritales, conforme lo señalado en los artículos N° 10,11 y 12 y las EPS – RS que estas contraten, son responsables del manejo sanitario y ambiental adecuado de los residuos, domésticos y comerciales, como los producidos por otras fuentes (Ley N° 27314, 2000).

**Legislación Ambiental Internacional:** Existe un marco legislativo que viene dado desde la unión europea al que se adaptan todo el país miembro de la misma y que hace

referencia a la calidad de suelo, agua y sedimento y al uso de ellos. Entre ellas tenemos la directiva guía de calidad del agua para la protección de la agricultura de CANADA (Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life), (Pineda, 2006).

**Estándares de Calidad Ambiental:** El Estándar de Calidad Ambiental - ECA es 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. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos. (Ley General del Ambiente LEY N° 28611, Art. 31.1).

**Límites Máximos Permisibles para el suelo según las Normas de Perú:** El Límite Máximo Permisible - LMP, es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por la respectiva autoridad competente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos. (Ident. Ley General del Ambiente Art. 32.1).

**Estándares de Calidad para Suelos (ECAS):** Los estándares de calidad para suelos se aprobaron mediante la resolución Ministerial N° 225-2012- MINAM, estándares de calidad ambiental (ECA) y límites máximos permisibles (LMP), se 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 suelo en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Aprobada mediante política ambiental decreto

supremo N° 002-2013-MINAM, consignada entre los lineamientos de gestión integrada de la calidad ambiental, referidos al control integrado de la contaminación, el de contar con parámetros de contaminación para el control y mantenimiento de la calidad del suelo.

**Guía para el Muestreo de Suelos / Ministerio del Ambiente. Dirección General de Calidad Ambiental. Lima: MINAM, 2014:** De conformidad con el Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM por medio del cual se aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo, la Guía para Muestreo de Suelos establece especificaciones para: I) determinar la existencia de contaminación en el suelo, II) determinar la dimensión (extensión horizontal y vertical) de la contaminación, III) determinar las concentraciones de nivel de fondo, y/o IV) determinar si las acciones de remediación lograron reducir la concentración de los contaminantes en el suelo, de acuerdo a las metas planteadas.

## CAPÍTULO II. MÉTODO

El presente estudio es **cuantitativo** porque recolecta datos de la concentración de plomo, arsénico, mercurio y cadmio antes y después de aplicar la fitorremediación con maíz y girasol, con la finalidad de realizar una comparación y determinar si la fitorremediación con las plantas mencionadas remueve los metales pesados en el suelo del botadero municipal del distrito de Lucma. Tal como se señala en la teoría, la cual indica que el estudio **cuantitativo** es un grupo de procesos de manera secuencial y probatorio, asimismo ayuda a probar una hipótesis apoyada en la recolección de datos extrayendo una serie de conclusiones respecto a las hipótesis (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p.4).

Además, es de tipo **no experimental**, ya que no se está manipulando ningunas de las variables, únicamente se basó en la observación de las variables. De acuerdo a Hernández, Fernández y Baptista, (2014, p.152), la investigación no experimental podría definirse como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios en los que no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables. Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para analizarlos.

La investigación corresponde al siguiente diseño metodológico, **transversal – descriptivo**. Debido a que se pretende observar el efecto fitorremediador del maíz y el girasol sobre el suelo del botadero del distrito de Lucma, asimismo se pretende comparar los resultados obtenidos del análisis del suelo antes y después de aplicar los agentes fitorremediadores en el suelo, y realizar una comparación con los estándares de calidad ambiental para suelo, establecidos por el Ministerio del Ambiente (MINAM). De

acuerdo a Hernández, Fernández y Baptista (2014, p.156) los diseños transversales descriptivos tienen como objetivo indagar la incidencia de las modalidades o niveles de una o más variables en una población. El procedimiento consiste en ubicar en una o diversas variables las situaciones, contextos, fenómenos, comunidades, etc., y proporcionar su descripción. Son, por tanto, estudios puramente descriptivos y cuando establecen hipótesis, éstas son también descriptivas (de pronóstico de una cifra o valores). En ciertas ocasiones, el investigador pretende realizar descripciones comparativas entre grupos o subgrupos de personas u otros seres vivos, objetos, comunidades o indicadores (esto es, en más de un grupo).

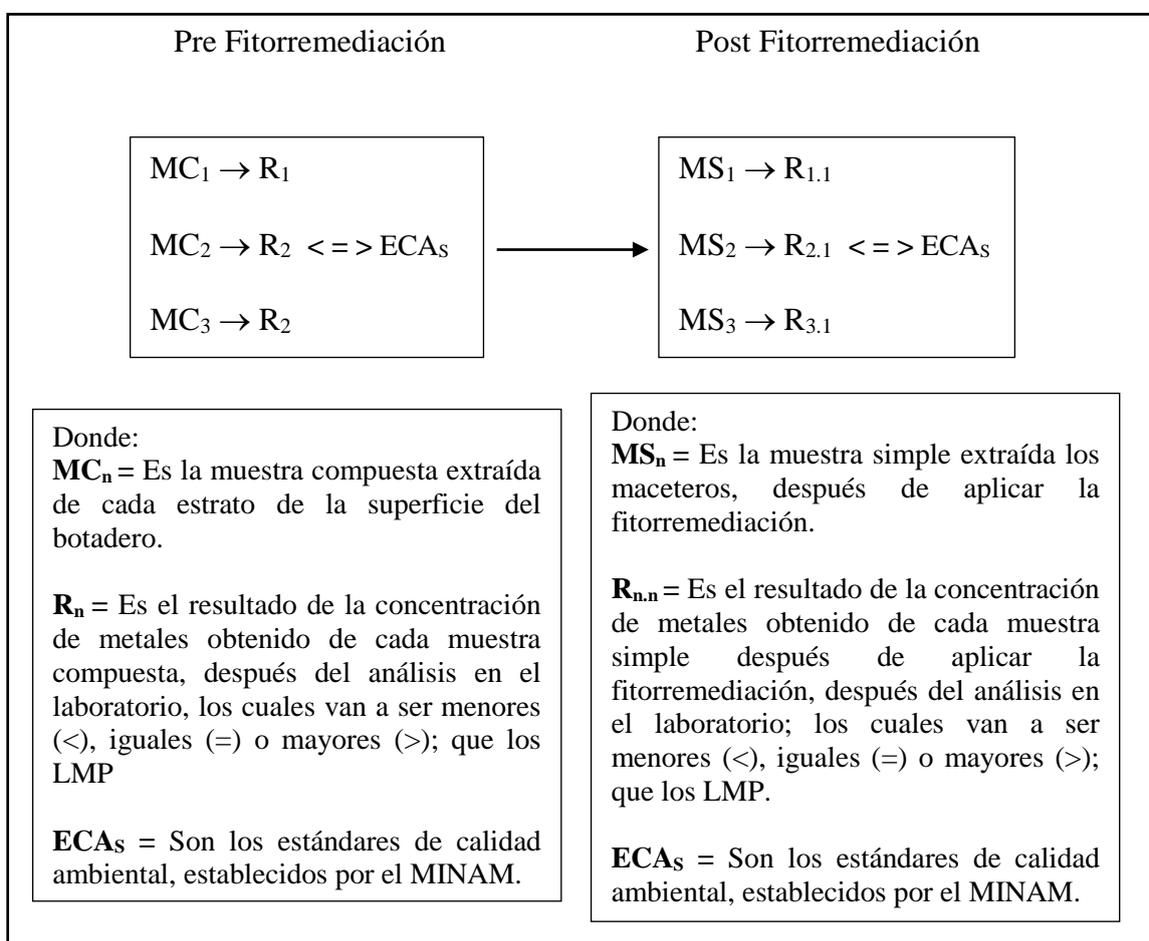


Figura 1. Diseño metodológico del Trabajo de Investigación.

El presente proyecto de investigación se llevó a cabo en el botadero de la Municipalidad Distrital de Lucma, que está ubicado en la Provincia Gran Chimú, departamento de La

Libertad. La población fue el suelo del botadero municipal de la Municipalidad de Lucma el cual tiene las siguientes dimensiones: 129.1 metros de perímetro y 1069.15 metros cuadrados de área. Respecto al muestreo, se recolecto la muestra en base a la GUÍA PARA EL MUESTREO DE SUELOS, establecida en el marco del Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM. Para el presente estudio se realizó un muestro aleatorio estratificado. Debido a que se definieron tres zonas en el botadero, parte alta, media y baja y en cada estrato se realizó un muestreo aleatorio simple, donde se tomaron dos puntos en cada estrato para realizar una muestra compuesta en cada uno de ellos. Muestreo que es aplicable de acuerdo a la guía mencionada, ya que en ella especifica que un muestreo estratificado se aplica cuando se dispone de información previa y el sitio presenta características geográficas diferenciadas, se estratifica o subdivide en subgrupos las muestras que tienen homogeneidad en el terreno y en cada estrato se aplica un muestreo aleatorio simple de manera independiente, asimismo un muestreo aleatorio simple es recomendado para áreas homogéneas menores a 5 hectáreas, delimitadas por referencias visibles a lo largo y ancho de toda la extensión del sitio, lo que lleva a una muestra compuesta en cada estrato, ya que dicha muestra está compuesta por muestras simples (MINAM, 2013).

Los instrumentos para el muestreo de suelos fueron, la ficha de muestreo de suelo (anexo 4) y la cadena de custodia extraída de la guía de muestro de suelos (anexo 5). Asimismo, se hizo uso de los siguientes materiales de muestreo, pala rectangular, pico, wincha, libreta de apuntes, GPS, cámara fotográfica, bolsas de polietileno con cierre hermético y etiquetas; además se utilizó equipos de protección personal como: guantes, mandil blanco, lentes de seguridad y zapatos de seguridad. Para el proceso de fitorremediación se utilizó, 3 maceteros, semillas de girasol y maíz, rotulador y cinta Masking Tape. En el procesamiento de datos se utilizó el software Microsoft Office

Profesional Plus 2019 – Excel, el Microsoft Office Profesional Plus 2019 – Word se usó para la elaboración del informe, además se utilizó el AutoCAD 2019 para la elaboración de planos.

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se realizaron una serie de procesos que se muestran a continuación.

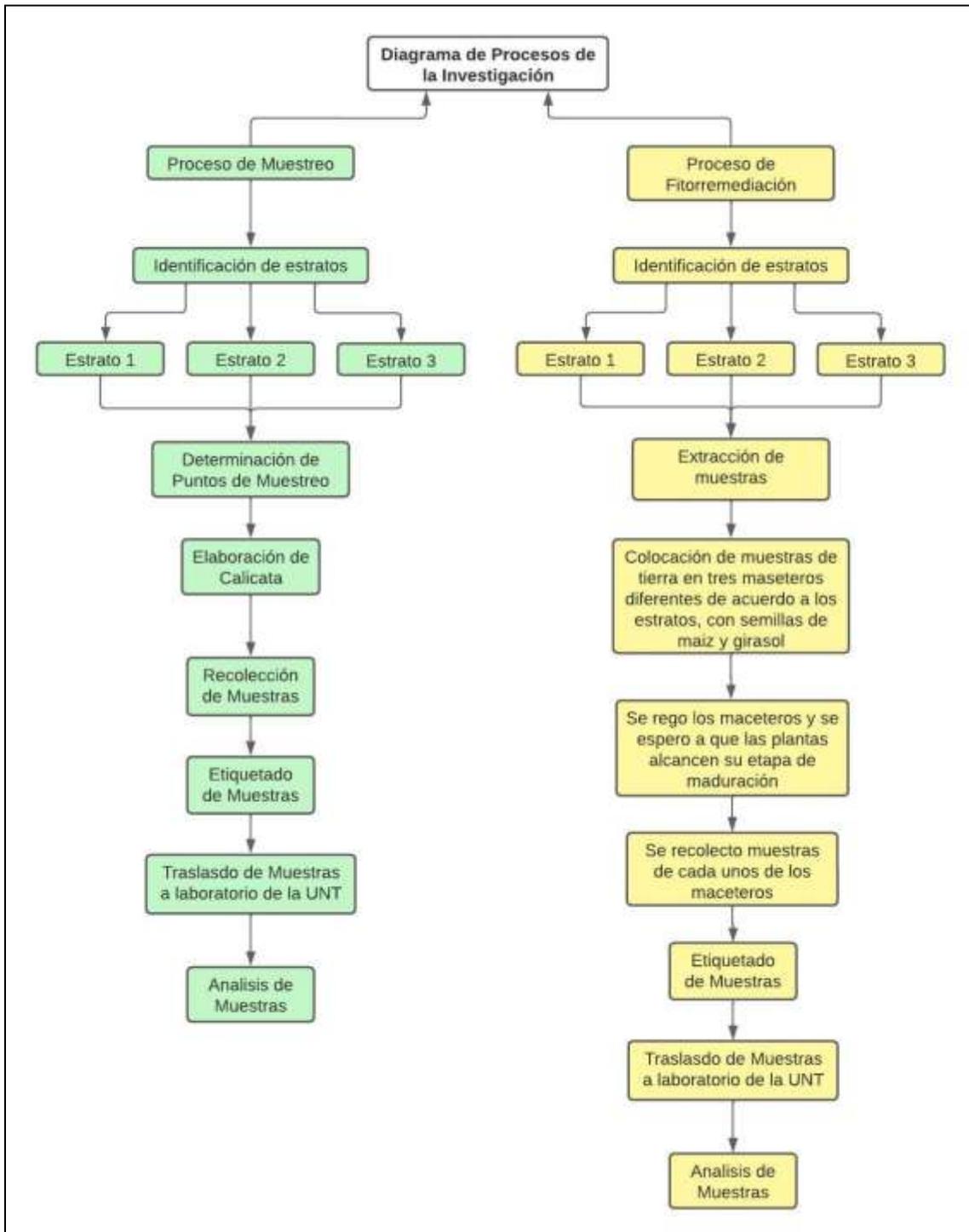


Figura 2. Diagrama de Procesos aplicados en la investigación.

Para el **proceso de muestro**, primeramente, se identificaron los estratos en el área del botadero, identificando tres estratos definidos por la topografía del lugar, a los cuales se les denomino estrato bajo, medio y alto; tal como se observa en el anexo 3. Dentro de cada uno de los estratos se eligieron dos puntos de muestreo de manera aleatoria, donde

se realizaron calicatas de 1m de ancho por 1m de largo por 1.5m de profundidad con el fin de extraer muestras simples de suelo de aproximadamente 2 kg y luego se procedió a realizar una muestra compuesta para cada uno de los estratos haciendo uso de las muestras simples obtenidas. Posteriormente se almacenó las muestras compuestas en las bolsas de polietileno herméticas y se etiqueto correctamente, para ser trasladadas al laboratorio de análisis.

Tabla 1.

*Datos de los Puntos de donde se extrajeron las muestras simples.*

Punto	Estrato	Código	Coordenadas UTM		
			Este	Norte	Altura
1	Bajo	EB – M1	769100.546	9154385.178	2192.692
			m E	m N	m.s.n.m
2	Bajo	EB – M2	769113.377	9154378.372	2192.547
			m E	m N	m.s.n.m
3	Medio	EM – M1	769091.330	9154377.539	2193.750
			m E	m N	m.s.n.m
4	Medio	EM – M2	769099.016	9154370.194	2194.075
			m E	m N	m.s.n.m
5	Alto	EA – M1	769084.928	9154371.485	2196.500
			m E	m N	m.s.n.m
6	Alto	EA – M2	769086.952	9154366.079	2196.160
			m E	m N	m.s.n.m

En la presente tabla se muestra el código y las coordenadas UTM de los puntos de donde fueron extraídas las muestras simples, asimismo se muestra el estrato para cada punto.

Luego se procedió a trasladar las muestras al laboratorio de Investigación y Desarrollo en Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional de Trujillo, donde se realizó el **proceso de análisis** correspondientes para determinar la concentración de plomo, arsénico, mercurio y cadmio. Este proceso se realizó antes y después de aplicar la fitorremediación del suelo.

El **proceso de fitorremediación**, se realizó basado en la investigación de Diaz (2017),

se utilizó 3 macetas de 2.5 kg, de las muestras compuestas de los diferentes estratos se procedió a separar 2 kg para ser colocadas en cada una de las macetas las cuales fueron rotuladas para poder diferenciarlas, luego se procedió a regar como a cualquier otro cultivo, luego de 90 días aproximadamente cuando las plantas alcanzaron la etapa de maduración, se procedió a extraer una muestra de suelo de cada maceta para ser trasladada al laboratorio para su respectivo análisis de concentración de metales pesados.

Respecto al **proceso de análisis de datos**, se aplicó la prueba t-student, para dos muestras relacionadas o pareadas, debido a que se obtuvo datos antes y después de la aplicación de la fitorremediación, haciendo uso del programa de Microsoft Excel 2020, en el mismo programa se realizó las gráficas y cuadros comparativos de los resultados.

Para la elaboración de la presente tesis, se tuvo que contar con el permiso de la Municipalidad Distrital de Lucma (anexo 6), con el propósito de contar con los permisos básicos para las visitas al botadero municipal, asimismo para hacerles de conocimiento que la presente tesis será presentando a la entidad. Esta autorización fue aceptada por la autoridad correspondiente, llegando a un acuerdo, que esta investigación se proporcionará a la municipalidad Distrital de Lucma e igualmente las fuentes utilizadas en la presente investigación están citadas de acuerdo a sus autores.

### CAPÍTULO III. RESULTADOS

#### Determinación de la capacidad Fitorremediadora del Maíz y Girasol.

Para la determinación de la capacidad fitorremediadora se realizó la prueba t-student a los resultados obtenidos antes y después de aplicar la fitorremediación. Para determinar si existió remoción significativa de los metales aplicando el tratamiento de fitorremediación. Asimismo, se muestran las cantidades y los porcentajes de Remoción de los diferentes metales pesados.

Tabla 2.

*Resultados de la Prueba t-student.*

<b>Variables Estadísticas</b>	<b>Plomo</b>	<b>Arsénico</b>	<b>Mercurio</b>	<b>Cadmio</b>
Media (Pre- Fitorremediación)	77.443	89.067	8.983	8.733
Media (Post- Fitorremediación)	44.053	44.667	3.847	2.787
Varianza (Pre- Fitorremediación)	4.679	5.407	0.341	0.784
Varianza (Post- Fitorremediación)	5.722	2.849	0.714	0.186
Numero de muestras	3	3	3	3
Grados de libertad	2	2	2	2
Estadístico t	252.405	119.463	33.692	7.833
nivel de significancia (a)	0.05	0.05	0.05	0.05
Valor Critico	2.92	2.92	2.92	2.92
p-valúe	0.000008	0.00004	0.0004	0.008

En la tabla 2 se muestran los resultados de la prueba t-student aplicada a los resultados de las concentraciones obtenidas de los diferentes metales pesados, en las muestras de los estratos del botadero de Lucma.

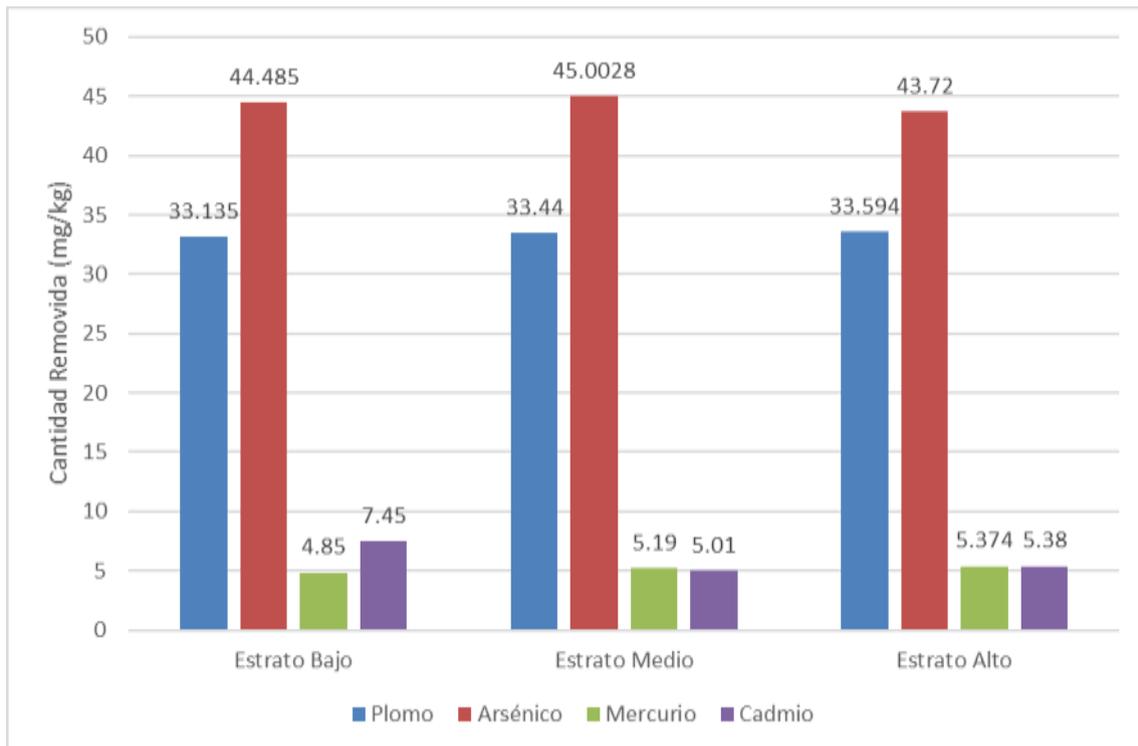


Figura 3. Cantidad removida de metales pesados en cada uno de los estratos.

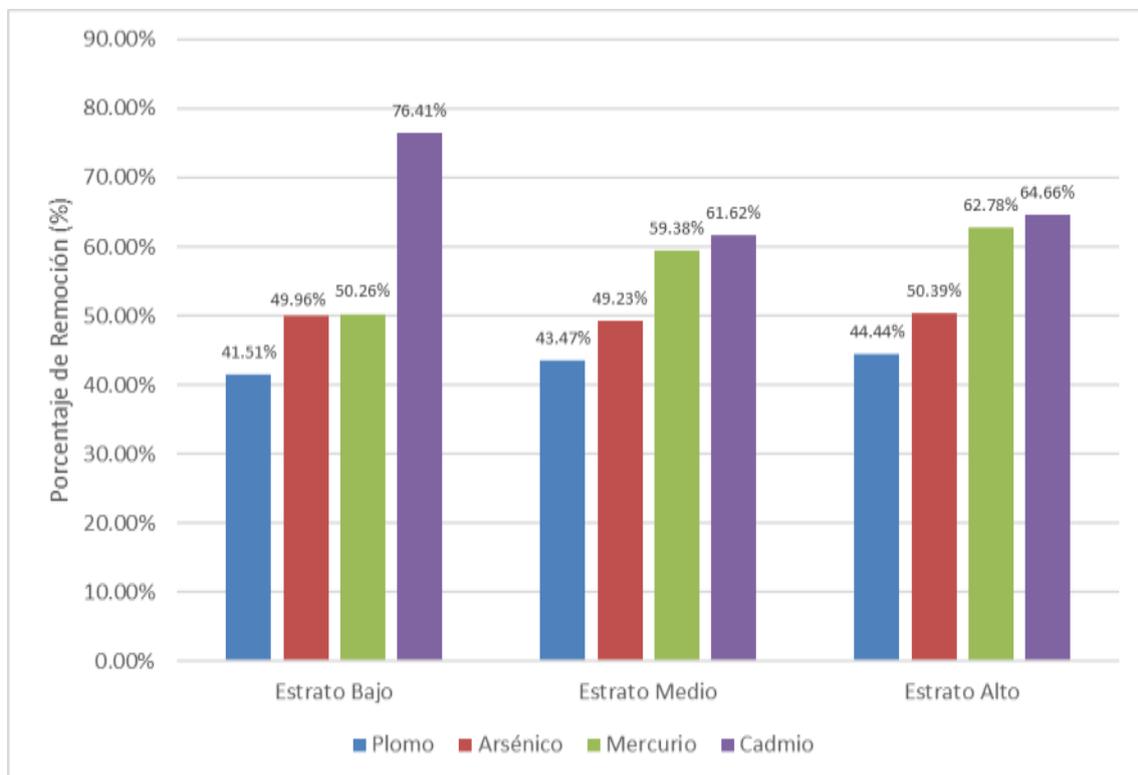


Figura 4. Porcentaje de remoción de metales pesados en cada uno de los estratos.

**Determinación de la concentración de metales pesados en el suelo del botadero de Lucma, antes y después de aplicar la fitorremediación.**

Tabla 3.

Resultados de la concentración de metales en el suelo del botadero de Lucma.

	Estratos	Unidad	Pre- Fitorremediación	Post- Fitorremediación
<b>Plomo</b>	E1	mg/kg	79.82	46.68
	E2	mg/kg	76.92	43.48
	E3	mg/kg	75.59	42.00
<b>Arsénico</b>	E1	mg/kg	89.03	44.55
	E2	mg/kg	91.41	46.41
	E3	mg/kg	86.76	43.04
<b>Mercurio</b>	E1	mg/kg	9.65	4.80
	E2	mg/kg	8.74	3.55
	E3	mg/kg	8.56	3.19
<b>Cadmio</b>	E1	mg/kg	9.75	2.30
	E2	mg/kg	8.13	3.12
	E3	mg/kg	8.32	2.94

En la tabla 3 se aprecian los resultados de las concentraciones de metales (Pb, As, Hg y Cd) antes y después de la fitorremediación, determinados en las muestras extraídas para los diferentes estratos del botadero.

**Comparación de los entre los resultados de la concentración de metales pesados y los ECAs para suelo.**

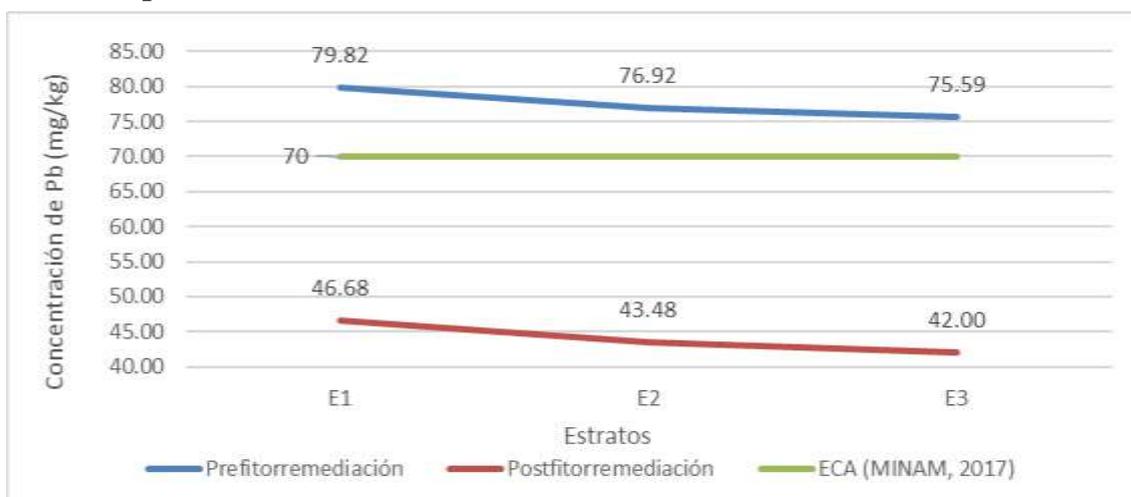


Figura 5. Comparación de las concentraciones determinadas para el Plomo, pre y post fitorremediación entre los Estándares de Calidad Ambiental.

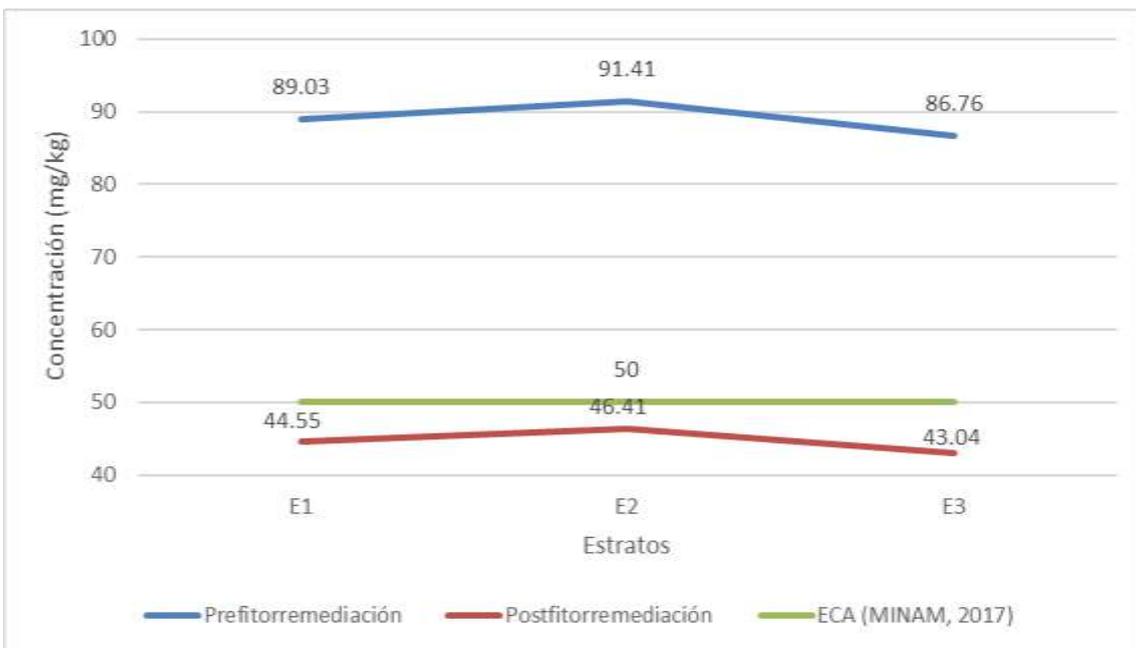


Figura 6. Comparación de las concentraciones determinadas para el Arsénico, pre y post fitorremediación entre los Estándares de Calidad Ambiental.

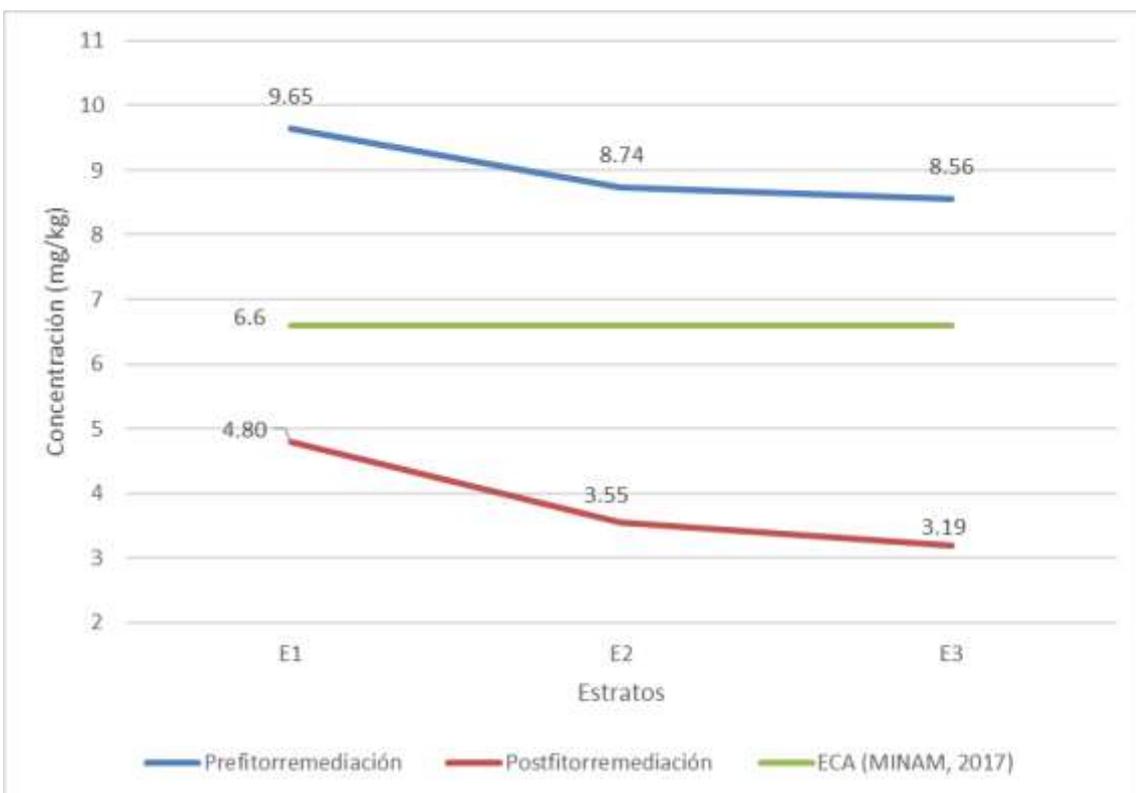


Figura 7. Comparación de las concentraciones determinadas para el Mercurio, pre y post fitorremediación entre los Estándares de Calidad Ambiental.

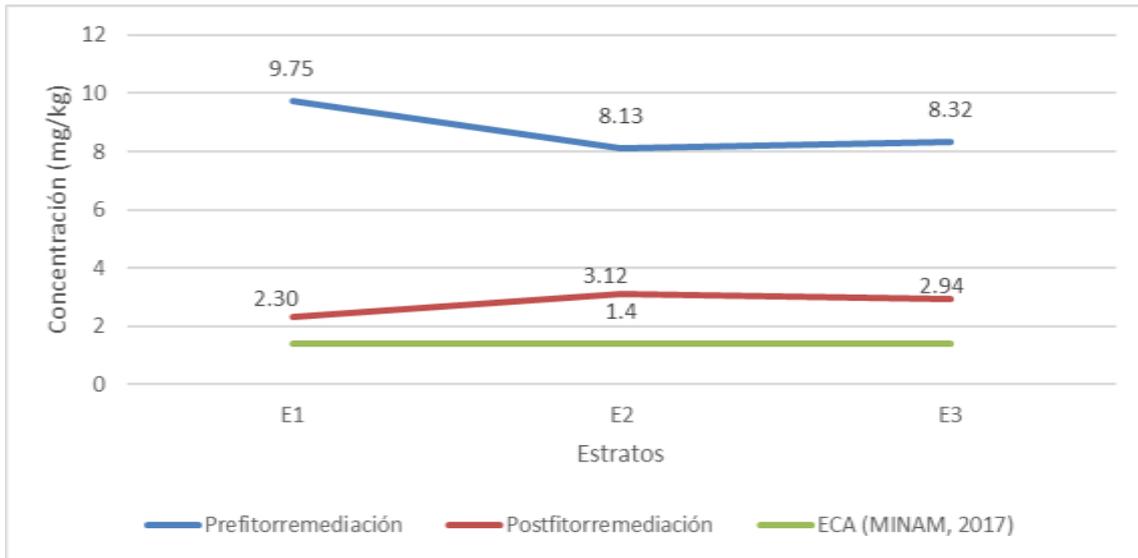


Figura 8. Comparación de las concentraciones determinadas para el Cadmio, pre y post fitorremediación entre los Estándares de Calidad Ambiental.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

**La determinación del efecto de la capacidad fitorremediadora del maíz y el girasol,** se realizó mediante el análisis de remoción de metales pesados. Se determinó la concentración de Plomo, Arsénico, Mercurio y Cadmio, antes y después de aplicar la fitorremediación al suelo y para demostrar que existe una remoción significativa de dichos metales se aplicó la prueba t-student para muestras relacionadas.

Obteniendo como resultados que para el Plomo, Arsénico, Mercurio y Cadmio, estadísticamente si existe remoción significativa de estos metales aplicando la fitorremediación, debido a que los valores de p-valúe determinados para estos metales son menores que el nivel de significancia de 0.05, tal como se aprecia en la tabla 2, resultado que se puede contrastar con los porcentajes de remoción obtenidos y que para el Plomo son de 41.51%, 43.47% y 44.44%; para el Arsénico son de 49.96%, 49.23% y 50.39%; para el Mercurio son de 50.26%, 59.38% y 62.68%, y para el Cadmio son de 76.41%, 61.62% y 64.66%, en los estratos bajo, medio y alto respectivamente como se aprecia en la figura 1. No obstante, los resultados obtenidos de remoción los metales pesados se pueden contrastar con el estudio realizado por Grandez (2017), quien indica que la especie maíz, remueve y absorbe metales pesados en la biomasa radicular como en la biomasa del área de la planta, asimismo Rodrigo (2018) en su investigación concluye que la especie de *Heliantius annuus* (girasol) posee capacidad fitorremediadora, debido a que logra bioacumular metales pesados en la masa foliar reduciendo de esta manera la concentración de metal pesado en el suelo. Asimismo, los resultados obtenidos contrastan con la teoría de la fitorremediación, la cual señala que las plantas (flora arbórea, arbustiva, herbácea) y algas tienen la capacidad de almacenar y eliminar sustancias tóxicas mediante sus procesos metabólicos, principalmente

metales pesados según (Marrero, Amores y Coto, 2012).

**Determinación de la concentración de los metales pesados y comparación con los Estándares de Calidad Ambiental,** los resultados de la concentración de metales pesados en el botadero de Lucma, sirvieron como base para determinar si existía contaminación de suelo en dicha zona, ya que los resultados obtenidos previos a aplicar la fitorremediación con maíz y girasol, fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs), establecidos en el Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM.

En los resultados obtenidos se pueden apreciar que las concentraciones analizadas para el plomo en los tres estratos fueron las siguientes: 79.82 mg/kg, 76.92 mg/kg y 75.59 mg/kg para el estrato bajo, medio y alto respectivamente, valores que superan los 70 mg/kg establecido como valor máximo por los ECAs para el Plomo, tal como se puede apreciar en la figura 5. Respecto al Arsénico, se obtuvo como resultados 89.03 mg/kg, 91.41 mg/kg y 86.76 mg/kg para el estrato bajo, medio y alto respectivamente, dichas concentraciones se encuentran sobre los 50 mg/kg establecidos en la mencionada norma para el Arsénico, dichos valores se pueden observar en la figura 6. No obstante, el Mercurio también se encontró por sobre los 6.6 mg/kg establecido en los ECAs, ya que los concentraciones determinadas para este metal fueron de 9.65 mg/kg, 8.74 mg/kg y 8.56 mg/kg, para los estratos bajo, medio y alto respectivamente, como se muestra en la figura 7. Por último, el Cadmio no fue la excepción, debido a que cuyas concentraciones determinas para los estratos bajo, medio y alto fueron de 9.75 mg/kg, 8.13 mg/kg y 8.32 mg/kg respectivamente, concentraciones que superan los 1.4 mg/kg establecidos en lo ECAs tal como se aprecia en la figura 8. No es de extrañar que las concentraciones de los metales superen los Estándares de Calidad Ambiental establecidos en la norma, debido a que es un suelo contaminado por residuos municipales provenientes de la población distrito de Lucma, los cuales son dispuestos en el botadero de este distrito

generando diferentes tipos de contaminantes, entre los cuales se tiene a los **metales pesados**, que se acumulan en el suelo; y proceden directamente de los lixiviados de los vertederos que pueden estar contaminando el suelo y las aguas subterráneas (FAO, 2019). Asimismo, los resultados obtenidos son contrastados con la investigación de Torres (2018), quien realizó un estudio en el botadero de Chancharani, con la finalidad de evaluar las concentraciones de metales pesados, quien señala que la concentración de los elementos Plomo, Cadmio y Cobre superaron los estándares de calidad ambiental. Dando mayor sustento al presente estudio realizado, ya que se llegó a determinar que los metales pesados (plomo y el cadmio) superan los ECAs, en ambos estudios realizados.

Aplicada la fitorremediación se extrajo las muestras para su respectivo análisis, cuyos resultados fueron comparados con los ECAs, respecto al Plomo, Arsénico y Mercurio, la fitorremediación logro reducir la concentración de estos metales a tal punto de que en todas las muestras analizadas las concentraciones se encuentren por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental establecidos como se muestran en las figuras 5, 6 y 7. Sin embargo, para el Cadmio, la fitorremediación no logro reducir la concentración de Cadmio por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental, debido a que las muestras analizadas se encuentran sobre los 1.4 mg/kg que establece la norma para este metal. Sin embargo, de acuerdo a la figura 4, el cadmio fue el metal que en mayor porcentaje se removió en los diferentes estratos.

**En conclusión**, el maíz y el girasol tienen la capacidad de remover metales pesados del suelo de manera, ya que se demostró estadísticamente que remueve significativamente el Plomo, Arsénico, Mercurio y Cadmio. Por lo tanto, se puede afirmar que el maíz y el girasol tienen un efecto de capacidad fitorremediadora positivo, ya se demostró que si lograr remover los contaminantes del suelo.

Asimismo, se puede afirmar que el suelo del botadero municipal de Lucma, se encuentra contaminado por Plomo, Arsénico, Mercurio y Cadmio, debido a que las concentraciones de estos superan los estándares de calidad ambiental.

Y por último se puede indicar que el maíz y el girasol como agentes fitorremediadores para el suelo del botadero son efectivos, ya que de los cuatro metales analizados a tres (plomo, arsénico y mercurio) se les redujo su concentración hasta estar por debajo de los estándares de calidad ambiental.

Además, la presente investigación servirá como una base de datos para futuras investigaciones relacionadas a fitorremediación con maíz y girasol. Ayudando a otros investigadores a tener una guía de cómo desarrollar una investigación y además poder comparar resultados y llegar a conclusiones similares que se brindó en esta investigación.

Por otro lado, se **recomienda** a los investigadores que realicen un trabajo en este ámbito, realizar estudios previos (topografía, uso, tipo de suelo, etc) de la zona donde se realizara la investigación para poder realizar un buen muestreo de suelos, aplicando la guía de muestreo.

## REFERENCIAS

- Alkorta, I.; Hernández-Allica, J.; Becerril, J.M.; Amezaga, I.; Albizu, I.; Garbisu, C. (2004). Recent Findings on the Phytoremediation of Soils Contaminated with Environmentally Toxic Heavy Metals and Metalloids Such as Zinc, Cadmium, Lead, and Arsenic. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*. Recuperado de: DOI: 10.1023/B: RESB.0000040059.70899.3d.
- Alloway. B. 1995. *Heavy Metals in Soils*. 2da Edición. Gran Bretaña. Blackie Academic & Professional.
- Álvarez, R. (2016). Diagnóstico y propuesta de mejora del tiradero municipal de villa victoria. Universidad Autónoma del estado de México, Facultad de Planeación Urbana. Recuperado de: <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/58720/UAEM-FAPUR- TESIS ALVAREZ%2CREYNA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Avedaño, D. (2003) *Proceso de Compostaje*. Pontificia Universidad Católica de Chile. Departamento de Fruticultura y Enología. Recuperado de: <http://agronomia.uc.cl/fruticultura-y-enologia/dfe>
- Avelino, C (2013). Eficacia de la Fito extracción para la remediación de suelos contaminados en Villa de Pasco. Recuperado de: <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/459>
- Bolívar R. (2014). Tres especies de plantas bioacumuladoras de plomo en asociación con el cultivo de cebolla en suelos agrícolas contaminados con aguas del rio Chili en Tiabaya-Arequipa. Recuperado de: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3182/AGborory.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Carpaena, R. & Bernal, M. (2007). *Claves de la Fitorremediación: Fito tecnologías para la*

- recuperación de suelos. *Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/939/93918231023.pdf>
- Chávez, L. (2014). Fitorremediación con especies nativas en suelos contaminados por plomo. Recuperado de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2435>
- Chen, Y.; Li, D. y Shen, Z. (2004). Leaching and uptake of heavy metals by ten different species of plants during an EDTA-assisted phytoextraction process. Recuperado de: <https://pdfs.semanticscholar.org/ac56/8f8c96d37598e8013132e8e5bbea2971da35.pdf>
- Chin, L. (2007). Investigations into Lead (Pb) Accumulation in *Symphytum officinale* L.: A Phytoremediation Study. Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in Plant Biotechnology. Christchurch. Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/35460910.pdf>
- CONAM/CEPIS/OPS. (2004). Guía técnica para la clausura y conversión de botaderos de residuos sólidos. Recuperado en línea de: [http://www.bvsde.paho.org/curso\\_rsm/e/fulltext/040525.pdf](http://www.bvsde.paho.org/curso_rsm/e/fulltext/040525.pdf)
- Cunningham, S.; Ow, D. (1996). Promises and Prospects of Phytoremediation. *Plant Physiol*. Recuperado de: DOI:10.1104/pp.110.3.715.
- Dahmani-Muller, H.; Van Oort, F.; Gélie, B.; Balabane, M. (2000). Strategies of heavy metal uptake by three plant species growing near a metal smelter. *Environmental Pollution*. Recuperado de: [http://dx.doi.org/10.1016/S0269-7491\(99\)00262-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0269-7491(99)00262-6).
- Delgadillo, E., Gonzáles, A., Prieto, F., Villagómez, R., & Acevedo, O. (2011). Fitorremediación: Una Alternativa para eliminar la contaminación. Recuperado de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/tsa/v14n2/v14n2a2.pdf>
- Díaz, M. Y. (2017). Capacidad de Acumulación de la ortiga (*urticaurens*) para la

- fitorremediación de suelos contaminados con plomo en la Oroya, Junín, 2017. Tesis, Universidad Cesar Vallejo, Lima. Recuperado el 05 de marzo de 2022, de <https://docplayer.es/85037009-Facultad-de-ingenieria.html>
- Diez, L. (2008). Fito corrección de suelos contaminados con metales pesados. Evaluación de plantas tolerantes y optimización del proceso mediante prácticas agronómicas. Recuperado de: [https://minerva.usc.es/xmlui/bitstream/10347/2540/1/9788498872026\\_content.pdf](https://minerva.usc.es/xmlui/bitstream/10347/2540/1/9788498872026_content.pdf)
- Domínguez, M. G. (2009). Distribución y Fito disponibilidad de metales pesados (Sb, Hg, As) en los jales de la mina de antimonio de Wadley, estado de San Luis.
- ECORGÁNICAS. (2013). Problemas Ambientales. Recuperado de: <https://ecorganicas.com/Cont/index.php>.
- Falcón, J. (2017). Fito extracción de metales pesados en suelos contaminados con Zea mays L. en la estación experimental el Mantaro - Junín en el año 2016. Recuperado de: [repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/4611/Falcon%20Estrella.pdf](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/4611/Falcon%20Estrella.pdf) ?
- Fernández, A. (2006). Contaminación por lixiviados. Recuperado de: [http://www.consumer.es/web/es/medio\\_ambiente/urbano/2006/10/13/156373.php](http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/urbano/2006/10/13/156373.php)
- Gerhardt, K.; Huang, X.; Glick, B.; Greenberg, B. (2009). Phytoremediation and rhizoremediation of organic soil contaminants: Potential and challenges. Plant Science. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1016/j.plantsci.2008.09.014>.
- GESTIÓN. (10 de septiembre de 2017). Perú solo recicla el 15% de la basura que genera diariamente. Recuperado el 18 de marzo de 2022, de <https://gestion.pe/economia/empresas/peru-recicla-15-basura-genera->

diariamente-143243-noticia/

Gómez, E (2018). Afectaciones ambientales de los lixiviados. Recuperado de <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2018/173184.pdf>

Grandez, M. (2017). Remoción de cadmio y plomo en suelos a orillas del río Mantaro, Junín, mediante Fitorremediación con girasol (*helianthus annuus*) y maíz (*zea mays*) usando enmiendas. Recuperado de: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/3537>

Hanna Instruments, (1999). Soil Test Handbook, Soil Science and Management, H3896, Hanna Soiltest. Recuperado de: <http://www.hannacan.com/PDF/manHI3896.pdf>

Hazrat, A.; Ezzat, K.; Muhammad, A. (2013). Phytoremediation of heavy metals—Concepts and applications. *Chemosphere*. Recuperado en línea de: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.01.075>.

Hernández, S., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la Investigación (6<sup>o</sup> ed.). Mc Graw Hill Education. Recuperado el 04 de febrero de 2022, de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

Hettiarachchi, G. M. y Pierzynski, G. M. (2004). Soil lead bioavailability and in situ remediation of lead-contaminated soils: A review. *Environ. Prog.* Recuperado en línea de: DOI: 10.1002/ep.10004.

Holt G., (1992). El Jardín del Gourmet. Los Frutos del Huerto a la Mesa. Recuperado de: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-suelo>

Iqbal, M.; He, Z.; Stoffella, P.; Yang, X. (2008). Phytoremediation of heavy metal polluted soils and water: Progresses and perspectives. *Journal*. Recuperado de: DOI: 0.1631/jzus.B0710633.

Jiménez, R. (2017). Introducción a la contaminación de suelos. Recuperado de

- recuperado en  
líneade:[https://books.google.com.pe/books?id=iZg6DwAAQBAJ&pg=PA229&dq=fitorremediaci%C3%B3n&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi7\\_](https://books.google.com.pe/books?id=iZg6DwAAQBAJ&pg=PA229&dq=fitorremediaci%C3%B3n&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi7_)
- Juste, I. (02 de septiembre de 2021). Contaminación del suelo: causas, consecuencias y soluciones. Recuperado el 19 de marzo de 2022, de Ecología Verde: <https://www.ecologiaverde.com/contaminacion-del-suelo-causas-consecuencias-y-soluciones-285.html>
- Kabata, A.; & Kabata, K.; (1989). Macroelements in the soil and plants. Recuperado de: <https://agronomy.emu.ee/vol012/Kalandadze.pdf>
- Labra, S. (2018) Fito extracción con *Heliabthus annuus* L. (Girasol) para la reducción de cadmio en suelos contaminados, a nivel laboratorio 2018. Recuperado de: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/24613>
- Maqueda, A. (2003). Fitoremediación de suelos contaminados con metales pesados. Recuperado de: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/mbt/maqueda\\_g\\_ap/](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mbt/maqueda_g_ap/)
- Marrero, J., Amores, I., & Coto, O. (2012). Fitorremediación, una tecnología que involucra a plantas y microorganismo en el saneamiento ambiental. Artículo Científico, La Habana. Recuperado el 18 de marzo de 2022, de <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223124988007.pdf>
- Martin, T. y Ruby, M. (2004). Review of in situ remediation technologies for lead, zinc, and cadmium in soil. Recuperado de: DOI: 10.1002/rem.20011.
- Meers, E. (2005). Phytoextraction of heavy metals from contaminated dredged sediments. Recuperado de: <https://biblio.ugent.be/publication/470695>
- Merkel, R.; Schultze, K.; & Infante, C. (2014). Phytoremediation of Petroleum Contaminated Soils in the Tropics - Pre-Selection of Plant Species from Eastern

- Venezuela. Recuperado en línea de:  
<https://studylib.es/doc/1189993/fitorremediacion.pdf>
- Meyer, C. & Verbruggen, N. (2012). The use of the model species *Arabidopsis halleri* towards phytoextraction of cadmium polluted soils. Recuperado de:  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.nbt.2012.07.009>.
- MINAM (2013). Estándares de calidad ambiental (ECA) para suelos agrícolas. Decreto supremo N° 002-2013-MINAM. Recuperado de:  
<http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/D-S-N-002-2013-MINAM.pdf>
- Miretzky, P. y Fernandez-Cirelli, A. (2008). Phosphates for Pb immobilization in soils: a review. *Environmental Chemistry Letters*. Recuperado de:  
DOI:10.1007/s10311-007-0133-y.
- Mojiri, A. (2011) The Potential of Corn (*Zea mays*) for Phytoremediation of Soil Contaminated with Cadmium and Lead. *J. Biol. Environ.* Recuperado de:  
[https://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/44\(6\)/02.pdf](https://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/44(6)/02.pdf)
- Moody, M., Beckett, K. A., Clausen R. R., (2009). *Guía Completa de las Flores de Jardín*, Editorial Blume, España.
- Mulligan, C.; Yong, R.; Gibbs, B. (2011). Remediation technologies for metalcontaminated soils and groundwater: an evaluation. *Engineering Geology*. Recuperado de: [http://dx.doi.org/10.1016/S0013-7952\(00\)00101-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0013-7952(00)00101-0).
- Munive, R (2018). Recuperación de suelos degradados por contaminación con metales pesados en el valle del Mantaro mediante compost de stevia y Fitoremediación. Recuperado de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3770>
- Munive, R., Gamarra, G., Munive, Y., Puertas, F., Valdiviezo, L., & Cabello, R. (2020). Absorción de plomo y cadmio por girasol de un suelo contaminado, remediado

con enmiendas orgánicas en forma de compost y vermicompost. Artículo Científico, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo. Recuperado el 05 de marzo de 2022, de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2077-99172020000200177](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172020000200177)

Munive, R., Loli, O., Azabache, A., & Gamarra, G. (2018). Fitorremediación con Maíz (*Zea mays* L.) y compost de Stevia en suelos degradados por contaminación con metales pesados. Artículo Científico, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo. Recuperado el 25 de febrero de 2022, de <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v9n4/a11v9n4.pdf>

Navarro, P., Aguilar L., López, J. (2009). Aspectos bioquímicos y genéticos de la tolerancia y acumulación de metales pesados en plantas. Ecosistemas. Recuperado de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2790/T01-H47-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Nehnevajova E., Herzig, R.; Federer, G.; Erismann, K.; Schwitzguébel, J. (2005). Screening Of Sunflower Cultivars For Metal Phytoextraction In A Contaminated Field Prior To Mutagenesis. *International Journal of Phytoremediation*.. Recuperado de: DOI: 10.1080/16226510500327210.

Núñez, R., Von, Y., Ortega, R., & Olguín, E. (2004). Fitorremediación: Conceptos y Aplicaciones. Recuperado de: <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/13482/D%C3%A1vila%20Mego%2C%20Nancy%20Karina%3B%20Walter%20Villegas%2C%20Lorena%20Chabeli.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2019). La

- Contaminación del Suelo Realidad Oculta. Roma. Recuperado el 19 de marzo de 2022, de <https://www.fao.org/3/I9183ES/i9183es.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2009) Producción mundial del maíz. Archaeological evidence of teosinte domestication from Guilá Naquitz, Oaxaca
- Pagnanelli, F., Moscardini, E., Giuliano, V., y Toro, L. (2014). Sequential Extraction of Heavy Metals in River Sediments of an Abandoned Pyrite Mining Area. Recuperado de: DOI: 10.1016 / j.envpol.2004.05.002
- Pastor, J., Gutiérrez, G., Hernández, A. (2012). Respuesta del maíz (*Zea mays*) en suelos contaminados por metales pesados después de crecer una comunidad de pasto. Recuperado de: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/66296/1/nuevosretos2012087.pdf%20-%20Adobe%20Acrobat%20Professional.pdf>
- Pichtel, J. y Pichtel, T. 1997. Comparison of Solvents for Ex Situ Removal of Chromium and Lead from Contaminated Soil. Recuperado de: DOI:10.1089/ees.1997.14.97.
- Ramón, M. & Herrera, D. (2012). Utilización de plantas de amaranto como alternativa de Fitoremediación en suelos contaminados con plaguicidas organoclorados en la comunidad. Recuperado de: <http://repositorio.unan.edu.ni/4927/1/93537.pdf>
- Rascio., N. y Navari., F. (2011). Heavy metal hyperaccumulating plants: How and why do they do it? And what makes them so interesting?. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1016/j.plantsci.2010.08.016>
- Rodrigo, T. (2018). Estimación de la capacidad fitorremediadora del “girasol” *Helianthus annuus* mediante la incorporación de enmiendas para suelos contaminados por metales pesados (Plomo, Cromo) de industrias metal-

mecánicas. Recuperado de: <https://doi.org/10.17162/rictd.v4i1.1069>

Rodríguez, J. (2008). Hacia un uso sostenible de los recursos naturales. Andalucía - Sevilla. Recuperado de: ISBN: 978-84-7993-048-6

Rodríguez, L.; Ruiz, E.; Alonso-Azcárate, J.; Rincón, J. (2009). Heavy metal distribution and chemical speciation in tailings and soils around a Pb-Zn mine in 74 Spain. *Journal of Environmental Management*. Recuperado en línea de: DOI: 10.1016/j.jenvman.2008.04.007.

Rondon, E., Szantó, M., Francisco, J., Contreras, E., & Gálvez, A. (2016). Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios. Guía, Santiago de Chile. Recuperado el 19 de marzo de 2022, de [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40407/1/S1500804\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40407/1/S1500804_es.pdf)

Sabrozo González, M. d., & Pastor Eixarch, A. (2014). Guía sobre suelos contaminados. recuperadode: [http://www.conectapyme.com/files/medio/guia\\_suelos\\_contaminados.pdf](http://www.conectapyme.com/files/medio/guia_suelos_contaminados.pdf)

Salas, F. (2007). Selección In Vitro De Plantas Tolerantes A Plomo Para Su Uso En Fitorremediación. Recuperado de: <http://148.206.53.84/tesiuami/UAMI14183.pdf>

Salazar, J. (2000) Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo. Recuperado de: [https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/stelprdb1044786.pdf](https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044786.pdf)

Sánchez, S., Chávez, J., & Lucio., L. (2015). Pasivos Ambientales Mineros en la región Cajamarca. Cajamarca. Recuperado de: <http://www.grufides.org/documentos/pasivos-ambientales-mineros-en-la-regi-n-cajamarca-sergio-s-nchez-jorge-ch-vez-laura>

Schwab, A.P.; Zhu, D.S.; Banks, M.K. (2008). Influence of organic acids on the

transport of heavy metals in soil. Recuperado de:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.02.047>

SEMARNAT (2010). Programa Nacional de Remediación de Sitios Contaminados.

Recuperado de: ISBN: 978-607-7908-27-2

Shahid, M.; Pinelli, E.; Dumat, C. (2012). Review of Pb availability and toxicity to plants in relation with metal speciation; role of synthetic and natural organic

ligands. Journal of Hazardous Materials. Recuperado de:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2012.01.060>.

Sierra, R (2006). Fitoremediación de un suelo contaminado por plomo por actividad industrial. Recuperado de:

<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/>

Sik, Y.; Usman, A.; Lee, S.; Abd, S.; Choi, B.; Hashimoti, Y.; Yang, J. (2011). Effects of rapeseed residue on lead and cadmium availability and uptake by rice plants

in heavy metal contaminated paddy soil. Chemosphere. Recuperado de:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.06.073>.

Suaña, M. (2017). Capacidad del girasol (*helianthus annus L*) para absorber cadmio de suelos contaminados en ambiente controlado-Puno. Recuperado de:

<http://tesis.unap.edu.pe/handle/UNAP/6779>

Tchobanoglous ,G.; Theisen, H.; y Vigil, A. (2008). Gestión Integral de residuos sólidos. Edit. McGraw-Hill/INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S.A.

Recuperado de: ISBN: 9788448118303

Torres, N. (2018). Evaluación de la concentración de metales pesados como As, Cu, Cd, Hg y Pb en el botadero de chancharani de la ciudad de Puno. Recuperado de:

<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/9412>

Tseng, C. (2008). The Effects of Photosynthetic Bacteria and Mycorrhizae on

Phytoremediation for Soils Contaminated by Heavy Metals (Cd, Cu, Pb and Zn).

Recuperado de:

<https://pdfs.semanticscholar.org/7f08/11ca3397e19dc4b2251456520abc234d4fd.d.pdf>

Uriarte, J. (09 de marzo de 2020). El Maiz. Recuperado el 19 de marzo de 2022, de <https://www.caracteristicas.co/maiz/>

Vangronsveld, J.; Herzig, R.; Wevens, N.; Boulet, J.; Adriaensen, K.; Ruttens, A.; Thewvs, T.; Vassiley, A.; Meers, E.; Nehnevalova, E.; Van der Lelie, D.; Mench, M. (2009). Phytoremediation of contaminated soils and groundwater: lessons from the field. *Environmental Science and Pollution Research*. Recuperado de: DOI: 10.1007/s11356-009-0213-6.

Vargas, K. (2017). Eficiencia del maíz (*Zea mays*) cultivado con abonos orgánicos (compost y humus hechos a partir de restos de flores) en la disminución de las concentraciones de plomo de suelos contaminados por el pasivo ambiental minero CATAAC-Recuay, Ancash 2017. Recuperado de: <http://181.224.246.201/handle/UCV/3615>

Vergara, F. (16 de agosto de 2021). Planeta AD. Recuperado el 05 de marzo de 2022, de <https://www.admagazine.com/sustentabilidad/girasoles-todo-lo-que-debes-saber-sobre-esta-flor-20210816-8898-articulos>

## ANEXOS

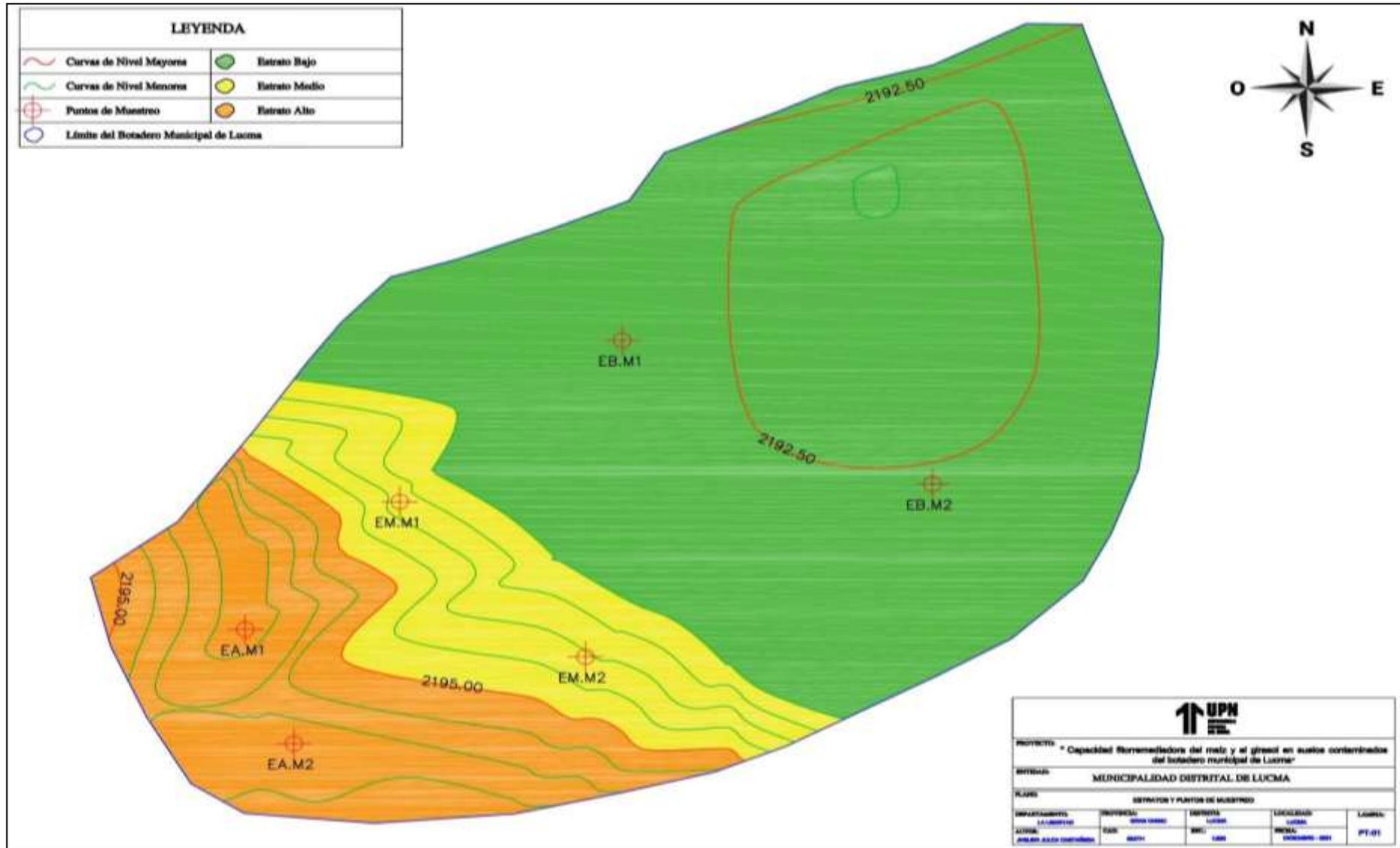
### ANEXO 1: Matriz de Consistencia

Capacidad Fito remediadora del Maíz y Girasol en suelos contaminados del Botadero Municipal de Lucma				
PROBLEMA	HIPOTESIS	OBJETIVO GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	METODOLOGIA
¿Existe un efecto de la capacidad Fito remediadora del maíz y girasol en suelos contaminados del botadero municipal de lucma?	H0: No existe un efecto de la capacidad Fito remediadora del maíz y girasol en suelos contaminados del botadero municipal de lucma	Determinar el efecto de la capacidad Fito remediadora del Maíz y Girasol en suelos contaminados del botadero municipal de lucma.	Capacidad Fito remediadora del Maíz y Girasol.	<b>Tipo</b> Cuantitativo – No Experimental
	H1: Si existe un efecto de la capacidad Fito remediadora del maíz y girasol en suelos contaminados del botadero municipal de lucma	<b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b>	<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	<b>Diseño</b> Transversal - Descriptivo
		1: Determinar los niveles de concentración de metales pesados (Plomo, Arsénico, Mercurio y Cadmio) Suelos contaminados del botadero municipal de Lucma. 2: Comparar los niveles de concentración de los metales pesados evaluados con los Estándares de Calidad Ambiental para suelo - ECA. 3: Determinar la cantidad de Plomo, Arsénico, Mercurio y Cadmio removido en suelos contaminados, con Fito remediación con Maíz y Girasol con distintas enmiendas orgánicas.	Suelos contaminados del botadero municipal de Lucma.	<b>Población</b> Suelo del botadero Municipal de la localidad de Lucma.
				<b>Muestra</b> 15 kg de suelo.

## ANEXO 2: Matriz de Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Capacidad Fito remediadora del Maíz y Girasol	La Fito remediación es una técnica de limpieza utilizando plantas que ayudan a remediar suelos con contaminantes, esta técnica presenta numerosas ventajas ya que puede servir para controlar la escorrentía, lixiviación y volatilización de contaminantes junto con la erosión del suelo. (Jiménez. R, 2017) pg. 229	Concentración de Plomo, Arsénico, Mercurio y Cadmio removido por las plantas acumuladoras de metales pesados Girasol y Maíz (Grandez. M, 2017) pg. 35	Maíz	Biomasa. Capacidad de remoción. Porcentaje de Remoción.
			Girasol	
Suelos contaminados del Botadero Municipal de Lucma	Lugar donde se dispone de residuos sólidos sin ningún previo manejo, los residuos no tienen un tratamiento final, y aquí se ocasionan diferentes olores desagradables, gases y líquidos contaminantes perjudiciales para la salud humana. (MINAM, 2004) pg.6	Un botadero puede contaminar el suelo y afectar la calidad del agua y el aire, además, genera olores y es foco de proliferación de insectos y roedores que transmiten Enfermedades. (MINAM, 2004) pg.6	Parámetros Químicos	Concentración de Plomo Concentración de Arsénico Concentración de Mercurio Concentración de Cadmio

**ANEXO 3: Plano de distribución de puntos de muestreo en el botadero de Lucma.**



#### ANEXO 4: Ficha de muestreo de suelo.

DATOS GENERALES:								
Nombre del sitio en estudio:				Departamento:				
Razón social:				Provincia:				
Uso principal:				Dirección del Predio:				
DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO:								
Nombre del punto de muestreo:				Operador : <small>(empresa / persona):</small>				
Coordenadas: X:		Y:		Descripción de la superficie: <small>(pe. asfalto, cemento, vegetación)</small>				
Temperatura (°C):				Precipitación (si/no, intensidad):				
Técnica de muestreo: <small>(p.e. sondeo manual/semi-mecánico/mecánico, zanja), etc</small>				Instrumentos usados:				
Profundidad final: <small>(en metros bajo la superficie)</small>				Napa freática : <small>(si/no, profundidad en m)</small>				
Instalación de un pozo en el agujero: <small>(si/no, descripción):</small>				Relleno del agujero después del muestreo: <small>(si/no, descripción):</small>				
DATOS DE LAS MUESTRAS:								
Clave de la muestra:								
Fecha:								
Hora:								
Profundidad desde: <small>(en metros bajo la superficie)</small>								
Profundidad hasta: <small>(en metros bajo la superficie)</small>								
Características organolépticas:								
Color:								
Olor:								

Textura:								
Compactación/Consistencia:								
Humedad:								
Componentes antropogénicos:								
Estimación de la fracción > 2 mm (%):								
Cantidad de la muestra: <small>(Volumen o peso)</small>								
Medidas de conservación:								
Tipo de muestra: <small>(simple/compuesta)</small>								
<b>PARA MUESTRAS SUPERFICIALES COMPUESTAS:</b>								
Área de muestreo (m <sup>2</sup> ):								
Número de sub - muestras:								
<b>Comentarios:</b>					<b>Croquis:</b>			

**Fuente:** (MINAM, 2013)



## ANEXO 5: Autorización de la Municipalidad Distrital de Lucma, para el desarrollo del trabajo de investigación.

Municipalidad Distrital  
*Lucma*

Provincia de Gran Chimú – Región La Libertad



Nuestro pueblo es primero ...!

Lucma, 15 de diciembre del 2020

Oficio N°: 012-2020-SGGAS/MDL

Señor: Jhack Jhelsin Julca Castañeda  
Bachiller de la carrera de Ingeniería Ambiental- UPN

Asunto: Autorización para la elaboración de tesis de pregrado "CAPACIDAD FITOREMEDIADORA DE MAIZ Y GIRASOL EN SUELOS CONTAMINADOS DEL BOTADERO MUNICIPAL DE LUCMA", en el botadero municipal del distrito de Lucma.

Tengo el agrado de dirigirme a Ud., con la finalidad de saludarle y a la vez hacer llegar la información solicitada en merito a la referencia del Oficio Firmada por el Bach. Jhack Jhelsin Julca Castañeda; de fecha 10 de diciembre del 2020.

Que, según Ley General Ambiente N° 28611 a través del código del Medio Ambiente y los recursos naturales, aprobado por Decreto Legislativo N° 613, en su artículo 1° del Título Preliminar establece que toda persona tiene el derecho irrenunciable a gozar de un ambiente saludable, ecológicamente equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida

Que, mediante el Decreto Legislativo N° 1278, se aprobó la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, la cual tiene como primera finalidad la prevención o minimización de la generación de residuos sólidos frente a cualquier otra alternativa; y, como segunda finalidad su recuperación y la valorización. Ello con sujeción a las obligaciones, principios y lineamientos señalados en la citada Ley; Y según su modificatoria de algunos de sus artículos Según del Decreto Legislativo N°1501.

Que, de conforme a lo establecido en el numeral 16 del artículo 82 de la Ley N° 27972, es atribución de la Municipalidad Distrital de Lucma, dentro de su jurisdicción, impulsar una cultura cívica y de respeto a los bienes comunales de mantenimiento, limpieza, de conservación y mejorar el ornato local;

En merito a ello; en calidad de responsable de la Sub Gerencia de Gestión Ambiental y Salud de la Municipalidad Distrital de Lucma, se Autoriza al Bach. Jhack Jhelsin Julca Castañeda realizar la elaboración de su tesis de pregrado "CAPACIDAD FITOREMEDIADORA DE MAIZ Y GIRASOL EN SUELOS CONTAMINADOS DEL BOTADERO MUNICIPAL DE LUCMA", en el botadero municipal de nuestro distrito, con el fin de cumplir con lo solicitado.

Aprovecho la oportunidad para expresarle los sentimientos más distinguidos y alta estima.

Atentamente

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE LUCMA  
  
Ing. Oscar William Guzmán Gamarrá  
SUB GERENTE DE GESTIÓN AMBIENTAL Y SALUD-E

Jr. Tarapaca S/N – Plaza de Armas – Lucma – Gran Chimú – La Libertad

**ANEXO 6: Resultados del análisis de la concentración de metales antes de la fitorremediación.**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO**  
**Faculta de Ingeniería Química**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental**



Laboratorio	Investigación y Desarrollo en Ciencias Ambientales
Fecha recepción de muestra	04/01/2021
Fecha de Análisis	05/01/2021
Lugar de Procedencia	Botadero Municipal de Lucma
Tipo de Muestra	Suelo

RESULTADOS					
Código de Muestra	Según cliente	Nombre	Punto 1	Punto 2	Punto 3
		Código	E1	E2	E3

Parámetro	Unidad	Resultados		
Plomo	mg/Kg	79.82	76.92	75.59
Arsénico	mg/Kg	89.03	91.41	86.76
Mercurio	mg/Kg	9.65	8.74	8.56
Cadmio	mg/Kg	9.75	8.13	8.32

Método de ensayo ICP – ES



**Ing. Carlos Purizaca Jacinto**  
Reg. CIP. 84796

Técnico de Laboratorio

**ANEXO 7: Resultados del análisis de la concentración de metales postfitorremediación.**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO**  
**Faculta de Ingeniería Química**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental**



Laboratorio	Investigación y Desarrollo en Ciencias Ambientales
Fecha recepción de muestra	05/04/2021
Fecha de Análisis	06/04/2021
Lugar de Procedencia	Botadero Municipal de Lucma
Tipo de Muestra	Suelo

RESULTADOS					
Código de Muestra	Según cliente	Nombre	Punto 1	Punto 2	Punto 3
		Código	E1	E2	E3

Parámetro	Unidad	Resultados		
Plomo	mg/Kg	46.68	43.48	42.00
Arsénico	mg/Kg	44.55	46.41	43.04
Mercurio	mg/Kg	4.80	3.55	3.19
Cadmio	mg/Kg	2.30	3.12	2.94

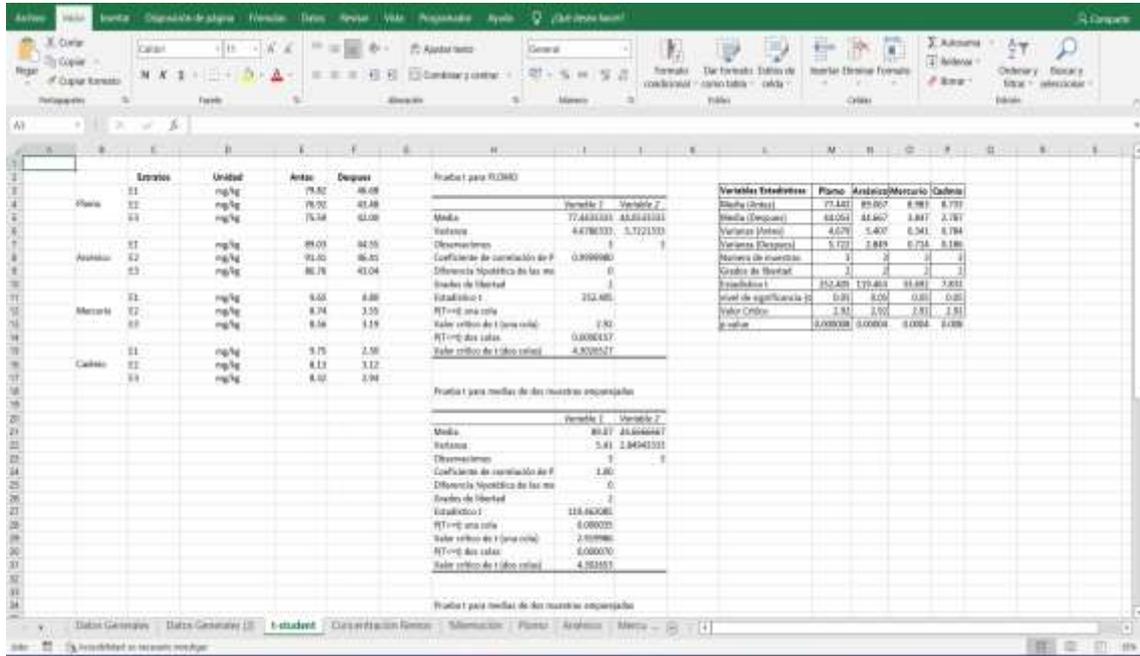
Método de ensayo ICP – ES



**Ing. Carlos Purizaca Jacinto**  
Reg. CIP: 96796  
Técnico de Laboratorio

**ANEXO 7: Análisis estadístico de los datos de concentración de metales pesados.**

**Aplicación de la Prueba t-student**



Elemento	Unidad	Antes	Después
Plomo	11	79.52	46.48
	12	79.52	42.48
	13	76.54	42.08
Arsénico	11	89.03	84.55
	12	91.05	86.35
	13	86.78	43.04
Mercurio	11	8.65	4.88
	12	8.74	3.55
	13	8.58	3.19
Cadmio	11	3.75	2.56
	12	4.13	3.12
	13	4.32	3.94

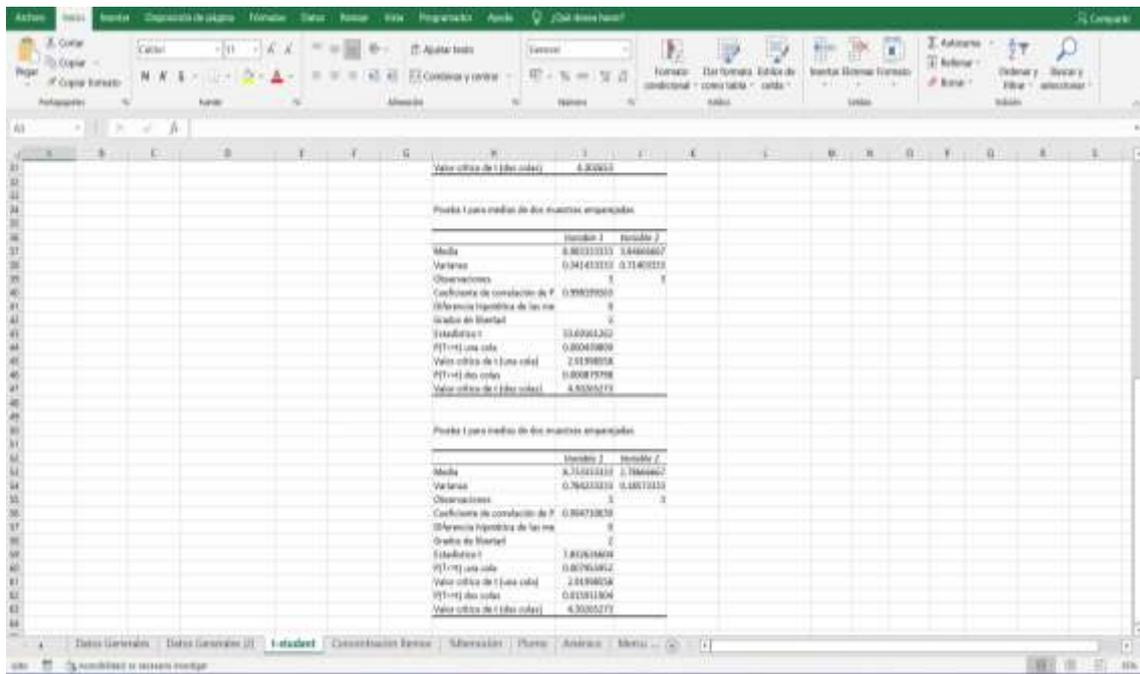
Variable 1	Variable 2
Media	77.443333
Varianza	4.478033
Observaciones	3
Coefficiente de correlación de P	0.999980
Diferencia hipotética de las ms	0
Grados de libertad	2
t estadístico t	252.405
Prueba t de una cola	0.0000137
Prueba t de dos colas	0.0000274

Variable 1	Variable 2
Media	80.27
Varianza	3.41
Observaciones	3
Coefficiente de correlación de P	1.00
Diferencia hipotética de las ms	0
Grados de libertad	2
t estadístico t	118.86308
Prueba t de una cola	0.000000
Prueba t de dos colas	0.000000
Prueba t de t (dos colas)	4.933517

Plomo	Arsénico	Mercurio	Cadmio
Media (Después)	42.05	4.867	3.187
Media (Antes)	84.678	5.407	3.561
Varianza (Después)	5.723	3.849	0.734
Varianza (Antes)	4.678	5.407	0.734
Coefficiente de correlación de P	0.999980	0.999980	0.999980
Diferencia hipotética de las ms	0	0	0
Grados de libertad	2	2	2
t estadístico t	252.405	252.405	252.405
Prueba t de una cola	0.0000137	0.0000137	0.0000137
Prueba t de dos colas	0.0000274	0.0000274	0.0000274

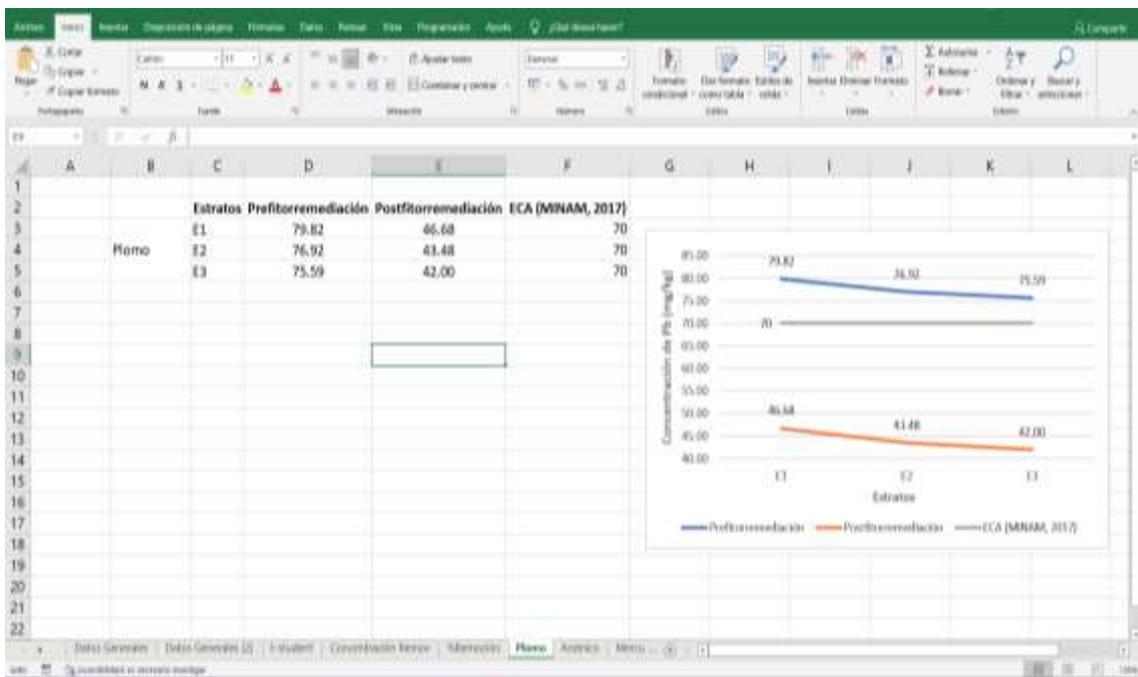
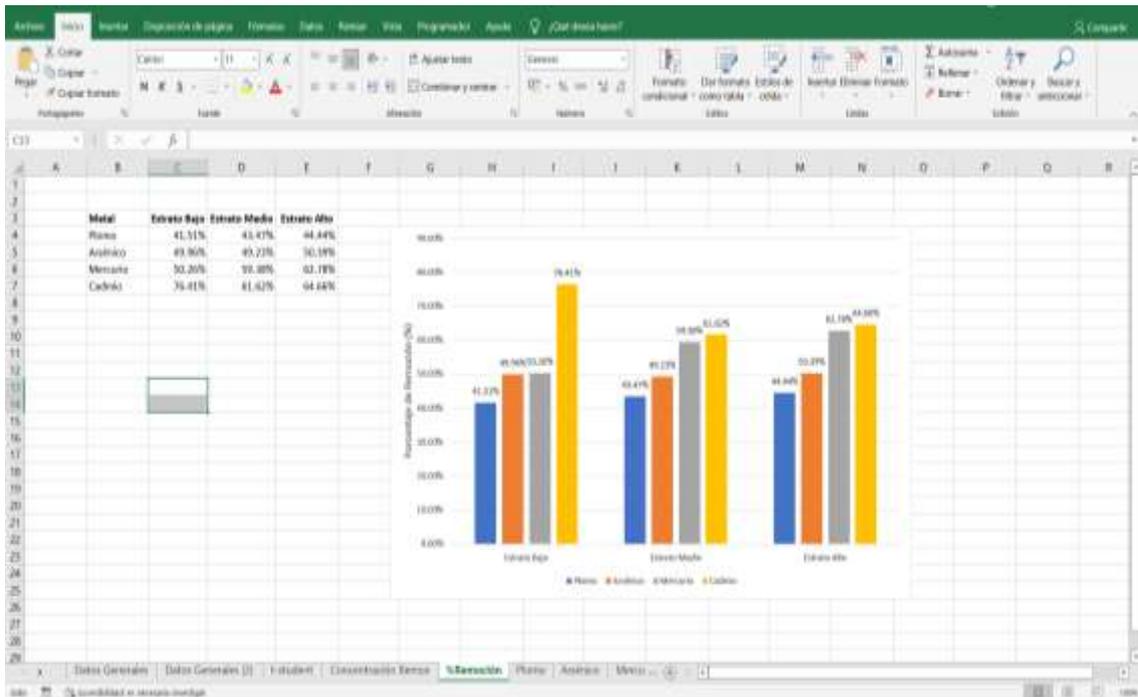


Variable 1	Variable 2
Media	80.27
Varianza	3.41
Observaciones	3
Coefficiente de correlación de P	1.00
Diferencia hipotética de las ms	0
Grados de libertad	2
t estadístico t	118.86308
Prueba t de una cola	0.000000
Prueba t de dos colas	0.000000
Prueba t de t (dos colas)	4.933517

Variable 1	Variable 2
Media	83.133333
Varianza	0.7623333
Observaciones	3
Coefficiente de correlación de P	0.9997385
Diferencia hipotética de las ms	0
Grados de libertad	2
t estadístico t	1.8161403
Prueba t de una cola	0.01763812
Prueba t de dos colas	0.03527624
Prueba t de t (dos colas)	4.933517

### ANEXO 8: Elaboración de Gráficas.



**ANEXO 9: Elaboración de Calicatas para el muestreo de suelos.**



**ANEXO 10: Recolección de las muestras de suelos.**



**ANEXO 11: Etiquetado de las muestras de suelos.**



**ANEXO 12: Proceso de Fitorremediación con maíz y girasol en las muestras de suelo del botadero de Lucma.**

