

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL**

**SEDE JAÉN**



**EFECTO DE *Ficus benjamina* L. COMO FITORREMEDIADOR IN SITU EN LOS  
SUELOS DEL BOTADERO MUNICIPAL CONTROLADO DE JAÉN- PERÚ.**

**TESIS**

**Para optar el Título Profesional de Ingeniero Forestal**

**Presentado por el bachiller:**

**MAYCO SILVA HOYOS**

**Asesor:**

**Blga. Mtblga. M.C. Marcela Nancy Arteaga Cuba**

**JAÉN -PERÚ**

**2023**

## CONSTANCIA ANTIPLAGIO TURNITIN DE TESIS SUSTENTADA

El que suscribe, Blga. Mtblga. M.C. Marcela Nancy Arteaga Cuba, en calidad de asesor de la tesis **“EFECTO DE *FICUS BENJAMINA* L. COMO FITORREMIADOR IN SITU EN LOS SUELOS DEL BOTADERO MUNICIPAL CONTROLADO DE JAEN - PERU”**.

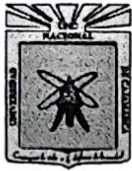
### CERTIFICA

Que se ha realizado la revisión antiplagio TURNITIN del informe de la tesis sustentada, titulada **“EFECTO DE *FICUS BENJAMINA* L. COMO FITORREMIADOR IN SITU EN LOS SUELOS DEL BOTADERO MUNICIPAL CONTROLADO DE JAEN - PERU”**, presentado por el bachiller MAYCO SILVA HOYOS, identificado con DNI N° 70071950, domiciliado en Pasaje Miguelito N° 225 Pueblo Nuevo, obteniéndose un porcentaje de semejanza de 0%.

Se expide el presente documento, de acuerdo a Ley, para los fines que el interesado estime conveniente.

Jaén, 15 de febrero del 2024.

  
Blga. Mtblga. M.C. Marcela Nancy Arteaga Cuba



## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Jaén, a los **veinte** días del mes de **julio** del año dos mil veintitrés, se reunieron en el **Ambiente de la Sala de Docentes de Ingeniería Forestal- Filial Jaén**, los miembros del Jurado designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N°174-2023-FCA-UNC, de fecha 14 de marzo del 2023, con el objeto de evaluar la sustentación del trabajo de Tesis titulado: "**EFECTO DE *Ficus benjamina* L. COMO FITORREMIEDIADOR IN SITU DE LOS SUELOS DEL BOTADERO MUNICIPAL CONTROLADO EN LA CIUDAD DE JAÉN - PERÚ**", ejecutado por el Bachiller en Ciencias Forestales, **Don MAYCO SILVA HOYOS**, para optar el Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL**.

A las **quince** horas y **cero** minutos, de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el evento, invitando al sustentante a exponer su trabajo de Tesis y, luego de concluida la exposición, el jurado procedió a la formulación de preguntas. Concluido el acto de sustentación, el Jurado procedió a deliberar, para asignarle la calificación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la **APROBACIÓN** por **UNANIMIDAD** con el calificativo de **quince (15)**; por tanto, el Bachiller queda expedito para el inicio de los trámites, para que se le otorgue el Título Profesional de Ingeniero Forestal.

A las **dieciséis** horas y **veinte** minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

Jaén, 20 de julio de 2023.

  
Ing. M. Sc. Germán Pérez Hurtado  
PRESIDENTE

  
Ing. M. Sc. Vitoly Becerra Montalvo  
SECRETARIO

  
Ing. M. Sc. Francisco Fernando Aguirre de los Ríos  
VOCAL

  
Blga. M.C. Marcela Arteaga Cuba  
ASESOR

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar esta tesis en primer lugar a Dios por permitirme culminar con éxito mi anhelada carrera y por darme mucha salud y fortaleza en este largo camino de mi formación profesional.

Dedico a mis padres Wilmen y Edita este trabajo con gran amor, a toda mi familia por el apoyo incondicional, por impulsarme a ser mejor y lograr con éxito mi carrera profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi asesora la Blga. Mcblga. M.C. Marcela Nancy Arteaga Cuba por el tiempo dedicado y los conocimientos brindados.

A mis padres por la vida y por enseñarme a vivirla.

Por último, pero no por eso menos importante a todos mis familiares y amigos.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
ÍNDICE DE TABLAS .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vii
RESUMEN .....	viii
ABSTRACT.....	ix
CAPITULO I .....	10
INTRODUCCIÓN .....	10
CAPITULO II.....	12
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	12
2.1. Antecedentes de la investigación.....	12
2.2. Bases teóricas .....	15
2.2.1. Descripción taxonómica <i>Ficus benjamina</i> L. ....	15
2.2.2. Descripción botánica de la especie <i>Ficus benjamina</i> L. ....	15
2.2.3. Residuos sólidos.....	16
2.2.4. Lugares de disposición final de los residuos solidos .....	17
2.2.5. Impactos de botaderos.....	17
2.2.6. Fitorremediación .....	18
2.2.7. Propiedades físico químicos del suelo .....	20
2.2.8. Análisis de suelo .....	20
2.2.9. Metales pesados .....	21
2.3. Definición de términos básicos .....	22
CAPITULO III.....	25

MARCO METODOLÓGICO.....	25
3.1. Localización.....	25
3.1.1. Tipo y diseño de la investigación .....	26
3.1.2. Factores, variables, niveles y tratamientos de estudio.....	26
3.1.3. Población, muestra y unidad de análisis.....	26
3.1.4. Fuentes técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	27
3.1.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	28
3.1.6. Aspectos éticos .....	28
3.2. Materiales y procedimiento .....	28
CAPITULO IV .....	33
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	33
4.1. Resultados.....	33
4.1.1. Datos dendrométricos de la especie .....	33
4.1.2. Caracterización del suelo antes y después de la instalación de la especie fitorremediadora .....	35
4.1.3. Contenido de plomo en el suelo antes y después de la remediación con <i>Ficus     benjamina</i> L.....	38
4.1.4. Contenido de plomo en las plantas de <i>Ficus benjamina</i> L.....	38
4.1.5. Análisis de varianza .....	40
4.2. Discusión.....	41
CAPITULO V.....	44
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	44
5.1. Conclusiones.....	44
5.2. Recomendaciones .....	45
CAPITULO VI.....	46
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	46

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> <i>Estándares de calidad ambiental para suelo (MINAM, 2017, 9)</i> .....	20
<b>Tabla 2.</b> <i>Datos dendrométricos de la especie en el área contaminada</i> .....	34
<b>Tabla 3.</b> <i>Datos dendrométricos de la especie en el área de testigo</i> .....	35
<b>Tabla 4</b> <i>Análisis de contenido de plomo (Pb) en el suelo antes y después de la remediación</i> .....	38
<b>Tabla 5</b> <i>Concentración de plomo en las partes fisiológicas de las plantas</i> .....	39
<b>Tabla 6.</b> <i>Análisis de varianza de contenido de plomo en el suelo</i> .....	40



## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Ubicación del área de estudio.....	25
<b>Figura 2</b> Calicata de muestreo .....	27
<b>Figura 3</b> Extracción de muestra de suelo.....	29
<b>Figura 4</b> Envasado de muestras de suelo .....	30
<b>Figura 5</b> Regado de plantas de <i>Ficus benjamina</i> L.....	31
<b>Figura 6</b> Monitoreo de plantas instaladas en áreas del botadero .....	32
<b>Figura 7</b> Conductividad eléctrica del suelo antes y después de la remediación .....	35
<b>Figura 8</b> Cantidad de carbonato cálcico y Materia orgánica en el suelo .....	36
<b>Figura 9</b> Contenido de Potasio y Fósforo en el suelo antes y después de la remediación..	37
<b>Figura 10</b> Cationes cambiabiles del suelo antes y después de la remediación .....	37
<b>Figura 11</b> Concentración de plomo en partes de las plantas de <i>Ficus benjamina</i> L.....	39

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de *Ficus benjamina* L. como fitorremediador in situ en los suelos del botadero municipal de la ciudad de Jaén. Fue una investigación experimental simple, cuya metodología consistió en identificar puntos de muestreo de suelo antes y después de la instalación de la especie en estudio. La caracterización de las muestras de suelo fue hecha en laboratorio, donde se evaluó el tipo de suelo, pH, contenido de intercambio catiónico, cationes cambiabiles como magnesio, calcio, sodio, potasio, componentes principales como potasio, fósforo, materia orgánica y el contenido de plomo en el suelo. Los resultados indican que el suelo después de la fitoremediación, presentó una concentración promedio de 14.35 ppm de plomo; además en la planta se encontró una concentración de plomo distribuidas como sigue, 6.79 ppm en la raíz, 3.86 ppm en las hojas y 3.52 ppm en el tallo. Se concluye que el contenido de plomo en el suelo del botadero municipal de la ciudad de Jaén se encuentra por debajo de lo permisible y además la especie evaluada, se puede considerar como especie fitorremediadora de plomo ya que logra capturar y concentrar en las diferentes partes de su estructura.

**Palabras clave:** Plomo, fitorremediación, botadero municipal, suelo, *Ficus benjamina* L.

## ABSTRACT

The present research work aimed to evaluate the effect of *Ficus benjamina* L. as a phytoremediator in situ in the soils of the municipal dump in the city of Jaen. It was a simple experimental investigation, whose methodology consisted of identifying soil sampling points, before and after the installation of the species under study. The characterization of the soil samples was done in the laboratory, where the type of soil, pH, cation exchange content, changeable cations such as magnesium, calcium, sodium, potassium, major components such as potassium, phosphorus, organic matter and lead content in soil were evaluated. The results indicated that the soil after remediation presented an average concentration of 14.35 ppm of lead; in addition, a concentration of 6.79 ppm of lead in the roots, 3.86 ppm in the leaves and 3.52 ppm in the stem was found in the plant. It is concluded that the lead contents in the soil of the municipal dump of the city of Jaen were found to be below the permissible levels and the species evaluated does capture and concentrate the lead contained in the soil of the municipal dump evaluated.

**Key words:** Lead, phytoremediation, municipal dump, soil, *Ficus benjamina* L.

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

La contaminación del medio ambiente es uno de los problemas que se presenta a causa de la incorporación de algún tipo de energía, organismo o sustancia que afecta a los ecosistemas modificando sus características o propiedades (Chinchay y Ricaldi, 2020, p. 6).

La sociedad manifiesta que la progresiva degradación de los recursos naturales causada por la gran diversidad de contaminantes tóxicos orgánicos e inorgánicos es un problema a nivel mundial los que se encuentran tanto en la atmósfera, el agua, el suelo y subsuelo, procedentes de diversas actividades industriales que generan un irremediable deterioro en el planeta (Ríos et al., 2014, p. 12). El suelo es un recurso esencial del ambiente y de suma importancia para la vida, la cual es vulnerable a muchos cambios, toma un largo tiempo recuperarlo, por lo tanto, es considerado un recurso natural no renovable (Chinchay y Ricaldi, 2020, p. 5).

Dentro de estos contaminantes se encuentran los metales, estos se distinguen de los contaminantes orgánicos en que no son biodegradables y tienen alta toxicidad para los seres vivos, por este motivo (Marrero, C., et al., 2012, p. 53) menciona que el contenido de metales pesados en suelos, debería ser únicamente función de la composición del material original y de los procesos edafogénicos que dan lugar al mismo.

La permanencia de metales pesados en el suelo, es peligrosa para la biota por su tendencia a la bioacumulación y a la biomagnificación a través de la cadena trófica (Sheda et al., 2016, p.50); además, se consideran altamente tóxicos ya que son de fácil absorción y pueden alterar los componentes del suelo y la salud de los seres humanos, aún en pequeñas cantidades, pueden causar severos efectos fisiológicos (Chinchay y Ricaldi, 2020, p. 5).

Ante la problemática de la contaminación de los suelos ocasionada por metales pesados es que en los últimos años se han implementado tecnologías de biorremediación las cuales ofrecen la ventaja de usar procesos naturales que se basan en la capacidad de los microorganismos para la biodegradación de los contaminantes a través de procesos metabólicos (Maldonado-Chávez et al., 2010, p. 122). La fitorremediación es la acción de

varios procesos que utilizan plantas y los microorganismos asociados a su rizosfera para remediar ambientes contaminados - principalmente suelo y agua - mediante la remoción, transformación, degradación o estabilización de contaminantes orgánicos e inorgánicos (Peralta-Pérez y Volke-Sepulveda, 2012, p. 77).

El botadero de la ciudad de Jaén presenta problemas de manejo, pues al no ser un lugar tecnificado se corre con el riesgo de contaminación de suelo, aire, agua y de los seres vivos que se desenvuelven en los sectores aledaños. La contaminación se da por diversos factores, uno de ellos es la infiltración de materiales como el plomo por acción de la escorrentía que se genera cuando se da la temporada de lluvias. Por lo anteriormente expuesto y sabiendo que el proceso de la fitorremediación se sustenta en el uso de plantas superiores y de microorganismos que viven en la zona radical de las plantas, lugar donde se desarrolla una actividad microbiológica intensa entre la microflora de la rizosfera y las plantas verdes (Maldonado-Chávez, et al., 2010, p. 122), se desarrolló la presente investigación teniendo como objetivo principal evaluar el efecto de *Ficus benjamina* L. como fitorremediador in situ, en los suelos del botadero Municipal controlado de la ciudad de Jaén- Perú; para esto, se plantearon como objetivos específicos, determinar la concentración de plomo que se encuentra en el suelo del botadero controlado de la Municipal de la ciudad de Jaén - Perú y determinar en qué órganos de la especie *Ficus benjamina* L., se encuentra la mayor cantidad de plomo proveniente de los suelos del botadero controlado de la municipal de la ciudad de Jaén- Perú.

## CAPITULO II

### REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

(Queupuan, 20178, p. 12-27) en su Tesis titulada: “Evaluación de fitorremediación de suelos contaminados con plomo mediante el cultivo 22 de *Atriplex halimus* L.”. Universidad de Chile, tuvo por objetivo evaluar la estrategia de fitorremediación inducida para reducir la contaminación de suelos por plomo (Pb) mediante el cultivo de *Atriplex halimus* L., para la metodología se trabajaron en veinticuatro (24) macetas con suelo contaminado con plomo (Pb) (2.950 mg kg<sup>-1</sup>) que provinieron de La Comuna de Puchuncaví, Región de Valparaíso, y fueron incorporados ácido cítrico en (2) dos dosis como un agente quelante (4 g L<sup>-1</sup> y 8 gL<sup>-1</sup> ) a través del agua usada para riego. Se realizó una evaluación con concentración de plomo (Pb) en la especie *Atriplex halimus* L. a los noventa (90) y ciento ochenta (180) días de ensayo. Obteniendo resultados, permiten mencionar que aplicar continuamente el ácido cítrico produce un aumento significativo en las concentraciones de plomo (Pb) en el tejido vegetal planta. Se obtuvo mayores concentraciones con la dosis de 8 g L<sup>-1</sup>, del elemento en la planta, el que alcanzó  $28,6 \pm 3,9$  mg kg<sup>-1</sup> en las hojas y  $200,2 \pm 38,8$  mg kg<sup>-1</sup> en las raíces. Pero, se pudo observar, a los 6 meses (180 días) de ensayo, que adicionar ácido cítrico disminuye de manera significativa la producción de materia seca en las raíces. También que la especie *Atriplex halimus* L. tuvo bajo valores en el índice de transporte aéreo tanto a los tres meses (90 días) como a los 180 días de ensayo. Se concluyó que esta especie *Atriplex halimus* L. tiene la capacidad acumuladora de plomo (Pb) en las raíces, por lo cual es una especie recomendable para la fitoestabilización de suelos contaminados con por este metal pesado.

(Falcón, 2016, p. 36), en su investigación de tesis “Afectación del suelo como resultado de la práctica de residuos sólidos municipales en el botadero Roma - Casa Grande”, determinó cuatro puntos de muestreo, en cada estación se levantó 4 muestras, teniendo así 12 muestras, habiendo determinado que existe una correspondencia directa entre la práctica final de los residuos sólidos municipales y la contaminación del suelo, quedando demostrado que a mayor botadero a cielo abierto, hay mayor afectación del suelo, debido al incremento de residuos sólidos que provoca la población de Casa Grande. La inadecuada práctica final de

los residuos sólidos municipales que ocasiona la presencia de metales pesados como el plomo, cadmio y cromo VI, donde sus concentraciones excedieron los Estándares de Calidad Ambiental para suelo por lo cual, provocó diversos impactos negativos sobre el medio ambiente, social, productivo y económico en los sectores locales, regional y nacional.

Obeso (2017, p. 1), en su trabajo de investigación realizado en condiciones ex situ, con muestras de suelo del botadero El Milagro de la ciudad de Trujillo. Las concentraciones de los metales en las muestras de suelo fueron determinadas mediante Espectroscopia de Emisión Atómica de Plasma Acoplado por Inducción (ICP-AES). Las concentraciones de As, Cd y Cu disminuyeron significativamente en las muestras de suelo mediante el cultivo de geranio. Se observó una tolerancia significativa del geranio hacia el As, con una disminución significativa, hasta del 74 % con respecto al nivel inicial, mientras que, para el Cd y Cu, se logró disminuciones de hasta 79 % y 55 %, respectivamente, lo cual demuestra que la fitorremediación es una interesante alternativa para la recuperación de ecosistemas contaminados con metales pesados.

(Díaz, 2017, p. 22-23) en su investigación titulada: “Capacidad de acumulación de la ortiga (*Urtica urens* L.) para la fitorremediación de suelos contaminados con plomo en La Oroya, Junín”, Universidad César Vallejo, tuvo como objetivo principal determinar la capacidad de acumulación de la ortiga (*Urtica urens* L.) para la fitorremediación de suelos contaminados por plomo (Pb), En la metodología de estudio se abarcó un periodo de dos (2) meses, en la que se pudo observar la acumulación de plomo (Pb) en las hojas y raíces de la *Urtica urens* L. La investigación se realizó con la técnica ex situ y un diseño experimental, que tuvo cinco (5) repeticiones, 23 para lo cual se realizó análisis antes y después del tratamiento mediante la fitorremediación. Los resultados obtenidos muestran que la ortiga (*Urtica urens* L.) logró una acumulación de 84,34 mg/kg en sus hojas y 25,06 mg/kg en las raíces, cuya concentración inicial fue 1119.51 mg/kg y la final de 1010,05 mg/kg, por lo tanto, se pudo lograr una disminución de 109,046 mg/kg de plomo (Pb). Se concluyó que la ortiga (*Urtica urens* L.) es capaz de acumular plomo (Pb) presente en el suelo contaminado, en La Oroya, con una acumulación de 109.46 mg/ kg, en sus hojas como en sus raíces.

López & Contreras (2017, p. 20), en su investigación titulada: “Estudio de factibilidad del uso de la fitorremediación como alternativa para la remoción de metales pesados en el

suelo usado como botadero a cielo abierto en Utopía-Yopal”, Universidad de Salle, Bogotá Colombia, que tuvo como objetivo evaluar de manera experimental la factibilidad de aplicación de la fitorremediación con especies vegetales endémicas de la región como alternativa para la recuperación del suelo utilizado como botadero a cielo abierto contaminado con metales pesados en la sede de Utopía de la Universidad de la Salle. La metodología, inicialmente consistió en hacer un análisis de las características físico-químicas y porcentaje de metales pesados sobre el suelo en el lugar del botadero en comparación con el contenido presente en un suelo sin actividad antrópica, después de identificar los metales, se pasó a seleccionar especies vegetales que mejor puedan responder a las necesidades de remoción de metales y a la adaptarse a condiciones del suelo. Luego, procedió elaborar 14 montajes de simulación para elaborar si son eficientes para la remoción de metales pesados, sus rasgos observables y la concentración de los metales pesado a lo largo del tejido vegetal, de tal manera se analizaron reacciones físicas y toxicológicas sobre la planta y finalmente se realizaron evaluaciones factibilidad, la cual permitió conocer cuan viable es económica esta alternativa. Por los resultados, se tiene que el pH de la Muestra Blanco tiene un valor de 5,7, lo que no indica problemas graves de acidez, pero que si está relacionado con problemas de  $Al^{3+}$  Intercambiable. Por otro lado, la Muestra Botadero, presenta un valor de 4,4 pH, el que indica ser un suelo extremadamente ácido, lo cual se relaciona con el déficit de bases intercambiables y presencia de metales pesados, es por esto que la actividad microbiana que se encarga en descomponer la materia orgánica y provisión de nutrientes a las plantas disminuye su actividad, lo cual reduce el suministro de estos elementos al suelo, lo cual ocasiona una baja fertilidad. Llegando a la conclusión que ella tecnología que se identificó en el desarrollo del estudio corresponde a la fitoextracción, lo cual es un subgrupo de métodos de eliminación, donde los metales Ni y Cu se fueron extraídos del suelo por la acción de la planta sobre ellos, también se apreció la acumulación de dichos metales a lo largo del tejido vegetal.

(Díaz, B., 2018, p. 43). En su trabajo de investigación “Evaluación de la contaminación del suelo por lixiviados del botadero municipal del distrito de San Pablo, Tarapoto, Perú” evaluó la contaminación del suelo afectado por lixiviados del botadero municipal del Distrito de San Pablo, mediante una investigación de tipo descriptiva, determinando las concentraciones de metales pesados, para ello realizó la caracterización del suelo en 3 puntos



ubicados dentro del botadero municipal, al analizar las muestras de suelo de estos 3 puntos con respecto a la presencia de metales pesados (Cd y Pb), se evidenció que los niveles de Cadmio (Cd) en los tres puntos muestreados superan los valores establecidos por el ECA (1.4 mg/kg) para un suelo agrícola, siendo el punto 1 el que presenta una concentración de 18,752 mg/kg, seguido del punto 2 con un valor de 15, 126 mg/kg; finalmente el punto 3 con una concentración de 6,321 mg/kg, del mismo modo se determinó que los niveles de Plomo (Pb) en los tres puntos muestreados no superan los valores establecidos por el ECA (70 mg/kg) para un suelo agrícola, el punto 1 presenta una concentración de 16,255 mg/kg, seguido del punto 2 con un valor de 12,037 mg/kg; finalmente el punto 3 con una concentración de 11,123 mg/kg.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Descripción taxonómica *Ficus benjamina* L.**

Según (Macedo, 2015, p. 15) la clasificación sistémica y descripción botánica de la especie *Ficus benjamina* L. es de la siguiente manera:

<b>Reino:</b>	Plantae
<b>División:</b>	Tracheophyta
<b>Clase:</b>	Magnoliopsida
<b>Orden:</b>	Urticales
<b>Familia:</b>	Moraceae
<b>Genero:</b>	<i>Ficus</i>
<b>Especie:</b>	<i>Benjamina</i>
<b>Nombre científico:</b>	<i>Ficus benjamina</i> L.
<b>Nombre común:</b>	Ficus llorón

### **2.2.2. Descripción botánica de la especie *Ficus benjamina* L.**

Los *Ficus* son especies leñosas mayormente arbóreas o arbustivas, a veces trepadoras o rastreras, al menos en su fase juvenil, con látex lechoso. Poseen hojas simples, espiraladas, generalmente alternas, enteras, dentadas o lobadas, con la base simétrica o asimétrica, a veces provistas de glándulas en el pecíolo o en la parte basal del envés de la lámina; estípulas

libres, amplexicaules, normalmente caedizas. Flores unisexuales, a veces estériles, diminutas, dispuestas en el interior de un receptáculo carnoso acopado denominado sicono, abierto por un poro u ostiolo apical que se encuentra cerrado por pequeñas brácteas imbricadas (Anton, 2004, p. 14).

(Anton, 2004, p. 14). Se emplea mucho como planta decorativa de interior, pero en exteriores amplios es un árbol muy atractivo por su brillo foliar y su follaje, convirtiéndose en un excelente productor de sombrío. Por su porte y gran follaje es un excelente purificador del medio ambiente, además, belleza y sombra en general, propicio para el descanso de numerosas aves en la noche, y en sus grandes y altas ramas extendidas hacen nido unos pájaros muy bonitos llamados arrendajos, sembrarlo en espacios abiertos y evitar la sombra sobre el para que no pierda las hojas, también en espacios pequeños como arbusto decorativo organizándolo de diversas formas o en interiores en materas, como cerca viva.

### **2.2.3. Residuos sólidos**

Los residuos sólidos son cualquier objeto, sustancia, material o elemento en estado sólido que se produce del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, que el generador presenta para su recolección y posterior disposición a las personas prestadoras del servicio. (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2013, p. 106).

El concepto de residuos es muy amplio. En general, se refiere a los materiales inútiles, innecesarios, descartados o no deseados. Los residuos se pueden entender como una combinación de cuatro factores: *wrong substances, in a wrong quality, in a wrong place at a wrong time*. Este concepto de basura incluye las emisiones de las actividades humanas, tanto productivas como fisiológicas, en forma de gases, líquidos y sólidos que son descargadas al aire, suelo y agua (Murga, 2017, p. 30).

Son residuos sólidos aquellas sustancias, productos o subproductos en estado sólido o semisólido de los que su generador dispone, o está obligado a disponer, en virtud de lo establecido en la normatividad nacional o de los riesgos que causan a la salud y el ambiente. Esta definición incluye a los residuos generados por eventos naturales (Salazar, 2018, p. 311).

#### ***2.2.4. Lugares de disposición final de los residuos sólidos***

Según el Ministerio del Ambiente menciona que una de las áreas destinadas a la disposición sanitaria y ambientalmente de los residuos sólidos es los rellenos sanitarios, ya que en estos lugares se asegura de los residuos sólidos pueden ser acumulados en la superficie o bajo tierra, basados en los principios y métodos de la ingeniería sanitaria y ambiental, además menciona que otro lugar de disposición son los botaderos los que son lugar de acumulación inapropiada de residuos sólidos en vías y espacios públicos, así como en áreas urbanas, rurales o baldías que generan riesgos sanitarios o ambientales. Carecen de autorización sanitaria (Falcón, 2016, p. 18).

#### ***2.2.5. Impactos de botaderos***

**Lixiviación:** un fenómeno característico de climas húmedos, que provoca la pérdida de nutrientes en algunas capas del suelo, al arrastrar el agua sustancias básicas del terreno como arcilla, sales, hierro o humus. También se utiliza para indicar el desplazamiento hacia ríos y mares de los desechos y otros contaminantes, y el proceso de lavado de un estrato de terreno o capa geológica por el agua (Fernández, 2006, p. 34-35).

**Contaminación de aguas subterráneas:** la contaminación de las aguas subterráneas por la presencia de un lixiviado se da a través de tres mecanismos: (a) la percolación de la escorrentía superficial o aguas superficiales contaminadas, (b) ingreso directo de los lixiviados a través de suelo y (c) el intercambio de acuíferos (Paolini, 2007, p. 56).

**Toxicidad por metales pesados:** el término metales pesados es aplicado a un grupo de metales y semimetales (metaloides) a los que se les asocia un importante potencial de contaminación, toxicidad y eco toxicidad. A la vez, es atribuido a aquellos elementos de carácter metálico que tienen una densidad mayor de los 5 g cm<sup>-3</sup>. En los suelos, estos elementos incluyen generalmente metales como arsénico (As), cadmio (Cd), cobalto (Co), cromo (Cr), cobre (Cu), hierro (Fe), mercurio (Hg), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), níquel (Ni), plomo (Pb) y zinc (Zn) (McLaughlin, 2005, p. 6).

## **2.2.6. Fitorremediación**

La fitorremediación es un proceso que utiliza plantas para remover, transferir, estabilizar, concentrar y/o destruir contaminantes (orgánicos e inorgánicos) en suelos, lodos y sedimentos, y puede aplicarse tanto in situ como ex situ (Agudelo, et al., 2005, p. 57-60).

### **Tecnologías de la fitorremediación**

#### **Fitoextracción**

En la fitoextracción los contaminantes son absorbidos por las raíces, transportadas y acumuladas en los tallos y hojas. Las plantas que se involucran en este proceso deben idealmente poseer la habilidad de acumular contaminantes y producir biomasa. Las especies hiperacumuladoras son capaces de acumular contaminantes, pero producen poca biomasa, por lo que es posible el uso de especies que acumulen menos metales y produzcan más biomasa (Cristaldi, et al., 2017, p. 309-326).

(Reyes, L.; Villanueva, C., 2021, p. 7). En su investigación, la presencia de metales pesados en suelos a causa de la industria minera es una constante que afecta de forma directa e indirecta al ecosistema, principalmente al recurso suelo; ante esta problemática surge la técnica de fitorremediación como alternativa de solución, en tal sentido el objetivo de esta investigación es diseñar una propuesta ambiental de fitoextracción de metales pesados (arsénico, cadmio y plomo) a partir de la comparación de tres géneros vegetales, para la restauración de suelos contaminados por la minera Quiruvilca S.A – La libertad 2020; el diseño que se aplicó en la investigación fue no experimental longitudinal de tipo descriptiva – propositiva, el cual consistió en la búsqueda, selección y análisis de resultados de los estudios de investigación seleccionados, para luego realizar un diagnóstico en base al D.S N° 011-2017 MINAM-ECA para suelo, además se determinó que los tres géneros son eficientes para la remoción de metales pesados, sin embargo para que la técnica de fitorremediación sea más eficiente no solo depende del tipo de planta si no también influyen diversos factores tales como: clima, tipo de suelo, pH, etc. Por ello, para realizar la propuesta ambiental se optó por el género *Amaranthus*, ya que este se adapta mejor a las condiciones que presenta el lugar donde se implementara la propuesta diseñada.

## **Fitoestabilización**

El proceso de fitoestabilización reduce la movilidad del contaminante y previene la migración al agua subterránea y reduciendo la biodisponibilidad en la cadena trófica. Entre los usos de la fitoestabilización se encuentran para contaminantes de Pb, As, Cd, Cr, Cu y Zn (Cristaldi, et al., 2017, p. 309-326).

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo evaluar la diferencia usando la fitoestabilización con *Medicago sativa* y *Vigna unguiculata* en suelos contaminados por metales pesados. Es aplicada con un diseño Pre experimental, se contó con un terreno de 1 Ha, en la que se utilizó 800 M<sup>2</sup> con un diseño de 4 parcelas, cuya medida fue de 5m x 5m, sembrando dos especies determinadas, para la obtención de las muestras analizadas, se dispuso de un 1 kg de material por el método de cuarteo de cada parcela, recolectando 8 muestras de suelo (antes y después en metales pesados) y cuatro muestras vegetativas, una muestra por parcela. Los resultados de las concentraciones de los metales pesados finales por la utilización de las dos especies disminuyeron los contaminantes, regularizándose con los Eca del Suelo. La especie *Medicago sativa* presentó mayor eficiencia para absorber Pb y Ar, a diferencia de *Vigna unguiculata* tuvo mejor rendimiento para absorber Cd, Concluyendo que la aplicación de la fitoestabilización fue efectiva en los suelos del Sector Flores, siendo remediados, por lo tanto, podrían desarrollarse en las actividades agrícolas en la zona. (Ruiz y Zevallos, 2022, p. 7)

## **Fitovolatilización**

Este proceso se lleva a cabo cuando las plantas en crecimiento absorben a través de las raíces agua con contaminantes orgánicos e inorgánicos, los cuales son absorbidos, metabolizados y transportados a la parte aérea de la planta, donde se liberan durante la etapa de transpiración a la atmosfera (López y Contreras, 2017, p. 20).

### **2.2.7. Límite Máximo Permisible (LMP)**

Son definidos por la legislación ambiental peruana como “la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan a un efluente o a una emisión, que al ser excedido puede causar daños a la salud, bienestar humano y al ambiente”. La característica más importante de los LMP, es que su

cumplimiento es exigible legalmente; es decir, el titular de la actividad productiva que no cumpla con los mismos puede ser pasible de sanción (MINAM 2010, p. 2).

**Tabla 1.**

*Estándares de calidad ambiental para suelo (MINAM, 2017, 9).*

PARÁMETROS en mg/kg Peso Seco (PS)	USOS DEL SUELO			Métodos de ensayo
	SUELO AGRÍCOLA	Suelo Residencial/ Parques	Suelo Comercial/Industrial /Extractivos	
INORGÁNICOS				
Plomo	70	140	800	EPA 3050 EPA 3051

### *2.2.8. Propiedades químicas del suelo*

#### *2.2.8.1. Propiedades químicas del suelo*

##### **Intercambio de cationes**

El intercambio de cationes es determinante en la nutrición vegetal, por lo tanto, su correcta determinación reviste especial relevancia. Entre los métodos comúnmente utilizados para la medición de la capacidad de intercambio de cationes (CIC), están los que emplean el acetato de amonio o de sodio, como extractante (Henríquez, et al., 2005, p. 55-62).

##### **PH**

El pH determina el grado de absorción de iones H<sup>+</sup> por las partículas del suelo e indica si el suelo es alcalino o ácido. Esta propiedad química es el indicador principal en la disponibilidad, movilidad, solubilidad y absorción de nutrientes para las plantas (FAO, 2015, p. 1).

### *2.2.9. Análisis de suelo*

El análisis de suelo es una práctica que utiliza un análisis químico de muestras representativas de un terreno particular y datos de calibración derivados de investigaciones previas en diferentes suelos, con el fin de inferir dosis de fertilización adecuadas para un rendimiento dado. Las soluciones extractoras utilizadas en los laboratorios simulan la

absorción de nutrientes por las plantas. Así el nivel de cada elemento obtenido en el análisis de suelo, es un índice de la cantidad relativa de ese nutriente disponible en el suelo para el desarrollo de las plantas (Schweizer, 2011, p. 7).

### **2.2.10. Metales pesados**

Este término es referido a algún elemento químico metálico que sea tóxico incluso en concentraciones menores y tengan alta densidad. Son sustancias naturales del ambiente con alto peso molecular, útiles y difundidos, pero en concentraciones distintas resultan afectar la salud ambiental y del hombre. Los metales pesados son los contaminantes más comunes en el suelo, cubren un 34.8 %, según la Agencia Europea de Medio Ambiente (Ponce, 2020, p. 34).

Los metales pesados se producen de forma natural en el ambiente del suelo a partir de los procesos patogenéticos de meteorización de los materiales parentales en los niveles que se consideran traza ( $< 1000 \text{ mg kg}^{-1}$ ) y rara vez es tóxico. En la mayoría de los suelos de los entornos rurales y urbanos se pueden acumular uno o más metales pesados por encima de los valores definidos, con concentraciones suficientemente altas como para causar riesgos a la salud humana, plantas, animales, ecosistemas, u otros medios de comunicación. Los metales pesados se vuelven esencialmente contaminantes en los ambientes de suelos debido a sus tasas de generación a través de los ciclos artificiales son más rápidos en relación con los naturales, las concentraciones de los metales en los productos desechados son relativamente altos en comparación con aquellos en el medio receptor, y la forma química (especies) en la que un metal se encuentra en el sistema ambiental receptor puede hacerlo más biodisponible (Martínez y Vargas, 2017, p. 6). El término de metal pesado se 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 (Prieto, et al. 2009, p. 29-44).

#### **Cadmio**

El cadmio es un metal sin funciones biológicas esenciales y puede ser tóxico a niveles relativamente bajos. Este metal es responsable de modificar la composición de las poblaciones microbianas en el suelo y, por ello, de reducir la descomposición de la materia

orgánica. Se puede acumular en plantas y en la fauna edáfica o animales superiores a través de pastos o aguas contaminadas (Lewis, et al., 2018, p. 140).

### **Arsénico**

En la naturaleza se encuentra como mineral de cobalto, aunque regularmente está en la superficie de las rocas combinado con azufre. El principal mineral del arsénico es el Fe As S (arsenopirita) y se usa en tratamiento de maderas, productos agrícolas (pesticidas, herbicidas) anticorrosivos, vidrio, cerámica (Londoño, et al. 2016, p. 148).

### **Cromo**

El Cr (III) forma normalmente encontrada en la naturaleza, es uno de los elementos que más retiene el suelo, aunque en el Cr (VI) se mueve muy bien en suelos aireados y con un pH de moderado a alto. Se usa principalmente en la plomería y en las industrias eléctricas y electrónica (Londoño et al., 2016, p. 149).

### **Plomo**

El plomo (Pb), es un contaminante ambiental altamente tóxico, su presencia en el ambiente se debe principalmente a las actividades antropogénicas como la industria, la minería y la fundición (Hettiarchchi y Pierzynski, 2002, p. 564).

## **2.3. Definición de términos básicos**

### **Fitorremediación**

Es una de las vertientes 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 (Marrero, et al., 2012, p. 55).

### **Contaminación**

Es aquel suelo cuyas características químicas han sido alteradas negativamente por la presencia de sustancias químicas contaminantes depositados por la actividad humana, en



concentraciones tal que en función del uso actual o previsto del sitio y sus alrededores represente un riesgo a la salud humana y el ambiente (Higinio, 2017, p. 22).

### **Lixiviados**

Es un proceso donde interviene un material sólido de origen, un agente lixivante (disolvente) que normalmente está disuelto en la solución acuosa y ocasionalmente un agente externo que actúa como oxidante o reductor y participa en la disolución del metal de interés mediante un cambio en los potenciales de óxido-reducción (potencial redox) de la solución lixivante (Hernández, 2013, p. 30).

### **Biorremediación**

Es el uso de organismos vivos, principalmente microorganismos, para degradar los contaminantes ambientales en formas menos tóxicas. Utiliza bacterias y hongos o plantas naturales para degradar o desintoxicar sustancias peligrosas para la salud humana y/o el medio ambiente (Obispo y Ramos, 2019, p. 22).

### **Percolación**

Es el flujo del agua o de otro líquido a través de los poros o intersticios de una capa permeable, pudiendo o no llenar el líquido los poros de los materiales granulosos más o menos finos, que rellenan el medio filtrante (Torres, et al., 2006, p. 1-5).

### **Residuos sólidos**

Materiales generados en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control, reparación o tratamiento, cuya calidad no permite usarlos nuevamente en el proceso que los generó, que pueden ser objeto de tratamiento y/o reciclaje (Aguilera, 2016, p. 35-38).

### **ECA**

El artículo 31 de la Ley Nro. 28611 define al ECA como la medida de la concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que no representa riesgo 30 significativo para la salud ni el ambiente. Un estándar se mide sobre las matrices

ambientales de aire, agua o suelo en su condición de cuerpo receptor. Tanto los ECA como los LMP tienen la finalidad de proteger el ambiente y la salud, regulando parámetros que, debido a su toxicidad, son considerados como peligrosos. La principal diferencia entre ambos valores radica en que el primero establece un valor guía de referencia en el ambiente (como cuerpo receptor) mientras que el segundo establece un límite de emisiones, liberaciones o descargas al ambiente a partir de una fuente determinada. (Olortegui, 2022, p. 29-30).

### **In situ**

De acuerdo a lo establecido en la Ley de Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica y su reglamento, el Estado prioriza la conservación de la diversidad biológica en condiciones in situ y promueve el establecimiento e implementación de mecanismos de conservación in situ de la diversidad biológica, tales como la declaración de Áreas Naturales Protegidas y el manejo regulado de otros ecosistemas naturales, para garantizar la conservación de ecosistemas, especies y genes en su lugar de origen y promover su utilización sostenible. (MINAM, 2012, p. 60).

### **Ex situ**

Los centros de conservación ex situ tienen como objetivo el mantenimiento de muestras representativas de los componentes de diversidad biológica nacional para fines de su evaluación, investigación, reproducción, propagación y utilización. Las actividades de los centros de conservación ex situ deben adecuarse a la normativa sobre acceso a los recursos genéticos. (MINAM, 2012, p. 60).

### **Biodegradación**

Capacidad de una materia de ser asimilada por el ecosistema bajo condiciones naturales al ser descompuesta por microorganismos, en un tiempo relativamente corto. Aplica tanto a materiales orgánicos como inorgánicos. (MINAM, 2012, p. 50).

## CAPÍTULO III

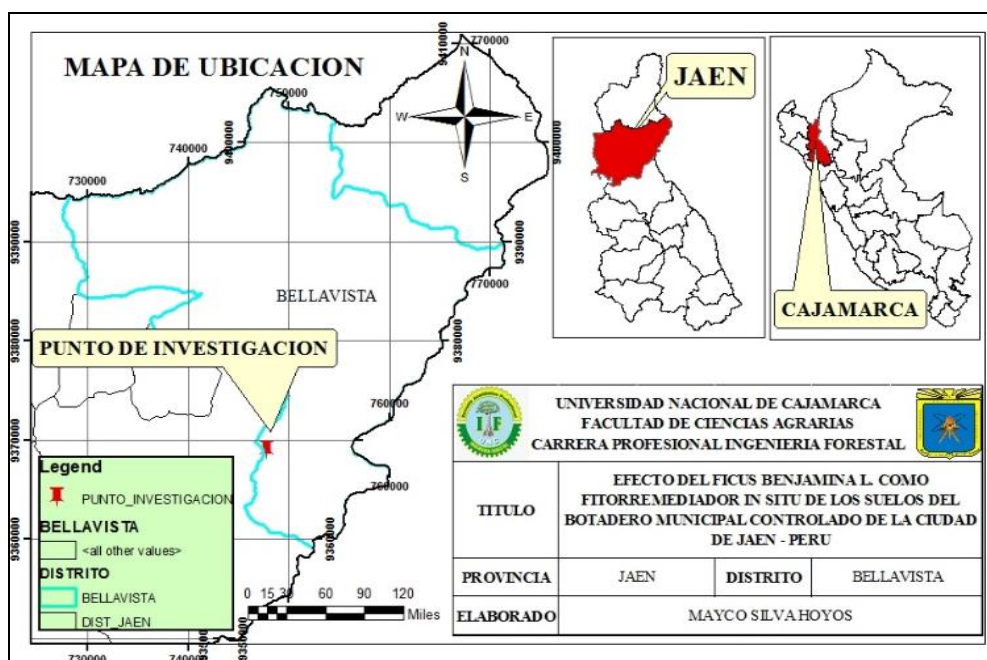
### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Localización

La investigación se desarrolló en el botadero Municipal de Jaén ubicado en el sector La Pushura al sur-este del distrito de Jaén aproximadamente a 7 km del centro de la ciudad; el botadero municipal se encuentra ubicado geográficamente entre las coordenadas: 05°42'18" latitud norte y 78°45'44." longitud oeste, a una altitud de 506 msnm, el botadero recolecta los desechos del distrito de Jaén el cual pertenece a la provincia del mismo nombre que está ubicada en el Nor Oriente del departamento de Cajamarca, los límites de esta provincia son: por el Norte con la Provincia de San Ignacio, por el Sur con las Provincia de Cutervo, del departamento de Cajamarca y la provincia de Ferreñafe y Lambayeque del departamento de Lambayeque, por el Este con la Provincia de Bagua y Utcubamba del departamento de Amazonas y por el Oeste con la Provincia de Huancabamba del departamento Piura.

**Figura 1**

*Ubicación del área de estudio*



### 3.1.1. Tipo y diseño de la investigación

#### Tipo de investigación

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo con un alcance experimental aplicable, porque todavía se va a conocer si esta especie se puede considerar fitorremediadora y porque se maneja una sola variable.

#### Diseño de investigación

El tipo de diseño es cuasiexperimental, este tipo de investigación según (Ponce & Pasco, 2015, p. 46), consiste en realizar un proceso de prueba o investigación de ensayo(s) que busca(n) la verdad, utilizando un diseño o modelo matemático, que nos permita comprobar una hipótesis.

### 3.1.2. Factores, variables, niveles y tratamientos de estudio

Variable	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escala de medición
Dependiente: Suelos contaminados de plomo del botadero municipal-Jaén	Para las mediciones se realizó un análisis de suelo en el laboratorio de UNALM antes y después de la intervención mediante la fitorremediación.	Propiedades químicas Metales pesados	pH, CE., CaCO <sub>3</sub> , P, K, CIC, cationes cambiables plomo (Pb)	Meq/100g Partes por millón (ppm)
Independiente: Fitorremediación con la especie <i>Ficus benjamina</i> L.	Proceso realizado al suelo contaminado por residuos sólidos para reducir sus contaminantes.	<i>Ficus benjamina</i> L.	Raíz: medida plomo ppm Hoja: medida plomo ppm Tallo: medida plomo ppm	dS/m porcentaje (%)

### 3.1.3. Población, muestra y unidad de análisis

#### Población

Para esta investigación la población estuvo constituida por el suelo contaminado de las 100 ha que corresponde al área total del botadero municipal controlado de Jaén.

## Muestra

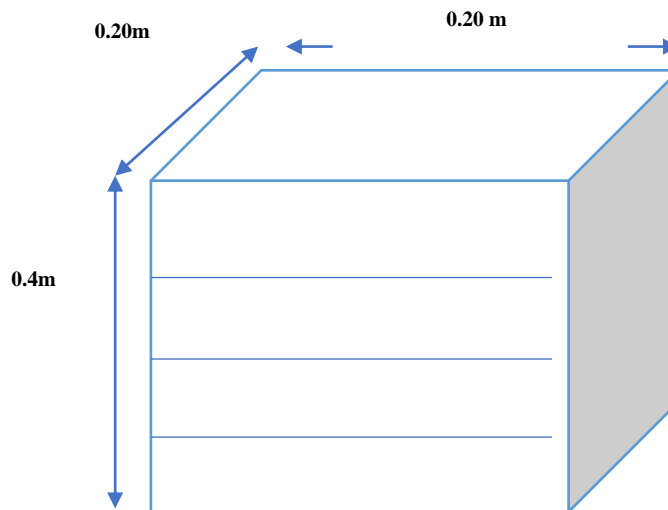
La muestra seleccionada para los análisis, fueron 4 muestras de 250 gramos de suelo del botadero municipal de Jaén recolectadas antes y después del tratamiento de fitorremediación.

## Unidad de análisis

La unidad de análisis estuvo conformada por las calicatas de donde se extrajo la muestra de suelo; estas calicatas fueron de dimensiones de 0.20 m \* 0.20 m \* 0.40 m (figura 2).

## Figura 2

*Calicata de muestreo*



### 3.1.4. Fuentes técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### Fuente de los datos:

Los datos fueron obtenidos de fuente primaria, ya que todo se obtuvo a partir del análisis realizado en laboratorio por el propio tesista.

#### Técnicas de recolección de datos:

Para el desarrollo de la presente investigación se empleó como técnicas la observación directa para la recolección de datos in situ con presencia del investigador durante las mediciones, además se usó la recopilación de información literaria.

#### **Instrumentos de recolección de datos:**

Como instrumento de recolección de datos para esta investigación se empleó una ficha de recolección de datos para campo y en laboratorio (Anexo 1).

#### ***3.1.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos***

Los datos obtenidos en la investigación fueron procesados y analizados mediante estadística básica en el software estadístico SPSS Statistics 21, en el cual se presentaron las tablas, gráficos y figuras para el respectivo análisis. Adicional a esto se empleó el análisis de varianza para verificar la variación entre el contenido de plomo en cada una de las partes de las plantas de *Ficus benjamina* L.

#### ***3.1.6. Aspectos éticos***

El desarrollo de la presente investigación obedece a ciertos aspectos éticos, dentro de ellos se asegura que los resultados obtenidos son veraces, reales y no han sido manipulados por el tesista, además la estructura obedece a la metodología de la investigación científica y el reglamento de grados y títulos de la Universidad Nacional de Cajamarca; así mismo, la extracción de las muestras de suelo se realizó siguiendo metodologías planteadas y comprobadas por otros autores con lo cual se garantiza la fiabilidad del análisis realizada. Por otra parte, se asegura que este documento es de autoría propia del tesista y que todo texto empleado que pertenece a otros autores ha sido citado y referenciado según las normas American Psychological Society (APA) 7th edition.

### **3.2. Materiales y procedimiento**

#### ***3.2.1. Materiales***

**Material biológico:** Muestras de suelo contaminado del botadero, 120 plantas de *Ficus benjamina* L.

**Material de campo:** Botas, Libreta de apuntes, lapicero, plumón indeleble, bolsas de polietileno, lápiz, tablero de madera, cinta maskintape, wincha de 50 metros.

**Herramientas:** Pala, Pico, Barreta, Machete.

**Equipos:** Cámara fotográfica, GPS.

### **3.2.2. Metodología**

#### **Selección de áreas de trabajo**

Se realizó una visita al botadero controlado Municipal de Jaén para realizar la georreferenciación de la zona de evaluación, para esto se seleccionaron 2 áreas, la primera área se encuentra cerca de las pozas de lixiviados y la segunda área donde no ha intervenido el trabajo de la municipalidad con el control de los desechos inorgánicos.

#### **Muestreo de suelo**

El muestreo de suelo se realizó antes y después de introducir la especie en estudio con el objetivo de diferenciar las variaciones de las características físico - químico de los suelos contaminados por lixiviados en el Botadero controlado Municipal de Jaén, para obtener las muestras de suelos se empleó los pasos de la Guía para muestreo de suelo (MINAM, 2013, p.14), la cual indica que el procedimiento es el siguiente:

- En la parcela de evaluación se identificó 4 puntos de muestreo (suelo contaminado por lixiviados) con un área de 24 x 9 m. Adicional a esto se identificó 1 punto en la parcela de evaluación (testigo) con un área de 12 x 6 m.

- Para la extracción de las muestras se procedió a realizar el hoyo de 20 x 20 y de 30-40 cm de profundidad de los cuales se extrajo las muestras de suelo

#### **Figura 3**

*Extracción de muestra de suelo*



De cada punto de muestreo se extrajo una cantidad de 1 kg de cada punto de muestreo.

Las muestras fueron colocadas en bolsas de polietileno con cierre hermético evitando de que no se contaminen con otras sustancias, posteriormente cada bolsa de suelo fue rotulada para su identificación.

#### **Figura 4**

*Envasado de muestras de suelo*



#### **Obtención de la especie *Ficus benjamina* L.**

Para la obtención de la especie primero se seleccionó el árbol semillero, luego se extrajeron 120 esquejes con ayuda de una tijera de podar.

#### **Elaboración de sustrato para el repique de esquejes de *Ficus benjamina* L.**



El sustrato empleando para el repique de los esquejes de *Ficus benjamina* L. estuvo compuesto de material orgánico, pajilla de arroz, musgos, tierra agrícola, una vez teniendo el sustrato listo se procedió a llenarlo en bolsas para plántones de 12 x 9 cm y 2 mm de espesor en las cuales se repicó un esqueje de la especie a germinar en cada bolsa con sustrato.

### **Instalación de la especie en áreas contaminadas**

Una vez obtenido los plántones debidamente enraizados y listos para ser trasplantados se procedió a instalarlos en campo definitivo aplicando el diseño a tres bolillos con un distanciamiento de 3 x 3 metros.

### **Riego y cuidado de la especie *Ficus benjamina* L.**

El proceso de riego de los plántones instalados se realizó de la siguiente manera: en el primer mes se regó 4 veces por semana, luego en los 3 meses restantes solamente se regó 2 veces según las condiciones climáticas del momento.

### **Figura 5**

*Regado de plantas de *Ficus benjamina* L.*



### **Monitoreo y seguimiento de la especie *Ficus benjamina* L.**

Se realizaron monitoreos cualitativos constantes durante cuatro meses, de los cuales en el primer mes se realizó 4 veces por semana, luego los 3 meses restantes se monitoreo 2 veces por semana, durante estos monitoreos se evaluó el color de las hojas, y tamaño de la planta. También se realizó 2 seguimientos y control de suelos, el primer seguimiento fue antes de introducir la especie como fitorremediadora en el área de evaluación, y el segundo a

los 4 meses de establecido los tratamientos de los cuales se basaron en los análisis físico químico y metales pesados encontrados en el suelo y planta (raíz, tallo y hojas).

### **Figura 6**

*Monitoreo de plantas instaladas en áreas del botadero*



### **Identificación de puntos para la obtención de muestras**

Completado el tiempo de la evaluación y teniendo en cuenta el tamaño de las plantas en el lugar de evaluación, se procedió a extraer las plantas para posteriormente obtener la parte foliar y parte del suelo.

### **Extracción de muestras para la caracterización de suelos y análisis especial de suelo (Plomo).**

Se extrajeron 4 muestras de 500 gramos de suelo cada una para la evaluación tanto como caracterización de suelo y análisis especial del suelo (Plomo), se envasó y etiquetó para evitar la mezcla de muestras, estas muestras fueron enviadas al laboratorio de suelo de la Universidad Nacional Agraria La Molina para que se realicen los análisis correspondientes.

### **Extracción de muestras de raíz, tallo y hojas**

Se extrajo una cantidad de 200 gramos por muestra de raíz, tallo y hojas de las plantas que conformaban la muestra de evaluación para la realización del análisis de contenido de plomo en cada uno de estos componentes de las plantas, envasando en forma independiente teniendo en cuenta la parte de la planta.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Resultados

##### *4.1.1. Datos dendrométricos de la especie*

Después de la instalación de las plantas en las áreas de investigación, se realizó la medición de la altura a cada planta.

En la tabla 1, se presenta los datos dendrométricos (medición de altura) realizados de cada mes durante la investigación; en los cuatro meses de medición no hubo cambios de altura, en el tercer mes se observó cambios en 9 plantas (amarillamiento de hojas), en el cuarto mes se observó las 9 plantas secas (sin hojas y en el proceso de pudrición del tallo)

**Tabla 2.***Datos dendrométricos de la especie en el área contaminada*

N° de planta	Medición de la altura de cada planta			
	Primer mes	Segundo mes	Tercer mes	Cuarto mes
1	80	80	80	80
2	55	55	55	55
3	57	57	57	57
4	58	58	58	58
5	30	30	30	30
6	59	59	59	59
7	68	68	68	68
8	66	66	66	66
9	80	80	80	80
10	70	70	70	70
11	60	60	60	60
12	54	54	54	54
13	74	74	74	74
14	78	78	78	78
15	65	65	65	65
16	36	36	36	36
17	55	55	55	55
18	30	30	30	30
19	60	60	60	60
20	58	58	58	58
21	58	58	58	58
22	70	70	70	70
23	70	70	70	70
24	80	80	80	80
25	50	50	50	50
26	70	70	70	70
27	60	60	60	60
28	60	60	60	60
29	46	46	46	46
30	68	68	68	68
31	78	78	78	78
32	70	70	70	70
33	45	45	45	45
34	55	55	55	55

**Tabla 3.**

*Datos dendrométricos de la especie en el área de testigo*

N° de planta	Medición de la altura de cada planta			
	Primer mes	Segundo mes	Tercer mes	Cuarto mes
1	60	60	60	60
2	70	70	70	70
3	66	66	66	66
4	65	65	65	65
5	67	67	67	67
6	62	62	62	62
7	63	63	63	63
8	70	70	70	70
9	77	77	77	77
10	66	66	66	66
11	64	64	64	64
12	62	62	62	62
13	76	76	76	76
14	68	68	68	68
15	65	65	65	65
16	66	66	66	66

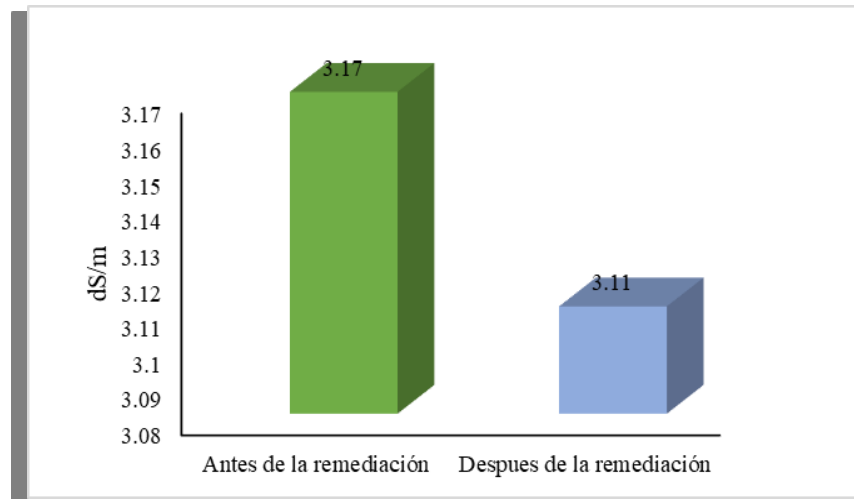
En la tabla 2, se presenta los datos dendrométricos (medición de altura) realizados de cada mes durante la investigación; en los cuatro meses de medición no hubo variaciones de altura, en el tercer mes se observó cambios en 3 plantas (amarillamiento de hojas), en el cuarto mes se observó las 3 plantas secas (sin hojas).

#### ***4.1.2. Caracterización del suelo antes y después de la instalación de la especie fitorremediadora***

Antes de la instalación de la especie fitorremediadora se realizó muestreo del suelo en donde se evaluaron sus características químicas, los resultados se muestran a continuación.

#### **Figura 7**

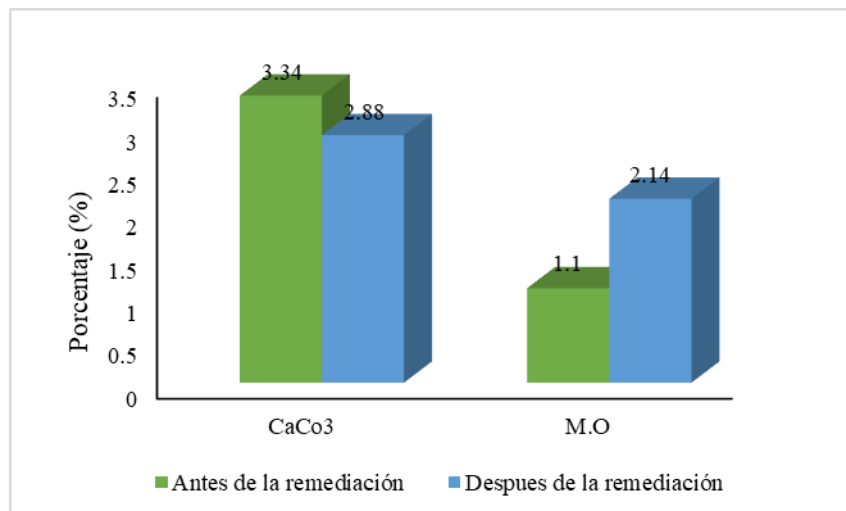
*Conductividad eléctrica del suelo antes y después de la remediación*



En la figura 7 se presenta el resultado del análisis de conductividad eléctrica del suelo, donde se puede apreciar que después de la remediación con *Ficus benjamina* L. la conductividad eléctrica del suelo disminuyó pasó de 3.17 dS/m a 3.11 dS/m.

### Figura 8

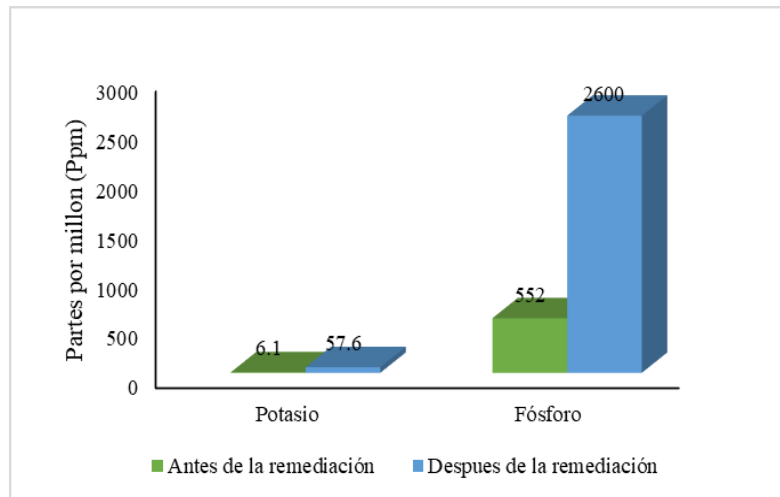
*Cantidad de carbonato cálcico y Materia orgánica en el suelo*



En la figura 8 se presenta el análisis de cantidad de carbonato cálcico (CaCo3) y materia orgánica (M.O) en el suelo evaluado expresado en porcentaje antes y después de la remediación, es así que se puede apreciar que después de la remediación el contenido de CaCo3 disminuyó de 3.34 % a 2.88 % y el contenido de M.O aumentó de 1.1 % a 2.14 %.

**Figura 9**

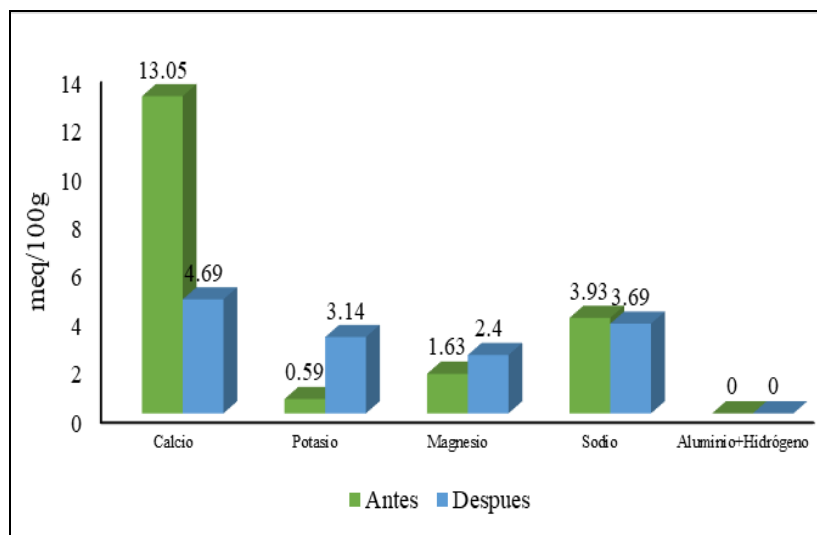
*Contenido de Potasio y Fósforo en el suelo antes y después de la remediación*



En la figura 9 se presenta el resultado del análisis de porcentaje de Potasio (K) y Fósforo (P) que contiene el suelo del botadero antes y después de ser remediado, es así que se puede apreciar que el Potasio aumentó de 6.1 ppm a 57.6 ppm y el Fósforo aumentó de 552 ppm a 2600 ppm.

**Figura 10**

*Cationes cambiables del suelo antes y después de la remediación*



En la figura 10 se presenta el resultado del análisis de cationes cambiables del suelo como el Calcio, Magnesio, Potasio, Sodio y Aluminio + Hidrógeno antes y después del

suelo, donde se puede apreciar que el Calcio disminuyó de 13.05 a 4.69 meq/100 g, Potasio disminuyó de 0.59 a 3.14 meq/100 g, el Magnesio aumentó de 1.63 a 2.4 meq/100 g, el Sodio disminuyó de 3.93 a 3.69 meq/100 g y el aluminio se mantuvo constante en ambas pruebas.

#### **4.1.3. Contenido de plomo en el suelo antes y después de la remediación con *Ficus benjamina* L.**

En la tabla 1 se observa el análisis de plomo (Pb) del suelo del botadero municipal de Jaén antes de instalar la especie fitorremediadora *Ficus benjamina* L.

**Tabla 4**

*Análisis de contenido de plomo (Pb) en el suelo antes y después de la remediación*

N° de muestra	Antes de la remediación		Después de la remediación	
	Plomo (Pb)/muestra	Plomo (Pb) promedio	Plomo (Pb)/muestra	Plomo (Pb) promedio
Muestra 1	20.53		13.31	
Muestra 2	17.45		13.08	
Muestra 3	16.06	18.21	13.24	14.35
Muestra 4	18.79		17.79	
Testigo		14.3		13.8

En la tabla 3, se puede apreciar que el contenido de plomo después de ser remediado disminuyó considerablemente, pues en promedio el contenido de plomo en el suelo antes de ser remediado fue de 18.21 ppm y luego de ser remediado el resultado fue de 14.35 ppm, lo cual indica una disminución de 3.86 ppm.

#### **4.1.4. Contenido de plomo en las plantas de *Ficus benjamina* L.**

Luego de haber remediado el suelo con las plantas de *Ficus benjamina* L., se procedió a realizar el análisis para constatar que parte fisiológica de las plantas había concentrado mayor cantidad de plomo (Pb) del suelo, los resultados se presentan a continuación en la tabla 2.



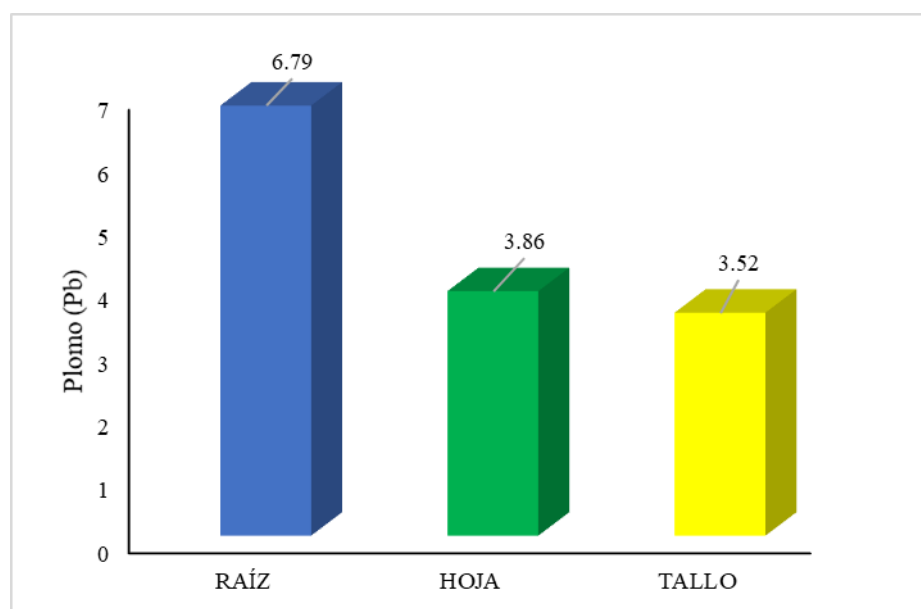
**Tabla 5**

*Concentración de plomo en las partes fisiológicas de las plantas*

Muestra	Cantidad de plomo (Pb)		
	RAÍZ	HOJA	TALLO
M1	6.8	4.5	3.85
M2	6.5	3.4	3.6
M3	9.58	3.1	3.23
M4	4.28	4.45	3.38
Promedio	6.79	3.86	3.52
M5 (testigo)	6.05	4.78	2.8

**Figura 11**

*Concentración de plomo en partes de las plantas de Ficus benjamina L.*



En la tabla 4 y figura 11 se presenta el resultado de la concentración de plomo en las partes fisiológicas de las plantas analizadas, es así que se puede observar que en la raíz el contenido de plomo promedio es de 6.79 ppm siendo la parte analizada que concentró la mayor cantidad de plomo, seguido del tallo que concentró 3.86 ppm y finalmente el tallo que concentró 3.52 ppm de plomo.

#### 4.1.5. Análisis de varianza

**Tabla 6.**

*Análisis de varianza de contenido de plomo en el suelo*

F.V	SC	G.L	CM	F	p-valor	Vc-F
Entre grupos	25.38	1	25.38	5.21	0.0519	5.318
Dentro de los grupos	38.98	8	4.87			
Total	64.36	9				

En la tabla 5 se realizó el análisis estadístico de los datos obtenidos antes y después de la aplicación de la fitorremediación, los resultados indican que el Valor crítico de  $F = 5.318$  es mayor al  $p\text{-valor} = 0.0519$ , lo cual indica que existe diferencia significativa entre los dos grupos de muestra, con lo cual se acepta la hipótesis de la investigación que indica que la especie *Ficus benjamina* L. sí actúa como fitorremediador para contenido de plomo en el suelo del botadero de la municipalidad de Jaén.

## 4.2. *Discusión*

En esta investigación se evaluó el efecto fitorremediador de la especie *Ficus benjamina* L., en suelos del botadero de la Municipalidad de Jaén, en los resultados obtenidos se puede apreciar que el suelo del botadero de Jaén; presentó valores promedio de 14.35 ppm estos resultados coinciden y son similares a los obtenidos por (Huamán y Lozano, 2022, p. 36) quienes en su estudio indicaron que el suelo del botadero analizado obtuvo valores de 14.75 ppm, estos resultados con valores bastante bajos de contenido de plomo en el suelo se encuentra por debajo de los 70 mg/kg peso seco según (MINAM, 2017, p.8) a través del Estándar de Calidad Ambiental ([ECA] para suelos de Perú (DS 011 – 2017-Ministerio del Ambiente [MINAM]), resultados similares obtuvieron (Ferradas y Guerra, 2018, p. 46) y (Adamcová, et al., 2016, p. 245) quienes a pesar de haber encontrado plomo en los suelos de botadero los valores se encontraban menores a los permisibles por ende no significan una problemática ambiental a corto plazo. Por otra parte, se puede indicar que estos valores bajos de plomo en los suelos se puede deber a factores distintos como el tipo de residuos que al ser provenientes de desechos de viviendas se tiene gran cantidad de residuos orgánicos y que tienen poco contenido de metales pesados como el plomo (Pb), esto es reforzado por (Arellano y Vargas, 2022, p. 41) quien menciona que los valores bajos de metales pesados como plomo en suelos de botaderos se debe a que los residuos son mayormente orgánicos; por su parte, (Aranda, et al., 2018, p. 75) menciona que la concentración de metales pesados como plomo, cadmio, arsénico entre otros aumenta cuando en los botaderos se tiene residuos peligrosos como baterías, barnices, curtiembres, etc. y también aumentan cuando los residuos son incinerados.

Luego de haber aplicado las plantas de *Ficus benjamina* L. como efecto fitorremediador se pudo constatar que los valores de plomo en el suelo del botadero disminuyeron a 14.35 ppm lo cual indica que en la especie seleccionada para que realizar la investigación si funciona como fitorremediador los valores de plomo absorbidos por la especie se registraron contenidos de plomo en las raíces, hojas y tallo de las plantas de *Ficus benjamina* L., y fueron las raíces donde se encontró la mayor cantidad de plomo fijado con 6.79 ppm y en menor cantidad el tallo y las hojas, esto se debe a que el plomo es un metal muy difícil de transportar, esto es corroborado por

(Naranjo-Sánchez y Troncoso-Olivo, 2008, p. 123) quien menciona que el plomo en plantas se puede encontrar en mayor cantidad y facilidad en raíces de plantas pues es un metal que se ve afectado por distintos procesos que conllevan a la formación de complejos metálicos orgánicos relativamente estables con lo cual las concentraciones de plomo depositadas en los sedimentos no están en formas solubles o biodisponibles para ser absorbidas por las plantas por lo tanto no hay traslocación de éstas hacia las partes aéreas, lo mismo concluye (Chávez, 2014, p. 65) quien a partir de sus resultados menciona que cuando se hace fitorremediación de metales pesados como el plomo en suelo es el sistema radicular en donde se encuentra la mayor cantidad de metales; sin embargo, es posible que con el pasar del tiempo las plantas capturen mayores cantidades de plomo, pues como menciona (Ortiz-Cano et al., 2009, p. 162) que algunas plantas fitoextractoras a medida que aumenta su edad y se desarrollan logran captar mayor cantidad de metales como el plomo.

A partir de la caracterización de suelos se pudo evidenciar que de manera general el suelo del botadero de la municipalidad de Jaén obtuvo pH alcalino pues los valores antes y después del estudio estuvieron en 8.39 y 8.30 respectivamente, esto se debe a que en estos suelos existe presencia de otros compuestos como sodio, magnesio y calcio, estos resultados son similares a los hallados por (Arellano y Vargas, 2022, p. 40) quien menciona que cuando existe grandes cantidades de compuestos como sodio, magnesio y calcio los valores de pH en el suelo son alcalinos y con frecuencia pueden encontrarse valores de pH entre 8 y 9.

La cantidad de calcio concentrado en el análisis de suelo de cada muestra se distribuye entre 13.05 meq/100g – 4.69 meq/100g la cual se determina que hay una disminución de calcio, que no supera los límites permitidos por (Andrade y Martínez, 2014, p. 18-23), teniendo la acumulación de < 6 %.

El magnesio encontrado en las muestras de suelos se distribuye entre 1.63 meq/100g – 2.4 meq/100g, demostrando que hay un aumento de magnesio. La (FAO, 2013), (Andrades y Martínez, 2014, p. 18-23) establece que cuando se concentra Mg < 0.4 % en nivel de disponibilidad es bajo, cuando está en el rango de > 0.4 a 0.8 % el

nivel es medio y cuando la concentración es  $> 0.8 \%$  hay una alta disposición de magnesio.

El potasio encontrado en las muestras de suelos se distribuye entre 0.59 meq/100g – 3.14 meq/100g, demostrando que hay un aumento de potasio. De acuerdo con (Andrades y Martínez, 2014, p. 18-23) establece que cuando se concentra  $k < 0.4 \%$  en nivel de disponibilidad es bajo, cuando está en el rango de  $> 0.4$  a  $0.8 \%$  el nivel es medio y cuando la concentración es  $> 0.8 \%$  hay una alta disposición de potasio.

La concentración de sodio encontrado en las muestras de los suelos se distribuye entre 3.93 meq/100g – 3.69 meq/100g, los datos demuestran que hay una disminución de sodio. Según (Gómez, et al., 2015, p. 48) establece que cuando los valores del sodio  $< 1.5 \%$  el nivel de disponibilidad es bajo para la agricultura, cuando está en el rango de  $1.5 - 3.0 \%$  el nivel es medio y cuando la concentración es  $> 3.0 \%$  hay una alta disponibilidad para utilizarlo en la agricultura.

Aplicado la especie *ficus benjamina* L. como fitorremediador, se observó en el área contaminada algunas especies de *ficus benjamina* L. cambios en las hojas como marchitez, clorosis, enrollamientos, quemaduras, especies muertas al igual que en los reportes de (Peláez, et al., 2014, p. 3-13) e (Isaza 2013, p. 161-167). El daño extremo del Pb es causa de muerte de las plantas por pérdida de la capacidad fotosintética y sistema de transporte de los nutrientes (Chico, et al., 2020, p. 27-40).

La cantidad promedio de la concentración de plomo en las partes de la especie *ficus benjamina* L. dentro del área contaminada se obtuvo en la raíz con 6.79 ppm y en las hojas con 3.86 ppm, de tal manera en el área de testigo se obtuvo en la raíz 6.05 ppm y en las hojas 4.78 ppm, según (Manzoor, et al., 2019, p. 561-569) los microorganismos favorecen la fitorremediación del suelo contaminado, de manera directa al reducir el efecto toxico e incrementar el metal absorbido en las raíces y el follaje, de manera indirecta a través de la promoción de crecimiento en las plantas (Gavrilescu, 2022, p. 21-31).

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

La concentración de plomo que se encuentra en el suelo del botadero controlado Municipal de la ciudad de Jaén – Perú, asciende a 18.21 ppm por cada 200 g de suelo, el cual se encuentra dentro de lo permitido por el Estándar de Calidad Ambiental ([ECA] para suelos de Perú (DS 011 – 2017- Ministerio del Ambiente [MINAM])).

Mediante la fitorremediación con *Ficus benjamina* L., el contenido de plomo en el suelo del botadero municipal de la provincia de Jaén, se logra disminuir a 14.35 ppm por cada 200 g de suelo; este valor se encuentra próximo a lo permitido por el Estándar de Calidad Ambiental ([ECA] para suelos de Perú (DS 011 – 2017- Ministerio del Ambiente [MINAM])) con lo cual se puede determinar que la especie en estudio presenta un óptimo efecto remediador.

La parte de la planta de *Ficus benjamina* L. que captura mayor cantidad de plomo (Pb) es el sistema radicular con 6.79 ppm.

## 5.2. *Recomendaciones*

Realizar otros estudios evaluando la capacidad de la especie *Ficus benjamina* L. para absorber otros tipos de metales contaminantes como níquel, selenio, cobre, zinc ya que estos suelos, a causa de las aguas lixiviadas, pueden tener más de uno de estos contaminantes.

Se recomienda trabajar con la especie *Ficus benjamina* L. ex situ con tratamientos (diferentes concentraciones de suelo contaminado por los lixiviados en el botadero controlado Municipal de Jaén y tierra agrícola) ya que en la investigación realizada in situ se obtuvo un resultado mínimo de descontaminación de metal pesado plomo (pb).

El uso de la especie *Ficus benjamina* L. como fitorremediador in situ en suelos de botadero resulta ser beneficioso; sin embargo, se necesita que la densidad de la especie sea alta aproximadamente 1300 plantas/Ha para poder realizar una remediación óptima y con significancia.

La Municipalidad Provincial de Jaén debe tener un mejor control de los lixiviados, para minimizar la concentración de los metales que son tan dañinos al ambiente y a la salud humana, en coordinación con las entidades públicas y privadas.

Ampliar la investigación en relación al uso de otras especies forestales para la fitorremediación como una tecnología de bajo costo y mayor contribución ambiental.

## CAPITULO VI.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adamcová, D., Vaverková, MD, Bartoň, S., Havlíček, Z. y Břoušková, E. (2016). Contaminación del suelo en los vertederos: un estudio de caso de un vertedero en la República Checa. *Tierra sólida*, 7 (1), 239-247.
- Agudelo, B., Lina, M., Macías, M., Karina, I., Suárez, M., (2005). Fitorremediación: la alternativa para absorber metales pesados de los biosólidos. *Revista Lasallista de Investigación*, vol. 2, núm. 1, pp. 57-60. Corporación Universitaria Lasallista Antioquia, Colombia.
- Aguilera, D. (2016). Gestión de Residuos Sólidos domiciliarios en el distrito de Madre de Dios Boca Colorado, Provincia de Manu, de la Región de Madre de Dios. Tesis para optar título de Ingeniero Ambiental, Universidad Tecnológica de los Andes. Apurímac, Perú. Pág. 47.
- Alvarado, M. P. (2007). Análisis de Cd, Cr, Hg, Ni, Pb y Zn en el antiguo botadero de “El Valle” - Universidad del Azuay - Facultad de Ciencia y Tecnología. Cuenca – Ecuador.
- Andrades, M. S., & Martínez, E. (2014). Fertilidad del suelo y parámetros que lo definen (Tercera ed.). La Rioja: Universidad de La Rioja.
- Anton, D. (2004). Universidad Nacional Agraria La Molina. In H. d. Forestales, Relictos de Bosques de Excepcional Diversidad en los Andes Centrales del Perú (Primera ed., p. 313). Lima, Lima, Perú: ESERGRA.
- Arada Pérez, M. D. L. Á., Garrido Larramendi, D., & Acebal Ibarra, A. T. (2018). Evaluación de metales pesados e impacto ambiental en los pozos " Rive Fuente" y " Bárbara" del poblado El Cobre. *Revista Cubana de Química*, 30(1), 68-76.
- Arellano, M., J. M., & Vargas, J. K. (2022). Determinación de residuos sólidos peligrosos y la calidad del suelo en el botadero del Distrito de Los Órganos-Talara, Piura. Tesis de grado, Universidad César Vallejo, Lima – Perú.



- Castillo, E. (2015). Clasificación de los suelos de la comunidad de Rio Blanco sud Yungas de la Paz, bajo sistemas de FAO/UNESCO. Tesis de grado. La Paz – Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés.
- Champi, V. y Villalba, M. (2014). Evaluación de la contaminación por disposición final de Residuos Sólidos en los centros poblados de Pisac, Coya, Lama y Calca- Región Cusco. Tesis de Pregrado. Universidad Nacional De San Antonio Abad Del Cusco. Cusco – Perú. 2014. 181 pp.
- Chávez, L. (2014). Fitorremediación con especies nativas en suelos contaminados por plomo. *Universidad Nacional Agraria la Molina*.
- Chávez, R. L. (2014). Fitorremediación con especies nativas en suelos contaminados por plomo. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú.
- Chico, J., Cerna, L., Gonzales, L., y Rodríguez, M. (2020). Estrés inducido por plomo en el crecimiento de *Phaseolus vulgaris* L. variedades canario y panamito. *Campus*. 27-40 p.
- Condo, L. y Pazmiño, J. (2015). Diseño experimental en el desarrollo del conocimiento científico de las ciencias agropecuarias. Tomo 1. Riobamba: Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. Ecuador. Pág. 25.
- Condo, L., & Pazmiño, J. (2015). Diseño experimental en el desarrollo del conocimiento científico de las ciencias agropecuarias. *Tomo V. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo-ESPOCH. Instituto de Investigaciones, Riobamba*.
- Condo, L., & Pazmiño, J. (2015). Diseño experimental en el desarrollo del conocimiento científico de las ciencias agropecuarias. *Tomo V. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo-ESPOCH. Instituto de Investigaciones, Riobamba*.
- Cristaldi, A., Conti, G. O., Jho, E. H., Zuccarello, P., Grasso, A., Copat, C., & Ferrante, M. (2017). Phytoremediation of contaminated soils by heavy metals and PAHs. A brief review. *Environmental Technology and Innovation*, 8, 309–326.

- Díaz, B. (2018). Evaluación de la contaminación del suelo por lixiviados del botadero municipal del distrito de San Pablo – 2018. Tesis para de pregrado. Tarapoto – Perú. Universidad Cesar Vallejo.
- Diaz, M. (2017). Capacidad de acumulación de la ortiga (*Urtica urens*) para la fitorremediación de suelos contaminados con plomo en la Oroya – Junín. Tesis para optar el título profesional de ingeniería ambiental. Universidad César Vallejo. Lima – Perú.
- Diez Lázaro, J. (2008). Fitocorrección de suelos contaminados con metales pesados: Evaluación de plantas tolerantes y optimización del proceso mediante prácticas agronómicas. Tesis doctoral, Universidad De Santiago de Compostela Departamento De Edafología y Química Agrícola.
- ESA. (2014). Problemática de Residuos Sólidos en Huánuco. Recuperado de <http://www.diresahuanuco.gob.pe/SAMBIENTAL/2014/RESIDUOS.pdf>
- Esteban, G. y Quispe, A. (2009). Estudio de la velocidad de sedimentación de los suelos de cultivo de maíz en las parcelas de la estación el Mantaro-UNCP para determinar los cationes intercambiables: calcio, magnesio, potasio y sodio. Tesis para optar título profesional ingeniería química. Universidad Nacional Centro del Perú. Huancayo – Perú. Pág. 46.
- Falcón, M. C. (2016). Afectación del suelo como consecuencia de la disposición de residuos sólidos municipales en el botadero Roma- Casa Grande. Tesis, Universidad César Vallejos, Trujillo.
- FAO. (2009). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Guía para la descripción de suelos. Cuarta edición.
- FAO. (2015). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Propiedades del suelo.
- Fernández, A. (2006). Contaminación por lixiviados. Disponible en: [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).

- Ferradas, H. L. A., & Guerra, G. Y. J. (2019). Disposición final de residuos sólidos municipales y la calidad del suelo del botadero San Idelfonso-Laredo. Tesis de pregrado. Universidad Privada del Norte, Lima-Perú
- Gallart, F. (2017). La conductividad eléctrica del suelo como indicador de la capacidad de uso de los suelos de la zona norte del Parque Natural de la Albufera de Valencia. Tesis de pregrado. Universidad politécnica de valencia, Valencia-España.
- Gavrilescu, M. (2022). Enhancing phytoremediation of soils polluted with heavy metals. *Current Opinion in Biotechnology*. 21-31 p.
- Gómez, J. J. C., Muñoz, R. B., & Rodríguez, M. D. L. H. (2015). Calidad del agua para riego en la agricultura protegida en Tlaxcala. *Ingeniería*, 19(1), 39-50.
- Henríquez, M., Pérez, J., Gascó, J. M., & Rodríguez, O. (2005). Determinación de la capacidad de intercambio catiónico en arena y caolín usando acetato de amonio, acetato de sodio y cloruro de amonio. *Bioagro*, 17(1), 59-62.
- Hernández, A. P. C. (2013). Estudio del equilibrio solido-liquido de sistemas acuosos de minerales de cobre con agua de mar, aplicado a procesos de lixiviación. Tesis doctoral. Antofagasta, Chile, Universidad Antofagasta. Pág. 30.
- Hettiarachchi, G. M., & Pierzynski, G. M. (2002). In situ stabilization of soil lead using phosphorus and manganese oxide: influence of plant growth. *Journal of Environmental Quality*, 31(2), 564-572.
- Hettiarachchi, G. y Pierzynski, G. (2002). In situ stabilization of soil lead using phosphorus and manganese oxide: Influence of plant growth. *Journal Environmental Quality*, 31:564- 573.
- Higinio, L. M. P. (2017). Identificación y evaluación de la calidad del suelo para determinar la presencia de metales pesados en las áreas intermedias el Proyecto Minero Regina.
- Huamán, B. Y., & Lozano, C. C. M. (2022). Bioacumulación de plomo y su efecto en plantas cultivadas de *Zea mays* del botadero municipal de Cuñumbuqui, Lamas-Perú 2022. Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo, Lima-Perú.

- Ibáñez, S., Gisbert, J. y Moreno, H. (2010). Textura de un suelo. Universidad Politécnica de Valencia. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/7775/Textura.pdf>.
- Inga, K. (2016). Interpretación de los resultados de análisis de los sedimentos en la zona del Valle del Chira. Tesis para optar título de Ingeniería Civil. Piura, Perú. Universidad de Piura. Pág. 39.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2006). Métodos analíticos del laboratorio de suelos. Bogotá, Colombia: IGAC.
- Isaza, G. (2013). Efecto del plomo sobre la imbibición, germinación y crecimiento de *Phaseolus vulgaris* L. y *Zea mays* L. *Biología Vegetal*. 161-167 p.
- Lamz, A. y González, M. (2013). La salinidad como problema en la agricultura: la mejora vegetal una solución inmediata. *Cultivos Tropicales*, vol. 34, no. 4, p. 31-42.
- Lewis, C., Lennon, A.M., Eudoxie, G., Umaharan, P., Genetic Variation in Bioaccumulation and Partitioning of Cadmium in *Theobroma cacao* L., *Science of The Total Environment*, 640-641, 696-703 (2018).
- Londoño, L., Londoño, P. y Muñoz, F. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. Vol. 14. Pág. 145 – 153.
- López J. y Contreras, E. (2017). Estudio de factibilidad del uso de la fitorremediación como alternativa para la remoción de metales pesados en el suelo usado como botadero a cielo abierto en Utopía-Yopal. Grado para optar el título de Ingeniería Ambiental y Sanitaria. Universidad de la Salle. Bogotá, Colombia.
- Macedo, J. (2015). Inventario de la entomofauna asociada a *Ficus benjamina* L. y *Ficus microcarpa* L.f. en la provincia de Lima. Tesis de pregrado. Universidad Nacional Del Centro Del Perú, Huancayo-Perú.
- Marrero C., Amores J. y Coto, O. (2012). Fitorremediación, una tecnología que involucra a plantas y microorganismos en el saneamiento ambiental. ICIDCA (Instituto Cubano

- de Investigaciones de los Derivados de Caña de Azúcar). Ciudad la Habana, Cuba. Vol. 46, núm. 3. Pág. 52-61.
- Martínez, C. L. A., & Vargas, P. Y. A. (2017). Evaluación de la contaminación en el suelo por plomo y cromo y planteamiento de alternativa de remediación en la represa del Muña, municipio de Sibaté-Cundinamarca.
- McLaughlin, M. (2005). Remoción de metales pesados en lixiviados mediante fitorremediación. Tesis de pregrado, San José – Costa Rica.
- Manzoor, M., Gul, I., Ahmed, I., Zeeshan, M., Hashmi, I., Zafar, B., Kallerhoff, J., y Arshad, M. (2019). Metal tolerant bacteria enhanced phytoextraction of lead by two accumulator ornamental species.
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2012). Glosario de términos para la gestión ambiental peruana. Lima – Perú.
- Ministerio del Ambiente del Perú. (2014). Sexto Informe Nacional de Residuos Sólidos de la Gestión del Ámbito Municipal y No Municipal 2013. Lima, Perú.
- Ministerio del Ambiente y del Desarrollo Sostenible. (2013). MINAM: gestión de sitios contaminados (en línea, sitio web). Publicado 25 marzo 2013. <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/gestion-desitioscontaminados/>
- Ministerio del Medio Ambiente de Colombia. (2002). Guía Ambiental para el Saneamiento y Cierre de Botaderos a Cielo Abierto. Programa Fortalecimiento Institucional para la Gestión Ambiental Urbana – FIGAU. Colombia.
- Naranjo-Sánchez, Y. A., & Troncoso-Olivo, W. (2008). Contenidos de Cadmio, Cobre, Zinc y Plomo en órganos de *Rhizophora mangle* de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR*, 37(2), 107-129.
- Naranjo-Sánchez, Y. A., & Troncoso-Olivo, W. (2008). Contenidos de Cadmio, Cobre, Zinc y Plomo en órganos de *Rhizophora mangle* de la Ciénaga Grande de Santa Marta,

- Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR*, 37(2), 107-129.
- Obeso, O. A. D. R., Castillo Herrera, A. A., Gurreonero Fernández, J. C., & Vejarano Mantilla, R. D. (2017). Fitorremediación de suelos contaminados con metales pesados mediante cultivo de geranio (*Pelargonium zonale*).
- Obispo, S. P. Y. y Ramos, J. C. J. (2019). Biorremediación mediante el uso de *Aucalaria* sp. en suelo agrícola contaminado por petróleo analizando la fracción 2 y 3 de hidrocarburo desarrollado en la Universidad Nacional del Callao. Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Callao. Callao, Perú.
- Olortegui, D. (2022). Evaluación de riesgos a la salud por exposición a suelo agrícola con metales pesados (arsenico, cadmio y plomo) en Carapongo, Lurigancho – Chosica. Universidad Ricardo Palma. Tesis posgrado de maestra ecológica y gestión ambiental. Lima – Perú. Pág. 29-30.
- Ortiz-Cano, H. G., Trejo-Calzada, R., Valdez-Cepeda, R. D., Arreola-Avila, J. G., Flores-Hernandez, A., & Lopez-Ariza, B. (2009). Phytoextraction of lead and cadmium in contaminated soils using pigweed (*Amaranthus hybridus* L.) and mycorrhiza. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 15(2), 161-168.
- Paolini, A. Y. (2007). Validación de la metodología EVIAVE en vertederos de Venezuela. Análisis y propuestas de soluciones. Tesis doctoral. Granada, España. Universidad de Granada. 830 p.
- Peláez, M., Casierra, F., y Torres, G. (2014). Toxicidad por Cd y Pb en la hierba curtidor *Brachiaria arrecta*. *Revista de Ciencias Agrícolas*. 3-13 p.
- Peralta-Pérez, M. & Volke-Sepúlveda, T. (2012). La defensa antioxidante en las plantas: una herramienta clave para la fitorremediación. *Revista Mexicana de ingeniería química*. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. Distrito federal – México. P. 75-88.

- Ponce Cruz, S. (2020). Inmovilización de plomo en suelos mediante biocarbón por pirólisis de residuos orgánicos en zona agrícola del valle de Carapongo.
- Ponce, M. & Pasco, M. (2015). Guía de investigación en gestión. Vicerrectorado de Investigación – Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Prieto, J., González, C., Román, A. y Prieto, F. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Revista Tropical and Subtropical Agroecosystems*. Universidad Autónoma de Yucatán – México. Pág. 29 – 44.
- Queupuan, M. (2017). Evaluación de fitorremediación de suelos contaminados con plomo mediante el cultivo de *Atriplex halimus* L. Tesis de pregrado. Universidad de Chile. Santiago – Chile.
- Ríos, R., & Lara, G. O. J. (2014). Estado de conservación de los recursos naturales y la biodiversidad de los estados de Puebla y Tlaxcala. Macip Ríos, R. y Espinosa Santiago, O. *Problemas ambientales asociados al desarrollo*. 71-102 p. México.
- Rosario, O. (2017). Evaluación de la concentración de metales pesados como As, Cu, Cd, Hg y Pb en el botadero de Cancharani de la ciudad de Puno. Tesis de pregrado. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Puno - Perú.
- Ruiz, J. y Zevallos, K. (2022). Aplicación de la fitoestabilización usando fabácea *Medicago sativa* y fabácea *Vigna unguiculata* en suelos contaminados por metales pesados en sector Flores. Universidad César Vallejo. Tesis para optar el título profesional de ingeniería ambiental. Lima – Perú.
- Schweizer, S. (2011). Muestreo y análisis de suelos para diagnósticos de fertilidad. San José, Costa Rica. Pág. 7.
- Sellers, K. 1999. *Fundamentals of hazardous waste site remediation*. Lewis Publishers, 326 pp.

- Torres, C., Vega, D. y Garibaldi, O. (2006). Procedimiento para la prueba de percolación. Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotecnias. Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá. Rev. 01.
- Ullca, J. (2006). Los rellenos sanitarios la GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida, núm. 4, pp. 2-17. Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca, Ecuador.
- Vistoso, E. y Martínez, J. (2020). Potasio disponible y fertilización en suelos de la Región de los Ríos. Instituto de investigaciones agropecuarias.



## ANEXO

### Anexo 1. Matriz de consistencia

Problema de investigación	Objetivos	VARIABLES	Indicador	HIPOTESIS	TIPO Y DISEÑO
¿Cuál es el contenido de plomo en la especie <i>Ficus benjamina</i> L. luego de haber remediado los suelos del botadero municipal de la ciudad de Jaén?	<b>Objetivo general:</b>	Muestras de suelo del botadero municipal de Jaén  <i>Ficus benjamina</i> L.	pH (1:1) CE (dS/m) CaCO3 P K Ppm CIC Cationes cambiables Raíz (ppm) Hojas (ppm) Tallos (ppm)	La especie <i>Ficus benjamina</i> L. sí actúa como fitorremediador de los suelos del botadero municipal de la ciudad de Jaén.	<b>Tipo:</b> Aplicada  <b>Diseño:</b> Experimental.  <b>Muestra:</b> Muestra de suelo contaminado del botadero de la ciudad de Jaén.  <b>Población:</b> Suelo contaminado del botadero de la ciudad de Jaén
	Evaluar el efecto <i>Ficus benjamina</i> L. como fitorremediador in situ en los suelos del botadero municipal controlado de la ciudad de Jaén- Perú				
	<b>Objetivos específicos</b>				
	Determinar la concentración de plomo que se encuentra en el suelo del botadero controlado Municipal de la ciudad de Jaén- Perú.				
	Determinar en qué órgano de la especie <i>Ficus Benjamina</i> L. se encuentra la mayor cantidad de plomo proveniente de los suelos del botadero controlado municipal de la ciudad de Jaén- Perú				

**Anexo 2.** Ficha de recolección de información de campo

**Ficha de recolección de información - Campo**

**Tesis: EFECTO DE *FICUS BENJAMINA* L. COMO FITORREMIADOR IN SITU EN LOS SUELOS DEL BOTADERO MUNICIPAL CONTROLADO DE LA CIUDAD DE JAÉN- PERÚ.**

**Tesista: Bach. MAYCO SILVA HOYOS Fecha: 03/11/2021**

Punto de muestreo	N° de muestra	Altura	Coordenadas UTM	
			Este	Norte
Área Contaminada	1	502	0746716	9367250
Área Contaminada	2	500	0746719	9367244
Área Contaminada	3	501	0746710	9367227
Área Contaminada	4	502	0746708	9367232
Área Testigo	5	515	0746667	9367357

**Anexo 3.** Formato de etiqueta de muestra de suelo

<b>NOMBRE DEL PROYECTO</b>	EFFECTO DE <i>FICUS BENJAMINA</i> L. COMO FITORREMEDIAADOR IN SITU EN LOS SUELOS DEL BOTADERO MUNICIPAL CONTROLADO DE LA CIUDAD DE JAÉN- PERÚ
<b>NOMBRE</b>	BACH. INGENIERÍA FORESTAL MAYCO SILVA HOYOS
<b>NOMBRE INSTITUCIÓN</b>	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS Y PLANTAS
<b>NÚMERO O CLAVE DE IDENTIFICACIÓN</b>	MUESTRA 2: ANALISIS ESPECIAL DE PLOMO
<b>LUGAR DE MUESTREO</b>	BOTADERO CONTROLADO MUNICIPAL DE JAÉN

**Anexo 4.** Panel fotográfico



**Fotografía 1.** Siembra de *Ficus benjamina* L



**Fotografía 2.** Plantones de *Ficus benjamina* L. para instalación





**Fotografía 3.** Extracción de muestra de suelo



**Fotografía 4.** Extracción de muestra de suelo

Anexo 5. Resultado inicial análisis caracterización de suelos



**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 : MAYCO SILVA HOYOS  
 Departamento : CAJAMARCA  
 Distrito : JAEN  
 Referencia : H.R. 75298-120C-21

Provincia : JAEN  
 Predio :  
 Fecha : 05/11/2021

Boit. - 4785

Lab	Número de Muestra Claves	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables meq/100g			Suma de Cationes Bases	Suma de Cationes Bases	% Sat. De Bases	
								Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>				Na <sup>+</sup>
10184	General I - IV	8.39	3.17	3.34	1.10	6.1	522	63	20	17	Fr.A.	19.20	13.05	1.63	0.59	3.93	0.00	19.20	100
10185	Testigo	7.20	1.86	4.77	2.27	10.7	379	63	20	17	Fr.A.	20.00	15.70	2.92	0.83	0.55	0.00	20.00	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

**Dr. Constantino Calderón Mendoza**  
 Jefe del Laboratorio



Av. La Molina s/n Campus UNALM - Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622 Celular: 946 - 505 - 254  
 e-mail: lab suelo@lamolina.edu.pe



Anexo 6. Resultado final análisis caracterización de suelos



**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 : MAYCO SILVA HOYOS  
 Departamento : CAJAMARCA  
 Distrito :  
 Referencia : H. R. 76289-018C-22

Provincia : JAÉN  
 Predio :  
 Fecha : 09/03/2022

Bol.: 5027

Lab	Número de Muestra		pH (1:1)	C.E (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes Bases	% Sat. On Base	
	Claves								Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Nb <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup> + H <sup>+</sup>			
1450	M-1, General	I-IV	8.30	3.11	2.86	2.14	57.6	2600	59	24	17	Fr.A.	13.92	4.69	2.40	3.14	3.69	0.00	13.92	100	
1451	M-2, Testigo		5.22	1.23	0.19	6.09	146.3	428	65	20	15	Fr.A.	27.20	17.14	3.28	1.24	0.48	0.15	22.26	22.13	61

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



Dr. Constantino Calberón Mendoza  
 Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM - Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622 Celular: 946 - 505 - 254  
 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

## Anexo 7. Resultado inicial en el análisis especial de plomo en el suelo



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



### INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : MAYCO SILVA HOYOS  
PROCEDENCIA : CAJAMARCA/ JAÉN  
REFERENCIA : H.R. 76290  
BOLETA : 5027  
FECHA : 5/11/2021

Lab	Número Muestra Claves	Pb ppm
109	Muestra 1	20.53
110	Muestra 2	17.45
111	Muestra 3	16.05
112	Muestra 4	18.79
113	Muestra 5, testigo	14.33



*Constantino Calderón Mendoza*  
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



## Anexo 8. Resultado final en el análisis especial de plomo en el suelo



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




### INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : MAYCO SILVA HOYOS  
PROCEDENCIA : CAJAMARCA/ JAEN/ JAEN  
REFERENCIA : H.R. 75299  
BOLETA : 4785  
FECHA : 04/03/2022

Lab	Número Muestra Claves	Pb ppm
2468	Muestra 2	13.31
2469	Muestra 3	13.08
2470	Muestra 4	13.24
2471	Muestra 5	17.79
2472	Muestra 7	13.80



  
Dr. Constantino Calderón Mendoza  
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

## Anexo 9. Resultado en el análisis especial foliar (Plomo)



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



### INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : MAYCO SILVA HOYOS  
PROCEDENCIA : CAJAMARCA/ JAÉN  
MUESTRA : HOJAS, RAÍCES Y TALLOS  
REFERENCIA : H.R. 76291  
BOLETA : 5028  
FECHA : 07/03/2022

N. Lab.	CLAVE DE CAMPO	Pb ppm
520	MUESTRA 1 - HOJA	4.50
521	MUESTRA 2 - HOJA	3.40
522	MUESTRA 3 - HOJA	3.10
523	MUESTRA 4 - HOJA	4.45
524	MUESTRA 5 - HOJA	4.78
525	MUESTRA 1 - TALLO	3.85
526	MUESTRA 2 - TALLO	3.60
527	MUESTRA 3 - TALLO	3.23
528	MUESTRA 4 - TALLO	3.38
529	MUESTRA 5 - TALLO	2.80
530	MUESTRA 1 - RAIZ	6.80
531	MUESTRA 2 - RAIZ	6.50
532	MUESTRA 3 - RAIZ	9.58
533	MUESTRA 4 - RAIZ	4.28
534	MUESTRA 5 - RAIZ	6.05



*Dr. Constantino Calderón Mendoza*  
Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM  
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622  
Celular: 946-505-254  
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

**Anexo 10.** Ficha de identificación botánica de la especie *Ficus benjamina* L.

LEIWER FLORES FLORES  
 ESPECIALISTA EN DENDROLOGÍA  
 C.I.P. N° 56894  
 Cel. 918217105  
 Email: lflores@unc.edu.pe



LEIWER FLORES FLORES, CON REGISTRO C.I.P. N° 56894, ESPECIALISTA EN DENDROLOGÍA.

**CERTIFICA:**

Que, **Mayco Silva Hoyos**, con Código de Matricula N° 2014290034, de la Universidad Nacional de Cajamarca, Escuela de Ingeniería Forestal – Sede Jaén, con fines de investigación de tesis, ha solicitado la identificación y certificación botánica de un árbol proveniente de las áreas verdes de la ciudad de Jaén, conocido como "ficus". La muestra ha sido estudiada e identificada como ***Ficus benjamina* L.** Según la base de datos de W<sup>3</sup>Tropicos.org del Missouri Botanical Garden que utiliza el sistema moderno de clasificación de las Angiospermas (APG IV). Comparado con el Sistema de Clasificación de Cronquist (1981), la especie identificada se ubica en las siguientes categorías taxonómicas:

Categorías -Clados	Sistema APG IV - 2016	Sistema Cronquist - 1981
División	Angiospermae	Magnoliophyta
Clase	Equisetosida C. Agardh	Magnoliopsida
Subclase	Magnoliidae Novák ex Takht.	Hamamelidae
Superorden	Rosanae Takht.	---
Orden	Rosales Bercht. y J. Presl	Urticales
Familia	Moraceae Gaudich.	Moraceae
Género	Ficus	Ficus
Especie	<i>Ficus benjamina</i> L.	<i>Ficus benjamina</i> L.

Jaén, 18 de junio del 2023.

Leiwer Flores Flores  
 Especialista en Dendrología  
 C.I.P. N° 56894