

**UNIVERSIDAD DE HUANUCO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL**



**TESIS**

---

**“EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL CADMIO Y PLOMO  
DISPONIBLE EN EL SUELO SOBRE LA DENSIDAD DEL  
BIOINDICADOR (*Eisenia foetida*) EN LOS CULTIVOS DE CACAO  
(*Teobroma cacao*), HUAMALIES, HUÁNUCO – 2020”**

---

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA  
AMBIENTAL**

**AUTORA: Cuyubamba Meza, Jhajaira D´yanara**

**ASESOR: Cámara Llanos, Frank Erick**

**HUÁNUCO – PERÚ**

**2021**



# U

### TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis ( X )
- Trabajo de Suficiencia Profesional ( )
- Trabajo de Investigación ( )
- Trabajo Académico ( )

**LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:** Modelación, Análisis y control de la Contaminación Ambiental

**AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN** (2018-2019)

### CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

**Área:** Ingeniería Tecnología

**Sub área:** Ingeniería ambiental

**Disciplina:** Ingeniería ambiental y geológica

### DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniera ambiental

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

- Propio ( X )
- UDH ( )
- Fondos Concursables ( )

# D

### DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 61467049

### DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 44287920

Grado/Título: Maestro en ciencias de la salud con mención en: salud pública y docencia universitaria

Código ORCID: 0000-0001-9180-7405

### DATOS DE LOS JURADOS:

# H

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Riveros Agüero, Elmer	Maestro en administración y gerencia en salud	28298517	0000-0003-3729-5423
2	Calixto Vargas, Simeón Edmundo	Maestro en administración de la educación	22471306	0000-0002-5114-4114
3	Bonifacio Munguia, Jonathan Oscar	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	46378040	0000-0002-3013-8532

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO  
PROFESIONAL DE INGENIERO (A) AMBIENTAL**

En la ciudad de Huánuco, siendo las 18:30 horas del día 25 del mes de junio del año 2021, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el sustentante y el **Jurado Calificador** mediante la plataforma Google Meet integrado por los docentes:

- Mg. Elmer Riveros Agüero (Presidente)
- Mg. Simeon Edmundo Calixto Vargas (Secretario)
- Mg. Jonathan Oscar Bonifacio Munguia (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N°625-2021-D-FI-UDH**, para evaluar la **Tesis** intitulada: “**EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL CADMIO Y PLOMO DISPONIBLE EN EL SUELO SOBRE LA DENSIDAD DEL BIOINDICADOR (*Eisenia foetida*) EN LOS CULTIVOS DE CACAO (*Teobroma cacao*), HUAMALIES, HUÁNUCO – 2020**”, presentado por el (la) **Bach. JHAJIRA D'YANARA CUYUBAMBA MEZA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero (a) Ambiental.

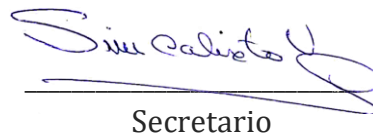
Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) **APROBADO** por UNANIMIDAD con el calificativo cuantitativo de 16 y cualitativo de BUENO (Art. 47).

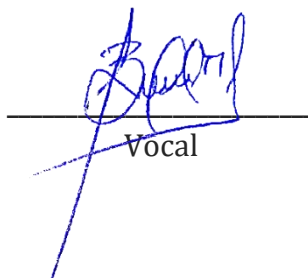
Siendo las 19:32 horas del día 25 del mes de junio del año 2021, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.



\_\_\_\_\_  
Presidente



\_\_\_\_\_  
Secretario



\_\_\_\_\_  
Vocal

## DEDICATORIA

Dedico mi presente trabajo de investigación a Dios, por haberme otorgado la salud, vida y bendición que me inspiro para cumplir mis metas como persona y como profesional.

A mis abuelos que me cuidaron, creyeron en mí y en lo grande que podría llegar a ser, por decirme que no existía nada imposible, por apoyarme en cada idea que tenía y esforzarse a lo largo de sus vidas para que pueda ser una mejor persona.

A mi madre Luisa Meza Anaya por brindarme su amor, comprensión, apoyo absoluto para el cumplimiento de mis sueños y su compañía en aquellas noches de desvelo a lo largo de mi trayectoria porque fueron mi sustento para poder culminar mi carrera profesional.

A mis familiares por ser uno de los pilares importantes en mi vida, por cuidarme desde que era una niña y por brindarme apoyo moral durante la ejecución de mi trabajo de investigación.

A mis amistades que siempre han estado conmigo en los buenos y malos momentos, por darme ánimos cuando sentía cansancio, por su ayuda con sus conocimientos para concluir este proyecto.

A todos ellos quiero ofrecerles mi agradecimiento por su inmenso cariño y soporte a lo largo de mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por otorgarme la sabiduría, el impulso para lograr hacer que mi sueño se cumpla, por permanecer a mi lado cada instante de mi existencia y por darme una excelente familia.

A mi amada madre, que es mi motivo para seguir adelante con mis sueños y un gran apoyo cuando más lo necesito.

A mi familia por su apoyo absoluto y nunca dejar de creer en mí en los momentos más difíciles.

Al Ing. Frank Camara catedrático de la Universidad Huánuco por su disposición, por su apoyo y guía durante la ejecución de este trabajo de investigación.

Al Ing. Héctor Zacarías catedrático de la Universidad Huánuco quien estuvo apoyándome en la ejecución del trabajo de investigación, brindándome sus conocimientos en estadística y metodología de la investigación sin su colaboración no hubiera podido culminar este trabajo de investigación.

Al Blgo. Alejandro Duran catedrático de la Universidad Huánuco por su dedicación y ser quien me apoyo desde el inicio de este trabajo de investigación, facilitándome los conocimientos previos para el desarrollo de esta tesis.

A mis amigos, las mejores personas que conozco, por los ánimos y por sus buenos deseos a lo largo de esta meta que anhelaba desde el inicio de mi carrera profesional.

# ÍNDICE

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
ÍNDICE .....	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT .....	X
INTRODUCCIÓN.....	XI
CAPÍTULO I.....	12
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	12
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	12
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	13
1.2.1 Problema general .....	13
1.2.2 Problemas específicos .....	13
1.3. OBJETIVOS GENERAL .....	14
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	14
1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....	15
1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
CAPÍTULO II.....	17
2. MARCO TEÓRICO .....	17
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	17
2.2. BASES TEÓRICAS .....	24
2.2.1. Bioindicadores .....	24
2.2.2. Cacao (Teobroma cacao) .....	26
2.2.3. Cadmio .....	29

2.2.4. Plomo .....	31
2.2.5. Zinc.....	31
2.2.6. Hierro.....	32
2.2.7. Cobre.....	33
2.2.8. Manganeso.....	34
2.2.9. Geo-referenciación .....	35
2.2.10.Ecotoxicología .....	35
2.3.DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	36
2.4.HIPÓTESIS.....	43
2.5.VARIABLES .....	44
2.6.OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	45
CAPÍTULO III.....	46
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	46
3.1.TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	46
3.1.1. Enfoque .....	46
3.1.2. Alcance o nivel.....	46
3.1.3. Diseño .....	47
3.2.POBLACIÓN Y MUESTRA.....	47
3.2.1. Población.....	47
3.2.2. Muestra.....	48
3.3.TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS....	48
CAPÍTULO IV .....	55
4. RESULTADOS .....	55
4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS.....	55
4.2 CONTRASTACIÓN DE LAS HIPÓTESIS.....	62
CAPITULO V .....	65
5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	65

5.1 CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN .....	65
CONCLUSIONES .....	68
RECOMENDACIONES .....	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	70
ANEXOS .....	75



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo .....	38
Tabla 2: Interpretación de los análisis de suelos.....	40
Tabla 3: Cuadro de ubicación geográfica de la población de estudio.....	47
Tabla 4: Técnicas e Instrumentos para la recolección de datos .....	48
Tabla 5: Profundidad de muestreo según el uso de suelo .....	51
Tabla 6: Cantidad de lombrices tierra por calicata .....	52
Tabla 7: Recipientes, temperatura de preservación y tiempo de conservación de muestras ambientales para los análisis correspondientes. ....	53
Tabla 8: Concentración de Cadmio y Plomo presente en el suelo empleado para cultivos de cacao (Teobroma cacao), Huamalíes, Huánuco, 2020.....	55
Tabla 9: Concentración de Cadmio que absorben los bioindicadores (Eisenia foetida) del suelo empleado para cultivos de cacao (Teobroma cacao), Huamalíes, Huánuco, 2020. ....	57
Tabla 10: Concentración de Plomo que absorben los bioindicadores (Eisenia foetida) del suelo empleado para cultivos de cacao (Teobroma cacao), Huamalíes, Huánuco, 2020. ....	58
Tabla 11 : Concentración de metales encontrados en el suelo empleado para cultivos de cacao (Teobroma cacao), Huamalíes, Huánuco, 2020.....	59
Tabla 12: Prueba de Kolmogorov-Smirnov para evaluar la normalidad de los datos: Densidad poblacional de lombrices, Concentración de Cadmio y Concentración de Plomo:.....	61
Tabla 13: Correlaciones.....	62
Tabla 14: Pruebas de chi-cuadrado .....	63

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1:Concentración de Cadmio y Plomo absorción por muestra de suelo .....	56
Gráfico 2:Concentración de Plomo y Cadmio absorbido por el bioindicador y el suelo.....	59
Gráfico 3: Otros metales pesados encontrados en el suelo .....	60

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se efectuó en el Centro Poblado de Manchuria, Provincia de Huamalies, desde los meses de noviembre 2020 a enero del año 2021, para la evaluación de la concentración de metales pesados encontrados en el suelo de cultivos de cacao (*Teobroma cacao*) y en las lombrices de tierra (*Eisenia foetida*) que viven en el área de estudio.

La metodología incluyó la realización de 5 calicatas de 1m x 1m con una profundidad mínima de 30 cm aproximadamente de manera aleatoria simple mediante muestreos de suelo superficiales de las cuales fueron tomadas 5 muestras de suelo cada una de ellas de 1 kg y lombrices de tierra (*Eisenia foetida*) de cada calicata. Pude evaluar y definir la concentración de metales pesados existentes en la superficie del suelo de cultivos de cacao (*Teobroma cacao*) como el Cadmio y Plomo entre otros, además del porcentaje de materia orgánica encontrado en la muestra de 1 kg de suelo a su vez se realizó la comparación en paralelo con los estándares de calidad del suelo (ECA SUELO) e interpretación de análisis de suelo (Molina y Melendez, 2002) sobre la densidad de las lombrices de tierra (*Eisenia foetida*) y poder analizar si existe la posibilidad de absorción de metales pesados por parte del bioindicador que como bien se sabe se puede aplicar como una tecnología limpia y su capacidad de absorción del medio donde vive. Se analizó la lombriz de tierra (*Eisenia foetida*) mediante un análisis especial realizado en un laboratorio de análisis de suelo, agua y ecotoxicología de la facultad de agronomía de la UNAS.

Se concluye que, existe una absorción de metales pesados por parte de las lombrices de tierra (*Eisenia foetida*) como cadmio, plomo, entre otros. Pero, la absorción de algunas es más notoria que otras podemos decir que la densidad poblacional influye de manera inversa en la concentración de cadmio a comparación del Plomo no influye su densidad población por lo que se observó una cantidad muy mínima en su análisis.

Palabras claves: Ecotoxicología, bioindicador, metales pesados y organismos acumulados.

## ABSTRACT

The present research work was carried out at the Centro Poblado of Manchuria, Huamalies Province, from November 2020 to January 2021, for the assessment of the concentration of heavy metals found in the soil of cocoa crops (*Teobroma cacao*) and in earthworms (*Eisenia foetida*) living in the study area.

The methodology included the realization of 5 calicatas of 1m x 1m with a minimum depth of approximately 30 cm randomly simple by sampling surface soil from which 5 soil samples were taken each of them of 1 kg and earthworms (*Eisenia foetida*) of each calicata. I was able to evaluate and define the concentration of heavy metals existing on the soil surface of cocoa crops (*Teobroma cacao*) such as Cadmium and Lead among others, in addition to the percentage of organic matter found in the 1 kg of soil sample in turn was compared in parallel with soil quality standards (SOIL ECA) and interpretation of soil analysis (Molina and Melendez , 2002) on the density of earthworms (*Eisenia foetida*) and be able to analyze whether there is the possibility of absorption of heavy metals by the bioindicator which as well-known can be applied as a clean technology its ability to absorb the environment where it lives. The earthworm (*Eisenia foetida*) was analyzed using a special analysis carried out in a laboratory of soil, water and ecotoxicology analysis of the faculty of agronomy of UNAS.

It is concluded that, there is an absorption of heavy metals by earthworms (*Eisenia foetida*) such as cadmium, lead, among others. But, the absorption of some is more noticeable than others we can say that population density influences inversely the concentration of cadmium compared to Lead does not influence its population density so a very minimal amount was observed in its analysis.

Keywords: Ecotoxicology, bioindicator, heavy metals and accumulated organisms.

## INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años se ha dado un cambio importante en las características del medio ambiente, de ahí son necesarias las evaluaciones de la calidad de suelo para poder determinar la vulnerabilidad de estas, de esta manera evaluar el riesgo ante contaminantes en suelos agrícolas de diferentes cultivos como es el caso del cacao.

El cultivo de cacao de la región de Huánuco está incrementando y se considera un producto emblemático porque genera ingresos sostenibles en los pequeños agricultores. Siendo evaluado la cantidad de cadmio presente en suelos con cultivos de cacao en distintas regiones como San Martín y Amazonas con concentraciones medias y con la posibilidad de evaluarlas respectivamente.

Los metales pesados pueden estar en el suelo como un componente natural o también de como consecuencia de la actividad antropogénica mediante el uso de plaguicidas, pesticidas, fertilizantes, entre otros lo que los hace susceptibles a la acumulación de metales pesados entre otros contaminantes.

Distintas investigaciones han evidenciado que en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) existen variaciones en las características fisicoquímicas que pueden lograr afectar la calidad del producto, así mismo su inocuidad por la concentración de metales pesados. Así mismo la acumulación de diversos metales pesados puede causar un peligro a la salud de todos los seres vivos por lo consiguiente la macrofauna edáfica que está representada por hormigas, ciempiés, termitas, lombriz, etc. Los invertebrados debido a su gran sensibilidad al estrés y a una variación de las condiciones asociadas del suelo también pueden ser un bioindicador. Diversos estudios de investigación muestran que la macrofauna edáfica del suelo indica la contaminación por parte de los metales pesados como el plomo, cadmio, cobre, entre otros por lo que puede ser empleado para determinar la calidad del suelo.

# CAPÍTULO I

## 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El suelo por naturaleza presenta una macrofauna edáfica que es determinada por animales con un diámetro superior a 2mm como los coleópteros, hormigas, lombrices, ciempiés, arañas, termitas, etc. (Aquino et al. 2008). La macrofauna edáfica del suelo y la cantidad son un indicativo de biodiversidad del suelo e intensidad de las diversas actividades biológicas (Velásquez et al. 2007).

El suelo a su vez abarca una gran variedad de metales pesados, haciendo que estos a su vez formen parte de los minerales originarios de rocas (Martínez y Rivero 2005), se encuentra como hidróxidos, óxidos y aglomeraciones con elementos diversos (Méndez *et al.* 2009); clasificándolos, así mismo en prescindibles y no prescindibles (Batista y Sánchez 2009). Los metales pesados consiguen llegar al suelo de manera antropogénica por medio de efluentes minerales, fertilizantes, residuos sólidos, entre otros. (Jing *et al.* 2007; Galán y Romero 2008). Metales con concurrencia en el suelo y mayor impacto son: cobre (Cu), cadmio (Cd), plomo (Pb) y mercurio (Hg) estos metales en concentraciones pequeñas resultan ser dañinos (Carpena y Bernal 2007).

El cadmio (Cd), metal pesado no esencial en vegetaciones, cuya existencia en estos puede deberse a la usanza de diversos abonos fosfatados, como subproductos de la explotación de cobre y zinc (García *et al.* 2012; Martínez *et al.* 2013); juntado y asimilado en hojas, frutos, tallos, raíces y semillas (Insuasty *et al.* 2006, Herrera 2011); esta acumulación dependiente de la especie y la edad (Méndez *et al.* 2009). Altera el desarrollo, su fotosíntesis (Lara *et al.* 2011) y disminuye los centrados de nitrato, causando inestabilidades en el metabolismo de clorosis y cloroplasto (Rodríguez-*et al.* 2008).

En el cacao, el Cd suele acumularse en sus semillas (Huamaní-Yupanqui *et al.* 2015), y así se manifiestan saberes ejecutados en Perú y Venezuela (Arévalo-Gardini *et al.* 2016; Lanza *et al.* 2016). La ingestión indirecta o directa (gomos de mascar, confites, chocolates y cereales) de cadmio (Dahiya *et al.* 2005; Duran *et al.* 2009), origina diversos perjuicios al riñón, hueso, páncreas, pulmón e hígado (Martínez *et al.* 2013) causando diferentes problemas renales, diabetes, enfisema pulmonar, hipertensión arterial, osteoporosis y cánceres de vejiga, próstata, páncreas y pulmón (Satarug *et al.* 2010; Herrera 2011).

En el mundo entero, sucede que el cacao procedente del Perú, había superado los límites máximos establecidos por metales pesados exclusivamente cadmio (cd) y por esa razón fue vetado de las exportaciones de dicho producto.

Se sugirió realizar el análisis de suelo de cultivo de cacao y reducir la presencia de cadmio utilizando abono orgánico y no seguir empleando el abono químico que incrementaba la presencia del cadmio.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1 Problema general**

¿Cuál es la influencia de la densidad poblacional del bioindicador (*Eisenia foetida*) sobre la presencia del cadmio y plomo disponible en el suelo empleado para cultivos de cacao (*Theobroma cacao*), Huamalíes, Huánuco – 2020?

### **1.2.2 Problemas específicos**

¿Cuál es la concentración de Cadmio que absorben los bioindicadores (*Eisenia foetida*) del suelo empleado para cultivos de cacao (*Theobroma cacao*), Huamalíes, Huánuco, 2020?

¿Cuál es la concentración de Plomo que absorben los bioindicadores (*Eisenia foetida*) del suelo empleado para cultivos de cacao (*Theobroma cacao*), Huamalíes, Huánuco, 2020?

¿Cuáles serán los metales encontrados en el suelo empleado en cultivos de cacao (*Teobroma cacao*), Huamalíes, Huánuco, 2020?

### **1.3. OBJETIVOS GENERAL**

Evaluar la influencia de la densidad poblacional del bioindicador (*Eisenia foetida*) sobre la presencia del plomo y cadmio disponible en el suelo empleado para cultivos de cacao (*Teobroma cacao*).

### **1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Calcular la concentración de Cadmio que absorben los bioindicadores (*Eisenia foetida*) del suelo empleado para cultivos de cacao (*Teobroma cacao*), Huamalíes, Huánuco, 2020.

Calcular la concentración de Plomo que absorben los bioindicadores (*Eisenia foetida*) del suelo empleado para cultivos de cacao (*Teobroma cacao*), Huamalíes, Huánuco, 2020.

Determinar los metales encontrados en el suelo empleado en cultivos de cacao (*Teobroma cacao*), Huamalíes, Huánuco, 2020.

### **1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

En la presente investigación se ha planteado este tema de estudio debido a que, en los últimos años, específicamente en el año 2018 hubo problemas con las limitaciones que ha impuesto la unión europea al establecer un límite de Cadmio máximo en los productos de los suelos agrícolas como el cacao para poder ser aceptados en su mercado. El Perú es uno de los ocho primeros exportadores de cacao.

Desde nuestro punto de vista la investigación realizada será de gran ayuda para determinar el tipo de metales pesados, la influencia de la concentración de estos haciendo uso de bioindicadores como bien se sabe es una fuente para la evaluación de contaminantes aunque no



ofrecen mediciones puntuales o certeras pero pueden reflejar las condiciones del ecosistema en el que viven, siendo influidos por su entorno, además de compararlos con el suelo donde se encuentran las plantaciones de cacao y poder obtener información certera de la cantidades de metales pesados .

El estudio pretende evaluar el grado de influencia que tienen los bioindicadores en la presencia de metales pesados en la superficie del suelo dedicado al cultivo de cacao y evidenciar la cantidad de metales que absorben del suelo.

## **1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

El presente estudio se realizó en el Centro Poblado de Manchuria, Distrito de Monzón, Provincia de Huamalies, Departamento de Huánuco y como en todo estudio tiene dificultades y estas son:

El centro poblado de Manchuria se encuentra a 4 horas de la ciudad de Huánuco, la distancia y el ir constantemente al lugar fue una de las mayores dificultades que se presentaron para la realización del actual estudio.

## **1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN**

Los resultados obtenidos darán información para que se continúen con los estudios en este campo y quizás se puedan estudiar otras variables que aquí no se han considerado.

### **Viabilidad en lo económico**

El investigador contó con los recursos necesarios para costear los gastos en la realización de este proyecto desde la elaboración, ejecución y explicación de los análisis efectuados a los bioindicadores biológicos y al suelo empleado para cultivos de cacao.

### **Viabilidad en lo social**

Se cuenta con la ayuda de la Universidad de Huánuco quien me brinda un asesor para su posterior apoyo para la realización de la investigación.

Encontrar a una persona, costear sus servicios para me muestre la zona y conozca la ubicación de las plantaciones de cacao.

### **Viabilidad en lo teórico**

Se dispuso del aporte teórico de los autores más importantes que hacen referencias a las variables en estudio.

### **Viabilidad en lo ambiental**

El uso mal empleado del suelo y el fertilizante usado en los cultivos de cacao generan problemas como la degradación de los suelos, ya que en la mayoría de los argumentos este contaminante siempre se emplea sin la realización de un análisis de suelo y por desconocimiento.

### **Viabilidad metodológica**

Con el desarrollo del siguiente trabajo se apertura un instrumento para futuros trabajos de investigación.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

##### **Antecedentes internacionales**

Gregorio (2016) en su Tesis titulada: “Evaluación del contenido de metales pesados en cacao (*Theobroma cacao L.*) de Santa Bárbara del Zulia, Venezuela”, Instituto Nacional de Nutrición, Laboratorio de Análisis Físicoquímico, Caracas, Venezuela.

**Objetivo.** Determinar los diferentes cambios en las acumulaciones de metales pesados: cobre (Cu), cromo (Cr), níquel (Ni), hierro (Fe) y cadmio (Cd) en almendras de diferentes diversidades de cacao (*Theobroma cacao L.*), porcelana e híbrido, procedente de la región de Santa Bárbara del Zulia, Venezuela. **Método.** Dichos metales fueron evaluados con una técnica de espectrometría que emite ópticamente mediante plasma inductivamente integrado (ICP-OES). **Resultados.** El resultado obtenido, en los diferentes tiempos de recolección (2012 y 2013), aprueban plantear un intervalo de presencia de Cd entre 0,95 y 2,09 mg.kg<sup>-1</sup>; Ni entre 0,00 y 6,67 mg.kg<sup>-1</sup>; Cr entre 0,14 y 1,69 mg.kg<sup>-1</sup>; Cu entre 4,87 y 21,36 mg.kg<sup>-1</sup>; Fe entre 5,13 y 34,36 mg.kg<sup>-1</sup>. **Conclusión.** Los resultados propician la creación de un punto de referencia para próximas investigaciones.

Andrés (2018) en su Tesis titulada: “Técnicas de remediación de metales pesados con potencial aplicación en el cultivo de cacao”, Universidad Pedagógica y Tecnológica De Colombia UPTC, Colombia.

**Objetivo.** Revisión de las técnicas de remediación. **Método.** bioremediación y fitoremediación. **Resultados.** Con relación al barrido de los suelos agrícolas intoxicados o que previenen la translocación de contenidos de cadmio y plomo del suelo a diferentes cultivos de importancia comercial con el fin de obtener opciones de latente atención en zonas cacaoteras de Colombia. **Conclusión.** Sobresale la envergadura que posee la integración de sistemas complementados

para reparación de suelos que incluye la integración progresiva de varias plantas herbáceas, micorrizas, arbusculares, árboles nativos, bacterias, plantas acuáticas y biochar. Palabras clave: bioremediación plomo, cadmio, Fitoremediación.

Álvarez (2018) en su Tesis titulada: “Acumulación de metales pesados (Pb y Cd) en almendras de cacao durante el proceso de fermentación y secado”, Instituto Politécnico de Leira, Portugal.

**Objetivo.** Establecer por espectrofotometría emitida anatómicamente con plasma inductiva articulado la acumulación de Pb y Cd en almendras de cacao utilizadas por la Asociación de productores de cacao Fortaleza del Valle, en fases fresco, seco y fermentado. Se examinaron variables fisicoquímicas concorde con razonamientos particulares de almendras de cacao donde se empleó un DCA con cinco repeticiones. **Método.** Se analizaron las variables consideradas con un ANOVA al 95 % de significancia y se logró el pH 6,24; para la humedad 6,33 %; el índice determinado de semilla 1,32; el porcentaje de acidez 1,17 %, el índice de mazorca 21,94; la determinación del peso de 100 almendras 136,34; el número determinado de almendras por mazorca 40,43 y porcentaje establecido en testa 19,12 %. **Resultados.** Los resultados medios de concentración de cadmio en los distintos periodos de postcosecha de cacao fueron de 0,73 mg.kg<sup>-1</sup> en el fermentado, 0,95 mg.kg<sup>-1</sup> en almendra seca y 0,89 mg.kg<sup>-1</sup> en el mucílago; de igual manera, los valores de concentración de Pb en el mucílago 0,38 mg.kg<sup>-1</sup>; en almendra seca 0,60 mg.kg<sup>-1</sup> y en el fermentado 0,37 mg.kg<sup>-1</sup>. **Conclusión.** Estableciendo valores que se encuentran estipulados en el Reglamento (CE) nº 1881/2006.

### **Antecedentes nacionales**

Arévalo (2016) en su Tesis titulada: “Metales pesados en suelos de plantaciones de cacao (*Theobroma cacao L.*) en tres regiones del Perú”, Instituto de Cultivos Tropicales, (ICT), Tarapoto, Perú.

**Objetivo.** Analizar los metales pesados de las concentraciones totales de (Cd, Mn, Cu, Zn, Ni, Fe, Pb) en las plantaciones de suelos de

cacao en las zonas transcendentales productoras en Perú: Zona Norte (Tumbes, Piura, Amazonas y Cajamarca); Zona central (Huánuco, San Martín y Junín); Zona Sur (Cuzco). Se tomaron en cuenta plantaciones entre 10 y 15 años. **Método.** En los suelos muestreados Se llevaron a cabo los análisis químicos (pH, materia orgánica, CIC, Zn, Mn, Al, P, Mg, Ni, Cd, K, Pb, Ca, Cu, Fe) y físicos (textura). **Resultados.** En el estudio los suelos para el cultivo de cacao presentan adecuadas condiciones físicas y químicas. Los resultados de metales pesados se hallaron bajo lo estimado como fitotóxico. **Conclusión.** Los resultados en la zona norte de cadmio y cobre resultaron mayores, mientras que el promedio de plomo, manganeso, níquel, zinc y hierro fueron más elevados en la zona sur. De manera general el pH, % de arcilla y Mg estuvieron los datos que resultaron tener mayor correlación de acumulación de metales pesados.

Ramírez (2018) en su Tesis titulada: “Determinación de Niveles de concentración de Cadmio (Cd) en hojas de cacao (*Teobroma cacao L.*) cultivado bajo tres sistemas de manejo en San Alejandro - distrito de Irazola - provincia de Padre Abad – departamento de Ucayali”, Universidad Nacional de Ucayali, Pucallpa, Perú.

**Objetivo.** En 9 parcelas de cacao CCN 51 de 8 años se la composición de cadmio foliar, utilizando sistemas de administración: orgánico, químico y tradicional, estudiados por medio de un diseño experimental BCA de 3 repeticiones por sistema de cultivo, en parcelas de 1 a cada uno. **Método.** La metodología incluyó en cada parcela seleccionada la recolección de 5 a 10 hojas frescas por árbol de cacao, obteniendo en total 60 hojas por parcela. Después de juntarlas, procedimos a empaquetarlas, rotularlas y transportarlas al laboratorio de suelo de la UNU, ahí se continuó con el procedimiento de 24 horas a 125 grados secarlas en estufa y ser molidas en un molino manual, y así obtener un peso medio de 20 g de hojas secas molidas por parcela, prueba y sistema, equitativamente. La recolección de estas se llevó a la UNA La Molina para la realización de análisis de contenido de cadmio. Se ejecutó calicatas pequeñas de 40 x 40 cm de ancho por 10 cm de profundidad, para la extracción de muestras de suelo, de donde se

tomaron 3 submuestras posteriormente combinadas para así lograr muestras por cada parcela de 1 kg de suelo. **Resultados.** En caso del contenido promedio de Cd foliar en el sistema químico se presentaron discrepancias notoriamente significantes entre parcelas, donde el resultado de 2.21 mg kg<sup>-1</sup> de cadmio se muestra mayor que los valores de 1.19 y 0.65 mg kg<sup>-1</sup> de cadmio. Por otro lado, para el caso del contenido promedio de Cd en hojas del sistema orgánico, no se manifiestan incompatibilidades entre parcelas, obteniéndose valores entre 1.31 y 1.74 mg kg<sup>-1</sup> de Cd, para las parcelas estudiadas. No obstante, en todas ellas, los resultados son mayores a los descubiertos por Huamaní (2012), con 0.21 mg kg<sup>-1</sup> de cadmio en zonas de Huánuco y Ucayali, y menores a los reportados por Cárdenas en el mismo año, quien obtuvo un promedio de 2.84 mg kg<sup>-1</sup> de cadmio en hojas en la zona de Tingo María. Pero para nuestros casos son mayores al nivel admisible de cadmio por la OMS por hoja de 0.5 mg kg<sup>-1</sup> de cadmio. **Conclusión.** No se presentan diferencias estadísticas entre la presencia promedio de cadmio en las hojas del sistema tradicional entre parcelas, siendo los datos de 0.83, 0.75 y 1.26 mg kg<sup>-1</sup> de cadmio.

Gonzales (2017) en su Tesis titulada: “Evaluación de la distribución del cadmio en el suelo y en la raíz de la planta de cacao en Pucayacu, Huánuco 2017”, Universidad César Vallejo, Lima, Perú.

**Objetivo.** Valorar la presencia de cadmio en la raíz y suelo de la planta de cacao, para la cual se identificaron 3 zonas diferentes de acuerdo con la topografía del terreno y edad de plantación de cacao. Se realizaron 5 calicatas en cada una de las zonas, seguidamente se hizo la lección de los perfiles y la toma de muestras del suelo a profundidades de 0-20,20-40,40-60 y +60cm, y las de raíz se realizaron a profundidad de 0-20cm. **Método.** El cadmio determinado en el suelo en las distintas cavidades y en raíces del árbol de cacao por medio de técnicas de espectrometría y absorción atómica por llama. **Resultados.** La zona 1 tiene pendiente y las plantaciones de cacao de 2 años presentaron cadmio en perfiles de: 0.99 mg/kg(0- 20cm),0.99 mg/kg (20-40cm), 1.11mg/kg(40-60cm) y 1.04mg/kg(+60cm); la zona 2 tiene pendiente y

las plantación de cacao de 15 años se obtuvieron resultados de cadmio en perfiles de: 1.65 mg/kg(0-20cm), 1.52 mg/kg(20-40cm), 1.49 mg/kg(40-60cm) y 1.45mg/kg(+60cm); la zona 3 sin pendiente y plantación de cacao de 5 años se determinaron cadmio en perfiles de: 1.35 mg/kg(0-20cm), 1.65 mg/kg(20-40cm), 1.57 mg/kg(40-60cm) y 1.59mg/kg(+60cm). El cadmio que fue detectado en las raíces del cacao en los distintos perfiles de la zona 1 presentaron valores de: 0.25mg/Kg (perfil 1), 1.00mg/kg (perfil 2),0.50mg/kg (perfil 3),1.00 (perfil 4) y 0.90 (perfil 5); en la zona 2 nos muestran resultados de: 0.50mg/Kg(perfil 1), 0.75mg/kg (perfil 2),1.00mg/kg (perfil 3),0.60 (perfil 4) y 4.48 (perfil 5); en la zona 3 nos muestran resultados de: 3.25mg/Kg (perfil 1), 2.00mg/kg (perfil 2), 2.00mg/kg (perfil 3),8.24mg/kg (perfil 4) y 4.43mg/kg (perfil 5).

**Conclusión.** Con excepción de la zona 1, el cadmio en el suelo superó las ECAS nacionales en la mayor parte de estas zonas. Por otro lado, el cadmio evaluado en raíces excedió el límite admisible en la zona 2 (Perfil 5) y en la zona 3 (Perfil 4 y 5). De igual manera, el cadmio total presente en el suelo y el contenido en raíces de la planta de cacao se logró establecer una correlación positiva débil, y la M.O se ordenó de manera positiva y con alta significancia estadística con respecto a la presencia total de cadmio en el suelo.

### **Antecedentes locales**

Del Aguila (2017), en su Tesis titulada: “Determinación de cadmio y plomo en granos de cacao, frescos, secos y en licor de cacao (*Theobroma Cacao*).”, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María.

**Objetivo.** Analizar el nivel de plomo y cadmio en licor de cacao, en granos secos y frescos (*Theobroma cacao*), es una planta muy trascendental en el patrimonio amazónico peruano. **Método.** Los granos y el licor de cacao se determinaron químicamente, se valoraron los niveles de plomo y cadmio haciendo uso de la Espectrofotometría de Absorción Atómica de Llama. El análisis estadístico se efectuó empleando el diseño DCA, donde se hizo uso de la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ), recurriendo al software STATGRAPHICS Centurión XVII. La

estructura química de los frescos granos de cacao estuvo modificada. **Resultados.** El grano de Tingo María mostró un porcentaje elevado de acidez (4,16 %), mientras que de San Martín de Pangoa presentó el nivel más alto húmedo (49,45 %) y proteína (14,32 %) y el de Pucallpa un contenido elevado de cenizas (4,36 %). La composición química de los granos secos de cacao fue dispersa, el estudiado en la ciudad de San Martín de Pangoa resultó tener un mayor porcentaje húmedo (49,45 %) y acidez (1,22 %) por otro lado, con un mayor contenido de cenizas, el de Pucallpa (4,65 %) y proteína (14,25 %). La composición química del licor de cacao de Sol de Oro de la COOPAIN manifestó una mayor presencia de cenizas (4,28 %) mientras que la marca Oro de ACOPAGRO presentó contenido más elevado de acidez (1,62 %), humedad (1,85 %) y grasa (57,39 %). En los frescos granos de Pucallpa se hallaron más altos niveles de cadmio (0,08 mg/Kg), en secos (0,11 mg/Kg). En la marca Oro de ACOPAGRO presentaron el nivel de cadmio más alto (0,11 mg/Kg). En San Martín de Pangoa hablando de granos secos (7,62%). En granos frescos de Pucallpa un gran nivel de plomo (9,02 mg/Kg) y en la marca Cacao Peruano de Cooperativa Agraria Cafetalera Pangoa, los estatus más altos de plomo (7,45 mg/Kg).

Sánchez (2017), en su Tesis titulada: "Evaluación del contenido de metales pesados (Cd y Pb) en diferentes edades y etapas fenológicas del cultivo de cacao en dos zonas del Alto Huallaga, Huánuco (Perú)," Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María.

**Objetivo.** Se analizó la presencia de los metales pesados del cultivo de cacao. Donde se desarrolló la apreciación de la almendra del cacao, sus parámetros del suelo y hojas de las cuatro parcelas de agricultores de cacao orgánico concernientes a la Cooperativa Agraria Industrial Naranjillo, en la región de Huánuco. **Método.** Para calcular las medidas del suelo, se efectuó la determinación fisicoquímica y estimación de presencia de plomo y cadmio del suelo; para la valoración del follaje se plasmó las características nutricionales de la hoja de cacao, y el análisis de plomo y cadmio presente a nivel foliar; por último, en la apreciación de almendra del cacao se aplicó un análisis nutricional, y



análisis presencial del plomo y cadmio a niveles equivalentes. **Resultados.** En cuanto a la apreciación a nivel foliar en almendra de cacao, las parcelas 5, 10 y etapas fenológicas de plena fructificación demostraron resultados altos en total de cadmio, estando las parcelas 15, 20 y las etapas fenológicas de fructificación en las que ostentaron valores altos de plomo en total. **Conclusión.** De esta manera, se concluyó que los suelos analizados muestran circunstancias fisicoquímicas convenientes y los resultados de plomo y cadmio disponibles están por debajo de los límites máximos permitidos.

Tantalean (2017), en su Tesis titulada: “Distribución del contenido de Cadmio en los diferentes órganos del Cacao CCN-51 en suelo aluvial y residual”, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María.

**Objetivo.** Establecer la prevalencia de cadmio en los distintos órganos de cultivo de cacao CCN-51, en suelos residuales y aluviales, situados en las regiones de Huánuco y San Martín. En dicho efecto se realizaron calicatas, narraron y examinaron por horizontes los contenidos de cadmio. En ambos predios se analizaron plantas de cacao recolectando muestras de cáscaras, almendras, hojas, raíces y ramas. **Método.** Para el cadmio extraído utilizable del suelo y cadmio total de tejidos se derivó a aplicar metodología, digestión mediante vías secas atacadas por ácido clorhídrico, aplicada por el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía (UNAS). El cadmio concentrado en los extractos se estableció mediante la absorción atómica. **Resultados.** En el suelo residual el cadmio disponible fue de 0.52 ppm, 1.71 ppm y 0.46 y en suelos aluviales fue de 2.55 ppm, 1.26 ppm, 3.68 ppm y 1.80 ppm proporcionado al horizonte A y capas AC, C1, C2, correspondientemente. El cadmio total recolectado de tejidos en suelos residuales de Jacintillo fue de 1.22 ppm, 0.77 ppm, 1.44 ppm, 2.29 ppm, 0.84 ppm y en suelos aluviales de Ramal de Aspuzana fue de 1.14 ppm, 2.97 ppm, 2.84 ppm, 1.08 ppm y 0.75 ppm, pertenecientes a ramas, hojas, raíces, cáscaras y almendras correspondientemente. **Conclusión.** El suelo de Ramal de Aspuzana tiene una presencia de Cd más elevado concerniente a los tejidos, también cabe decir que la mayor

presencia de cadmio se observa en las ramas de Jacintillo como en Ramal de Aspuzana.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. Bioindicadores**

Los Bioindicadores son organismos que tienen la propiedad de descubrir algún suceso presente o pasado que esté asociado con área o zona de estudio, las especies con condiciones más estrechas de tolerancia (lograremos derivar con mayor precisión la presencia de un determinado agente contaminante). Las distintas especies poseen exigencias de estructura del entorno donde viven, químicas, físicas, y de relación con diferentes especies, poseyendo unos términos definitivos como organismos. Por lo general estos límites suelen establecer su crecimiento (límites intermedios), su reproducción (límites más estrechos), su supervivencia (límites máximos), siendo más útiles, como indicadores ecológicos.

#### **Organismos Acumuladores**

Son cuerpos vivos que acumulan muchas sustancias contaminantes, eliminándolas muy paulatinamente o sin eliminarlas en procesos metabólicos, permitiendo a su vez extraer resultados al examinarlos en el laboratorio. Los bioindicadores, por lo general no tienen esa capacidad, en cambio nos brindan información con estado y su presencia. Los que poseen ambas peculiaridades, se dice que se denominan bioacumuladores y biomonitores.

Otra manera de dar a conocer de contaminantes y la concentración es examinar los tejidos de estos organismos, o estudiar las alteraciones del metabolismo, como la fotosíntesis, tasas de respiración, etc. Distintos métodos que no resultan tan habituales se establecen en la observación de las diferentes alteraciones genéticas.

## **Ventajas de los Bioindicadores**

- Fácil identificación de las fuentes contaminantes.
- Proveen datos de circunstancias pasadas.
- Extenso grado de propagación.
- Posibilidad de observación de los distintos efectos fisiológicos.

Existen investigaciones con métodos definidos de registro y colecta de información, hacen que sea posible su ejecución por personas sin extensos conocimientos de biología.

Las comunidades muestran diversas circunstancias del sistema (físicas, biológicas, químicas y ecológicas).

## **Desventajas de los Bioindicadores**

- En todo el período que el organismo lleva expuesto, brindan medidas puntuales mínimas.
- La transformación genotípica y el tiempo logran entorpecer el estudio.
- Existe la posibilidad de que estos hayan estado expuestos anteriormente a algunos elementos.
- Pueden ser influidos por el medio en el cual viven (suelo, estructura del hábitat singular, etc.)
- El muestreo implica mucho tiempo. (Ecured,2019)

## **Macrofauna**

La macrofauna de la superficie del suelo están referidos por animales que miden más de un centímetro de largo y más de dos milímetros de radio o ancho (Bignell, Constantino, Csuzdi, & Karyanto, 2008). Los grupos crecidamente significativos se consideran las lombrices, los escarabajos, las hormigas y las termitas.

La macrofauna es la más destacada fauna del suelo. Estos se encuentran conformados, como anteriormente ya se había

mencionado, por diversos grupos taxonómicos que se contienen en otros niveles tróficos (Swift, Bignell, Moreira, & Huising, 2008).

Los grupos que conjuntamente forman la macrofauna de suelo asiduamente se proyectan de indicadores de calidad biológica de la superficie, gracias a la importante función en los diferentes procesos biológicos del ecosistema y sensibilidad frente a las diversas permutaciones en las circunstancias del medio ambiente (Bignell, Constantino, Csuzdi, & Karyanto, 2008)

### **2.2.2. Cacao (*Teobroma cacao*)**

El cacao, árbol americano de origen amazónico, denominado como cacaotero, debido a que la referencia del cacao asiduamente como fruto que provee este árbol, o asimismo la fermentación de las semillas, producto del secado del fruto.

Se refiere a un árbol de hoja perdurable, perennemente en florecimiento, que demanda de climas calurosos y húmedos. Suele tener una altura promedio de 7 metros cuando se cultiva y suele estar a más de 20 metros en naturaleza.

El producto del cacaotero, llamado “mazorca”, es una baya ovalada, carnosa y grande, de tono que suele ser amarillo o púrpura, y de 30 cm de largo. Adentro de una mazorca de cacao se puede encontrar entre 30 a 40 semillas, introducidas en la pulpa. El fruto puede tener un peso de 450 gramos al madurar, cosa que comienza a acontecer dentro de un periodo entre los cuatro o cinco años de vida del árbol. (Estela, 2019)

**Forma:** Árbol chico, perennifolio, crece entre 4 a 7m de acuerdo con la diversidad de cacao (Conabio 2010).

**Copa/Hojas:** Copa de poca altura, alargada y pesada. Hojas con volumen grande, distanciadas, caídas, de forma

elípticas u oblondos de entre 4 a 15cm de ancho y con 20 a 35 cm de longitud, con puntas anchas y alargadas, colgando de un peciolo de aspecto llano.

**Tronco, Ramas:** Posee forma dismórfica con retoños ortotrópicos. Las ramas con forma abanicada, las cuales las principales son las que se integran con segmentaciones de 3 a 6 ramillas. Y cuyas flores suelen crecer en algunas partes del tronco.

**Flor:** Las flores se manifiestan en la longitud de tronco en racimos, así como también en las ramas, la coloración de sus flores es de color púrpura, blanca y rosa, en forma estrellada, de diminuto tamaño. Las inflorescencias, al transcurrir de los años se transforman en engrosados tubérculos tales como juanetes florales.

**Fruto:** Son bayas de gran tamaño, color purpura o amarilla nombrada mazorcas, de aspecto oblondo a ovado, posee alrededor de 30 y 40 semillas comprendidas en una placentación axial.

**Semilla:** Denominadas grandes almendras de color púrpura o chocolate y de sabor agrio. Están revestidas por un mucilago de sabor agridulce de color blanco. El tamaño de las semillas se da a conocer como granos el de cacao, habas, que son exquisitas en materia de almidón, grasa, proteína.

**Sexualidad:** Hermafrodita.

**Raíz:** El sistema esencial está formado por raíces pivotantes que en circunstancias apropiadas logra crecer hasta 2m de profundidad, beneficiando al reciclaje de diversos nutrientes (CONABIO 2010). En sus primeros meses de vida, el árbol exhibe grandes raíces adyacentes a nivel superficial que seguidamente decrece, permaneciendo las de desarrollo formal, que alcanzan distribuirse primordialmente en los primeros 50cm.

Las raíces del árbol cultivadas en suelo franco arcilloso crecieron considerablemente superior que en suelos franco arenoso. Las plantas con un 50% de sombra desarrollaron raíces finales más hondas y las raíces contiguas fueron más voluptuosas en paralelo a una planta bajo sombra del 25% (Mejía 2002).

### **Generalidades del cultivo de cacao**

El cacao es un producto de cuantiosa importancia económica y trascendental en nuestro país, que optimiza la calidad de vida en familias de producción. El Perú, fue catalogado según la Organización Internacional del Cacao (ICCO) como un país en el que se produce un cacao fino y aromático, el cual exporta, alcanzando casi el 36% de la elaboración mundial pertenecientes a este. En el 2012, el cacao ha sido pronunciado como Patrimonio Nacional de la Nación, de esa manera evidenciándose parte de los cultivos más trascendentales del Perú, y en octubre del 2013, ya ha sido pronunciado como producto bandera (BARRUETA, 2013).

### **Metales pesados en plantas agrícolas**

La presencia de metales pesados en altos niveles en aguas y suelos, empleados con propósitos agrícolas se pueden ver reflejados como altamente tóxicos para distintos sembríos de provecho comercial en nuestro país (cacao, cebada, trigo, café, hortalizas, tomate, arroz, etc.). La absorción de metales pesados hecho por las plantas representa el paso número uno hacia la entrada de estos a la cadena alimenticia (Prieto et al., 2014).

En los años recientes se reportó un incremento en la presencia de estos metales en frutos, hortalizas y otras partes comestibles de diversas especies en beneficio comercial; debido a esto, la atención de permanecer pendientes de los efectos contrarios a la acumulación de metales pesados se elevó y la absorción (Valdiviezo, 2002).

Con respecto al cadmio, el Codex constituye una delimitación hacia diferentes alimentos donde cabe mencionar a los cereales, las hortalizas y legumbres (Códex Alimentarius, 1997). De ellas cuyo fruto, es en la coyuntura uno de los bienes con alto pedido en el mercado internacional, estamos hablando del Cacao (*Theobroma cacao L.*). La cual se extrae sutilmente los metales pesados almacenados en suelos y los agrupa dentro de grasosas semillas. Debido a las distintas regiones, el grado de concentración de metales pesados y el tipo de suelo es distinto (Cite Cacao 2011).

### **2.2.3. Cadmio**

El cadmio yace como elemento químico metálico muy suave, de aspecto blanco plateado. Su respectivo número atómico es 48, con el símbolo atómico Cd. Es tan suave que se puede cortar con un cuchillo. El cadmio tiene muchas semejanzas químicas con el zinc, pero es menos reactivo con los ácidos que el zinc. El cadmio es claramente tóxico para muchas variedades de animales, y durante las últimas décadas se ha vuelto familiar para el público principalmente debido a su presencia indeseable en fertilizantes y otros lugares, en lugar de sus aplicaciones industriales positivas. El cadmio metálico rara vez se usa industrialmente en forma pura. (Instituto de Información Mineral, 2010)

#### **Origen del cadmio**

El cadmio se logra producir de dos fuentes diferentes, las cuales son: (Sánchez ,2016)

#### **Fuentes naturales**

El cadmio se localiza en el entorno del medio ambiente comercializado cuantiosamente en la corteza terrestre, cuya existencia promedio es de 0.1mg/Kg, no obstante, su presencia en altos niveles en el suelo es especialmente originada debido a

la contaminación. Constituyente habitual en la mayoría de los compuestos de zinc, quienes logran contener de 0.1-0.3% de cadmio, no obstante, de igual forma logran hallarse en minerales de cobre y plomo en concentraciones mínimas.

La gran cantidad de esparcimiento del cadmio en el medio ambiente es causada debido a la erosión y el desgaste de las rocas, y en seguida ser trasladados a océanos en cantidades magnas; no obstante, la actividad volcánica, así tal como los vulcanismos 34 subterráneos son la más grande fuente natural considerada que libera cadmio hacia la atmósfera.

### **Fuentes antropogénicas**

A mitad del siglo XX, la propagación de cadmio mediante actividades antropogénicas se comenzó a ampliar, preexistiendo las más importantes fuentes de contaminación:

Minería y metalurgia: concentrada en actividades mineras de metales no ferrosos, quienes fuente primordial en la salida de cadmio como subproducto de la producción de zinc, conjuntamente a la profanación logra derivarse desde diferentes procedimientos mineros, así como el drenado de aguas mineras, aguas utilizadas en el proceso de minerales, etc.

Producción y uso de diferentes abonos fosfatados: Debido a la participación de cadmio en abonos, cuyo contenido no es estable y dependiente a la precedencia de rocas utilizadas para su creación.

Industria: Para la fabricación de baterías, cables, cadmios, colorantes, soldaduras, de fusibles, etc.

Distintas fuentes: quema de diversos residuos de madera y plásticos, disposición final de los residuos sólidos, así tal como la deflagración de los combustibles fósiles, etc.



El cadmio y sus diferentes componentes se reparten y se muestran de manera distinta de acuerdo las particularidades del ambiente.

#### **2.2.4. Plomo**

El plomo, número atómico de 82, es un elemento metálico muy blando, gris azulado y se ha manejado desde la antigüedad. Debido a que es tan suave, el plomo generalmente se alea con otros elementos.

El plomo es tóxico. Puede originar daños al sistema digestivo y nervioso, por lo que su uso en algunas aplicaciones ha sido discontinuado. (Instituto de Información Mineral, 2008)

#### **Concentración**

La concentración de la solución es una relación que se encuentra entre la cantidad de soluto o, a veces, de disolvente y la cantidad de disolución, en el cual el soluto se diluye, el solvente es la sustancia que disuelve al soluto, y la disolución es la consecuencia de la mezcla homogénea de las primeras dos. A menor equilibrio de soluto disuelto en el solvente, menor concentración tendrá la solución, y a mayor cantidad más concentrada se encontrará. Una disolución (solución) es una mezcla análoga, a nivel molecular, entre dos o más sustancias. (UAM, Química Física Aplicada, 2015)

#### **2.2.5. Zinc**

El zinc es un elemento químico el cual se encuentra con la simbología Zn y un número atómico 30. Metal muy ligero y fácil de romperse a temperatura ambiente y posee una superficie color azul plata cuando se descarta la oxidación. A parte de ser el primer elemento del grupo 12 (IIB) de la tabla periódica, el zinc es químicamente parecido al magnesio.

El zinc es un metal brillante, de aspecto blanco azulado, diamagnético, sin embargo, como grado comercial más común del metal poseen un acabado mate. Adquiere una estructura hexagonal cristalina y se muestra menos denso que el hierro, con forma distorsionada de empaquetamiento hexagonal cerrado, en el cual cada átomo en su propio plano obtiene seis vecinos más cercanos (a 265,9 pm) y otros seis a distancia mayor. de 290.6 pm. Es quebradizo y duro en la mayoría de las temperaturas, pero se torna flexible a los 100 y 150 ° C. Por arriba de 210 ° C, se torna delicado reiteradamente y pulverizado al ser batido. El zinc es una feria conductora eléctrica. Para un metal, el zinc posee puntos de fusión (419,5 ° C) y de ebullición (907 ° C) correspondientemente bajos. Su punto de fusión es más bajo en comparación con otros metales del bloque d con excepción del cadmio y mercurio; por estas y distintas razones el cadmio, zinc, y mercurio no son considerados comúnmente como metales de transición, así como los metales del bloque d restantes. (Asociación Americana de Galvanizadores, 2008)

#### **2.2.6. Hierro**

Elemento químico de número atómico 26 ubicado en el grupo 8, periodo 4 de la tabla periódica de los elementos químicos. Con la simbología Fe (del latín *fĕrrum*), posee una masa atómica de 55,847 u. (Parry, Robert W. ,1973) (Garritz, Andoni, 1998).

Es un metal maleable presenta propiedades magnéticas; de aspecto grisáceo plateado, es ferromagnético a presión atmosférica y temperatura ambiente. Es considerablemente denso y duro.

Se localiza en el medio ambiente integrando fragmento de minerales cuantiosos, entre los cuales están los óxidos, e insólitamente se halla independiente. Para conseguirlo en estado elemental, tienen que reducirse los óxidos mediante

carbono y en seguida ser sometido a procesos de refinamiento para la eliminación de impurezas existentes.

Es considerado como elemento más pesado, se origina exotérmicamente mediante la fusión, y el más liviano que se ocasiona por medio de fisión, debido a posesión de las más altas energías de enlace por nucleón perteneciente al núcleo (energía requerida para apartar del núcleo un protón o un neutrón); con ello queremos decir que, el núcleo con mayor estabilidad es el del hierro-56 (con 30 neutrones).

Exhibe las distintas maneras estructurales de acuerdo con la presión y temperatura. A presión atmosférica:

Hierro- $\alpha$ : es estable, va incluso hasta los 911 °C. Con sistema de red cúbica cristalina céntrica en el cuerpo (BCC).

Hierro- $\gamma$ : 911-1392 °C; muestra una red céntrica cúbica en las caras (FCC).

Hierro- $\delta$ : 1392-1539 °C; retorna a mostrar una red cúbica céntrica en el cuerpo.

Hierro- $\epsilon$ : Alcanza a estabilizarse a presiones altas, presenta estructura compacta hexagonal (HCP) (Parry, Robert W. ,1973) (Garritz, Andoni, 1998).

### **2.2.7. Cobre**

El cobre es un elemento químico metálico simbolizado con el distintivo de Cu (nombre proveniente del latín cuprum, esta es derivada del griego kypros), poseedor de número atómico 29, que compone la plata, el oro y el roentgenio a la nombrada familia del cobre en los elementos químicos de la Tabla periódica.

El cobre es un resplandeciente metal de transición, de color rojo, conocido como parte de los mejores conductores de electricidad (seguido de la plata). Si a ello añadimos la ductilidad, alta maleabilidad, ligereza y precio accesible, obtendremos uno

de los elementos más aptos en cuanto a la fabricación de diversos artefactos como: piezas electrónicas y eléctricas, y diversos otros dispositivos de usos industriales.

El cobre posee las consiguientes propiedades fisicoquímicas:

- Muestra un brillante color rojo, solo en aleaciones con diversos metales. Este al ser expuesto al aire, se expone como rojo salmón, incluso hasta formarse una capa de óxido cuproso ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) de color violáceo. En conclusión, se logra obscurecerse a medida que va formando óxido cúprico ( $\text{CuO}$ ).
- Presenta gran conductividad eléctrica y térmica, solamente superada por la plata (Ag). Además, asimismo, duro a la oxidación y corrosión. No expresa muy bien a campos magnéticos o fuerzas (es diamagnético).
- Es barato y logra reutilizarse en forma indeterminada. Es sumamente maleable y dúctil, gracias a lo cual alcanza la mecanización y la destreza para hacer hilos o láminas delgadas ya que suele ser un metal suave.
- Cuando se exhibe durante tiempos largos a la humedad, se forma capas impenetrables de carbonato cúprico ( $\text{CuCO}_3$ ), color verdoso, además de ser altamente tóxico. Además, forma una pátina denominada verdín o cardenillo (una combinación de acetatos de cobre) que resulta demasiado venenosa y hábilmente cubre las estatuas.
- A pesar de formar un oligoelemento obligatorio para la vida, el excesivo consumo de cobre logra conducir a la muerte y daños interinos. (Estela,2020)

### **2.2.8. Manganeso**

El manganeso es un elemento químico que se encuentra en cantidades pequeñas en el medio ambiente y concisamente es un metal que es perteneciente al grupo 7 de la tabla periódica,

además popular como parte de la familia del manganeso. Su simbología es Mn y su número atómico el 25. Tiene aspecto negro y un brillo metálico, es similar al hierro y habitualmente forma parte de grandes masas de tierra. Como la mayoría de elementos, fue descubierto en el siglo XVIII y el primer químico que lo aisló fue el sueco Johan Gottlieb Gahn.

Una de las características del manganeso es su versatilidad para formar aleaciones de metales. En la fabricación de acero, el manganeso permite optimizar la firmeza y la robustez de este material. Hay aleaciones con aluminio y con cobre que poseen propiedades magnéticas muy valoradas en la elaboración de alta tecnología. (Editorial Definición MX, 2015).

#### **2.2.9. Geo-referenciación**

Táctica técnico científico mediante la cual detallamos situaciones espaciales de objetos, en un datum y sistema de coordenadas explícito. (Guía para el muestreo de suelos, 2014).

#### **2.2.10. Ecotoxicología**

Los pesticidas y otros contaminantes que constituyen al ambiente natural pueden afectar a las plantas y animales silvestres. La ciencia de estudiar estos efectos se denomina ecotoxicología.

La ecotoxicología es una mezcla de ecología, fisiología, toxicología, química analítica, biología molecular y matemáticas. La ecotoxicología estudia los impactos de los contaminantes, comprendidos los pesticidas, en las personas, las poblaciones, las comunidades naturales y los ecosistemas. Comunidades de seres vivos y los medios en los que viven ecosistemas. Los ecosistemas incluyen estanques, desiertos, ríos, pastizales y bosques, y también pueden verse afectados por pesticidas.

Los ecotoxicólogos asimismo estudian lo que les acontece a los plaguicidas mismos, a dónde van en el medio ambiente,

cuánto perduran y cómo finalmente se quiebran. (Oregon State University, 2011).

### **2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES**

#### **Suelo**

La capa que cubre la superficie de nuestro planeta Tierra se denomina suelo. En él cual la vida de diversos animales y plantas se desarrolla. Esta se encuentra compuesta por restos tales como: sales, seres vivos, aire, arena, agua, minerales, rocas, plantas y diminutos animales. Los organismos que mueren sobre la superficie del suelo son corrompidos por diferentes microorganismos, los cuales se vuelven materia orgánica y a su vez componen al mismo suelo. (Estela,2019)

#### **Estratos del suelo**

Se reconocen cinco horizontes que forman parte del suelo:

Horizonte 0. Se denomina como capa superior del suelo. Está formada de materia orgánica esta se desprende de las plantas, como ramas y hojas. Allí existen y viven diferentes animales e insectos. Horizonte A. Es la capa más productivo y fértil. De un sombrío color, está compuesto de órganos en descomposición o humus y diversos minerales. Horizonte B. Es de color claro, y en esta capa se almacenan arcilla, hidróxidos metálicos, sales y otros óxidos que se extienden del horizonte A. Horizonte C. Aquí los depósitos de materiales no existen tampoco hay remoción, tampoco se deposita la materia orgánica. Horizonte D. Es la más profunda capa del suelo y de la cual se origina. Está formada de las rocas que no sufrieron cambios. Horizonte E. Esta capa es de color claro y se logra localizar en algunos momentos. Posee insuficiente desarrollo luminar. (Estela,2019)

#### **Legislatura ambiental en referencia a la calidad del suelo**

En la legislatura ambiental se procura prever la variación de forma negativa al suelo, que se basa en buenas prácticas ambientales en cada proceso productivo, la cual se tiene el propósito de evadir la contaminación de los recursos naturales. Según el MINAM (2017), en el

Perú, el Modelo de Calidad Ambiental para el suelo – D.S. N° 011-2017, se precisa la congregación o concentración de los parámetros sintéticos, orgánicos y mecánicos en el suelo; en su estado de cuerpo receptor, no representa peligro considerable para bienestar del hombre y al de la naturaleza, luego se deberá comenzar el proceso de remediación de las zonas alteradas, y se han aplicado criterios para una remediación de los suelos alterados, que están presentes en la normativa mencionada. A continuación, se puede estimar la relación de los valores de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo según el Ministerio del Ambiente. MINAM (2017).

Tabla 1: Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo

<b>Usos del suelo</b>				
<b>Parámetros en mg/kg Ps</b>	<b>Suelo Agrícola</b>	<b>Suelo Residencial/ Parques</b>	<b>Suelo Comercial/ Industrial/ Extractivo</b>	<b>Métodos de Ensayo</b>
<b>ORGÁNICOS</b>				
<b>Hidrocarburos aromáticos volátiles</b>				
<b>Benceno</b>	0.03	0.03	0.03	EPA 8260 EPA 8021
<b>Tolueno</b>	0.37	0.37	0.37	EPA 8260 EPA 8021
<b>Etilbenceno</b>	0.082	0.082	0.082	EPA 8260 EPA 8021
<b>Xilenos</b>	11	11	11	EPA 8260 EPA 8021
<b>Hidrocarburos poliaromáticos</b>				
<b>Naftaleno</b>	0.1	0.6	22	EPA 8260 EPA 8021 EPA 8270
<b>Benzo(a) pireno</b>	0.1	0.7	0.7	EPA 8270
<b>Hidrocarburos de Petróleo</b>				
<b>Fracción de Hidrocarburos F1 (C6-C10)</b>	200	200	500	EPA 8015
<b>Fracción de Hidrocarburos F2 (&gt;C10-C28)</b>	1200	1200	5000	EPA 8015
<b>Fracción de Hidrocarburos F3 (&gt;C28-C40)</b>	3000	3000	6000	EPA 8015
<b>Compuestos Organoclorados</b>				
<b>Bifenilos policlorados- PCB</b>	0.5	1.3	33	EPA 8082 EPA 8270
<b>Tetracloroetileno</b>	0.1	0.2	0.5	EPA 8260
<b>Tricloroetileno</b>	0.01	0.01	0.01	EPA 8260
<b>INORGÁNICOS</b>				
<b>Arsénico</b>	50	50	140	EPA 3050 EPA 3051
<b>Bario total</b>	750	500	2 000	EPA 3050 EPA 3051
<b>Cadmio</b>	1.4	10	22	EPA 3050 EPA 3051
<b>Cromo total</b>	**	400	1 000	EPA 3050 EPA 3051
<b>Cromo VI</b>	0.4	0.4	1.4	EPA 3060/ EPA 7199

o



<b>Mercurio</b>	6.6	6.6	24	DIN EN 15192 EPA 7471 EPA 6020 ó 200.8 EPA 3050
<b>Plomo</b>	70	140	800	EPA 3051 EPA 9013 SEMWW- AWWA- WEF 4500 CN F
<b>Cianuro Libre</b>	0.9	0.9	8	o ASTM D7237 y/ó ISO 17690:2015

Fuente: MINAM, 2017

### **Análisis de suelos**

El análisis de suelo es un instrumento que tiene un gran beneficio para determinar complicaciones nutricionales e instaurar diversas propuestas de mejora para la fertilización. Entre una de las ventajas se enfatiza por ser un rápido procedimiento y económico, lo cual facilita el uso considerablemente por muchas empresas y agricultores. La interpretación de los análisis de suelo está basada en estudios de calibración y correlación de la aplicación al nutriente de una cantidad dada con la respuesta de las plantas. El análisis de suelos está determinado bajo la teoría de que está en un “nivel de crisis” en correlación a la forma analítica manejada y a la respuesta del cultivo cuando se utiliza nutrientes absolutos. El desarrollo de la planta se verá afectado de manera positiva o negativa según su concentración. Si el nivel de uno de los nutrientes se ubica por debajo o por encima del nivel crítico. El análisis del suelo hace posible establecer la fertilidad del suelo en grados. Con ayuda de este análisis se proyecta formar el grado de deficiencia o suficiencia de dichos nutrientes de la superficie de suelo, asimismo las desfavorables circunstancias que consiguen dañar a los cultivos, como lo es la excesiva acidez, la toxicidad y la salinidad de unos cuantos elementos. La fertilidad es importante para que el suelo sea

beneficioso, no obstante, cabe decir que no siempre un suelo fértil es productivo, ya que coexisten diferentes componentes de tipo físico como la falta de humedad, la insuficiente profundidad, piedras superficiales, mal drenaje, etc., que logran delimitar la elaboración, aun cuando sea apropiada la productividad del suelo. El grado permitido productivo de un suelo se determina por sus peculiaridades físicas y químicas. (Molina y Meléndez, 2002).

Tabla 2: Interpretación de los análisis de suelos

Cationes y Aniones	Unidades de medida	Clasificación de interpretación de análisis de suelos			
		Bajo	Medio	Optimo	Alto
<b>pH</b>		< 5.0	5.0 – 6.0	6.0 – 7.0	> 7.0
<b>Ca</b>	ppm	< 4.0	4.0 - 6.0	6.0 - 15.0	> 15.0
<b>Mg</b>	ppm	< 1.0	1.0 - 3.0	3.0 – 6.0	> 6.0
<b>K</b>	ppm	< 0.20	0.2.0 – 0.5.0	0.50 – 0.80	> 0.80
<b>Acidez</b>	ppm		0.3 - 1	< 0.30	> 1.0
<b>Sat. Ac.</b>	%		10 - 30.	< 10.0	> 30.0
<b>P</b>	ppm	< 12	12 - 20.	20.0 - 50.0	> 50.0
<b>Fe</b>	ppm	< 5	5 - 10.	10.0 – 50.0	> 50.0
<b>Cu</b>	ppm	< 0.5	0.5 - 1	1.0 - 20.0	> 20.0
<b>Zn</b>	ppm	< 2.0	2 - 3.	3.0 - 10.0	> 10.0
<b>Mn</b>	ppm	< 5	5 - 10.	10.0 - 50.0	> 50.0
<b>B</b>	ppm	< 0.2	0.2 – 0.5	0.50 - 1.0	> 1.0
<b>S</b>	ppm	< 12	12 - 20.	20 – 50	> 50.0
<b>M.O</b>	%	< 2	2 - 5.	05-10.	> 10.0
<b>Ca/Mg</b>				2 – 5	
<b>Ca/K</b>				5 – 25	
<b>Mg/K</b>				2.5 – 15	
<b>(Ca+Mg)/K</b>				10 - 40.	

Fuente: Molina y Melendez,2002

## **Técnica de muestreo**

La técnica de muestreo es un procedimiento donde se toman muestras específicas que nos permitirá caracterizar la superficie del suelo, la muestra tiene que ser precisa como parte característica que exhibe similitudes del material que está como objeto de estudio y las muestras posteriormente analizadas en el laboratorio, se establecen las muestras designadas para ser aplicadas con respecto a los propósitos planteados. Esta técnica depende del muestreo a emplear, entre otros como: las condiciones geológicas, edáficas, hidrogeológicas, y meteorológicas en el lugar de estudio el objetivo de estudio, la accesibilidad y profundidad de contaminación en el estudio y los requerimientos analíticos concerniente a calidad y cantidad del muestreo. (Guía para el muestreo de suelos, 2014).

## **Punto de muestreo**

Es el área o punto determinado del suelo en el cual se tomarán las muestras, sean profundas o superficiales. (Guía para el muestreo de suelos, 2014)

## **Muestra superficial**

Estas se dan con una profundidad de 1 metro aproximadamente y mediante el cual se consiguen emplear exploraciones manuales. El sistema es correspondientemente eficaz de usar, sencillo y económico, siendo muy diminuta la proporción de superficie de suelo que se consigue mediante la extracción por esta técnica. (Guía para el muestreo de suelos, 2014)

## **Muestreo aleatorio**

Patrón muy irregular. De los que se emplean en métodos estadísticos. Los cuales se escogen aleatoriamente, mediante programas o tablas estadísticas, no necesariamente utilizando los antecedentes del lugar ni la distribución de instalaciones. Dicho patrón no establece ninguna lógica. Por lo que puede quedar borrones de contaminación en los distintos espacios vacíos y estas suelen pasar

como descuidadas en lo que dura el muestreo. (Guía para el muestreo de suelos, 2014).

### **Muestreo aleatorio simple**

El muestreo aleatorio simple se recomienda para aquellas áreas homogéneas que tienen menos de 5 hectáreas, limitadas por referencias perceptibles a lo ancho y largo de la extensión del terreno. Se establece a admitir las combinaciones que sean posibles en los puntos de muestreo. Los puntos de muestreo se tienen que enumerar en planos cartesianos ( $X_i, Y_j$ ). La selección de estos, se tiene que realizar mediante una tabla de números al azar lo que da mayor garantía a cada punto a tener la misma posibilidad de ser escogido. Los patrones de muestreo, en pocas palabras, hace referencia a las distintas maneras en las que se logra repartir dichos puntos de muestreo. (Guía para el muestreo de suelos, 2014)

### **Metal pesado**

Es cualquiera de una serie de elementos. Un metal pesado es aquel que presenta propiedades metálicas, que incluyen los lantánidos actínidos de los metales de transición, asimismo como los metaloides Arsénico y Antimonio. Típicamente, el término se refiere a elementos de número atómico 21 o superior (p. Ej., Escandio o superior). El término metal pesado surgió principalmente con discusiones sobre contaminantes descargados al medio ambiente en forma de aire, agua o contaminantes del suelo. Si bien muchos metales pesados tienen una toxicidad considerable, se considera que otros no poseen propiedades tóxicas significativas y, de hecho, varios de estos elementos incluyen zinc, hierro, cobre y cromo. Y el cobalto son necesarios para la función metabólica de una gran clase de organismos. No obstante, algunos metales pesados son micronutrientes esenciales para plantas, animales, y muchos microorganismos, dependiendo de la ruta y la dosis, todos los metales pesados manifiestan efectos tóxicos en los organismos vivos. (C. Michael Hogan. ,2010)

## **Eisenia Foetida**

La lombriz roja o de tierra (*Eisenia foetida*) del género Eisenia, es una especie de lombriz de tierra, del orden de los haplotáxidos, perteneciente a la familia Lumbricidae, perteneciente al mismo tiempo a la especie de los oligoquetos. Es hermafrodita a medias (tiene ambos sexos, pero para reproducirse necesita aparearse). Logran alcanzar casi 160 segmentos y su color se debe a una pigmentación rojo púrpura situada a nivel subepidérmico. (Savigny, 1826)

## **2.4. HIPÓTESIS**

### **Hipótesis General**

Ha: La densidad poblacional del bioindicador (*Eisenia foetida*) influye en la presencia de cadmio y plomo en el suelo empleado para cultivos de cacao (*Teobroma cacao*), Huamalies, Huánuco, 2020.

Ho: La densidad poblacional del bioindicador (*Eisenia foetida*) no influye en la presencia de cadmio y plomo en el suelo empleado para cultivos de cacao (*Teobroma cacao*), Huamalies, Huánuco, 2020.

### **Hipótesis Específicas**

Ha1: La concentración de cadmio encontrado en el suelo es óptima en el suelo empleado para cultivos de cacao (*Teobroma cacao*), Huamalies, Huánuco, 2020.

Ho1: La concentración de cadmio encontrado en el suelo no es óptima en el suelo empleado para cultivos de cacao (*Teobroma cacao*), Huamalies, Huánuco, 2020.

Ha2: La concentración de plomo encontrado en el suelo es óptima en el suelo empleado para cultivos de cacao (*Teobroma cacao*), Huamalies, Huánuco, 2020.

Ho2: La concentración de plomo encontrado en el suelo no es óptima en el suelo empleado para cultivos de cacao (*Teobroma cacao*), Huamalies, Huánuco, 2020.

## **2.5. VARIABLES**

### **2.5.1. Variable independiente:**

Bioindicador (*Eisenia foetida*).

### **2.5.2. Variable dependiente:**

Concentración de Cadmio y Plomo.

## 2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

“EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL CADMIO Y PLOMO DISPONIBLE EN EL SUELO SOBRE LA DENSIDAD DEL BIOINDICADOR (*Eisenia foetida*) EN LOS CULTIVOS DE CACAO (*Theobroma cacao*), HUAMALIES, HUÁNUCO – 2020”.

Variable Independiente	Definición Conceptual	Indicadores	Unidad de medida	Tipo de variable
Bioindicador <i>Eisenia foetida</i>	La lombriz roja o de tierra ( <i>Eisenia foetida</i> ) del género Eisenia, es una especie de lombriz de tierra, del orden de los haplotáxidos, perteneciente a la familia Lumbricidae, perteneciente al mismo tiempo a la subclase de los oligoquetos.	Cantidad de <i>Eisenia Foétida</i>	Número de lombrices de tierra	Numérica discreta
Variable dependiente	Definición Conceptual	Indicadores	Unidad de medida	Tipo de variable
Concentración de cadmio y plomo	<p><b>Plomo</b></p> <p>El plomo, número atómico de 82, es un elemento metálico muy blando, gris azulado y se ha manejado desde la antigüedad. Debido a que es tan suave, el plomo generalmente se alea con otros elementos.</p> <p><b>Cadmio</b></p> <p>El cadmio yace un metálico elemento químico muy suave, aspecto blanco plateado. Su respectivo número atómico es 48, con el símbolo atómico Cd.</p>	<p>Concentración de Cadmio</p> <p>Concentración de Plomo</p>	<p>ppm</p> <p>ppm</p>	Numérica continua

Tesista: Bach.Cuyubamba Meza, Jhajaira D´yanara

## CAPÍTULO III

### 3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Según intervención del investigador: Sin intervención, porque no se modifica la realidad, solo es observada. Según la cantidad de variables: Analítica, puesto que se tiene en cuenta un análisis multivariado de los datos. Según planificación de las mediciones: Prospectiva, porque en la presente investigación se usan datos primarios. De acuerdo con el número de medidas de la variable al estudio: Transversal, ya que se utiliza una medición de variable analítica de estudio. Según el análisis estadístico: el estudio es cuantitativo, porque existe la necesidad de análisis estadístico. (Supo, 2014).

##### 3.1.1. Enfoque

En esta investigación utilice el método o enfoque mixto que significa un ligado de procesos críticos, prácticos y sistemáticos de investigación, que implica el análisis y recolección de datos cuantitativos y cualitativos, así como integración y discusión conjunta, para realización de inferencias, resultado de la información alcanzada y así obtener mayor conocimiento del fenómeno estudiado (Hernández - Sampieri y Mendoza, 2008).

##### 3.1.2. Alcance o nivel

El presente estudio concierne al nivel de investigación Explicativo. Los estudios de nivel Explicativo tienen como intención evaluar la causalidad de una variable sobre la otra. (Supo, 2014). Se hace uso de una variable tal el bioindicador (*Eisenia foetida*) para evaluar su influencia en la concentración de Cadmio y Plomo del suelo de cultivo de cacao.



### 3.1.3. Diseño

El presente estudio posee un diseño de investigación sin intervención, Prospectivo, Transversal y Analítico. (Supo, 2014). El siguiente esquema ilustra de manera simple el diseño considerado en la muestra:

OX → OY

Ox Observación de la Variable X

Oy Observación de la Variable Y

## 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

### 3.2.1. Población

La población de estudio está constituida por todas las lombrices de tierra (*Eisenia foetida*) presentes en 1 hectárea de cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) ubicado en el Centro Poblado de Manchuria, Distrito de Monzón, Provincia de Huamalíes, Departamento de Huánuco. La población de estudio puede ser con o sin marco maestral de estudio, asimismo, la población de estudio puede estar conformada por sujetos u objetos (Supo, 2014).

La ubicación geográfica de la población de estudio se precisa en el siguiente cuadro.

Tabla 3: Cuadro de ubicación geográfica de la población de estudio.

<b>Distrito:</b>	<b>Monzón</b>
<b>Provincia:</b>	Huamalíes
<b>Región:</b>	Huánuco
<b>Latitud Sur:</b>	9° 12' 32.4" S (-9.20899151000)
<b>Longitud Oeste:</b>	76° 9' 53.2" W (-76.16477175000)
<b>Altitud:</b>	734 msnm

Fuente: Cuyubamba, 2020

### 3.2.2. Muestra

La muestra es obtenida de la población. El que se encuentra conformada por las lombrices de tierra (*Eisenia foetida*) presentes en 5 metros cuadrados de terreno empleado para cultivos de cacao (*Theobroma cacao*). En cada metro cuadrado se preparó una pequeña calicata, cuyas medidas son de 1m x 1m con una profundidad de 25 - 30 cm.

### 3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Tabla 4: Técnicas e Instrumentos para la recolección de datos

<b>Variables</b>	<b>Técnica de recolección de datos</b>	<b>Instrumento / Recurso de Medición</b>
Bioindicador ( <i>Eisenia foetida</i> )	Observación	Conteo de Lombrices
Concentración de Plomo y cadmio	Observación	Equipo de Absorción atómica

Fuente: Cuyubamba, 2020

#### 3.3.1. Lugar de ejecución

El presente proyecto de investigación fue realizado en el Centro Poblado de Manchuria, que se encuentra ubicado en la Carretera Tingo María Monzón Km. 32, distrito de Monzón, provincia de Huamalies, departamento de Huánuco,

#### 3.3.2. Características climatológicas

El Centro Poblado de Manchuria según el sistema de clasificación de climas Thornthwaite y en función a las diferentes estaciones meteorológicas que se encuentran dentro de la provincia de Monzón, la zonificación ecológica y económica ha establecido nueve tipos de clima.

El Centro Poblado de Manchuria se caracteriza por ser Húmedo y semi cálido, no presenta déficit de agua en meses secos.

En promedio la temperatura anual es elevada, con un régimen alto de los valores entre meses veraniegos (de enero a marzo) y atenuantes dentro de los meses de otoño y primavera (de abril a noviembre). Las precipitaciones son altas entre enero y marzo, y bajas entre julio y agosto. Asimismo, destaca dos periodos, bien diferenciados durante el año: uno invernal con precipitaciones escasas; y, otro lluvioso bochornoso (que llueve en el verano).

### **Temperatura**

La temperatura está sujeta a distintos componentes tal como: latitud, altitud, estacionales, topográficos, entre otros. El Centro Poblado de Manchuria muestra una temperatura anual de 25°C, la que cambia acorde a los diferentes microclimas y pisos ecológicos que ostenta la geografía local.

### **Precipitación**

Las lluvias están constantes durante todo el año, principalmente en temporadas húmedas. El promedio anual de la precipitación analizada en los últimos 20 años consigue los 3362.51 mm anuales; la precipitación mensual máxima se registró en el mes de Diciembre (1997) alcanzando los 741.80 mm, y la precipitación mensual mínima concierne al mes de julio (2011) con 11.3 mm. El año donde se registró la máxima precipitación anual fue el 2002 obteniendo los 3888.4 mm anuales.

### **3.3.3. Materiales y equipos**

#### **Materiales de campo**

Los materiales que utilice en los trabajos de campo fueron: machete, balanza electrónica, bolsas de polietileno, Pala y wincha.

## **Equipos**

Los equipos que utilice fueron el GPS, Cámara digital y como medio de transporte motocicletas y auto.

### **3.3.4. ETAPAS**

Se consideró las siguientes actividades:

#### **PRIMERA ETAPA**

##### **Evaluación del suelo**

Se realizó un reconocimiento del suelo empleado para cultivos de cacao (*Teobroma cacao*). Esta área de trabajo en el cual se dio a cabo el estudio, se encuentra ubicado en el Centro Poblado de Manchuria, Distrito de Monzón, Provincia de Huamalíes, Departamento de Huánuco.

La zona se georreferencio debidamente en las cuales se trabajaron en el programa de ArcGIS para su respectiva localización.

##### **Evaluación del bioindicador (*Eisenia foetida*)**

Se realizó el reconocimiento del suelo y a su vez la veracidad de la existencia de los bioindicadores en el suelo empleado para cultivos de cacao.

#### **SEGUNDA ETAPA**

##### **Evaluación de campo**

Se eligió una parcela de la extensa área en la cual elabore 5 calicatas pequeñas con una profundidad de 25 - 30 cm con medidas de 1m x 1m.

Las calicatas se realizaron al azar en el área de estudio de las cuales se recolecto muestras superficiales ya que la profundidad de las calicatas era menos de un metro, aquí se pudo aplicar el sondeo manual.

Este sistema fue fácil, de precios accesibles, la cantidad de suelo extraído es poca con esta técnica.

Tabla 5: Profundidad de muestreo según el uso de suelo

<b>USO DE SUELO</b>	<b>PROFUNDIDAD DEL MUESTREO (CAPAS)</b>
<b>Suelo Agrícola</b>	0 – 30 cm
	30 – 60 cm
<b>Suelo Residencial/Parques</b>	0 – 10 cm
	10 – 30 cm
<b>Suelo Comercial/Industrial/Extractivo</b>	0 – 10 cm

Fuente: Guía para el muestreo de suelos, 2014

Para la muestra de suelo se aplicó el muestreo aleatorio simple este tipo de muestra se realiza en áreas menores a 5 hectáreas la principal característica de este muestreo es permitir todos los puntos posibles de muestreo en este caso se realizaron 5 puntos de muestro.

Para la muestra de bioindicadores se aplicó el muestreo aleatorio con respecto a la ubicación de los 5 puntos de muestreo de las que se extrajeron una cantidad de lombrices de tierra (*Eisenia foetida*) para su análisis.

Los muestreos estadísticos están referidos a este tipo de muestreo con distribución aleatoria. Los puntos de muestreo se escogen al azar, este patrón es irregular.

Así mismo, las calicatas realizadas en el área de estudio y también fueron georreferenciadas con coordenadas UTM las cuales fueron ubicadas con el programa GOOGLE EART para su respectiva ubicación.

## TERCERA ETAPA

### Metodología de evaluación

Con un pico, barrena o machete se removió el perfil del suelo el cual nos mostró el primer horizonte O donde se encuentra la materia orgánica del suelo.

Se pasó a medir con una wincha de 10 metros la calicata de 1m x 1m a una profundidad de 30 cm y luego para su posterior cuarteo.

Cuando la muestra del suelo extraído es de gran volumen recurrimos a cuartear la mezcla y volver a realizar el proceso hasta obtener la cantidad necesaria del material a analizar en este caso 1 kg de suelo agrícola por calicata.

Una vez obtenido  $\frac{1}{4}$  de la muestra procedimos a pesar la cantidad de material necesario.

Posteriormente, se recolecto de manera manual aproximadamente de 23 a 35 lombrices de tierra (*Eisenia foetida*) con una profundidad de 10 cm de cada calicata. (Ver anexo 3)

Tabla 6: Cantidad de lombrices tierra por calicata

CALICATA	CANTIDAD DE LOMBRIZ DE TIERRA / CALICATA.
1	25
2	35
3	23
4	32
5	34

Fuente: Cuyubamba, 2020

El parámetro a analizar son metales pesados para el cual, el tipo de recipiente son bolsas de polietileno densa y no contaba con ninguna restricción ni temperatura, ni en tiempo máximo de conservación.

Tabla 7: Recipientes, temperatura de preservación y tiempo de conservación de muestras ambientales para los análisis correspondientes.

<b>Parámetro</b>	<b>Tipo de recipiente</b>	<b>Temperatura de Preservación</b>	<b>Tiempo máximo De conservación</b>
<b>Compuestos Orgánicos Volátiles COV's. BTEX.</b>			
<b>Hidrocarburos Fracción Ligera</b>	Frasco de vidrio boca ancha, con tapa y sello de teflón.	4° C.	14 días.
<b>Hidrocarburos Fracción Media</b>			
<b>Hidrocarburos Fracción Pesada</b>			
<b>Compuestos Orgánicos Semivolátiles COSV's y Plaguicidas.</b>			
<b>Metales Pesados y Metaloides.</b>	Bolsas de polietileno densa.	Sin restricción es.	Sin restricciones.
<b>Mercurio (Hg).</b>	Frasco de vidrio con tapa de teflón que asegure la integridad de las muestras hasta su análisis.	4° C.	14 días.
<b>PCB.</b>	Viales de vidrio con cierre de Teflón	4° C.	14 días.
<b>PAH.</b>	Viales de vidrio con cierre de Teflón	4° C.	14 días.

Fuente: Guía para el muestreo de suelos, 2014

## **CUARTA ETAPA**

### **Preparación de muestras y envío a laboratorio.**

Luego, se puso en práctica el muestreo de suelo para poder adquirir 1kg de este para su posterior análisis físico y químico.

Utilice bolsas de polietileno densa para recoger las muestras.

Hojas de papel o marcadores para identificar las muestras.

Una vez recolectado los 1 kg de suelo y de 25gr a 45 gr de lombrices de tierra por cada calicata elaborada cada uno con su respectivo código y puestos en sobres manila, se procedió a hacer él envío de las muestras hacia el laboratorio de análisis de suelo de la Universidad Agraria de la Selva, donde se efectuó un análisis de metales pesados para establecer el contenido de cadmio y plomo entre otros metales mediante un análisis especial.



## CAPÍTULO IV

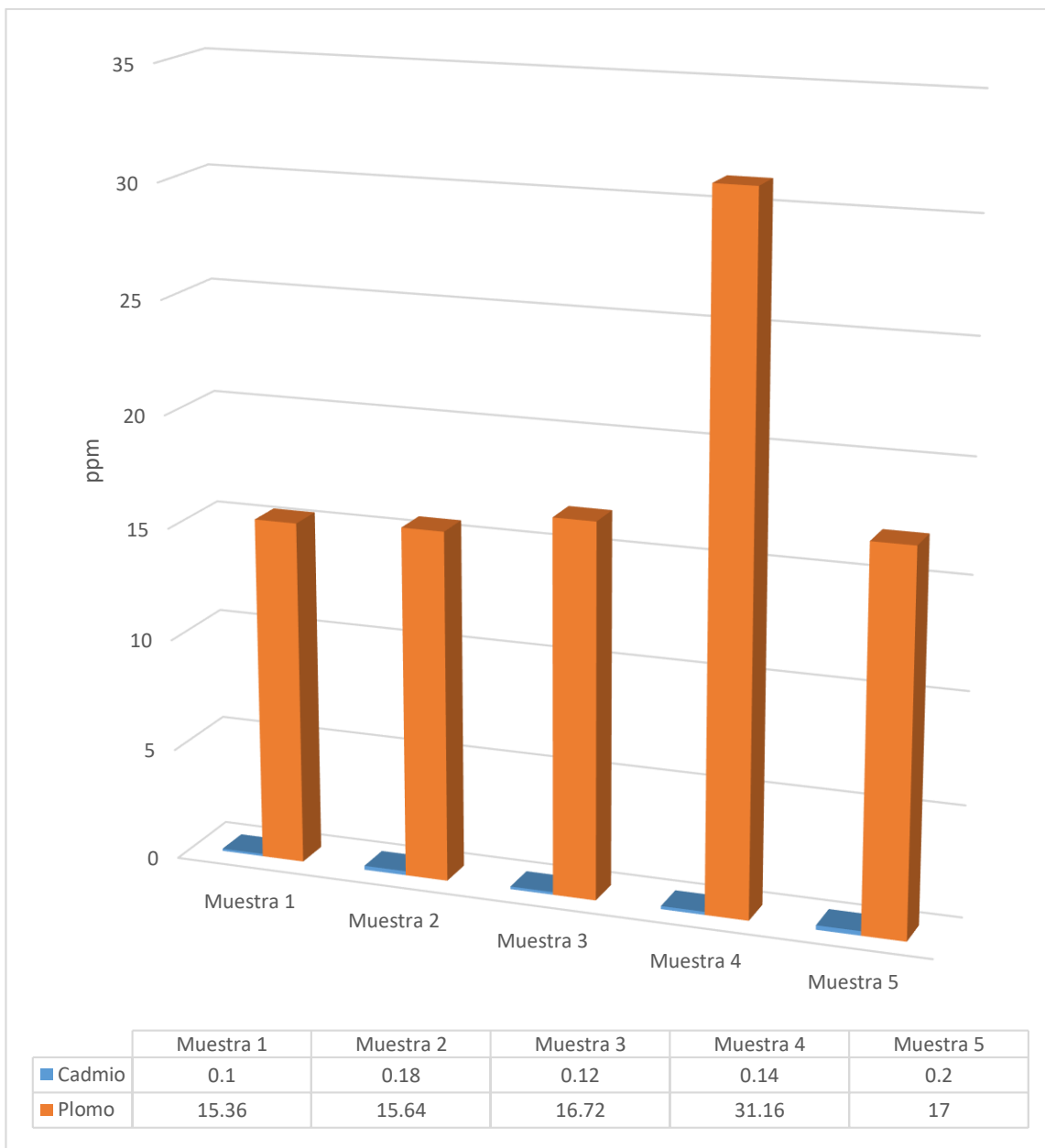
### 4. RESULTADOS

#### 4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS

Tabla 8: Concentración de Cadmio y Plomo presente en el suelo empleado para cultivos de cacao (*Teobroma cacao*), Huamalíes, Huánuco, 2020.

UNIDAD DE OBSERVACIÓN	CD (PPM)	PLOMO (PPM)
1	0,10	15,36
2	0,18	15,64
3	0,12	16,72
4	0,14	31,16
5	0,20	17
Promedio	0,15	19,2
Error estándar	0,02	3,0
N.C. 95% Límite Inf.	0,11	13,3
N.C. 95% Límite Sup.	0,18	25,1

Fuente: Datos recopilados a partir de las muestras de suelo procedentes del laboratorio de análisis de suelos, agua y ecotoxicología de la Universidad Agraria de la Selva.



Fuente: Cuyubamba, 2020

**Grafico 1: Concentración de Cadmio y Plomo absorción por muestra de suelo**

Se ha encontrado que, el promedio de Cadmio presente en el suelo empleado para cultivos de cacao (*Teobroma cacao*), tiene un promedio que lo identifica dentro de los límites establecidos y lo cual no representan un riesgo significativo, ni para el medio ambiente, ni para la salud de las personas, según Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM .- Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo.

Tabla 9: Concentración de Cadmio que absorben los bioindicadores (*Eisenia foetida*) del suelo empleado para cultivos de cacao (*Theobroma cacao*), Huamalíes, Huánuco, 2020.

Unidad de observación	Cd (ppm)	Lombrices	Cd / Lombriz
1	2,57	25,0	0,10
2	4,95	35,0	0,14
3	1,97	23,0	0,09
4	0,33	32,0	0,01
5	1,70	34,0	0,05
Promedio	2,30	29,8	0,08
Error estándar	0,76	2,4	0,02
N.C. 95% Límite Inf.	1,09	20,2	0,06
N.C. 95% Límite Sup.	3,79	34,6	0,12

Fuente: Datos recopilados a partir de las muestras de suelo procedentes del laboratorio de análisis de suelos, agua y ecotoxicología de la UNAS.

Se ha encontrado que, en promedio, la lombriz de tierra (*Eisenia foetida*) posee en su organismo 0.08 ppm de Cadmio, estimándose un intervalo desde 0.06 a 0.12 ppm de Cadmio, con un nivel de confianza del 95%. Según la tabla 8, en el suelo se tiene 0.15 ppm de Cadmio en promedio, con un intervalo de 0.11 a 0.18 ppm.

En cada unidad de observación se ha encontrado un promedio de 29.8 lombrices de tierra.

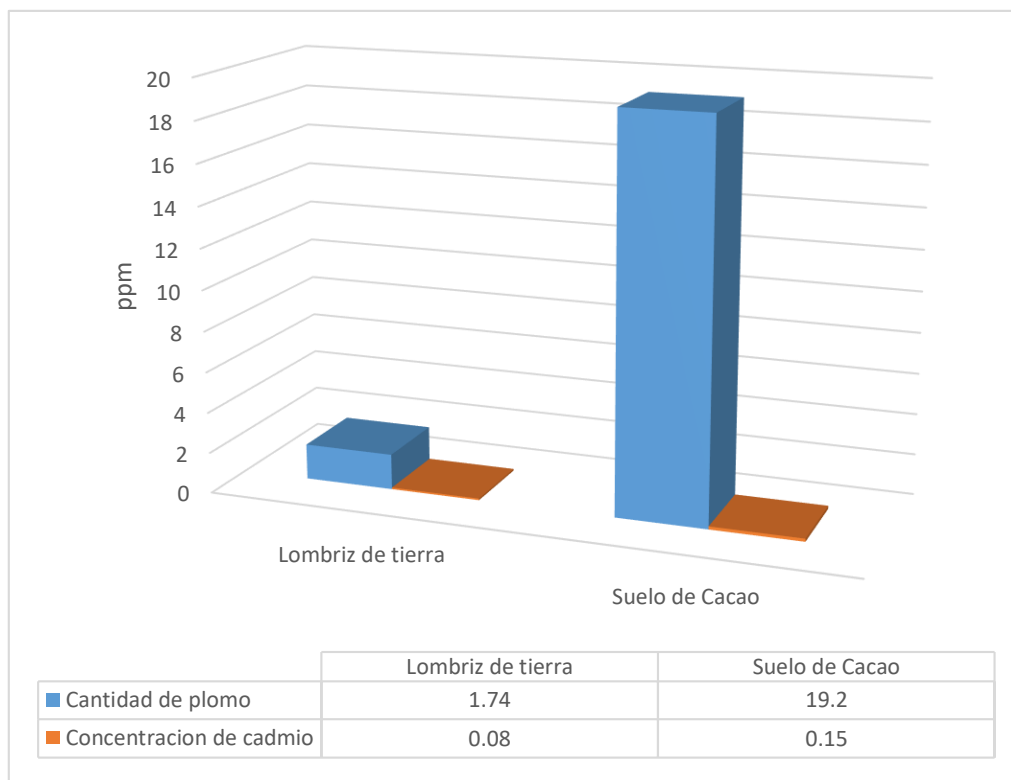
Tabla 10: Concentración de Plomo que absorben los bioindicadores (*Eisenia foetida*) del suelo empleado para cultivos de cacao (*Theobroma cacao*), Huamalíes, Huánuco, 2020.

Unidad de observación	Pb (ppm)	Lombrices	Pb / Lombriz
1	77,85	25,0	3,11
2	85,33	35,0	2,44
3	44,13	23,0	1,92
4	13,17	32,0	0,41
5	27,48	34,0	0,81
Promedio	49,59	29,8	1,74
Error estándar	14,00	2,4	0,50
N.C. 95%	50,41	20,2	2,13
Límite Inf.			
N.C. 95%	77,04	34,6	2,72
Límite Sup.			

Fuente: Datos recopilados a partir de las muestras de suelo procedentes del laboratorio de análisis de suelos, agua y ecotoxicología de la UNAS

Se ha encontrado que, en promedio, la lombriz de tierra (*Eisenia foetida*) posee en su organismo 1.74 ppm de Plomo, estimándose un intervalo desde 2.13 a 2.72 ppm de Plomo, con un nivel de confianza del 95%. Según la tabla 8, en el suelo se tiene 19.2 ppm de Plomo en promedio, con un intervalo de 13.3 a 25.1 ppm

En cada unidad de observación se ha encontrado un promedio de 29.8 lombrices de tierra.



Fuente: Cuyubamba, 2020

**Gráfico 2: Concentración de Plomo y Cadmio absorbido por el bioindicador y el suelo**

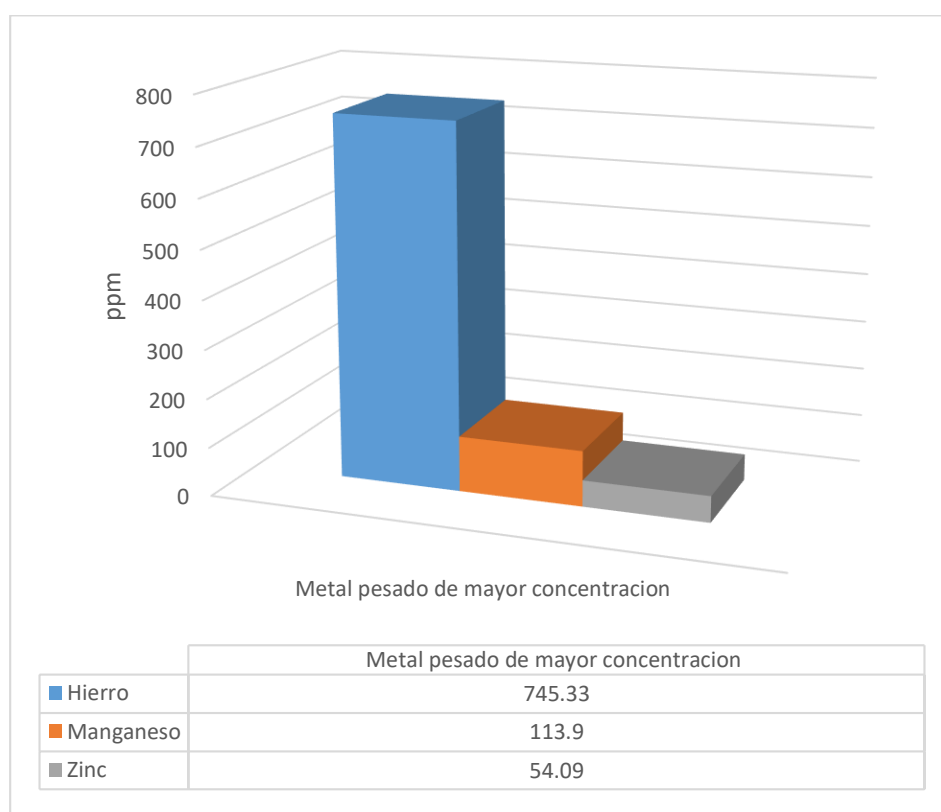
Tabla 11 : Concentración de metales encontrados en el suelo empleado para cultivos de cacao (*Teobroma cacao*), Huamalíes, Huánuco, 2020.

Unidad de observación	Zn (ppm)	Mn (ppm)	Fe (ppm)	Cu (ppm)
1	55,44	75	759,64	3,68
2	55	60,44	722,4	3,56
3	46,48	77,04	652,16	3
4	64,36	245,84	913,64	5,88
5	49,16	111,24	678,8	3,32
Promedio	54,09	113,9	745,33	3,9
Error estándar	3,08	34,0	45,92	0,5
N.C. 95%	48,04	47,2	655,33	2,9
Límite Inf.				
N.C. 95%	60.14	180.6	835.33	4.9
Límite Sup.				

Fuente: Datos recopilados a partir de las muestras de suelo procedentes del laboratorio de análisis de suelos, agua y ecotoxicología de la UNAS

Se ha encontrado que, en promedio, el Hierro (745,33 ppm) y Manganeseo (113,9 ppm) son metales con más presencia en el suelo estudiado; comparado con los estándares de clasificación de interpretación de análisis de suelos, esta cantidad es considerada alta con respecto a la interpretación de los análisis de suelos que muestra el grado de potencial productivo del suelo determinado por sus características físicas y químicas. (Molina y Meléndez, 2002).

Se ha encontrado que, en promedio, el Zinc (54,09 ppm) es el tercer metal con más presencia en el suelo estudiado; comparado con los estándares de clasificación de interpretación de análisis de suelos, esta cantidad es considerada alta con respecto a la interpretación de los análisis de suelos que muestra el grado productivo y potencial de un suelo que se encuentra determinado por sus características químicas y físicas. (Molina y Meléndez, 2002).



Fuente: Cuyubamba, 2020

**Gráfico 3: Otros metales pesados encontrados en el suelo**

Tabla 12: Prueba de Kolmogorov-Smirnov para evaluar la normalidad de los datos: Densidad poblacional de lombrices, Concentración de Cadmio y Concentración de Plomo:

		LOMBRICES	CADMIO	PLOMO
N		5	5	5
Parámetros normales <sup>a,b</sup>	Media	29,80	0,1480	19,1760
	Desviación estándar	5,449	0,04147	6,73514
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0,257	0,180	0,427
	Positivo	0,211	0,176	0,427
	Negativo	-0,257	-0,180	-0,285
Estadístico de prueba		0,257	0,180	0,427
Sig. asintótica (bilateral)		<b>0,200<sup>c,d</sup></b>	<b>0,200<sup>c,d</sup></b>	<b>0,003<sup>c</sup></b>

a. La distribución de prueba es normal.

b. Se calcula a partir de datos.

c. Corrección de significación de Lilliefors.

d. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

Fuente: Cuyubamba, 2020

La prueba de normalidad nos indica que, con un nivel de significancia del 95% podemos emplear procedimientos estadísticos paramétricos para la densidad poblacional de las lombrices con la concentración de Cadmio, pero en la evaluación de la densidad poblacional de la lombriz de tierra con la concentración de Plomo, se empleará una prueba no paramétrica, ello en virtud de que se obtuvo una significancia asintótica bilateral mayor a 0.05 (5%) para el primer caso y menor a 0.05 en la Concentración del Plomo. El procedimiento estadístico paramétrico que se ajusta a esta necesidad corresponde a la Correlación de Pearson y el no paramétrico el Chi Cuadrado de Independencia.

## 4.2 CONTRASTACIÓN DE LAS HIPÓTESIS

A continuación, se plantea el desarrollo de la contrastación de hipótesis, teniendo en cuenta un nivel de confianza del 5% y eligiendo el procedimiento estadístico de la Correlación de Pearson para evaluar si existe dependencia entre la densidad poblacional y la concentración de Cadmio.

H0: La densidad poblacional del bioindicador (*Eisenia foetida*) no influye de manera inversa en la concentración de Cadmio en los suelos empleados para cultivos de cacao (*Teobroma cacao*), Huamalíes, Huánuco, 2020.

**H1: La densidad poblacional del bioindicador (*Eisenia foetida*) influye de manera inversa en la concentración de Cadmio en el suelo empleado para cultivos de cacao (*Teobroma cacao*), Huamalíes, Huánuco, 2020.**

Prueba de hipótesis de la Correlación de Pearson para analizar la dependencia que existe entre la densidad poblacional de lombrices que influyen en la concentración de Cadmio en el suelo empleado para cultivos de cacao.

Tabla 13: Correlaciones

		Lombrices	Cadmio
Lombrices	Correlación de Pearson	1	0,872
	Sig. (unilateral)		0,027
	N	5	5
Cadmio	Correlación de Pearson	0,872	1
	Sig. (unilateral)	0,027	
	N	5	5

\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (unilateral).

Fuente: Cuyubamba, 2020



En base al p-valor obtenido en la tabla 13, teniendo en cuenta un nivel de significancia de 5% (0.05) se acepta la hipótesis alterna, que muestra que, existe influencia de la densidad poblacional de las lombrices sobre la concentración de Cadmio en el suelo empleado para cultivos de cacao (p-valor=0.027).

A continuación, se plantea el desarrollo de la contrastación de hipótesis, teniendo en cuenta un nivel de significancia del 5% y eligiendo el procedimiento estadístico del Chi cuadrado de Independencia para evaluar si existe dependencia entre la densidad poblacional y la concentración de Plomo.

**H0: La densidad poblacional de lombrices no influye en la concentración de Plomo en el suelo empleado para cultivos de cacao (*Teobroma cacao*), Huamalíes, Huánuco, 2020.**

H1: La densidad poblacional de lombrices influye en la concentración de Plomo en el suelo empleado para cultivos de cacao (*Teobroma cacao*), Huamalíes, Huánuco, 2020.

Prueba de hipótesis del Chi cuadrado de Independencia para evaluar la dependencia que existe entre la densidad poblacional de lombrices influye en la concentración de Plomo en el suelo empleado para cultivos de cacao.

Tabla 14: Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	20,000 <sup>a</sup>	16	0,220
Razón de verosimilitud	16,094	16	0,446
Asociación lineal por lineal	0,213	1	0,645
N de casos válidos	5		

a. 25 casillas (100,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 20.

Fuente: Cuyubamba, 2020

En base al p-valor obtenido en la tabla 14, teniendo en cuenta un nivel de significancia de 5% (0.05) se acepta la hipótesis nula, que indica que, no existe influencia de la densidad poblacional de las lombrices sobre la concentración de Plomo que se encuentra en el suelo empleado para cultivos de cacao (p-valor=0.22).

## CAPITULO V

### 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 5.1 CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Las muestras de suelo analizadas presentaron condiciones físico químicas aceptables para el suelo empleado para cultivos de cacao. Las concentraciones en promedio de cadmio y plomo presente en el suelo fueron de 0,15ppm y 19,2ppm, respectivamente el criterio determinado para establecer si el suelo agrícola presenta contaminación debido a metales pesados está señalado en Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM. - Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo.

En la relación de las muestras de suelo resalta significativamente la presencia de hierro, zinc y manganeso en comparación con el análisis de interpretación de suelos (Molina Y Melendez, 2002).

Se ha encontrado que la densidad poblacional de las lombrices de tierra (*Eisenia foetida*) tiene influencia inversa sobre la concentración de cadmio en el suelo empleado para cultivos de cacao (*Teobroma cacao*) pero no se ha encontrado que la misma presencia de la densidad poblacional de las lombrices tenga la misma influencia sobre el Plomo.

Los resultados del presente estudio coinciden en cierta manera con la investigación de Arévalo (2016) en su Tesis: “Metales pesados en suelos de plantaciones de cacao (*Teobroma cacao*) en tres regiones del Perú”, Instituto de Cultivos Tropicales, (ICT), Tarapoto, Perú. Los valores físico químicos para el suelo de cultivo de cacao estuvieron dentro de los parámetros establecidos, pero a diferencia del manganeso y el zinc los resultados fueron mayores con respecto al análisis de la interpretación de suelos con excepción que los resultados fueron obtenidos de la zona sur y la presente investigación se dio en la zona central.

Los resultados del presente estudio de igual manera coinciden con la investigación de Ramírez (2018) Tesis: “Determinación de Niveles de concentración de Cadmio (Cd) en hojas de Cacao (*Teobroma cacao* L.)

cultivado bajo tres sistemas de manejo en San Alejandro - Distrito de Irazola - Provincia de Padre Abad – Departamento de Ucayali”, Universidad Nacional de Ucayali, Pucallpa, Perú. Las parcelas tomadas como muestra de estudio y estas proyectaron diferencias notables significativas entre ellas como es el caso de la muestra de suelo y de lombrices de tierra de la presente investigación en la cual los datos obtenidos se diferenciaban una de otra calicata.

Los resultados del presente estudio se dan de igual manera con la investigación de Gonzales (2017) Tesis: “Evaluación de la distribución del cadmio en el suelo y en la raíz de la planta de cacao en Pucayacu, Huánuco 2017”, Universidad César Vallejo, Lima, Perú. En ambos estudios como muestra de estudio de investigación se realizaron 5 calicatas, pero los análisis difieren con los valores adquiridos en la presente investigación. El cadmio como metal pesado encontrado en los suelos de Pucayacu de Gonzales superan los ECAS nacionales para la mayoría de las zonas en comparación al suelo analizado en Manchuria el suelo está dentro de los límites establecidos. Ambos estudios de investigación mencionados fueron realizados con el uso de la técnica de espectrometría de absorción atómica.

De igual forma, los resultados del presente estudio coinciden con la investigación Del Águila (2017), en su Tesis titulada: “Determinación de cadmio y plomo en granos de cacao, frescos, secos y en licor de cacao (*Theobroma Cacao*).”, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, puesto que en ambos estudios se realizó el método mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica con la diferencia que en la investigación del águila se analizaron los granos y el licor de cacao.

Del mismo modo, los resultados del presente estudio se asemejan con la investigación Tantalean (2017), en su Tesis titulada: “Distribución del contenido de Cadmio en los diferentes órganos del Cacao CCN-51 en suelo aluvial y residual”, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, puesto que en ambos estudios se realizó el método mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica con la diferencia que

en la investigación de Tantalean se muestrearon árboles de cacao recolectando muestras de raíces, ramas, hojas, almendras y cáscaras.

El presente estudio tiene utilidad para futuras investigaciones en las cuales se busque mitigar o prevenir la concentración de diversos metales pesados entre otros contaminantes en base a nuevos estudios o técnicas de absorción de metales pesados una de ellas el uso de bioindicadores para dar a conocer la calidad de suelos y su posible identificación del metales pesados u otro tipo de contaminantes en el suelo agrícola .

## CONCLUSIONES

De acuerdo a nuestro trabajo de investigación concluimos lo siguiente:

1. Las lombrices de tierra (*Eisenia foetida*) no presentaron valores significativos así mismo se evaluó la influencia de la densidad poblacional del Cadmio y Plomo disponible en el suelo y con respecto a los resultados de los análisis realizados nos muestra una absorción de metales pesados por las lombrices de tierra de manera inversa con respecto a la concentración de cadmio así mismo el plomo no muestra una influencia de su concentración.
2. Se acepta la hipótesis alterna teniendo en cuenta un nivel de significancia de 5% (0.05), que indica que, existe influencia de la densidad poblacional de las lombrices sobre la concentración de Cadmio en el suelo empleado para cultivos de cacao.
3. Se acepta la hipótesis nula en base al p-valor obtenido teniendo en cuenta un nivel de significancia de 5% (0.05), que indica que, no existe influencia de la densidad poblacional de las lombrices de tierra sobre la concentración de Plomo presente en el suelo empleado para cultivos de cacao.
4. El suelo empleado para cultivos de cacao (*Theobroma cacao*) analizado y estudiado muestra por lo general características fisicoquímicas adecuadas. Con respecto al análisis de los metales pesados si bien los resultados obtenidos de cadmio y plomo se encuentran por debajo de los límites máximos establecidos de acuerdo al Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM. - Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo. Cabe destacar que se analizaron otros metales pesados como Cobre, Zinc, Manganeso y Hierro, en el cual se ha encontrado que, en promedio, el Manganeso y el Zinc son metales con más presencia en el suelo estudiado con una cantidad considerada alta comparado con un cuadro de interpretación de análisis de suelo (MOLINA Y MELÉNDEZ, 2002).

## RECOMENDACIONES

El presente estudio de investigación permite plantear las siguientes recomendaciones:

1. Por la gran importancia que ha ganado el cultivo de cacao (*Teobroma cacao*) a nivel local, nacional y también internacional, se deben realizar más trabajos de investigación en lo que respecta de este cultivo se pueden generar diversos productos por lo que resulta de mayor importancia el tema de este metal pesado para así evitar futuras pérdidas en su comercialización.
2. Realizar investigaciones más profundas con respecto a la absorción de diferentes metales pesados por parte de las lombrices de tierra (*Eisenia foetida*) para futuros proyectos de absorción de metales pesados utilizando macrofauna edáfica.
3. Se recomienda para futuras evaluaciones de metales pesados entre otro tipo de contaminantes, deberían realizarse en base a otro tipo de cultivos para ver si la absorción del suelo y la macrofauna que involucra puede ser de mayor concentración o mínima.
4. Se recomienda encontrar una técnica para mejorar o mitigar la absorción de metales pesados utilizando un tipo de plantas o hongos.
5. Se recomienda la utilización de abono orgánico en los suelos de cultivos de cacao (*Teobroma cacao*) ya que este disminuye la concentración de metales pesados en el fruto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, J. (2018) Tesis: “*Acumulación de metales pesados (Pb y Cd) en almendras de cacao durante el proceso de fermentación y secado*”, Instituto Politécnico de Leira, Portugal.  
[https://iconline.ipleiria.pt/bitstream/10400.8/3478/1/TESE-%20Ricardo\\_final%2029-06-2018\\_ENTREGAR.pdf](https://iconline.ipleiria.pt/bitstream/10400.8/3478/1/TESE-%20Ricardo_final%2029-06-2018_ENTREGAR.pdf)
- Andrés, J. (2018) Tesis: “*Técnicas de remediación de metales pesados con potencial aplicación en el cultivo de cacao*”, Universidad Pedagógica y Tecnológica De Colombia UPTC, Colombia.  
[http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1390-85962018000100021](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-85962018000100021)
- Aquino, A. et al. (2008). “*Invertebrate soil macrofauna under different ground cover plants in the non-till system in the Cerrado*. European Journal of Soil Biology”.  
[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-204X2009000800033](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2009000800033).
- Arévalo, E. et al. (2016) Tesis: “*Metales pesados en suelos de plantaciones de cacao (Theobroma cacao L.) en tres regiones del Perú*”, Instituto de Cultivos Tropicales, (ICT), Tarapoto, Perú.  
[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-22162016000200003](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162016000200003)
- Asociación Americana de Galvanizadores (2008) “*Propiedades del zinc metal*”  
<https://en.wikipedia.org/wiki/Zinc>
- Barrueta, S. (2015) “*Guía de Metodología para el muestreo y detección de cadmio en suelos, agua, fertilizantes, almendras de cacao y productos derivados-DEVIDA*”.  
<https://es.slideshare.net/RIICCHPeru/gua-metodologica-muestreo-y-deteccion-de-cadmio>
- Batista, R; Sánchez, A. (2009). “*Fitorremediación de metales pesados y microorganismos*”. Medio ambiente y desarrollo (16):1–6.  
<http://ama.redciencia.cu/articulos/16.02.pdf>
- Carpeta, R; Bernal, M. (2007). “*Claves de la fitorremediación: fitotecnologías para la recuperación de suelos*”. Ecosistemas 16(2):1–3.  
<https://digital.csic.es/bitstream/10261/16683/1/eco.pdf>



- Del Águila, E. (2017), Tesis: “*Determinación de cadmio y plomo en granos de cacao, frescos, secos y en licor de cacao (Theobroma Cacao).*”, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María.  
<http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1269>
- EcuRed. (2019). “*Bioindicadores*”,  
<https://www.ecured.cu/index.php?title=Bioindicadores&oldid=3477881>
- Editorial Definición MX (2015), “*Manganeso*”.  
<https://definicion.mx/?s=Manganeso>
- Estela Raffino, María (2020), “*Cobre*”. <https://concepto.de/cobre/>
- Estela M. (2019). “*Capas del Suelo*”, <https://concepto.de/capas-del-suelo/>
- Galán, E; Romero, A. (2008). “*Contaminación de Suelos por Metales Pesados*”. Macla (10):48–60.  
[http://www.ehu.eus/sem/macla\\_pdf/macla10/Macla10\\_48.pdf](http://www.ehu.eus/sem/macla_pdf/macla10/Macla10_48.pdf)
- García, E. et al. (2012). “*La respuesta de haba (Vicia faba, L.) cultivada en un suelo contaminado con diferentes concentraciones de cadmio*”. Revista Internacional de Contaminación Ambiental 28(2):119–126.  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992012000200002](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992012000200002)
- Gregorio, J. et al. (2016) Tesis: “*Evaluación del contenido de metales pesados en cacao (Teobroma cacao L.) de Santa Bárbara del Zulia, Venezuela*”, Instituto Nacional de Nutrición, Laboratorio de Análisis Físicoquímico, Caracas, Venezuela.  
[http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1315-01622016000100011](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-01622016000100011)
- Gonzales, S. (2017) Tesis: “*Evaluación de la distribución del cadmio en el suelo y en la raíz de la planta de cacao en Pucayacu, Huánuco 2017*”, Universidad César Vallejo, Lima, Perú.  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/26886>
- Hogan, M. (2010). “*Metal pesado*”.  
[https://editors.eol.org/eoearth/wiki/Heavy\\_metal](https://editors.eol.org/eoearth/wiki/Heavy_metal)
- Instituto de Información Mineral. (2008). “*Plomo*”.  
<https://editors.eol.org/eoearth/wiki/Lead>
- Insuasty, L; Burbano, H; Menjivar, J. (2006). “*Movilidad del cadmio en suelos cultivados con trigo en Tangua, Nariño, Colombia*”. Acta Agonómica

55(2):29-32.

<https://revistas.udenar.edu.co/index.php/rfacia/article/view/106/1207>

Instituto de Información Mineral. (2010). “Cadmio”. Enciclopedia de la tierra, [https://editors.eol.org/eoearth/wiki/Cadmium\\_\(Environmental %26 Earth Science\)](https://editors.eol.org/eoearth/wiki/Cadmium_(Environmental_%26_Earth_Science))

Jing, Y; He, Z; Yang, X. (2007). “*Role of soil rhizobacteria In phytoremediation of heavy metal contaminated soils*”. Journal of Zhejiang University. Science 8(3):192–207. <https://link.springer.com/article/10.1631%2Fjzus.2007.B0192>

Lanza, J; Churion, P; Liendo, N; López, V. (2016). “*Evaluación del contenido de metales pesados en cacao (Theobroma cacao L.) de Santa Bárbara del Zulia, Venezuela*. Saber, Universidad de Oriente 28(1):106–115. <http://ve.scielo.org/pdf/saber/v28n1/art11.pdf>

Lara, T. et al. (2011). “*Respostas fisiológicas e anatômicas de plantas jovens de eucalipto expostas ao cádmio*”. Revista Árvore 35(5):997–1006. [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-67622011000600005](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622011000600005)

Martínez, Y; Rivero, C. (2005). “*Evaluación de diferentes métodos para determinar las fracciones de metales pesados presentes en el suelo*.” Revista Ingeniería Uc 12(3):14–20. <https://www.redalyc.org/pdf/707/70712303.pdf>

Martínez, K. et al. (2013). “*Cadmio: efectos sobre la salud. Respuesta celular y molecular*”. Acta Toxicológica Argentina 21:33–49. <https://fmed.uba.ar/sites/default/files/2018-03/2.pdf>

Ministerio del ambiente. (2017). “*Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo. Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM*.”. <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-011-2017-minam/>

Ministerio del Ambiente, Dirección General de Calidad (2014), “*Guía para el Muestreo de Suelos*”. <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/GUIA-PARA-EL-MUESTREO-DE-SUELOS-final.pdf>

- Molina, E. (2002). "Análisis de suelo y su interpretación". [https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1993\\_05.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1993_05.pdf)
- Parry, Robert W. (1973), "Química: fundamentos experimentales." Garriz, Andoni (1998), "Química". [https://es.wikipedia.org/wiki/Hierro#cite\\_ref-3](https://es.wikipedia.org/wiki/Hierro#cite_ref-3)
- Prieto, J. et al. (2009). "Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua". *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10:29–44. DOI: <https://www.redalyc.org/pdf/939/93911243003.pdf>
- Oregon State University. (2011, Marzo). "Ecotoxicology topic fact sheet". <http://npic.orst.edu/factsheets/ecotox.pdf>
- Raffino, M. (2019). "Cacao". <https://concepto.de/cacao/>
- Ramírez, J. (2018) Tesis: "Determinación De Niveles De Concentración De Cadmio (Cd) En Hojas De Cacao (**Teobroma Cacao L.**) Cultivado Bajo Tres Sistemas De Manejo En San Alejandro - Distrito De Irazola - Provincia De Padre Abad – Departamento De Ucayali", Universidad Nacional de Ucayali, Pucallpa, Perú. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/3924>
- Rodríguez, M. et al. (2008). "Toxicidad del Cadmio en Plantas". *Ecosistemas* 17(3):139–146. <https://core.ac.uk/download/pdf/16362081.pdf>
- Sánchez, K. (2017) "Papel del suelo en la toxicidad del cadmio". Tesis (Ingeniera Farmacéutica). Madrid, España: Universidad Complutense, junio. 18p. <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/ELENA%20SANCHEZ%20LEON.pdf>
- Sánchez, M. (2017), Tesis: "Evaluación del contenido de metales pesados (Cd y Pb) en diferentes edades y etapas fenológicas del cultivo de cacao en dos zonas del Alto Huallaga, Huánuco (Perú)", Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1300>
- Satarug, S; et al. (2010). "Cadmium, environmental exposure, and health outcomes". *Environmental Health Perspectives* 118(2):182–190. DOI: <https://doi.org/10.1289/ehp.0901234>

- Supo, J. (2014) Seminarios de Investigación Científica, 2da edición. Editorial Bioestadístico, Arequipa, Perú
- Tantalean, E. (2017), Tesis: “*Distribución del contenido de Cadmio en los diferentes órganos del Cacao CCN-51 en suelo aluvial y residual*”, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María.  
<http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1242>
- THEOBROMA cacao. En: Base de datos Gobierno Mexicano. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [en línea]. Gobierno de México, (2010) [fecha de consulta: 6 junio 2017].  
<https://www.gob.mx/snics/acciones-y-programas/cacao-theobroma-cacao-l>
- Velásquez, E. et al. (2010). “*Relación entre la macrofauna edáfica y los atributos químicos del suelo en diferentes agroecosistemas*”.  
[https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-204X2010000300013&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-204X2010000300013&script=sci_arttext)
- Yupanqui, H. et al. (2012). “*Presencia de metales pesados en cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) orgánico*”. Acta Agronómica 61(4): 399–344.  
[https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta\\_agronomica/article/view/38134/40307](https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/38134/40307)

## **ANEXOS**

## ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

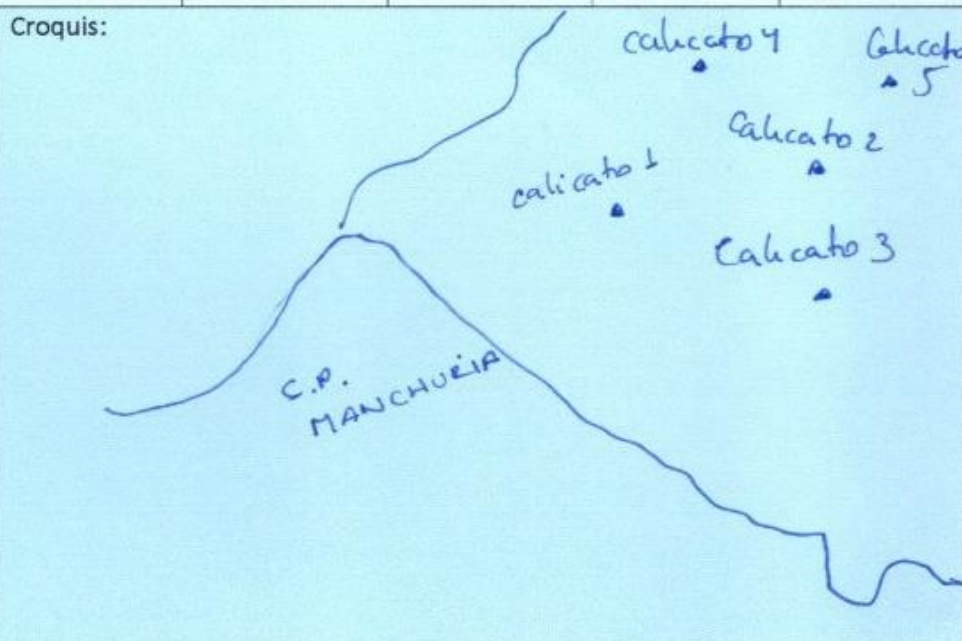
### “EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL CADMIO Y PLOMO DISPONIBLE EN EL SUELO SOBRE LA DENSIDAD DEL BIOINDICADOR (*Eisenia foetida*) EN LOS CULTIVOS DE CACAO (*Teobroma cacao*), HUAMALIES, HUÁNUCO – 2020”.

MATRIZ DE CONSISTENCIA						
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología	Población	Población
<p><b>FORMULACIÓN DE PROBLEMA:</b></p> <p><b>PROBLEMA GENERAL</b> ¿Cuál es la influencia de la densidad poblacional del bioindicador (<i>Eisenia foetida</i>) sobre la presencia del cadmio y plomo disponible en el suelo empleado para cultivos de cacao (<i>Teobroma cacao</i>), Huamalíes? Huánuco – 2020?</p> <p><b>PROBLEMA ESPECÍFICO</b> ¿Cuál es la concentración de Cadmio que absorben los bioindicadores (<i>Eisenia foetida</i>) del suelo empleado para cultivos de cacao (<i>Teobroma cacao</i>), Huamalíes, Huánuco, 2020?</p> <p>¿Cuál es la concentración de Plomo que absorben los bioindicadores (<i>Eisenia foetida</i>) del suelo empleado para cultivos de cacao (<i>Teobroma cacao</i>), Huamalíes, Huánuco, 2020?</p> <p>¿Cuáles serán los metales encontrados en el suelo empleado en cultivos de cacao (<i>Teobroma cacao</i>), Huamalíes, Huánuco, 2020?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b> Evaluar la influencia de la densidad poblacional del bioindicador (<i>Eisenia foetida</i>) sobre la presencia del cadmio y plomo disponible en el suelo empleado para cultivos de cacao (<i>Teobroma cacao</i>).</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b> Calcular la concentración de Cadmio que absorben los bioindicadores (<i>Eisenia foetida</i>) del suelo empleado para cultivos de cacao (<i>Teobroma cacao</i>), Huamalíes, Huánuco, 2020. Calcular la concentración de Plomo que absorben los bioindicadores (<i>Eisenia foetida</i>) del suelo empleado para cultivos de cacao (<i>Teobroma cacao</i>), Huamalíes, Huánuco, 2020. Determinar los metales encontrados en el suelo empleado en cultivos de cacao (<i>Teobroma cacao</i>), Huamalíes, Huánuco, 2020.</p>	<p>Ha: La densidad poblacional del bioindicador (<i>Eisenia foetida</i>) influye en la presencia de cadmio y plomo en el suelo empleado para cultivos de cacao (<i>Teobroma cacao</i>), Huamalíes, Huánuco, 2020.</p> <p>Ho: La densidad poblacional del bioindicador (<i>Eisenia foetida</i>) no influye en la presencia de cadmio y plomo en el suelo empleado para cultivos de cacao (<i>Teobroma cacao</i>), Huamalíes, Huánuco, 2020.</p>	<p><b>Variable dependiente</b> Concentración de Cadmio y Plomo.</p> <p><b>Variable Independiente</b> Bioindicador (<i>Eisenia foetida</i>).</p>	<p>Según intervención del investigador: Sin intervención, porque no se modifica la realidad, solo es observada. Según la cantidad de variables: Analítica, puesto que se tiene en cuenta un análisis multivariado de los datos. Según planificación de las mediciones: Prospectiva, porque en la presente investigación se usan datos primarios. De acuerdo con el número de medidas de la variable al estudio: Transversal, ya que se utiliza una medición de variable analítica de estudio. Según el análisis estadístico: el estudio es cuantitativo, porque existe la necesidad de análisis estadístico. (Supo, 2014).</p> <p><b>Enfoque</b> En esta investigación utilizare en método o enfoque mixto que significa un ligado de procesos críticos, prácticos y sistemáticos de investigación, que implica el análisis y recolección de datos cuantitativos y cualitativos, así como integración y discusión conjunta, para realización de inferencias, resultado de la información alcanzada y así obtener mayor conocimiento del fenómeno estudiado (Hernández - Sampieri y Mendoza, 2008).</p> <p><b>Nivel de investigación</b> El presente estudio concierne al nivel de investigación Explicativo. Los estudios de nivel Explicativo tienen como intención evaluar la causalidad de una variable sobre la otra. (Supo, 2014). Se hace uso de una variable tal el bioindicador (<i>Eisenia foetida</i>) para evaluar su influencia en la concentración de Cadmio y Plomo del suelo de cultivo de cacao.</p>	<p>La población de estudio estará constituida por todas las lombrices de tierra (<i>Eisenia foetida</i>) presentes en 1 hectárea de cultivo de cacao (<i>Teobroma cacao</i>) ubicado en el centro poblado de Manchuria, distrito de Monzón, provincia de Huamalíes, departamento de Huánuco. La población de estudio puede ser con o sin marco maestral de estudio, asimismo, la población de estudio puede estar conformada por sujetos u objetos (Supo, 2014).</p> <p><b>Muestra</b> La muestra es obtenida de la población. El que se encuentra conformada por las lombrices de tierra (<i>Eisenia foetida</i>) presentes en 5 metros cuadrados de terreno empleado para cultivos de cacao (<i>Teobroma cacao</i>). En cada metro cuadrado se preparará una pequeña calicata, cuyas medidas son de 1m x 1m con una profundidad de 25 - 30 cm.</p> <p><b>Recolección de datos</b> La metodología que propondré para determinar la concentración de metales pesados en el suelo y en los bioindicadores consiste en la elaboración de 5 calicatas y su posterior análisis en el laboratorio de análisis de suelo, plantas, agua y fertilizantes de la UNAS.</p>	

## ANEXO 2: FICHA DE MUESTREO DE SUELO

FICHA DE MUESTREO DE SUELO					
<b>DATOS GENERALES:</b>					
Nombre del sitio de estudio: <b>Manchuria</b>		Departamento: <b>Huánuco</b>			
Razón social:		Provincia: <b>Huamantla</b>			
Uso principal: <b>Agrícola</b>		Dirección del predio: <b>C.P. Manchuria</b>			
<b>DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO:</b>					
Nombre del punto de muestreo:		Operador: <b>Personal</b> (empresa/personal)			
Coordenadas: X: <b>372041</b> Y: <b>8981834</b> (UTM, WGS84)		Descripción de la superficie: <b>Vegetación</b> (asfalto, cemento, vegetación)			
Temperatura(°C): <b>28°c</b>		Precipitación (si/no, intensidad): <b>NO</b>			
Técnica de muestreo: <b>Sondeo Manual</b> (p.e. sondeo manual/semi-mecánico/mecánico, zanja),etc		Instrumentos usados: <b>Pala Pico Balanza</b>			
Profundidad final: (en metros bajo la superficie) <b>0.3M</b>		Napa freática: (si/no, profundidad en m) <b>sin presencia</b>			
Instalación de un pozo en el agujero: (si/no, descripción) <b>NO</b>		Relleno del agujero después del muestreo: - (si/no, descripción)			
<b>DATOS DE LAS MUESTRAS:</b>					
Clave de la muestra:	X: <b>372287</b>	X: <b>372561</b>	X: <b>372598</b>	X: <b>372483</b>	X: <b>372764</b>
	Y: <b>8982318</b>	Y: <b>8982405</b>	Y: <b>8982157</b>	Y: <b>8982711</b>	Y: <b>8982516</b>
	<b>Calicato 1</b>	<b>Calicato 2</b>	<b>Calicato 3</b>	<b>Calicato 4</b>	<b>Calicata 5</b>
Fecha:	<b>08-11-20</b>	<b>08-11-20</b>	<b>09-11-20</b>	<b>09-11-20</b>	<b>09-11-20</b>
Hora:	<b>8:00 am</b>	<b>12:00 pm</b>	<b>7:30 am</b>	<b>1:00 pm</b>	<b>3:45 pm</b>
Profundidad desde: (en metros bajo superficie)	<b>0 M</b>	<b>0 M</b>	<b>0 M</b>	<b>0 M</b>	<b>0 M</b>
Profundidad hasta: (en metros bajo superficie)	<b>0.3 M</b>	<b>0.3 M</b>	<b>0.3 M</b>	<b>0.3 M</b>	<b>0.3 M</b>
Características organolépticas:					



Color:	Pardo oscuro	Pardo oscuro	Pardo oscuro	Pardo oscuro	Pardo oscuro
Textura: -	-	-	-	-	-
Compactación/consistencia:	Blando	Blando	Blando	Blando	Blando
Humedad:-	-	-	-	-	-
Componentes antropogénicos:	Fertilizantes	Fertilizantes	Fertilizantes	Fertilizantes	Fertilizantes
Estimación de la fracción: ninguna >2mm (%)	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Cantidad de la muestra: (volumen o peso)	1 Kg	1 Kg	1 Kg	1 Kg	1 Kg
Medidas de conservación:	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Tipo de muestra: (simple/compuesta)	Simple	Simple	Simple	Simple	Simple
<b>PARA MUESTRAS SUPERFICIALES COMPUESTAS:</b>					
Área de muestreo (m <sup>2</sup> ):	1 Ha	1 Ha	1 Ha	1 Ha	1 Ha
Numero de sub-muestras:	-	-	-	-	-
Comentarios: —	Croquis: 				



### ANEXO 3: FICHA DE RECOLECCION DE DATOS

<b>LOMBRIZ DE TIERRA (<i>EISENIA FOETIDA</i>)</b>									
<b>CALICATA</b>	<b>CANTIDAD DE L. DE TIERRA / CALICATA.</b>	<b>PESO DE L. DE TIERRA / CALICATA.(GR)</b>	<b>PESO DE LA MUESTRA (GR)</b>	<b>Zn (ppm)</b>	<b>Mn (ppm)</b>	<b>Fe (ppm)</b>	<b>Cu (ppm)</b>	<b>Cd (ppm)</b>	<b>Pb (ppm)</b>
<b>1</b>	25	16.25	30	3753.62	105.33	287.79	9.64	2.57	77.85
<b>2</b>	35	22.75	45	3123.8	11.18	353.76	11.18	4.95	85.33
<b>3</b>	23	14.95	25	1637.06	8.13	175.26	8.13	1.97	44.13
<b>4</b>	32	20.8	35	680.48	5.53	30	5.53	0.33	13.17
<b>5</b>	34	22.1	35	1429.4	5.61	146.26	5.61	1.7	27.48

<b>SUELO EMPLEADO PARA CULTIVOS DE CACAO</b>							
<b>CALICATA</b>	<b>CANTIDAD DE TIERRA AGRICOLA</b>	<b>Zn (ppm)</b>	<b>Mn (ppm)</b>	<b>Fe (ppm)</b>	<b>Cu (ppm)</b>	<b>Cd (ppm)</b>	<b>Pb (ppm)</b>
<b>1</b>	1 Kg	55.44	75	759.64	3.68	0.1	15.36
<b>2</b>	1 Kg	55	60.44	722.4	3.56	0.18	15.64
<b>3</b>	1 Kg	46.48	77.04	652.16	3	0.12	16.72
<b>4</b>	1 Kg	64.36	245.84	913.64	5.88	0.14	31.16
<b>5</b>	1 Kg	49.16	111.24	678.8	3.32	0.2	17

**ANEXO 4: RESULTADOS DE LAS MUESTRAS ENVIADAS A LABORATORIO DE LA UNAS**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
 Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y Ecotoxicología  
 Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - Celular 941531359  
[analisisdesuelosunas@hotmail.com](mailto:analisisdesuelosunas@hotmail.com)



**ANALISIS ESPECIAL**

SOLICITANTE:		JHAJIRA CUYUBAMBA MEZA					PROCEDENCIA		MANCHURIA - MONZON - HUAMALIES - HUANUCO				
DATOS DE LA MUESTRA		ANALISIS PROXIMAL					RESULTADOS EN BASE SECA						
		Humedad Hd (%)	EN BASE HUMEDA		EN BASE SECA		PARTES POR MILLON (ppm)						
Código	Tipo		MATERIA SECA				Cd ppm	Pb ppm	Cu ppm	Mn ppm	Zn ppm	Fe ppm	
		Materia Organica (%)	Cenizas (%)	Materia Organica (%)	Cenizas (%)								
ME-1174-1	LOMBRICES 1	82.93	10.01	7.07	58.61	41.39	2.57	77.85	9.64	105.33	3753.62	287.79	
ME-1174-2	LOMBRICES 2	77.02	16.43	6.56	71.47	28.53	4.95	85.33	11.18	11.18	3123.80	353.76	
ME-1174-3	LOMBRICES 3	75.61	15.21	9.18	62.37	37.63	1.97	44.13	8.13	8.13	1637.06	175.26	
ME-1174-4	LOMBRICES 4	49.45	9.73	40.81	19.25	80.75	0.33	13.17	5.53	5.53	680.48	30.00	
ME-1174-5	LOMBRICES 5	71.54	14.40	14.06	50.61	49.39	1.70	27.48	5.61	5.61	1429.40	146.26	

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE

VND. VALOR NO DETECTABLE

TINGO MARIA, 20 DE NOVIEMBRE 2020

RECIBO N° 001-0617264

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
 LAS ANALISIS DE SUELOS  
  
 Ing. Juan G. Manóvil Minaya  
 JEFE





# MÉTODOS ANALÍTICOS

CARACTERÍSTICA	MÉTODO	CARACTERÍSTICA	MÉTODO
EXTRACTO	VIA SECA DIGESTIÓN ACIDA – SNP	HUMEDAD	ESTUFA 105° C MEMERT ALEMANIA
DETERMINACIÓN DE MACROELEMENTOS: Ca, Mg, K, Na	EAA VARIAN ALEMANIA	CENIZAS	MUFLA 660° C THERM CONCEPT ALEMANIA
DETERMINACIÓN DE FÓSFORO	METAVANADATO ESPECTRO UV VISIBLE - THERMO SCIENTIFIC USA	DETERMINACIÓN DE MICROELEMENTOS: Fe, Mn, Zn, Cu	EAA VARIAN ALEMANIA
DETERMINACION DE AZUFRE	TURBIDIMETRIA DEL SULFATO DE BARIO ESPECTRO UV VISIBLE - THERMO SCIENTIFIC USA	DETERMINACION DE BORO	COLORIMETRIA CON AZOMETINA-H ESPECTRO UV VISIBLE - THERMO SCIENTIFIC USA
CADMIO TOTAL Y PLOMO TOTAL	EAA VARIAN ALEMANIA	N TOTAL	KJENDHAL BUCHI ALEMANIA
CARBONATOS	NEUTRALIZACION ACIDA HCl 0.5N NaOH 0.25N	NITRÓGENO AMONIACAL Y DE NITRATOS	NTE INEN 0226: FERTILIZANTES.
PH	PH-METRO SARTORIUS ALEMANIA	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA mS/cm	PROPORCION AGUA : MUESTRA 5 : 1







# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - WhatsApp 941531359

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

[analisisdesuelosunas@hotmail.com](mailto:analisisdesuelosunas@hotmail.com)



## ANALISIS DE SUELOS

SOLICITANTE:	JHAJIRA CUYUBAMBA MEZA		CULTIVO ANTERIOR	--	FECHA DE MUESTREO:	04/11/2020	
PROPIETARIO:	JOSUE HUARANGA SALAZAR		CULTIVO SEMBRADO	CACAO	PROF. DE MUESTREO:	0-30 CM	
FINCA:	---		MUESTRA N°	01 AL 05	EDAD DEL CULTIVO:	5 AÑOS	
LOCALIDAD:	MANCHURIA		LOTE:	--	MUESTREADO POR:	JHAJIRA CUYUBAMBA MEZA	
DISTRITO:	MONZON		AREA:	1 Ha	ABONAMIENTO:	--	
PROVINCIA:	HUAMALIES		ENTIDAD:	--	DENSIDAD DE SIEMBRA:	--	
REGION:	HUANUCO		CALICATA N°:	--	TIPO DE HORIZONTE:	--	
N°	COD LAB	Zn	Mn	Fe	Cu	Cd	Pb
		disponible					
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
1	S1173-1	55.44	75.00	759.64	3.68	0.10	15.36
2	S1173-2	55.00	60.44	722.40	3.56	0.18	15.64
3	S1173-3	46.48	77.04	652.16	3.00	0.12	16.72
4	S1173-4	64.36	245.84	913.64	5.88	0.14	31.16
5	S1173-5	49.16	111.24	678.80	3.32	0.20	17.00

RECIBO 001 N° 0617265  
TINGO MARIA, 20 DE NOVIEMBRE 2020

Francisco Mirave  
JEFE



# MÉTODOS ANALÍTICOS

01. pH método del potenciómetro, relación suelo - agua 1:1
02. C.E: Conductímetro – Extracto Acuoso
03. Materia orgánica: Método de Walkley y Black
04. Nitrógeno Total: Micro Kjeldahl
05. Fósforo disponible: Método de Olsen modificado. Extracto de  $\text{NH}_4\text{CO}_3$  0.5M, pH 8.5
06. Potasio Disponible: Método de acetato de amonio 1N. pH 7.0
07. Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC): Método de acetato de amonio 1N. pH 7.0  
Ca Mg K Na : Absorción atómica
08. C.I.C efectiva: Desplazamiento con KCl 1N (Suelos en pH < 5.5)  
Aluminio más Hidrógeno: Método de Yuan.
09. Densidad Apparente, Densidad Real, Porcentaje de Porosidad: Método de la Probeta
10. Humedad Relativa, Capacidad de Campo: Método de la Probeta
11. Determinación de elementos menores Hierro, Cobre, Zinc y Manganese: Método Melich III – EAA
12. Determinación del Boro: Método de la Azometina – H
13. Cadmio y Plomo disponible: Método EDTA – EAA
14. Cadmio Total: Extracción USEPA 3050 – EAA
15. Cadmio Soluble: Lectura directa de la solución en el espectrofotómetro de Absorción Atómica.

## INTERPRETACIÓN DEL pH

Según Scheffer y Schachtschabel	pH en KCl	UNALM	pH en agua
Extremadamente ácido	< 4.0	Fuertemente ácido	< 5.5
Fuertemente ácido	4.0 - 4.9	Moderadamente ácido	5.5 - 6.0
Medianamente ácido	5.0 - 5.9	Ligeramente ácido	6.1 - 6.5
Ligeramente ácido	6.0 - 6.9	Neutro	7.0
Neutro	7.0	Ligeramente alcalino	7.2 - 7.8
Ligeramente alcalino	7.1 - 8.0	Moderadamente alcalino	7.9 - 8.4
Mediana alcalino	8.1 - 9.0	Fuertemente alcalino	> 8.5
Fuertemente alcalino	9.1 - 10		
Extremadamente alcalino	> 10		

Interpretación de Salinidad	Rango (dS/m)
No salino	0-2
Muy ligeramente salino	2-4
Ligeramente salino	4-8
Moderadamente salino	8-16
Fuertemente salino	> 16

Interpretación de Potasio Disponible	Rango (Kg $\text{K}_2\text{O}/\text{ha}$ )	Rango (ppm)
Bajo	< 300	< 100
Medio	300-600	100-240
Alto	> 600	> 240



Interpretación de Carbonato de Calcio	Rango (%)
Bajo	< 1
Medio	1-5
Alto	5-15
Muy alto	> 15

Interpretación de Materia Orgánica	Rango (%)
Bajo	< 2
Medio	2-4
Alto	> 4

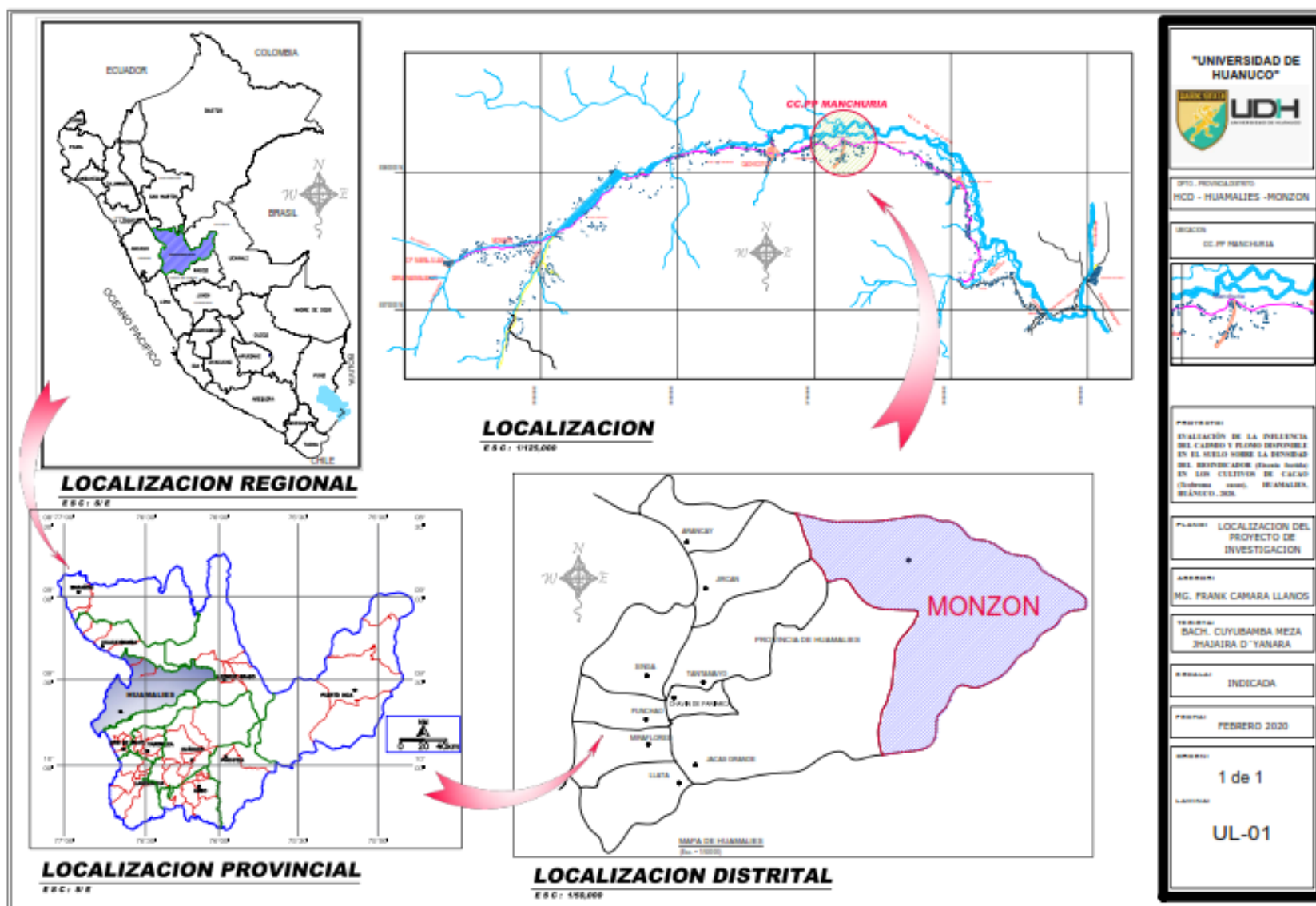
Interpretación de Nitrógeno Total	Rango (%)
Bajo	< 0.1
Medio	0.1-0.2
Alto	> 0.2

Interpretación de Fósforo Disponible	Rango (ppm)
Bajo	< 7
Medio	7-14
Alto	> 14

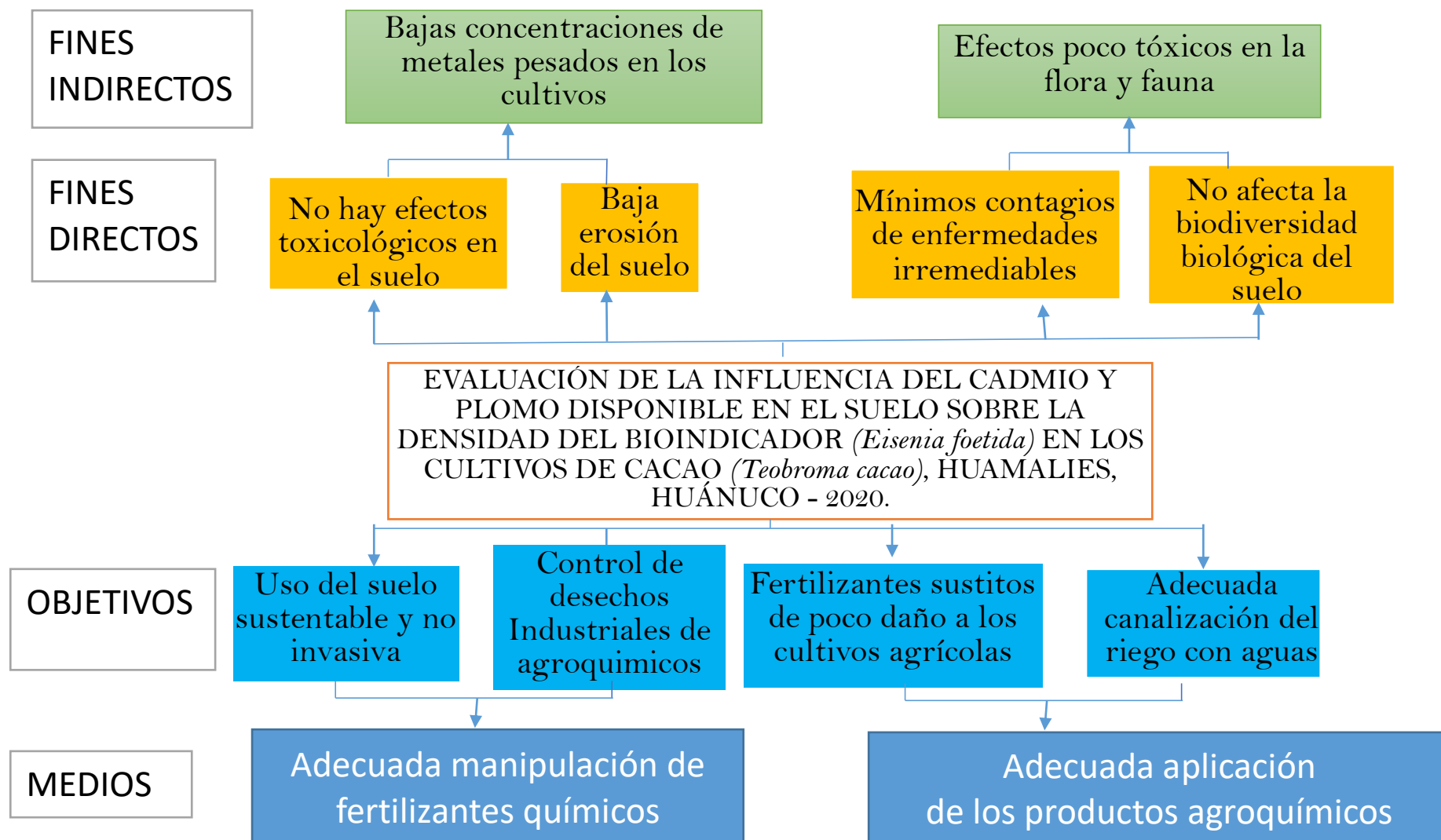
GRACIAS POR LA CONFIANZA Y PREFERENCIA



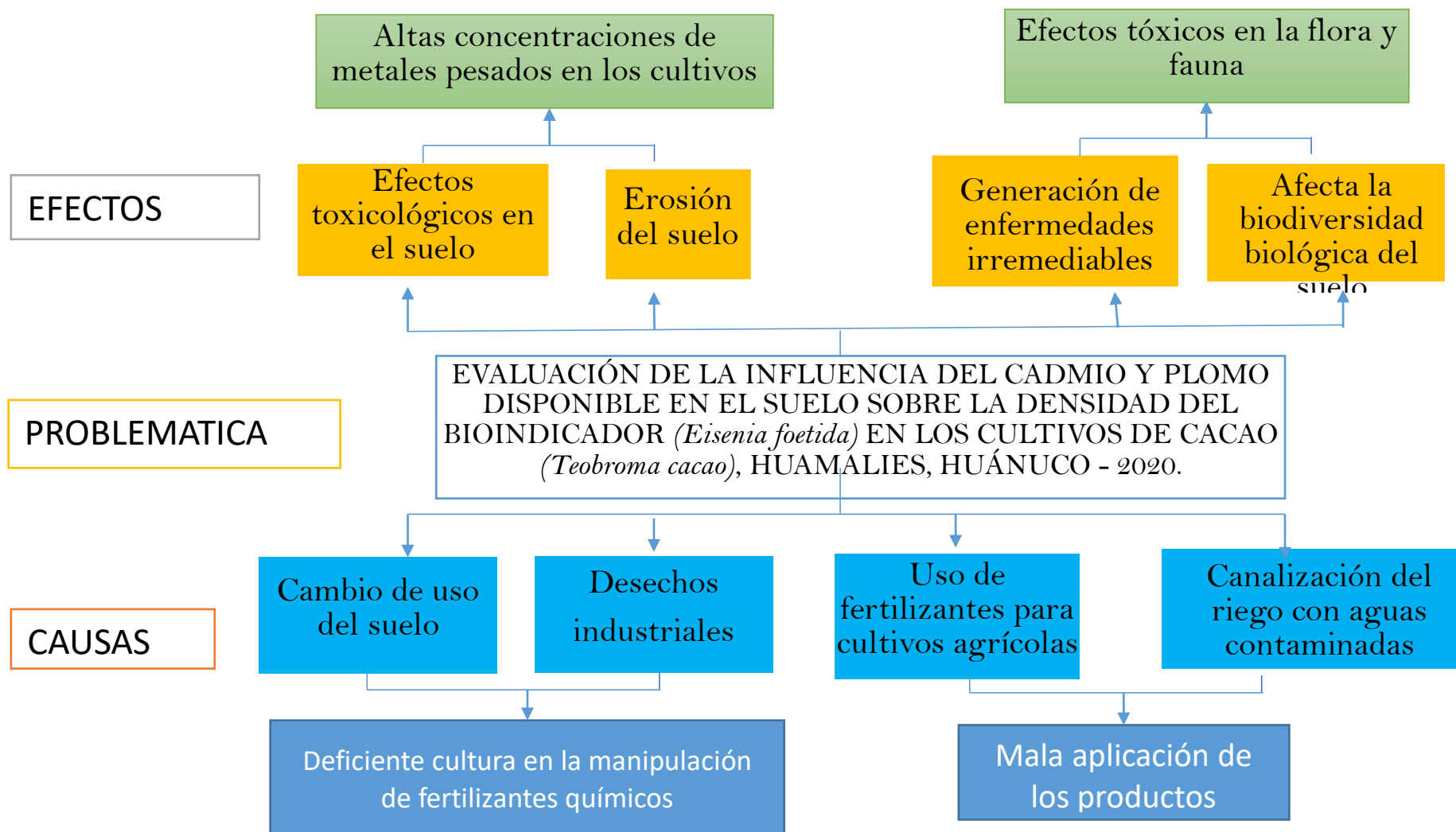
## ANEXO 5: MAPA DE LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



## ANEXO 6: ÁRBOL DE MEDIOS Y FINES



## ANEXO 7: ÁRBOL DE CAUSA Y EFECTO





## ANEXO 8 PANEL FOTOGRÁFICO

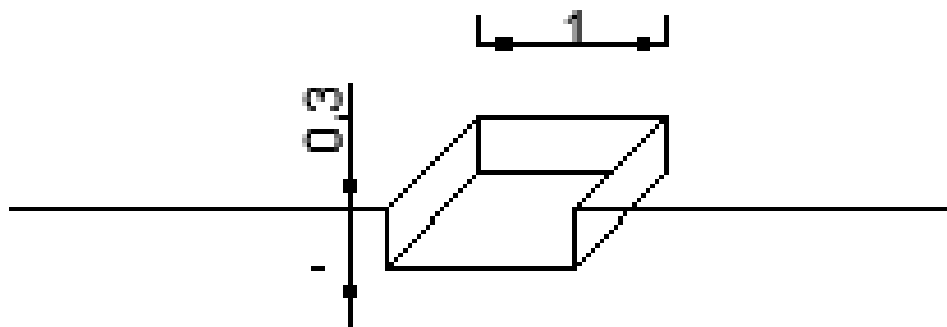
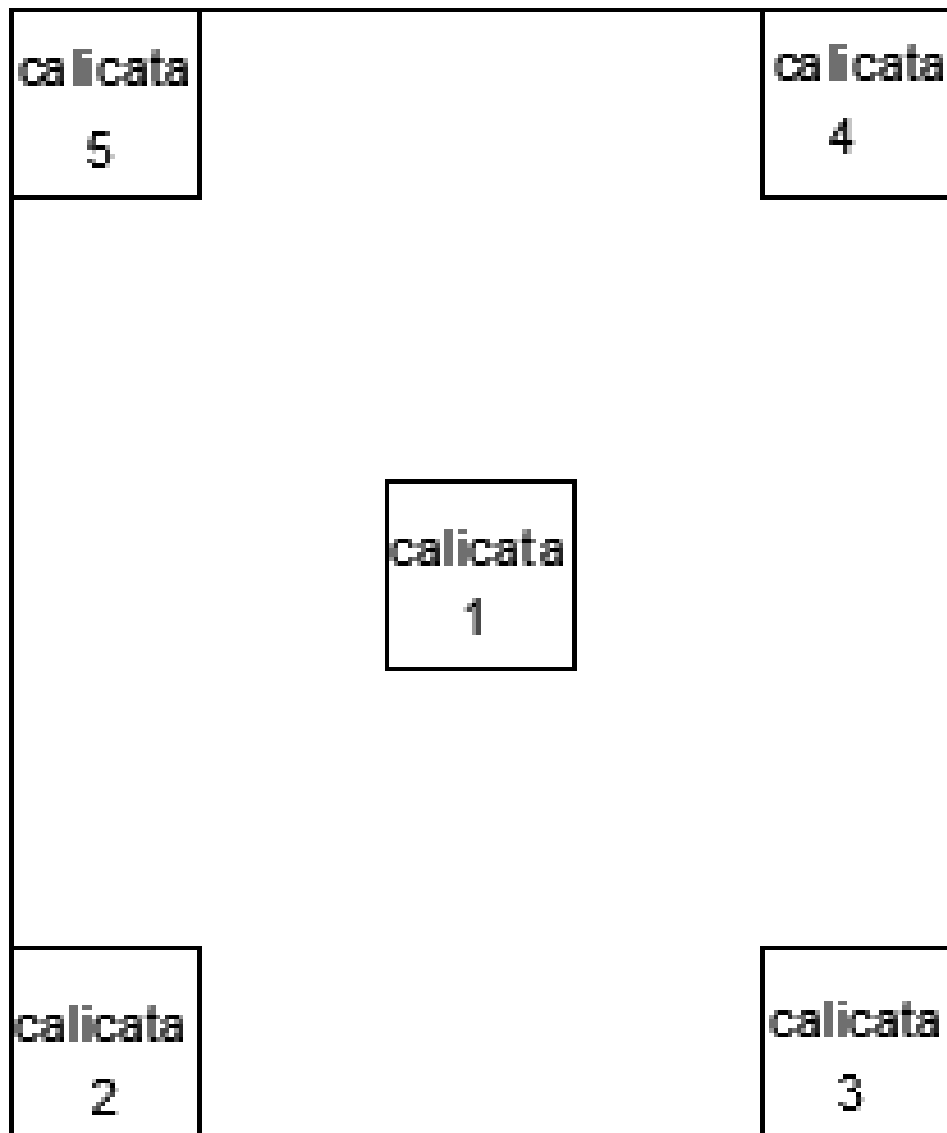
FOTOGRAFÍA 1: GEORREFERENCIACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.



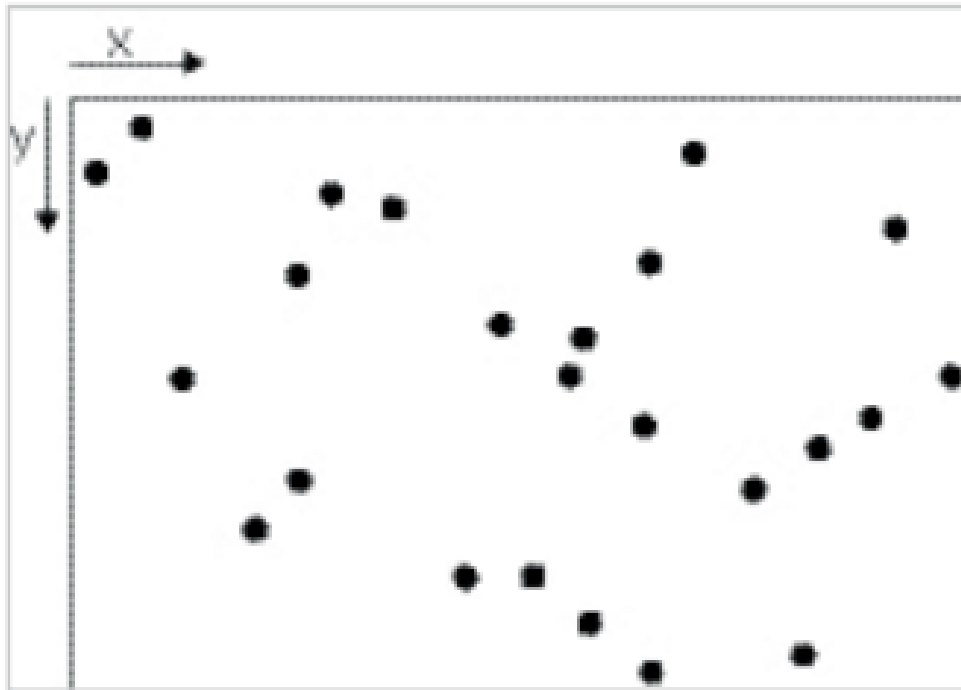
FOTOGRAFÍA 2: UBICACIÓN DE LAS CALICATAS EN EL GOOGLE EARTH



**FOTOGRAFÍA 3:** ELABORACION DE LAS 5 CALICATAS DE MANERA ALEATORIA UTILIZANDO LA TECNICA DE MUESTREO SIMPLE.



**FOTOGRAFÍA 4: PUNTOS DE MUESTREO ELEGIDOS AL AZAR**



**FOTOGRAFÍA 5: REMOSION DEL PERFIL DEL SUELO**





**FOTOGRAFÍA 6: MEDICIÓN CON UNA WINCHA DE 10 METROS PARA LA ELABORACIÓN DE LA CALICATA.**



**FOTOGRAFÍA 7: MEDICION DE LA PROFUNDIDAD DE LA CALICATA**



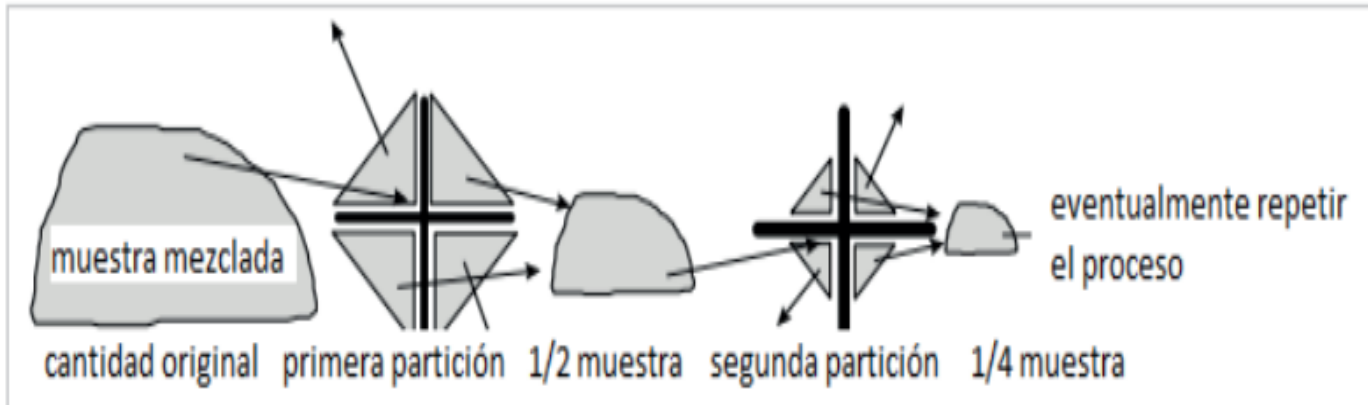


**FOTOGRAFÍA 8: DELIMITACIÓN DE LA CALICATA**





**FOTOGRAFÍA 9: CUARTEO DEL SUELO AGRÍCOLA A EXTRAER**



**FOTOGRAFÍA 10: EXTRACCIÓN DE LA CANTIDAD DE MATERIAL EXTRAÍDO**





**FOTOGRAFÍA 11: PESAJE DE LA MUESTRA EXTRAÍDA**



**FOTOGRAFÍA 12: RECOLECCIÓN DE 23 A 35 LOMBRICES DE TIERRA**  
(*Eisenia foetida*).





**FOTOGRAFÍA 13: IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS EN BOLSAS DE POLIETILENO DENSO.**

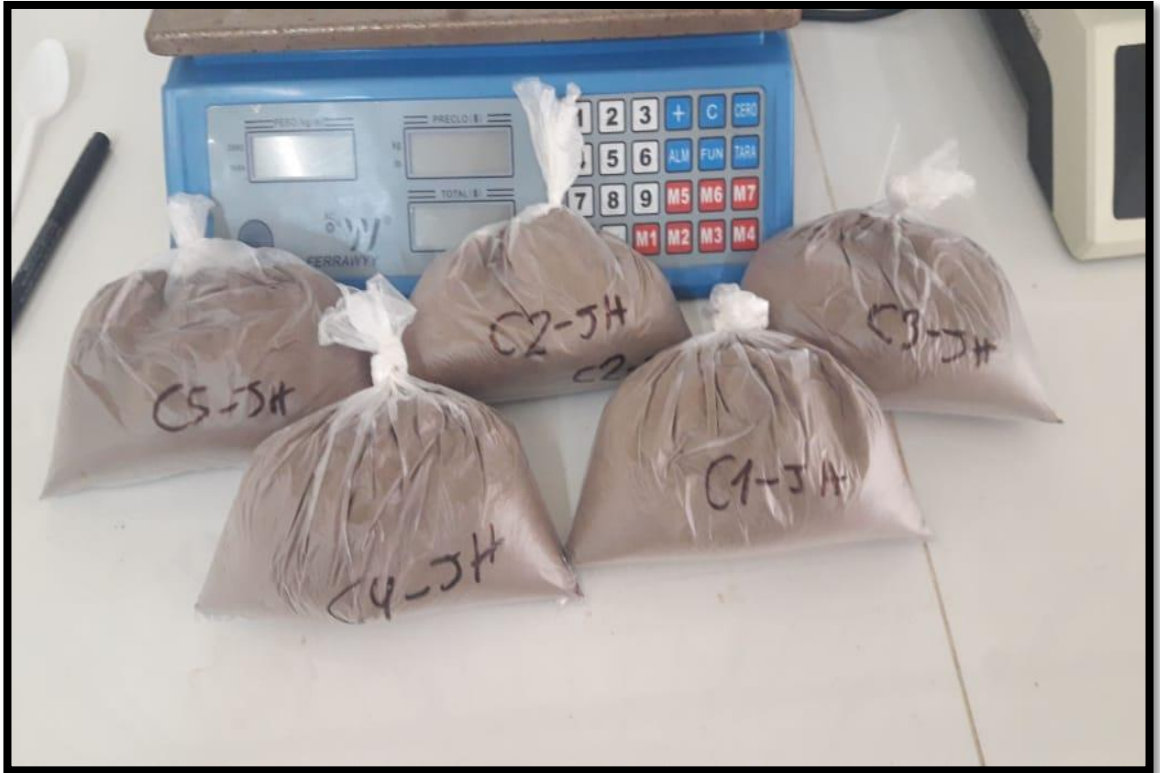


**FOTOGRAFÍA 14: SECADO A LA EXPOSICIÓN DEL SOL DE LA MUESTRA DE SUELO**

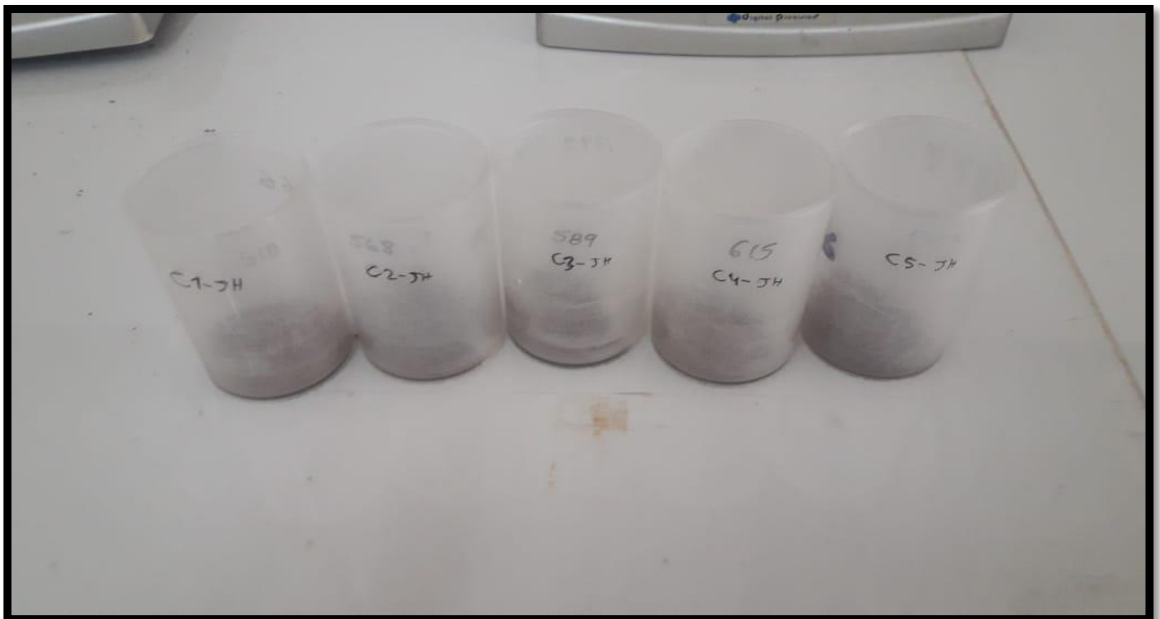




**FOTOGRAFÍA 15:** PESAJE DE MUESTRAS PARA SU POSTERIOR ANÁLISIS DE METALES PESADOS (CADMIO Y PLOMO).



**FOTOGRAFÍA 16:** MUESTRA DE SUELOS PARA EL ANÁLISIS DE METALES PESADOS.



**FOTOGRAFÍA 17:** FILTRADO DE LAS MUESTRAS DE SUELO CON LOS ÁCIDOS CÍTRICOS.



**FOTOGRAFÍA 18:** EXTRACCIÓN DE LAS LOMBRICES DE TIERRA (*Eisenia foetida*) PARA SU POSTERIOR PESAJE.



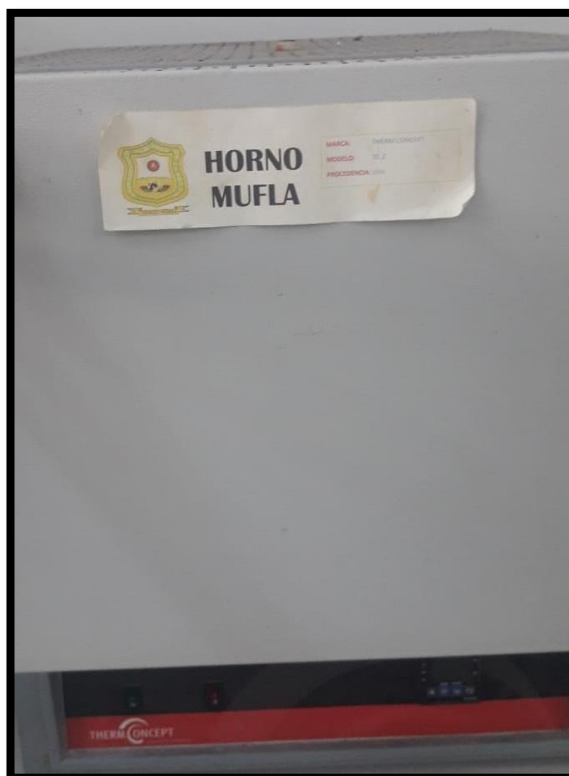
**FOTOGRAFÍA 19:** PESAJE DE LAS LOMBRICES DE TIERRA (*Eisenia foetida*) PARA SU POSTERIOR ANÁLISIS.



**FOTOGRAFÍA 20:** PESAJE DE LAS LOMBRICES DE TIERRA (*Eisenia foetida*) INCLUIDO EL PESO DEL CRISOL.



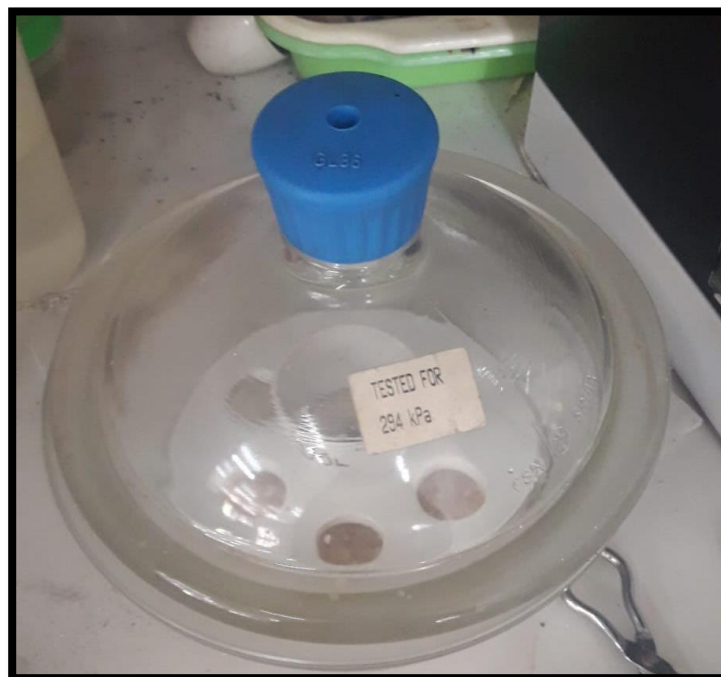
**FOTOGRAFÍA 21:** COCCIÓN DE LAS MUESTRAS DE LAS LOMBRICES (*Eisenia foetida*) UTILIZANDO EL HORNO MUFLA A 660°C HASTA LA OBTENCION DE CENIZAS.



**FOTOGRAFÍA 22:** OBTENCIÓN DE LA HUMEDAD DE LA MUESTRA DE LOMBRICES DE TIERRA (*Eisenia foetida*) MEDIANTE LA ESTUFA A 105°C.



**FOTOGRAFÍA 23:** SECADO DE LAS MUESTRAS PULVERIZADAS DE LAS LOMBRICES DE TIERRA (*Eisenia foetida*).





**FOTOGRAFÍA 24:** MÉTODO DE DIGESTIÓN ACIDA: LOMBRICES DE TIERRA (*Eisenia foetida*).



**FOTOGRAFÍA 25:** FILTRACIÓN DE LA DIGESTIÓN DE LAS LOMBRICES DE TIERRA (*Eisenia foetida*).





FOTOGRAFÍA 26: LECTURA DE LAS MUESTRAS FILTRADAS

