



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN LA  
COBERTURA VEGETAL DE SUELOS AGRÍCOLAS EN LAS  
PARROQUIAS: LA MATRIZ Y SAN FELIPE DE RUMIPAMBA  
QUERO-2023**

**Trabajo de Titulación**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**AUTORA: CINTHYA FERNANDA GAVILÁNEZ LÓPEZ**

**DIRECTORA: DRA. LOURDES CUMANDÁ CARRERA BELTRÁN**

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Cinthya Fernanda Gavilánez López

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Cinthya Fernanda Gavilánez López, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 28 de julio de 2023



.....  
**Cinthya Fernanda Gavilánez López**  
**180486326-2**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación; tipo: Proyecto de Investigación, **DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN LA COBERTURA VEGETAL DE SUELOS AGRÍCOLAS EN LAS PARROQUIAS: LA MATRIZ Y SAN FELIPE DE RUMIPAMBA QUERO-2023**, realizado por la señorita: **CINTHYA FERNANDA GAVILÁNEZ LÓPEZ**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Cristina Gabriela Calderón Tapia <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2023-07-28
Dra. Lourdes Cumandá Carrera Beltrán <b>DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>		2023-07-28
Dra. Irene del Carmen Gavilanes Terán <b>ASESORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>		2023-07-28

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de titulación se lo dedico a mis padres Milton Gavilánez y Anita López por siempre ser ese pilar y apoyo fundamental, por brindarme su amor incondicional y sus sabios consejos, por ser mi guía día tras día, por motivarme y enseñarme a ser valiente, a seguir adelante, a no rendirme nunca y cumplir mis sueños sin importar cuán difícil sea y por todos los sacrificios que hicieron para que me forme como persona y como profesional. A mi hermana Katheryne que siempre ha sido mi ejemplo para seguir siendo una mujer fuerte e inteligente, a mi hermano Andrés quien ha sido mi confidente y mi apoyo incondicional, gracias por siempre confiar en mí. A mi amado ángel en el cielo, gracias por siempre creer en mí, por cuidarme y darme la fuerza para seguir adelante Mami Teña. A toda mi familia y amigos que jamás dejaron de creer y confiar en mí.

Fernanda

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradezco a Dios por permitirme tener salud y fortaleza para poder cumplir con mi anhelado sueño de culminar mi etapa universitaria, luego agradezco a mis padres Milton y Anita, a toda mi familia y amigos por su apoyo incondicional durante mi vida estudiantil. Agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por abrirme sus puertas y permitirme ser parte de esta noble y prestigiosa institución, a sus docentes por impartirme todos sus conocimientos y formar una excelente profesional con buenos principios éticos y morales. Mi más grato agradecimiento a la Dra. Lourdes Cumandá Carrera, directora de tesis por su tiempo, conocimientos, el constante apoyo y guía para la elaboración y culminación de este trabajo de titulación. Al Grupo Asociado de Investigación en Biotecnología, Ambiente y Química (GAIBAQ), especialmente a mi Asesora la Dra. Irene Gavilanes por toda la confianza, apoyo incondicional y ayuda prestada a lo largo de mi investigación. Al Ing. Cristian Chuquín técnico del laboratorio de Protección e Impactos Ambientales, por el acompañamiento durante los análisis de las muestras y su gran paciencia. A mis amigos, parte de esta bonita experiencia

Fernanda

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1

## CAPÍTULO I

1.	MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO.....	4
1.1.	Marco conceptual.....	4
1.1.1.	<i>Antecedentes de investigación</i> .....	4
1.1.2.	<i>Cobertura vegetal</i> .....	5
1.1.3.	<i>Flora</i> .....	5
1.1.4.	<i>Degradación</i> .....	5
1.1.5.	<i>Remediación</i> .....	5
1.1.6.	<i>Contaminante orgánico persistente (COP)</i> .....	5
1.1.7.	<i>Límites máximos permisibles</i> .....	6
1.1.8.	<i>Plaguicida</i> .....	6
1.1.9.	<i>Manejo de plaguicidas</i> .....	6
1.1.10.	<i>Toxicidad</i> .....	6
1.1.11.	<i>Residuo</i> .....	6
1.1.12.	<i>Desechos peligrosos</i> .....	7
1.1.13.	<i>Uso de suelo</i> .....	7
1.1.14.	<i>Salud del Suelo</i> .....	7
1.1.15.	<i>Agroecosistemas</i> .....	7
1.2.	Marco teórico.....	7
1.2.1.	<i>Metales pesados</i> .....	7
1.2.2.	<i>Tipos de contaminación por metales pesados</i> .....	9
1.2.2.1.	<i>Contaminación puntual</i> .....	9
1.2.2.2.	<i>Contaminación difusa</i> .....	9
1.2.3.	<i>Fuentes de contaminación del suelo por metales pesados</i> .....	10
1.2.3.1.	<i>Fuentes geogénicas naturales</i> .....	10
1.2.3.2.	<i>Fuentes antropogénicas</i> .....	10

1.2.4.	<i>Factores del suelo que afectan a la disponibilidad y acumulación de los metales pesados</i> .....	11
1.2.4.1.	<i>pH</i> .....	11
1.2.4.2.	<i>Potencial redox</i> .....	11
1.2.4.3.	<i>Capacidad de intercambio (catiónico y/o aniónico)</i> .....	11
1.2.4.4.	<i>Materia orgánica</i> .....	12
1.2.4.5.	<i>Textura</i> .....	12
1.2.4.6.	<i>Presencia de otros elementos</i> .....	12
1.2.5.	<i>Principales contaminantes de metales pesados</i> .....	12
1.2.5.1.	<i>Agroquímicos – Plaguicidas</i> .....	13
1.2.6.	<i>Metales pesados y su efecto contaminante</i> .....	13
1.2.7.	<i>Metales pesados en suelos agrícolas</i> .....	14
1.2.8.	<i>Bioacumulación de metales pesados en los cultivos</i> .....	14
1.2.9.	<i>Efecto de los metales y su relación con la salud humana</i> .....	16
1.3.	<b>Base legal</b> .....	18
1.3.1.	<i>Constitución de la República del Ecuador</i> .....	18
1.3.2.	<i>Código orgánico del ambiente</i> .....	19
1.3.3.	<i>Acuerdo Ministerial 97</i> .....	20
1.3.3.1.	<i>Sobre las actividades que generen desechos peligrosos</i> .....	20
1.3.3.2.	<i>De las actividades que degradan la calidad del suelo</i> .....	20
1.3.4.	<i>Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria</i> .....	20

## **CAPÍTULO II**

2.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	22
2.1.	<b>Descripción de los puntos de muestreo</b> .....	22
2.2.	<b>Tipo de investigación</b> .....	22
2.3.	<b>Diseño de la investigación</b> .....	22
2.3.1.	<i>Población de estudio</i> .....	23
2.3.2.	<i>Tamaño de la muestra</i> .....	23
2.3.3.	<i>Técnica de recolección de datos</i> .....	23
2.3.4.	<i>Materiales, equipos y reactivos empleados</i> .....	24
2.3.5.	<i>Métodos utilizados para la medición de metales pesados y micronutrientes</i> .....	25
2.4.	<b>Muestreo</b> .....	25
2.5.	<b>Almacenamiento y transporte</b> .....	26
2.6.	<b>Tratamiento de la muestra</b> .....	27

<b>2.7.</b>	<b>Análisis de las muestras en laboratorio</b> .....	27
2.7.1.	<i>Conductividad eléctrica</i> .....	27
2.7.2.	<i>pH</i> .....	28
2.7.3.	<i>Digestión de muestras para análisis de metales y micronutrientes</i> .....	28
2.7.4.	<i>Plomo (Pb)</i> .....	29
2.7.5.	<i>Cadmio (Cd)</i> .....	30
2.7.6.	<i>Níquel (Ni)</i> .....	32
2.7.7.	<i>Mercurio (Hg)</i> .....	33
2.7.8.	<i>Arsénico (As)</i> .....	35
2.7.9.	<i>Hierro (Fe)</i> .....	37
2.7.10.	<i>Manganeso (Mn)</i> .....	38
2.7.11.	<i>Cobre (Cu)</i> .....	39
2.7.12.	<i>Zinc (Zn)</i> .....	40

### **CAPÍTULO III**

<b>3.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	41
3.1.	<b>Localización del Estudio</b> .....	41
3.2.	<b>Descripción de los puntos de muestreo</b> .....	41
3.3.	<b>Análisis e interpretación de resultados</b> .....	43
3.3.1.	<i>pH y Conductividad Eléctrica</i> .....	43
3.3.2.	<i>Metales Pesados</i> .....	45
3.3.2.1.	<i>Cadmio</i> .....	45
3.3.2.2.	<i>Arsénico</i> .....	47
3.3.2.3.	<i>Mercurio</i> .....	49
3.3.2.4.	<i>Níquel</i> .....	51
3.3.3.	<i>Micronutrientes</i> .....	53
3.3.3.1.	<i>Hierro</i> .....	53
3.3.3.2.	<i>Cobre</i> .....	55
3.3.3.3.	<i>Manganeso</i> .....	57
3.3.3.4.	<i>Zinc</i> .....	59

<b>CONCLUSIONES</b> .....	61
---------------------------	----

<b>RECOMENDACIONES</b> .....	62
------------------------------	----

### **BIBLIOGRAFÍA**

### **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2-1:</b> Materiales, equipos y reactivos empleados .....	24
<b>Tabla 2-2:</b> Métodos utilizados para la medición de metales pesados y micronutrientes .....	25
<b>Tabla 2-3:</b> Concentraciones para solución estándar de Plomo (Pb).....	29
<b>Tabla 2-4:</b> Concentraciones para solución estándar de Cadmio (Cd) .....	30
<b>Tabla 2-5:</b> Concentraciones para solución estándar de Níquel (Ni).....	32
<b>Tabla 2-6:</b> Concentraciones para solución estándar de Mercurio (Hg).....	33
<b>Tabla 2-7:</b> Concentraciones para solución estándar de Arsénico (As).....	35
<b>Tabla 2-8:</b> Concentraciones para solución estándar de Hierro (Fe) .....	37
<b>Tabla 2-9:</b> Concentraciones para solución estándar de Manganeso (Mn).....	38
<b>Tabla 2-10:</b> Concentraciones para solución estándar de Cobre (Cu) .....	39
<b>Tabla 2-11:</b> Concentraciones para solución estándar de Zinc (Zn).....	40
<b>Tabla 3-1:</b> Codificación de los puntos de muestreo y sus coordenadas .....	41
<b>Tabla 3-2:</b> Resultados de pH y Conductividad eléctrica.....	43
<b>Tabla 3-3:</b> Resultados de la concentración de Cadmio (Cd).....	45
<b>Tabla 3-4:</b> Resultados de la concentración de Arsénico (As) .....	47
<b>Tabla 3-5:</b> Resultados de la concentración de Mercurio (Hg) .....	49
<b>Tabla 3-6:</b> Resultados de la concentración de Níquel (Ni) .....	51
<b>Tabla 3-7:</b> Resultados de la concentración de Hierro (Fe).....	53
<b>Tabla 3-8:</b> Resultados de la concentración de Cobre (Cu).....	55
<b>Tabla 3-9:</b> Resultados de la concentración de Manganeso (Mn) .....	57
<b>Tabla 3-10:</b> Resultados de la concentración de Zinc (Zn) .....	59

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 2-1:</b> Toma de la muestra .....	26
<b>Ilustración 2-2:</b> Muestra triturada .....	27
<b>Ilustración 3-1:</b> Ubicación de los puntos de muestreo .....	42
<b>Ilustración 3-2:</b> Resultados de pH y Conductividad Eléctrica.....	43
<b>Ilustración 3-3:</b> Resultados de Cadmio.....	45
<b>Ilustración 3-4:</b> Resultados de Arsénico .....	47
<b>Ilustración 3-5:</b> Resultados de Mercurio.....	49
<b>Ilustración 3-6:</b> Resultados de Níquel.....	51
<b>Ilustración 3-7:</b> Resultados de Hierro .....	53
<b>Ilustración 3-8:</b> Resultados de Cobre.....	55
<b>Ilustración 3-9:</b> Resultados de Manganeso .....	57
<b>Ilustración 3-10:</b> Resultados de Zinc .....	59

## ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** DIGESTIÓN DE LAS MUESTRAS
- ANEXO B:** PROCESO PARA DETERMINAR PH Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA
- ANEXO C:** MEDICIÓN DE METALES PESADOS Y MICRONUTRIENTES
- ANEXO D:** REGISTRO DE TRAZABILIDAD ANÁLISIS DEL MERCURIO
- ANEXO E:** REGISTRO DE TRAZABILIDAD ANÁLISIS DEL ZINC
- ANEXO F:** REGISTRO DE TRAZABILIDAD ANÁLISIS DE Mn
- ANEXO G:** REGISTRO DE TRAZABILIDAD ANÁLISIS DE Fe
- ANEXO H:** REGISTRO DE TRAZABILIDAD ANÁLISIS DE PLOMO
- ANEXO I:** REGISTRO DE TRAZABILIDAD ANÁLISIS DE CADMIO
- ANEXO J:** REGISTRO DE TRAZABILIDAD ANÁLISIS DE Cu
- ANEXO K:** REGISTRO DE TRAZABILIDAD ANÁLISIS DE Ni
- ANEXO L:** CRITERIOS DE CALIDAD DE SUELO
- ANEXO M:** LÍMITES PERMISIBLES DE METALES PESADOS EN COBERTURA VEGETAL

## RESUMEN

El presente trabajo de titulación fue realizado con el objetivo de determinar el nivel de contaminación por metales pesados (Pb, Cd, As, Ni, Hg) en la cobertura vegetal de suelos agrícolas ocasionados por la aplicación de agroquímicos en las parroquias: La Matriz y San Felipe de Rumipamba en el cantón Quero provincia de Tungurahua. Se realizó un muestreo aleatorio simple y los puntos de muestreo se identificaron mediante la recolección de información bibliográfica y salidas de campo en las cuales se exploró la zona de estudio permitiendo así establecer 10 puntos estratégicos en donde verificó la presencia de actividades antropogénicas y agrícolas encontrando así cultivos de papa, maíz, haba, zanahoria y cebolla, además se encontraron especies vegetales propias de la zona. Se tomó una muestra representativa de 2 kg de cada una de estas muestras y mediante análisis de laboratorio se determinaron parámetros como pH, conductividad eléctrica, micronutrientes (Fe, Mn, Zn, Cu) y la concentración metales pesados (Pb, Cd, As, Ni, Hg). Las muestras de cobertura vegetal presentaron un pH ácido y una conductividad eléctrica que fluctúa entre 4,61 y 5,92 mS/cm lo que indica un alto contenido de salinidad, estas condiciones favorecieron a la solubilidad y movilidad de los contaminantes, por lo que se produjo una mejor asimilación por parte de las plantas. Los metales pesados (a excepción de Pb) y micronutrientes según el NTE INEN-CODEX, CODEX ALIMENTARIUS y normativas internacionales sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos en dichos reglamentos. En base a estos resultados se evidencia contaminación y movilidad de los metales pesados del suelo hacia su cobertura vegetal, lo que supone una posible contaminación del suelo, una alteración de la fertilidad del suelo, una afectación al crecimiento y desarrollo de las plantas lo que conlleva un riesgo para la salud de los consumidores de los productos estudiados.

**Palabras clave:** <METALES PESADOS>, <CONTAMINACIÓN DEL SUELO>, <COBERTUTA VEGETAL>, <MICRONUTRIENTES>, <AGROQUÍMICOS>.

1599-DBRA-UPT-2023



## ABSTRACT

The objective of this study was to determine the level of contamination by heavy metals (Pb, Cd, As, Ni, Hg) in the vegetative cover of agricultural soils caused by the application of agrochemicals in the parishes of La Matriz and San Felipe de Rumipamba in the Quero canton, in the province of Tungurahua. A simple random sampling was carried out, and the sampling points were identified through the collection of bibliographic information and field trips in which the study area was explored, thus allowing the establishment of 10 strategic points where the presence of anthropogenic and agricultural activities was verified, thus finding Potato, corn, broad bean, carrot and onion crops, as well as found plant species typical of the area. A representative sample of 2 kg was taken from each of these samples and through laboratory analysis parameters such as pH, electrical conductivity, micronutrients (Fe, Mn, Zn, Cu) and the concentration of heavy metals (Pb, Cd, As, Ni, Hg). The vegetation cover samples presented an acidic pH and an electrical conductivity that fluctuates between 4.61 and 5.92 mS/cm, which indicates a high salinity content; these conditions favoured the solubility and mobility of the contaminants. Therefore, there was a better assimilation by the plants. Heavy metals (apart from Pb) and micronutrients, according to the NTE INEN-CODEX, CODEX ALIMENTARIUS and international regulations, exceed the maximum permissible limits established in said regulations. Based on these results, contamination and mobility of heavy metals from the soil to its plant cover are evidenced, which implies possible contamination of the soil, an alteration of soil fertility, and an affectation to the growth and development of plants, which entails a risk to the health of consumers of the studied products.

**Keywords:** <HEAVY METALS>, <SOIL POLLUTION>, <VEGETATION COVER>, <MICRONUTRIENTS>, <AGROCHEMICALS>



Ing. Paul Obregón. Mgs

0601927122

## **INTRODUCCIÓN**

### **Planteamiento del problema**

Uno de los principales problemas que afectan a la sociedad del siglo XXI es la contaminación ambiental (Reyes et al., 2016, p.2). La cantidad y diversidad de contaminantes que se encuentra en constante incremento es a causa de la revolución industrial, los diferentes usos de suelo, las malas prácticas de manejo ambiental, desarrollo minero, agroquímico e industrial (Becerril et al., 2007, p. 50). En los suelos se puede presentar contaminantes tanto de origen antropogénico, así como también como naturales, los cuales pueden generar componentes de minerales que a su vez llegan a ser tóxicos cuando se presentan las altas concentraciones (Rodríguez, McLaughlin y Pennock, 2019, p. 1), y a su vez el suelo al ser el medio más estático, los contaminantes tienden a permanecer en él durante largos periodos tiempo.

La persistencia de estos contaminantes a largo plazo es sumamente preocupante en el caso de contaminantes inorgánicos como los metales pesados, debido a su no biodegradabilidad, persistencia, acumulación progresiva y/o su transferencia a otros sistemas (Becerril et al., 2007, p. 52; Izquierdo, 2017). Los sistemas de producción de alimentos son una fuente importante de contaminación por metales pesados y, por lo tanto, trabajan con la acumulación de metales pesados en la tierra o, potencialmente, con su intercambio en la cadena tierra-planta-cliente, principalmente en lugares donde estos ciclos se realizan con gran intensidad y sin periodos de descanso o de cambio de rendimiento (Mahecha., Trujillo y Torres, 2015, p. 2). La aplicación de diversos plaguicidas en los cultivos ha originado un deterioro significativo del suelo los mismos que conllevan a cambios en la composición vegetal, la pérdida notoria de su fertilidad, la disminución significativa de la materia orgánica, destrucción de ecosistemas naturales, pérdida de cultivos y la contaminación del agua (Izquierdo, 2017, p. 2).

El exceso de metales pesados en el suelo puede alterar el metabolismo de las plantas y disminuir la productividad de los cultivos, ejerciendo presión en última instancia en las tierras de labranza. Al ingresar a la cadena alimentaria, estos contaminantes también crean riesgos para la seguridad alimentaria, los recursos hídricos, los medios de vida rurales y la salud humana (Rodríguez, McLaughlin y Pennock, 2019, p. 50).

## **Formulación del problema**

### **Planteamiento General**

- ¿Cómo influye el uso excesivo de agroquímicos en la concentración de metales pesados en la cobertura vegetal de suelos agrícolas?

### **Planteamientos Específicos**

- ¿Cuál es la concentración de metales pesados (Pb, Cd, As, Ni, Hg) en la cobertura vegetal de los suelos agrícolas en las parroquias: la matriz y San Felipe de Rumipamba?
- ¿Cuál es la concentración de micronutrientes en la cobertura vegetal?
- ¿Las concentraciones de metales pesados cumplen con los límites permisibles en la normativa nacional e internacional?

### **Justificación**

La contaminación moderna, mecánica, agrícola, minera y la utilización imprudente de diferentes productos químicos que contienen metales pesados, que finalmente se integran en los cursos de agua, las plantas, los animales y los alimentos básicos, cambian la estabilidad de la cadena alimenticia, convirtiéndose en un peligro latente para la naturaleza y la sociedad, ya que causan numerosos inconvenientes para el bienestar de las personas y los animales (Londoño, Londoño y Muñoz, 2016, p.2). La absorción de estos metales por la planta depende de la convergencia absoluta de metales en el suelo y es diferente para cada especie de planta en función de sus capacidades para soportar grandes concentraciones de metales pesados en el suelo

(Cabezas et al, p.2., 2004; Fiallos, 2017, p.15).

Mientras que los metales pesados, como el cadmio, el plomo, el níquel, el cobalto, el cobre y el zinc, se consideran posiblemente perjudiciales para las plantas, animales e incluso las personas, otros metales, como el potasio, el magnesio, el hierro y el manganeso, son importantes para el sustento de las plantas y las cosechas agrícolas en general (Briceño et al., 2020). Las malas prácticas en el manejo de cultivos como es la aplicación de diversos plaguicidas y fertilizantes han originado un deterioro significativo en los suelos de estas parroquias, los mismos que ocasionan cambios en la composición vegetal, pérdida de fertilidad de suelos, la disminución significativa de la materia orgánica, destrucción de ecosistemas naturales, pérdida de cultivos y la contaminación del agua en la zona de estudio (Izquierdo, 2017, p. 2) Por esta razón es importante

determinar los parámetros fisicoquímicos, la presencia y concentración de micronutrientes y metales pesados en la cobertura vegetal de los suelos agrícolas de las parroquias: la matriz y San Felipe de Rumipamba en el cantón Quero, provincia de Tungurahua, debido a que esta no cuenta con estudios o análisis previos. La información proveniente de este estudio permitirá determinar si los productos agrícolas son aptos para el consumo humano y cumplen con los límites permisibles según las normativas ambientales nacionales e internacionales (Briceño et al., 2020, pp. 114-126).

## **Objetivos de la investigación**

### **Objetivo General**

- Determinar el nivel de contaminación por metales pesados (Pb, Cd, As, Ni, Hg) en la cobertura vegetal de suelos agrícolas producido por la aplicación de agroquímicos en las parroquias: la matriz y San Felipe de Rumipamba en el cantón Quero – Tungurahua.

### **Objetivos Específicos**

- Analizar la concentración metales pesados (Pb, Cd, As, Ni, Hg) en la cobertura vegetal de suelos agrícolas que están expuestos al uso excesivo de agroquímicos por medio de análisis químicos.
- Cuantificar la concentración de micronutrientes (Fe, Mn, Zn, Cu) presentes en la cobertura vegetal de suelos agrícolas que están expuestos al uso excesivo de agroquímicos.
- Determinar si las concentraciones de metales pesados y micronutrientes de la cobertura vegetal de suelos agrícolas de las parroquias La Matriz y San Felipe de Rumipamba cumplen con los límites permisibles establecidos en las normativas nacionales e internacionales.

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO

#### 1.1. Marco conceptual

##### *1.1.1. Antecedentes de investigación*

Con el tiempo, la agricultura a nivel mundial ha perdido importancia y varias naciones se han enfocado en otros sectores los cuales han generado mayores ingresos. A través de la historia del país, la economía del Ecuador se ha especializado en productos primarios. Desde nuestra primera participación en el comercio internacional, nos enfocamos en cacao (1876- 1890), luego en el banano (1950's), y en la actualidad el petróleo; nuestro mayor ingreso económico.

El enfoque de las sociedades va hacia el mercado de la industria, relegando en segundo plano a la agricultura. Los datos del Banco Central nos indican que en los 70's la agricultura representaba alrededor del 25% del PIB, mientras que en el año 2000 la agricultura llegó a representar el 9% del PIB (Fiallo, 2017, p.11). Las revoluciones verdes, se consideran en la actualidad como procesos históricos de modernización de la agricultura, debido al cambio radical en las prácticas agrícolas. Con el avance de la tecnología y las nuevas técnicas para mejorar las producciones y tener cultivos de alto rendimiento, organismos que han sido genéticamente modificados (OGM), nuevos sistemas de riego, uso de maquinaria agrícola y sobre todo el uso indiscriminado de fertilizantes que tiene un origen químico, de pesticidas.

Esto ha ocasionado que elementos tóxicos como son los metales pesados se acumulan en el suelo, dichos elementos son altamente tóxicos y pueden ocasionar riesgo de salud pública ya que pueden transferirse a los productos agroalimentarios (Mahecha et al, 2015, p.2). Los metales pesados representan uno de los principales problemas de contaminación de suelos, puesto que se van acumulando en los organismos hasta llegar a altas concentraciones, esto ocurre de manera especial en zonas industriales. El plomo y el cadmio son metales pesados generalmente son los que encabezan la lista, causando un sin número de alteraciones en toda la cadena trófica (Uriña, 2020, p.15). Ecuador, aproximadamente el 45% de la población vive en la región Sierra (INEC, 2010) y su principal ocupación es la agricultura. La presión humana genera una gran demanda por los recursos naturales, provocando un aumento en la superficie de tierra cultivable, lo que puede inducir cambios en las propiedades físicas y químicas del suelo (Zúñiga, et al, 2018, p.6).

### ***1.1.2. Cobertura vegetal***

Se define a la cobertura vegetal como un manto de vegetación natural que se extiende y cubre la superficie terrestre, está comprendida por una gran variedad de biomásas las cuales tiene diferentes características ambientales, en las cuales podemos encontrar desde pastizales hasta grandes áreas cubiertas por bosques naturales (Maza, 2009, p.6). También se incluyen las coberturas vegetales inducidas que son el resultado de la acción humana como serían las áreas de cultivos (Maza, 2009, p. 6).

### ***1.1.3. Flora***

La flora hace referencia a la diversidad de plantas y variedad de especies que se pueden identificar en un determinado lugar. La investigación de la flora alude al inventario de las especies presentes sin incluir otros datos sobre ellas, aparte de su taxonomía, los geográficos y su utilización y valoración social (Ferro, 2015, p. 2).

### ***1.1.4. Degradación***

Es la alteración de las propiedades físicas, químicas y los procesos biológicos por medio de la adición de sustancias tóxicas y dañinas a los diferentes ecosistemas, logrando así desestabilizar y destruir calidad ambiental (Acuerdo Ministerial 97, 2015, p. 19).

### ***1.1.5. Remediación***

Alternativas y acciones que buscan la compensación y reparación integral de zonas que han sido afectadas o dañadas por los diversos impactos negativos de la contaminación (Acuerdo Ministerial 97, 2015, p. 23).

### ***1.1.6. Contaminante orgánico persistente (COP)***

Sustancias contaminantes creadas por el hombre a base de carbono que se encuentran en productos químicos utilizados en la agricultura y en diferentes industrias. Algunos plaguicidas son COP como las Dibenzodioxinas policloradas (DPDP) y los Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) (Rodríguez et al, 2019, p. VIII).

### ***1.1.7. Límites máximos permisibles***

Valores límites de contaminación determinadas emisiones, sustancia o parámetros físicos, químicos o biológicos (Acuerdo Ministerial 97, 2015, p. 21).

### ***1.1.8. Plaguicida***

Un plaguicida puede ser una sustancia o mezcla de diferentes sustancias que poseen componentes químicos o biológicos que están predestinados a mitigar, exterminar o controlar las diferentes plagas presentes en los cultivos, también a proteger y mantener el correcto crecimiento de las plantas (FAO y OMS, 2014, p.6).

### ***1.1.9. Manejo de plaguicidas***

El manejo reglamentario y técnico de todos los aspectos del ciclo de vida de los plaguicidas, incluyendo la producción (fabricación y formulación), la autorización, importación, distribución, venta, el suministro, transporte, almacenamiento, la manipulación, aplicación y disposición final de los plaguicidas y sus envases a fin de garantizar la seguridad y la eficacia y reducir al mínimo los efectos ambientales y sanitarios adversos y la exposición a los plaguicidas de seres humanos y animales (FAO y OMS, 2014, p. 5).

### ***1.1.10. Toxicidad***

Propiedad fisiológica o biológica que determina la capacidad de una sustancia química para causar perjuicio o producir daños a un organismo vivo por medios no mecánicos (FAO y OMS, 2014, p. 7).

### ***1.1.11. Residuo***

Cualquier sustancia específica presente en o sobre los alimentos, productos agrícolas y otros tipos de productos o alimentos para animales, así como en el medio ambiente, en particular en el suelo, el aire y el agua, como consecuencia del uso de un plaguicida. Residuo también se refiere a productos de conversión, metabolitos, productos de descomposición, productos de reacción e impurezas consideradas de importancia toxicológica o eco toxicológica. El término “residuo de plaguicidas” incluye tanto los residuos de procedencias desconocidas o inevitables (por ejemplo, la contaminación ambiental), como los derivados de usos conocidos y autorizados de la sustancia química (FAO y OMS, 2014).

### ***1.1.12. Desechos peligrosos***

Los desechos sólidos, pastosos, líquidos o gaseosos resultantes de un proceso de producción, extracción, transformación, reciclaje, utilización o consumo y que contengan alguna sustancia que tenga características corrosivas, reactivas, tóxicas, inflamables, biológico-infecciosas y/o radioactivas, que representen un riesgo para la salud humana y el ambiente

(Acuerdo Ministerial 97, 2015, p. 3).

### ***1.1.13. Uso de suelo***

Se puede referir como uso del suelo a los diferentes tipos de cobertura que el hombre crea para satisfacer sus necesidades materiales o espirituales. En el transcurso de la historia, el suelo ligado a la productividad agropecuaria, además del cambio de cobertura del suelo, se han constituido en factores importantes para el crecimiento y desarrollo de todas las culturas (Maza, 2009, p.8).

### ***1.1.14. Salud del Suelo***

Es la capacidad que posee el suelo para brindar una buena calidad de alimentos a los seres humanos y a su vez mantener una buena calidad e aireación y agua para que las plantas, animales y microorganismos que habitan en él tengan una buena salud y estabilidad

(Rodríguez et al, 2019, p. VIII).

### ***1.1.15. Agroecosistemas***

Los agroecosistemas son un medio o entorno natural utilizado por las personas para crear y obtener alimentos. Son espacios libres que reciben aportes del exterior y producen productos que se suministran a los espacios exteriores. Como en cualquier sistema biológico terrestre, incluyen ciclos de flujo de energía, ciclos de suplementos, ciclos hidrológicos, procesos de sucesión de la vegetación y regulación biótica. Estos ciclos tienen una capacidad general, de modo que cuando se altera uno de ellos, los demás se ven afectados (INIA, 2015, p.5).

## **1.2. Marco teórico**

### ***1.2.1. Metales pesados***

La expresión "metales pesados" alude a la reunión de metales y metaloides de masa moderadamente alta, por ejemplo, Pb, Cd, Cu, Hg, Sn y Zn, que pueden causar problemas de

intoxicación. Diferentes elementos no metálicos que con frecuencia se consideran junto a los metales pesados incorporan As, antimonio (Sb) y selenio (Se) (Rodríguez et al, 2019, p. 19). Estos componentes se presentan normalmente en los suelos en concentraciones bajas. Un gran número de ellos son micronutrientes fundamentales para plantas, animales y personas, sin embargo, en altas fijaciones pueden causar fitotoxicidad y dañar el bienestar humano debido a su naturaleza no biodegradable hace que se acumulen eficazmente en tejidos vivos y entidades orgánicas (Rodríguez et al, 2019, p. 4).

Se pueden considerar como fuentes antropogénicas de metales pesados las áreas industriales, relaves de minas, remoción de residuos con alto contenido de metales, gas y pinturas con plomo, aplicación de compost, fertilizantes, lodos de alcantarillado, pesticidas, sistema hídrico con aguas residuales, acumulaciones de quema de carbón, derrames petroquímicos y residuos ambientales de fuentes múltiples (Rodríguez et al, 2019, p. 19). En la naturaleza los tóxicos más persistentes son los metales pesados y por lo tanto son más difíciles de eliminar del medio ambiente. Estos elementos no solamente causan el deterioro la calidad atmosférica, de los cuerpos de agua y de los cultivos, también son una gran amenaza puesto que pueden ocasionar daños en la salud humana y de animales. Estos componentes no sólo tienen como objetivo el resquebrajamiento de la calidad ambiental, los cuerpos de agua y las cosechas, sino que también son un peligro increíble, ya que pueden dañar el bienestar humano y de los animales. Los metales pesados están casi siempre presentes en los tejidos de los seres vivos y no pueden ser descompuestos. Entre los metales pesados, Zn, Ni, Co y Cu son moderadamente más venenosos para las plantas. Los principales componentes que se encargan de contaminar por cadena alimentaria son As, Cd, Hg, Pb y Se (Rodríguez et al, 2019, p. 19). Las principales fuentes de Arsénico que afectan al suelo y por ende a la cobertura vegetal se encuentran presentes en agroquímicos, estiércoles, actividades de minería y fundición (Rodríguez et al, 2019, p. 19).

Los metales presentes en los plaguicidas inorgánicos (a base de Cu) y naturales constituyen un importante problema ecológico y toxicológico. El Cu es fácilmente fijado por la materia natural del suelo (SOM) y los óxidos de Fe y Mn, manteniéndose en concentraciones importantes en las capas superiores del suelo. Sin embargo, se ha encontrado Cu derivado de fungicidas en grandes cantidades en la fracción potencialmente disponible del suelo (Rodríguez et al, 2019, p. 19).

## ***1.2.2. Tipos de contaminación por metales pesados***

### *1.2.2.1. Contaminación puntual*

Se conoce como contaminación puntual del suelo cuando la misma es producida por un evento determinado o por una sucesión de eventos en un lugar específico, en el cual los contaminantes son liberados en el suelo, pero a su vez se conoce de manera concreta el origen de contaminación (Rodríguez et al, 2019, p. 3). Se puede determinar que dentro de la contaminación puntual las actividades antropogénicas o generadas por el hombre son las más representativas a nivel general entre ellas podemos encontrar las siguientes: el mal manejo de los residuos y desechos de fábricas, la eliminación deficiente e inadecuada de las aguas residuales, la aplicación excesiva de agroquímicos y fertilizantes, los vertederos no controlados, etc. Las actividades como la minería y la fundición que se realizan usando normas ambientales pobres son también fuentes de contaminación por metales pesados en muchas regiones del mundo (Rodríguez et al, 2019, p. 3).

La contaminación puntual es muy abundante en las zonas urbanas, mediante estudios se ha descubierto que en los suelos adyacentes a las carreteras existen altos contenidos de metales pesados e hidrocarburos. También se puede considerar como una fuente de contaminación puntual significativa los vertederos que no tienen un manejo adecuado, los lodos de depuradora aguas residuales entran en esta categoría. Como resultado de esta contaminación por medio de las actividades industriales se está generando altos riesgos para la salud humana (Rodríguez et al, 2019, p. 4).

### *1.2.2.2. Contaminación difusa*

Cuando la contaminación se propaga por áreas de terreno demasiadas extensas, no tiene una fuente de fácil identificación, se acumula en el suelo y no tiene un único origen, se la denomina contaminación difusa. Dicha contaminación se presenta donde la emisión, transformación y dilución de contaminantes en otros medios ha ocurrido previamente a su transferencia al suelo (Rodríguez et al, 2019, p. 4). En la contaminación difusa se produce la movilización del contaminante a través de los sistemas de aire, suelo y agua. Por lo tanto, es necesario realizar análisis complejos que involucran a estos tres compartimentos a fin de evaluar adecuadamente este tipo de contaminación. Por esta razón, la contaminación difusa es difícil de analizar y puede ser difícil rastrear y delimitar su extensión espacial (Rodríguez et al, 2019, p. 4).

Muchos de los contaminantes que causan la contaminación puntual pueden estar involucrados en la contaminación difusa, ya que su destino en el medio ambiente no se ha comprendido bien (Rodríguez et al, 2019, p. 4). Los ejemplos de contaminación difusa son numerosos y pueden incluir actividades relacionadas con la energía y armas nucleares; la eliminación incontrolada de desechos y los efluentes contaminados liberados en cuencas o cerca de éstas; la aplicación en los suelos de lodos de depuradora; el uso agrícola de plaguicidas y fertilizantes que también añaden metales pesados, contaminantes orgánicos persistentes, nutrientes en exceso y agroquímicos que son transportados corriente abajo por las aguas de escorrentía; inundaciones; transporte y deposición atmosféricas y/o erosión del suelo. La contaminación difusa tiene un impacto importante en el medio ambiente y en la salud humana, aunque generalmente se desconoce su gravedad y alcance (Rodríguez, McLaughlin y Pennock, 2019,p. 4).

### ***1.2.3. Fuentes de contaminación del suelo por metales pesados***

#### *1.2.3.1. Fuentes geogénicas naturales*

Gran variedad de materiales parentales que se encuentran en el suelo son fuente natural de ciertos metales pesados y otros elementos como los radionúclidos y estos simbolizan un riesgo para el medio ambiente y sobre todo para el bienestar y la salud humana cuando se encuentran en concentraciones elevadas. La contaminación por arsénico (As) es uno de los principales problemas ambientales en todo el mundo según (Rodríguez, McLaughlin y Pennock, 2019, p.7). Los incendios forestales o las erupciones volcánicas pueden ser consideradas como fuentes de contaminación natural puesto que se liberan gases y contaminantes tóxicos como por ejemplo (HAPs) (Rodríguez, McLaughlin y Pennock, 2019, p.7). Se identificaron altos niveles de metales pesados en suelos volcánicos, principalmente mercurio (Hg), o con la meteorización del material parental, en la que los altos niveles de cromo (Cr), cobre (Cu), níquel (Ni) y zinc (Zn) tienen un origen pedo-geoquímico (Rodríguez, McLaughlin y Pennock, 2019, p. 7), la meteorización de minerales que contienen As y yacimientos minerales, pero también zonas mineralizadas naturalmente de arsenopirita formadas por la meteorización de rocas con contenido de sulfuros. Gran parte de estos minerales poseen una elevada variabilidad espacial y se pueden encontrar en elevadas concentraciones en capas profundas (Rodríguez, McLaughlin y Pennock, 2019, p. 6).

#### *1.2.3.2. Fuentes antropogénicas*

Los químicos utilizados en las industrias, vertederos desechos domésticos, aguas residuales y productos a base de petróleo son considerados importantes fuentes antropogénicas de

contaminación en el suelo. Estos químicos son liberados al medio ambiente accidentalmente, por ejemplo, los procedentes de derrames de petróleo o de la lixiviación desde los vertederos, o intencionalmente, como sucede con el uso de fertilizantes y plaguicidas, irrigación con aguas residuales no tratadas o la aplicación en suelos de lodos de depuradora (Rodríguez, McLaughlin y Pennock, 2019, p. 7).

#### ***1.2.4. Factores del suelo que afectan a la disponibilidad y acumulación de los metales pesados***

La movilización de los metales pesados en el ambiente, suelo y en organismos, es una condicionante importante de sus características de bioacumulación, transferencia hacia otros organismos en la cadena trófica, por su potencial tóxico y sus efectos adversos (Reyes et al., 2016; Quinde, 2018). Cualquier elemento que se encuentre almacenado en el suelo no precisamente está disponible para la planta, pueden encontrarse retenidos o disponibles en la solución del suelo mediante procesos biológicos y químicos (Solano, 2015; Quinde, 2018, p.23).

##### *1.2.4.1. pH*

Cuando el pH es ácido la mayoría de los metales pesados están más disponibles para ser absorbidos, en el caso de Cr, Se, Mo y el As necesitan un pH alcalino para ser absorbidos con facilidad (Prieto Méndez et al., 2009). Cuando se define la movilidad del catión el pH es fundamental puesto que cuando hay un pH moderadamente alto se genera la precipitación como hidróxido cuando hay un pH muy alcalino, estos logran nuevamente regresar a la solución como hidroxicomplejos. Por otra parte, algunos metales pueden estar en la disolución del suelo como aniones solubles (Prieto Méndez et al., 2009, p. 36).

##### *1.2.4.2. Potencial redox*

El potencial redox es el que muestra cómo se encuentra el metal en el suelo, ya sea oxidado o reducido (Huertos y Baena, 2008, p.51; Morales y Erazo, 2020, p.16). El potencial redox en los suelos saturados afecta fuertemente las formas de fase sólida a solución de metaloides y metales (Morales y Erazo, 2020, p.16).

##### *1.2.4.3. Capacidad de intercambio (catiónico y/o aniónico)*

Está en función del contenido de arcilla y materia orgánica, principalmente; cuanto mayor sea la capacidad de cambio catiónico mayor será la capacidad del suelo de precisar metales. El poder de

adsorción de los diferentes metales pesados depende de su valencia y del radio iónico hidratado; a mayor tamaño y menor valencia se retienen con menor fuerza (Quinde, 2018, p.23; Prieto Méndez et al., 2009, p.31).

#### *1.2.4.4. Materia orgánica*

La formación de complejos por la materia orgánica del suelo es una de las técnicas que interceden en la capacidad de solubilidad y asimilabilidad de metales pesados por las plantas; la toxicidad de los metales pesados aumenta en gran medida por su fuerte propensión a formar complejos organometálicos, facilitando con ello la solubilidad, disponibilidad y dispersión (Peña et al., 2017;Quinde, 2018, p.23).

#### *1.2.4.5. Textura*

La arcilla tiende a absorber a los metales pesados, que quedan retenidos en sus posiciones de cambio (Quinde, 2018, p.23). Los suelos de textura franca arenosa contienen baja cantidad de materia orgánica, lo cual provoca una baja cantidad de metales pesados retenidos en el suelo, demostrando así que la contaminación por estos elementos en suelos con textura franca arenosa es menor (García et al., 2009, p.167;Morales y Erazo, 2020, p.16).

#### *1.2.4.6. Presencia de otros elementos*

Existen otras formas que afectan la disponibilidad y movimiento de los metales pesados; el porcentaje de carbonatos, de óxidos de Fe, Mn y Al, los complejos con la materia orgánica y los óxidos de Fe-Mn (Quinde, 2018, p.23).

### ***1.2.5. Principales contaminantes de metales pesados***

La emisión de contaminantes al medio ambiente, como ya se ha mencionado, suele proceder de procesos antropogénicos. Incluso si algunos elementos y compuestos se encuentran de forma natural en los suelos, las intervenciones humanas son las principales causantes de la contaminación del suelo. Las siguientes secciones analizan sólo un pequeño subconjunto de los contaminantes más comunes que afectan a las áreas agrícolas, y las propiedades que hacen que estos compuestos sean contaminantes. Los contaminantes han sido divididos por sus características químicas, pero algunas de las categorías presentadas aquí se superponen (Rodríguez et al, 2019, p. 19).

### *1.2.5.1. Agroquímicos – Plaguicidas*

Durante los últimos 35 años se ha aumentado el uso de plaguicidas a nivel mundial, con una tasa de crecimiento de 4 a 5,4%, la principal fuente de plaguicidas es el carbono y nitrógeno, degradándose principalmente por la actividad microbiana. Según la OMS dice que actividades como la industrialización, los intereses económicos y las posibilidades de controlar más fácilmente las plagas dieron lugar a un desarrollo en los plaguicidas, son sustancias químicas diseñadas para ser tóxicas, esto se da principalmente porque son liberadas en el ambiente de forma abierta (Izquierdo, 2017, p. 13).

Los plaguicidas son aplicados para reducir las pérdidas en las cosechas a causa de plagas de insectos, malas hierbas y patógenos, y así garantizar el suministro global de alimentos. Dentro del grupo de los plaguicidas podemos encontrar los siguientes: fungicidas, herbicidas, rodenticidas, mosquicidas, nematocidas y reguladores del crecimiento de las plantas. Según varias evaluaciones, sin la aplicación de plaguicidas en los cultivos se generarían pérdidas en las cosechas las cuales oscilarían de 32 % para los cereales, y el 78 % en la producción de frutas (Rodríguez et al, 2019, p. 21). Los plaguicidas se aplican no solo a las tierras agrícolas; también tienen gran importancia en la protección de la salud humana, por ejemplo, para el control sanitario de plagas de enfermedades transmitidas por vectores. Otro de sus usos es para mantener construcciones libres de insectos dañinos y malas hierbas. Su uso no está distribuido en forma homogénea en todo el mundo, principalmente por su costo y porque las plagas varían según la región climática y la geográfica (Rodríguez et al, 2019, p. 21). Una vez más, el problema surge cuando ocurre un mal uso de los plaguicidas: al ser aplicados en cantidades superiores a las necesarias y mediante el uso de prácticas que contribuyen a su propagación en el medio ambiente, como sucede al rociarlos con equipo de aplicación no apropiado, sin mantenimiento o no calibrado o cuando se usan aviones en vastas regiones, afectando a los habitantes y a los organismos para los que no están destinados (Rodríguez et al, 2019, p. 21).

### *1.2.6. Metales pesados y su efecto contaminante*

Se puede decir que los metales pesados son torrencialmente tóxicos puesto que tienen la capacidad de contaminar el agua, aire, suelo y por ende la cobertura vegetal que cubre a este. Las plantas pueden absorber altas concentraciones de metales pesados o contaminantes que pueden afectar a la cadena trófica.

En los suelos se pueden encontrar de forma natural pequeñas cantidades de oligoelementos o micronutrientes como puede ser: boro, cobre, zinc, manganeso, molibdeno, cadmio, etc., que a su vez estos elementos ayudan al crecimiento y desarrollo de las plantas

(Acosta, 2007, p. 17).

En el momento en que los metales pesados se encuentran en la solución del suelo, pueden trasladarse con mayor eficacia a diferentes medios, por lo que, cuando su concentración aumenta, añaden un grado significativo de nocividad al suelo; la toxicidad de los componentes también se basa en la especiación o las estructuras en las que están disponibles en el suelo, así como su biodisponibilidad y su entrada en la cadena trófica (Acosta, 2007, p. 17).

### ***1.2.7. Metales pesados en suelos agrícolas***

Los suelos agrícolas pueden contener de manera natural cantidades variables de metales pesados debido a su meteorización (Sánchez, 2003, p.10; Quinde, 2018, p.21); Otra causa de la presencia de metales en el suelo es por las actividades antrópicas como la agricultura, industria y minería (Díaz, 2020, p.20). El contenido de materia orgánica que activa la parte biológica del suelo por los micro organismos, genera un alta acumulación y retención de metales, que se sucede en el nivel “O” o perfil “A” del suelo, siendo en estas zonas donde las raíces de las plantas encuentran iones metálicos que pueden ser fácilmente absorbidos (Díaz, 2020, p.20).

Las plantas poseen sistemas de absorción, acumulación y translocación de nutrientes específicos; sin embargo, existen metales no esenciales que se comportan de manera similar a los nutrientes esenciales por sus características electroquímicas, lo que permite que sean absorbidos por las raíces y se acumulen en diversos órganos (Quinde, 2018, p.21 ;Sánchez & Rengifo, 2017).

### ***1.2.8. Bioacumulación de metales pesados en los cultivos***

Cuando la cantidad de metales pesados superan los límites máximos establecidos por las legislaciones nacionales e internacionales se generan efectos negativos como la inhibición del crecimiento y desarrollo normal de la plantas y un disturbio funcional en otros componentes del ambiente así como la del crecimiento, desarrollo bacteriano que se encuentra en el suelo” (Prieto Méndez et al., 2009, p. 30). La contaminación del suelo por metales pesados se produce cuando los suelos se inundan con el agua de los residuos mineros, las aguas residuales contaminadas de los parques modernos y civiles y el drenaje de las presas de residuos (Prieto Méndez et al., 2009, p. 30).

Cuando los metales pesados se liberan en el suelo se distribuyen en la fase sólida del mismo y se identifica porque tienen una veloz retención inicial y reacciones lentas, esto varía según el metal y las diferentes propiedades del suelo (Prieto Méndez et al., 2009, p. 30). Los factores que determinan la facilidad de la movilización de los metales pesados son: pH, potencial redox, composición iónica de la solución del suelo, capacidad de intercambio (catiónico y/o aniónico), presencia de carbonatos, materia orgánica, textura, entre otras (Prieto Méndez et al., 2009). Los metales, el tipo de su naturaleza y las circunstancias ecológicas producen procesos de acidificación, cambios en las condiciones redox, variedad de temperaturas y humedad en los suelos (Prieto Méndez et al., 2009, p. 30).

Por regla general, los metales pesados integrados en la tierra pueden seguir cuatro vías distintas: en primer lugar, se mantienen en la tierra, ya sea descomponiéndose en el período acuoso de la tierra o poseyendo sitios de intercambio; en segundo lugar, se adsorben explícitamente en los constituyentes inorgánicos del suelo; en tercer lugar, se relacionan con la materia natural del suelo; y en cuarto lugar, se precipitan como sólidos no adulterados o mezclados (Prieto Méndez et al., 2009). Además, pueden ser consumidos por las plantas y, en consecuencia, integrarse en las cadenas tróficas; pueden pasar al ambiente por volatilización y activarse en las aguas superficiales o subterráneas (García y Dorronsoro, 2005; Prieto Méndez et al., 2009, p. 31).

Las variedades de plantas y cultivos vegetales y agrícolas poseen la cualidad de acumular metales en sus estructuras a eso se le denomina bioacumulación (Acosta, 2007, p.27; Prieto Méndez et al., 2009, p.31). Algunas especies pueden fijar metales a las paredes celulares o llevarlos a las vacuolas o complementarlos con ácidos naturales o pasar por transformaciones enzimáticas que les facilitan llevar a cabo sus funciones a la presencia de grandes cantidades de metales pesados (Peris, 2006, p.18). Las plantas se han caracterizado en tres tipos, excluyentes, indicadoras y bioacumuladoras.

Las especies vegetales, incluidas las agrícolas, pueden acumular metales pesados en sus tejidos. Así, las excluidoras confinan la sección o el movimiento de los metales venenosos. Esto les permite vivir en condiciones con altas convergencias de metales. Los indicadores muestran el aumento de la cantidad de metales presentes en el ambiente (Peris, 2006, p. 18). En el momento en que un metal pesado entra en una célula vegetal, es inmovilizado por agentes quelantes naturales (fitocelatinas) que estructuran partículas complejas con el metal y previenen su fitotoxicidad; de otra forma, cuando se forman los quelatos, pasan por la vacuola y son depositados allí (Acosta, 2007, p. 27). Las sustancias quelantes pueden ser producidas por la propia planta y liberadas al suelo a través de las raíces, o pueden ser añadidas directamente por el hombre, empleando insumos químicos para descontaminarlos (Acosta, 2007, p. 27). Según investigaciones de diversos autores especifican que biodisponibilidad de ciertos en suelo y plantas puede tener mayor capacidad de

absorción. La disponibilidad de metales pesados para la absorción de las plantas se encuentra en el siguiente orden, con mayor cantidad el Mn, después el Zn y seguido del Cd y el Cu (Prieto Méndez et al., 2009, p.36). Cabe recalcar que la absorción de los metales pesados regido y condicionado por pH del suelo y por ende por su solubilidad (Prieto Méndez et al., 2009, p.35).

### ***1.2.9. Efecto de los metales y su relación con la salud humana***

Se sabe que los metales pesados producen efectos nocivos en plantas y otros organismos; estos efectos dependen del tipo de metal y varían de una especie a otra (Gall, Boyd y Rajakaruna, 2015, p. 12). Los efectos de los metales pesados sobre el bienestar de las personas también se conocen desde hace tiempo. A pesar de los diversos esfuerzos por reducir la polución ecológica, la exposición a los metales pesados persiste y los índices de vertidos siguen aumentando en algunas zonas del planeta, especialmente en las comunidades urbanas en desarrollo; en los países desarrollados, estos vertidos han decrecido a lo largo de los últimos años (Järup, 2003;García et al., 2022, p. 12).

La contaminación por metales pesados es una preocupación mundial, territorial y vecinal para el bienestar general que afecta a la utilidad y la integridad de la estructura del sistema biológico (Tona et al., 2013;García et al., 2022, p 12). La utilización prolongada de grupos elevados de metales pesados a través de los alimentos provoca la agregación continua de metales pesados en órganos como el riñón y el hígado, alterando ciclos bioquímicos específicos, causando enfermedades cardiovasculares, aprehensivas, renales y óseas. Las altas concentraciones de metales pesados en alimentos de hoja verde se han relacionado directamente con enfermedades gastrointestinales (Turkdogan et al., 2002;Fiallos, 2017, p. 7).

En los organismos biológicos, los metales pesados pueden ocasionar efectos antagónicos en orgánulos como la membrana celular, las mitocondrias, los lisosomas, el retículo endoplásmico, los núcleos y algunos catalizadores relacionados con la digestión, la desintoxicación y la reparación de daños celulares; las partículas metálicas se conectan con partes de las células, por ejemplo, el ADN y las proteínas atómicas, causando daños en el ADN y cambios conformacionales que pueden provocar la regularización del ciclo celular, la carcinogénesis o la apoptosis (Tchounwou et al, 2012; Fiallos, 2017, p. 7).

- **El cadmio**, por ejemplo, obtiene sus cualidades toxicológicas de su comparabilidad sintética con el zinc, un micronutriente fundamental tanto para las especies vegetales, animales y personas La exposición prolongada a Cadmio, Cobre y Cromo está relacionada con la insuficiencia renal y la exposición continua puede provocar infecciones y enfermedades pulmonares obstructivas (Fiallos, 2017). También puede afectar

al tejido óseo (osteomalacia, osteoporosis) en personas y animales. Y está relacionado con un aumento de la presión arterial y efectos sobre el miocardio de los animales (Lenntech, 2016; Fiallos, 2017, p. 7).

- **El cromo** puede ocasionar daños en el estómago, problemas respiratorios, problemas hepáticos, insuficiencia renal, úlceras, cáncer al pulmón y debilitamiento del sistema inmune (Prieto Méndez et al., 2009, p. 37).
- **El níquel** puede irritar la piel y causar ulceraciones, además de problemas en el sistema circulatorio y el tejido fino nervioso (Lenntech, 2016; Fiallos, 2017, p. 7).
- **Los altos niveles de Plomo** pueden generar una gran cantidad de efectos biológicos según el nivel y la duración de la exposición. Además, estudios indican que el plomo causa en los tubos proximales del riñón lesiones que se caracterizan por amino aciduria generalizada, hipofosfatemia con hiperfosfaturia relativa y glucosuria acompañada de cuerpos de inclusión nuclear, modificaciones mitocondriales y cito megalia de las células epiteliales de los tubos proximales (Prieto Méndez et al., 2009, p. 38). Los impactos redondeados aparecen después de una exposición relativamente breve y son por lo general reversibles, aunque los cambios escleróticos y la fibrosis intersticial provocan una disminución de la capacidad renal y una posible insuficiencia renal. También se ha observado efectos en el plano subcelular y efectos en el funcionamiento general del organismo que van desde la inhibición de las enzimas hasta la producción de acusados cambios morfológicos y la muerte (Prieto Méndez et al., 2009, p. 38).
- **El Zinc** puede dar lugar a efectos bioquímicos tóxicos en los seres humanos que alternadamente causan problemas en la síntesis de la hemoglobina, riñones, aparato gastrointestinal, sistema reproductivo, y daños agudos o crónicos al sistema nervioso (Lenntech, 2016; Fiallos, 2017, p. 7).
- **El Mercurio** causa daño cerebral y al sistema nervioso central, afecta el tracto respiratorio y el cerebro, el Manganeseo puede causar Parkinson, embolia de los pulmones y bronquitis.
- **El arsénico** inorgánico cuando se ingiere en altas dosis puede genera una intoxicación aguda que causa problemas gastrointestinales, perturbaciones de las funciones de los sistemas cardiovascular y nervioso, disminución en la producción de glóbulos rojos y blancos y en último término la muerte (Prieto Méndez et al., 2009, p. 37). La exposición prolongada al arsénico en el agua de bebida tiene una relación causal con un aumento de los riesgos de cáncer de piel, de pulmón, de vejiga y de riñón, así como con otros cambios cutáneos, por ejemplo, hiperqueratosis y cambios de pigmentación (Prieto Méndez et al., 2009, p. 37). La ingesta excesiva de metales pesados incrementaría los riesgos por desarrollar cáncer, especialmente de piel, pulmón, hígado o estómago (Lenntech, 2016; Fiallos, 2017, p. 7).

### **1.3. Base legal**

#### ***1.3.1. Constitución de la República del Ecuador***

La Constitución es la norma jurídica fundamental del Estado y es el sustento del ordenamiento jurídico, se encuentra dirigida a garantizar y consagrar los derechos de los ciudadanos de manera general, los que a su vez son desarrollados a través de la legislación secundaria como leyes orgánicas y ordinarias, reglamentos, ordenanzas, decretos, entre los más principales (Constitución de la República del Ecuador, 2008, p. 5).

En la parte introductoria de la constitución manifiesta que el buen vivir se logra con la convivencia armónica de toda la ciudadanía con la naturaleza. Es una disposición del Estado Ecuatoriano mantener la conservación del medio ambiente y la convivencia en equilibrio y en armonía y al estar presente denota, los mecanismos necesarios para que las leyes amparen y regulen la protección del medio ambiente. Cabe destacar que lo estipulado en el mismo, hace referencia al manejo y uso de los recursos naturales, estableciendo que el agua es patrimonio nacional estratégico de uso público (Constitucion de la Republica del Ecuador, 2008, p. 5).

**Art. 13.** Las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales. El Estado ecuatoriano promoverá la soberanía.

**Art. 14.** “La población tiene derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay* (Constitucion de la Republica del Ecuador, 2008, p.5). Se declara de interés público la preservación del ambiente y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados” (Constitucion de la Republica del Ecuador, 2008, p.5).

En este sentido se denota que el Estado ampara los derechos de toda la población, para que posea una vida mejor dentro de un ambiente sano y limpio, en desarrollar formas en que las personas y la naturaleza puedan convivir en un ambiente armónico en miras de cumplir con el buen vivir declarado en la Carta Magna.

**Art. 276.** número 4, de la Constitución de la República del Ecuador, establece que uno de los objetivos del régimen de desarrollo será recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del

patrimonio natural (Constitucion de la Republica del Ecuador, 2008, p.71).

**Art. 409.** Es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil (Constitucion de la Republica del Ecuador, 2008, p. 100). Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión (Constitucion de la Republica del Ecuador, 2008, p. 100).

**Art. 410.** El Estado brindará a los agricultores y a las comunidades rurales apoyo para la conservación y restauración de los suelos, así como para el desarrollo de prácticas agrícolas que los protejan y promuevan la soberanía alimentaria (Ley Orgánica Del Régimen De La Soberanía Alimentaria, 2008) (Constitucion de la Republica del Ecuador, 2008, p. 100).

### ***1.3.2. Código orgánico del ambiente***

El Código Orgánico del Ambiente en el artículo 4 menciona que promoverá el efectivo goce de los derechos de la naturaleza y de las personas a fin de vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, de conformidad con la Constitución y los instrumentos internacionales ratificados por el Estado. Además, el artículo 5 menciona que es un derecho de la población vivir en un ambiente sano (COA, 2017).

En el artículo 26, a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales dentro de sus facultades y competencias ambientales, les corresponde: “controlar el cumplimiento de los parámetros ambientales y la aplicación de normas técnicas de los componentes agua, suelo, aire y ruido”, mismo que ejercerán en las respectivas áreas rurales de su circunscripción territorial (COA, 2017, p. 35).

En cuanto a los monitoreos de la calidad de los componentes bióticos, el artículo 191 ratifica que: “La Autoridad Ambiental Nacional o el Gobierno Autónomo Descentralizado competente, en coordinación con las demás autoridades competentes, según corresponda, realizarán el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire, agua y suelo, de conformidad con las normas reglamentarias y técnicas que se expidan para el efecto (COA, 2017, p. 35).

### ***1.3.3. Acuerdo Ministerial 97***

#### *1.3.3.1. Sobre las actividades que generen desechos peligrosos*

Los desechos considerados peligrosos generados en las diversas actividades industriales, comerciales agrícolas o de servicio, deberán ser devueltos a sus proveedores o entregados a un gestor ambiental calificado por la Autoridad Ambiental Competente, quienes se encargarán de efectuar la disposición final del desecho mediante métodos de eliminación establecidos en las normas técnicas ambientales y regulaciones expedidas para el efecto

(Acuerdo Ministerial 97, 2015, p.26; Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica, 2015, p. 352).

El manejo, almacenamiento, transporte y disposición de residuos peligrosos y especiales, debe ser realizado de acuerdo con lo establecido en la normativa ambiental correspondiente y a lo dispuesto en el plan de manejo ambiental. Se debe establecer un protocolo de muestreo del suelo en las zonas de disposición final de desechos peligrosos y especiales, conforme lo establezca la normativa técnica correspondiente y el plan de manejo ambiental respectivo, el cual se debe monitorear al menos una vez al año, para determinar la afectación a la que está siendo sometido el recurso, lo cual se informará en el reporte periódico correspondiente. La Autoridad Ambiental Competente podrá solicitar mayor número de muestras e incrementar la frecuencia en dependencia de los resultados (Acuerdo Ministerial 97, 2015, p.26).

#### *1.3.3.2. De las actividades que degradan la calidad del suelo*

Las personas naturales o jurídicas públicas o privadas dedicadas a la comercialización, almacenamiento y/o producción de químicos, hidroelectricidad, exploración y explotación hidrocarburífero, minera, florícola, pecuaria, agrícola y otras, tomarán todas la medidas pertinentes a fin de que el uso de su materia prima, insumos y/o descargas provenientes de sus sistemas de producción, comercialización y/o tratamiento, no causen daños físicos, químicos o biológicos a los suelos (Acuerdo Ministerial 97, 2015, p.27).

### ***1.3.4. Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria***

**Art. 7.** Protección de la agrobiodiversidad. - El Estado, así como las personas y las colectividades protegerán, conservarán los ecosistemas y promoverán la recuperación, uso, conservación y desarrollo de la agrobiodiversidad y de los saberes ancestrales vinculados a ella (Ley Orgánica Del Régimen De La Soberanía Alimentaria, 2008, p. 3). Las leyes que regulen el desarrollo agropecuario y la agrobiodiversidad crearán las medidas legales e institucionales necesarias para asegurar la

agrobiodiversidad, mediante la asociatividad de cultivos, la investigación y sostenimiento de especies, la creación de bancos de semillas y plantas y otras medidas similares, así como el apoyo mediante incentivos financieros a quienes promuevan y protejan la agrobiodiversidad (Ley Orgánica Del Régimen De La Soberanía Alimentaria, 2008, p. 3).

## **CAPÍTULO II**

### **2. MARCO METODOLÓGICO**

#### **2.1. Descripción de los puntos de muestreo**

Los puntos de muestreo se identificaron mediante la recolección información bibliográfica y se realizó una salida de campo en la cual se realizó la exploración de la zona de estudio, con la finalidad de establecer puntos estratégicos que permitan verificar la presencia de actividades antropogénicas, agrícolas y sus resultados. Los puntos seleccionados son netamente zonas de suelos agrícolas en los cuales se pudieron encontrar sembríos de zanahoria, papa, maíz, cebolla, haba, mala hierba, pasto y demás especies vegetales propias de zona.

Para la georreferenciación de los puntos se utilizó un GPS Garmin Dakota 20, con el cual se tomaron las coordenadas geográficas de los puntos de estudio según el datum WG84, zona 17 Sur.

#### **2.2. Tipo de investigación**

Por el método de investigación es cuantitativa, debido a que, se cuantificara la recopilación y el análisis de datos para la determinación de metales pesados (Pb, Cd, As, Ni, Hg,) en la cobertura vegetal de suelos agrícolas en las parroquias: la Matriz y San Felipe de Rumipamba, según el objetivo es teórica, pues se recolectara información sobre el tema, para acrecentar nuestra comprensión, según el nivel de profundización en el objeto de estudio es descriptiva, porque puntualizara las características del tema de investigación, según la manipulación de variables es no experimental, dado que se analizara variables mediante diferentes metodologías sin manipularlas, según el periodo temporal es seccional, ya que la recolección de datos cuantitativos se hará de forma única.

#### **2.3. Diseño de la investigación**

La presente investigación es de tipo experimental, dónde la variable independiente fue la contaminación de metales pesados en la cobertura vegetal y la variable dependiente fueron las propiedades físico químicas: potencial de hidrogeno (pH), conductividad eléctrica (CE) y micronutrientes de la planta, puesto que para determinar la repercusión de los metales pesados provenientes de la aplicación agroquímicos en suelos agrícolas se muestreo la cobertura vegetal

en 10 puntos específicos ubicados en las parroquias La Matriz y San Felipe de Rumipamba en el cantón Quero con 3 réplicas cada uno. Las muestras se analizaron mediante el método de investigación cuantitativa. El análisis de metales pesados se realizó por espectroscopia de absorción atómica (EAA) ya que es un método selectivo, rápido y con un grado de sensibilidad y precisión aceptable (Martínez, 2020, pp.8-9).

### **2.3.1. Población de estudio**

La población de estudio comprende a la zona agrícola de las parroquias: la Matriz y San Felipe de Rumipamba del cantón Quero.

### **2.3.2. Tamaño de la muestra**

Corresponde a 10 puntos de muestreo seleccionados acorde a su ubicación dentro del rango de suelos más afectados por el uso de agroquímicos. En los cuales se tomaron en cuenta como muestras representativas para este estudio un mínimo de 10 muestras por triplicado una tener una mayor exactitud y veracidad en los resultados.

### **2.3.3. Técnica de recolección de datos**

Para la realización de este estudio se utilizarán dos técnicas de recolección de datos:

- **Análisis documental:** está técnica comprende la recolección de datos mediante fuentes tanto primarias como secundarias, en las cuales podemos encontrar la revisión de libros, artículos científicos, informes técnicos, tesis, etc. Mediante esta técnica, se logra la recuperación e identificación de información que sea de gran utilidad para el desarrollo de la investigación.
- **Técnica experimental:** por medio de esta técnica se puede realizar la recolección y descripción de la información de campo, a su vez para la interpretación de los parámetros observados se utilizarán los siguientes instrumentos:
  - Equipo para la medición de los parámetros ex situ (Espectrofotómetro de Absorción Atómica).
  - Materiales y reactivos para el análisis de muestras.
  - Multiparámetro

### 2.3.4. Materiales, equipos y reactivos empleados

**Tabla 2-1:** Materiales, equipos y reactivos empleados

Materiales	Equipos	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bolsas ziploc.</li> <li>• Matraz Büchner de Pyrex con capacidad de 250 ml.</li> <li>• Cucharilla.</li> <li>• Embudo Büchner de porcelana.</li> <li>• Kitasatos.</li> <li>• Erlenmeyers de 250 ml.</li> <li>• Embudos de vidrio.</li> <li>• Balón de aforo de 500 ml.</li> <li>• Balones de aforo de 50 ml.</li> <li>• Probeta de 100 ml.</li> <li>• Probeta de 50 ml.</li> <li>• Vasos de precipitación de 500 ml.</li> <li>• Pipetas automáticas de volumen variable.</li> <li>• Puntas para micropipeta de 1 y 10 ml.</li> <li>• Tubos de ensayo.</li> <li>• Tubos de centrifuga de 50ml.</li> <li>• Papel Filtro Whatman grado 41.</li> <li>• Vidrio reloj</li> <li>• 30 frascos plásticos de 60 ml.</li> <li>• 30 frascos plásticos para muestras de laboratorio</li> <li>• Pissetas</li> <li>• Equipo de protección personal.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• High Performance Microwave Digestion System.</li> <li>• Multiparámetro HANNA.</li> <li>• Unidad de digestión GPS.</li> <li>• Balanzas de precisión RADWAG.</li> <li>• Cámara.</li> <li>• Cooler.</li> <li>• Bomba de vacío.</li> <li>• Unidad de digestión (Cabinas de extracción de gases).</li> <li>• Agitador mecánico</li> <li>• Espectrofotómetro HANNA - c200</li> <li>• Multiparameter Ion Specific Meter.</li> <li>• Equipo de filtración</li> <li>• Molino manual.</li> <li>• Molino eléctrico.</li> <li>• Cámara de refrigeración.</li> <li>• Cabina de extracción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua destilada.</li> <li>• Alcohol</li> <li>• Ácido Nítrico (HNO<sub>3</sub>) al 70 %</li> <li>• Ácido clorhídrico 30</li> <li>• Peróxido de hidrogeno</li> <li>• Agua acidulada 10 %</li> <li>• Hidróxido de sodio (NaOH)</li> <li>• Boro hidruro de sodio (NaBH<sub>4</sub>)</li> <li>• Yoduro de Potasio (KI)</li> <li>• Ácido ascórbico (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub>)</li> <li>• Ácido Nítrico (HNO<sub>3</sub>)</li> <li>• ARSENIC AAS Standard solution 1000 mg/L As in diluted HNO<sub>3</sub> traceable to nist</li> <li>• ZINC AAS Standard solution 1000 mg/L Zn in diluted HNO<sub>3</sub> traceable to nist</li> <li>• MANGANESE AAS Standard solution 1000 mg/L Mn in diluted HNO<sub>3</sub> traceable to nist</li> <li>• IRON AAS Standard solution 1000 mg/L Fe in diluted HCl traceable to nist</li> <li>• NICKEL AAS Standard solution 1000 mg/L Ni in diluted HNO<sub>3</sub> traceable to nist</li> <li>• COPPER AAS Standard solution 1000 mg/L Cu in</li> </ul>

		<p>diluted HNO<sub>3</sub> traceable to nist</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• MERCURY AAS Standard solution 1000 mg/L Hg in diluted HNO<sub>3</sub> traceable to nist</li> <li>• CADMIUM AAS Standard solution 1000 mg/L Cd in diluted HCl traceable to nist</li> <li>• LEAD AAS Standard solution 1000 mg/L Pb in diluted HNO<sub>3</sub> traceable to nist.</li> </ul>
--	--	--

Realizado por: Gavilánez, C., 2023

### 2.3.5. Métodos utilizados para la medición de metales pesados y micronutrientes

**Tabla 2-2:** Métodos utilizados para la medición de metales pesados y micronutrientes

<b>Metal</b>	<b>Método</b>
Plomo (Pb)	Método EPA 3050B
Cadmio (Cd)	
Níquel (Ni)	
Cromo (Cr)	
Mercurio (Hg)	
Arsénico (As)	
<b>Micronutrientes</b>	<b>Método</b>
Hierro (Fe)	Método EPA 3050B
Manganeso (Mn)	
Cobre (Cu)	
Zinc (Zn)	

Realizado por: Gavilánez, C., 2023

## 2.4. Muestreo

Las salidas de campo se las realizó el 30 de enero y el 22 de febrero del 2023, con el objeto de obtener mayor cantidad de muestra de cobertura vegetal de los diferentes puntos de muestreo para con ello afianzar los datos y resultados obtenidos. Para realizar la recolección de las muestras se utilizó el método probabilístico aleatorio simple, donde se ubicaron 10 puntos estratégicos.

Después se etiquetaron bolsas plásticas ziploc, las cuales estaban secas y estériles. En cada punto de muestreo se visualizó donde exista abundante cobertura vegetal y con un azadón se procedió a excavar alrededor de las plantas para poderlas extraer de raíz y sin dañarlas, después de extraerlas del suelo se las sacudió para eliminar la tierra que se encontraba pegada a la raíz de la planta, una vez limpias las guardamos en las en las bolsas ziploc. Se tomaron 10 muestras una de cada punto de muestreo con un pesó individual de aproximadamente 2kg.



**Ilustración 2-1:** Toma de la muestra

**Realizado por:** Gavilánez, C., 2023

## 2.5. Almacenamiento y transporte

Las bolsas ziploc de muestreo ya etiquetados se colocaron dentro de un cooler que contenía geles refrigerantes con el propósito de mantener las condiciones apropiadas para la muestra. Luego de las jornadas de muestreo se llevaron las muestras a la ciudad de Riobamba para realizar el análisis respectivo.

## 2.6. Tratamiento de la muestra

Todas las muestras se colocaron sobre una superficie seca y se las dejaron secar a temperatura ambiente por aproximadamente 3 semanas, después se trituro cada muestra por separado hasta lograr un polvo muy fino.



**Ilustración 2-2:** Muestra triturada

Realizado por: Gavilánez, C., 2023

## 2.7. Análisis de las muestras en laboratorio

Las muestras de cobertura vegetal provenientes de las parroquias: La Matriz y San Felipe de Rumipamba del cantón Quero fueron analizadas en el Laboratorio investigación y el Laboratorio análisis Instrumental pertenecientes a la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, bajo la dirección de los técnicos docentes encargados de cada una de las instalaciones.

### 2.7.1. Conductividad eléctrica

#### Procedimiento

- Se trituro la muestra en un mortero y tamizarla en un tamiz de 2 mm de diámetro.
- Se pesó 4 g de la muestra con precisión de 0,0001 g y se colocó en el frasco.
- La conductividad eléctrica se determinó en extracto acuoso 1:10 de las muestras preparadas previamente.
- Se adicionó 40 ml de agua destilada.
- Las muestras se colocaron en el agitador mecánico durante dos horas.

- Después de haber transcurrido las dos horas se retiró las muestras del agitador y se dejó reposar las muestras
- Las muestras se filtraron en papel filtro normal en un tubo para centrifuga.
- Se midió la conductividad eléctrica directamente en el tubo para centrifuga.
- Entre medición y medición se enjuagó el bulbo medidor de conductividad y la sonda de temperatura con agua destilada y se secó suavemente con un paño de microfibra.
- Se anotó los datos siempre tomando en cuenta las unidades obtenidas (mS o  $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

### 2.7.2. *pH*

#### **Procedimiento**

- Se trituró la muestra en un mortero y se tamizó en un tamiz de 2 mm de diámetro.
- Se pesó 4 g de la muestra con precisión de 0,0001 g y se colocó en el frasco.
- El pH se determinó en extracto acuoso 1:10 de las muestras preparadas previamente.
- Se adicionó 40 ml de agua destilada.
- Las muestras se colocaron en el agitador mecánico durante dos horas.
- Después de haber transcurrido las dos horas se retiró las muestras del agitador y se dejó reposar las muestras.
- Las muestras se filtraron en papel filtro normal en un tubo para centrifuga.
- Se midió la conductividad eléctrica directamente en el tubo para centrifuga.
- Entre medición y medición se enjuagó el bulbo medidor de pH y la sonda de temperatura con agua destilada y se secó suavemente con un paño de microfibra.
- Se anotó los datos obtenidos.

### 2.7.3. *Digestión de muestras para análisis de metales y micronutrientes.*

#### **Procedimiento**

- Se trituró las muestras de cada uno de los puntos de muestreo y se las tamizó en un tamiz de 2 mm de diámetro.
- Una vez que las muestras se encuentran homogéneas, secas y tamizadas se pesó 1 g 3 veces con precisión de 0,0001 g para poder procesar la muestra por triplicado.
- Ya pesadas las muestras se las colocó en los tubos de teflón de alta resistencia los cuales fueron previamente etiquetados.

- Se colocó con una pipeta de volumen variable 10 ml de Ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) en cada tubo con la muestra.
- Después de igual forma se agregó al tubo 1 ml de peróxido de hidrogeno H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 30%.
- Se cerró herméticamente los tubos y se los ubicó correctamente para ingresarlos al microondas de digestión durante aproximadamente dos horas.
- Una vez que se realizó la digestión se dejó enfriar por 30 minutos.
- Cuando ya se encontraban los tubos fríos se los llevó a la Cámara de extracción de gases para poder abrirlos de forma segura.
- Se armó el equipo de filtración utilizando la bomba de succión se filtró al vacío una por una todas las muestras.
- Cuando ya se obtuvo todas las muestras se las colocó en balones de aforo de 50 ml y se aforó todas las muestras.

#### 2.7.4. Plomo (Pb)

##### Procedimiento

Para la preparación del estándar se utilizó las 5 concentraciones que se presentan a continuación:

**Tabla 2-3:** Concentraciones para solución estándar de Plomo (Pb)

NIVEL	C1	V1	C2	V2
	Concentración Inicial (ppm)	Valor por tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se va a llevar (ppm)	Volumen por aforar (ml)
STOCK	1000	3	30	100
1	30	0,5	0,3	50
2	30	1	0,6	50
3	30	1,5	0,9	50
4	30	2,5	1,5	50
5	30	5	3	50

Realizado por: Gavilánez, C., 2023

- Se preparó la solución madre en un balón de aforo de 100 ml donde se agregó 3 ml de LEAD AAS standard solution 1000 mg/l pb in diluted HNO<sub>3</sub> traceable to nist y se aforó con agua destilada ultrapura.

- Se extrajo de la solución madre las concentraciones indicadas en la tabla y se aforó en balones de 50 ml con agua ultrapura.
- Una vez listo los estándares de Plomo se procedió con la medición en el Espectrofotómetro HANNA - c200 Multiparameter Ion Specific Meter.
- Para la medición primero se seleccionó en el programa el método que se va a utilizar y se ingresó las concentraciones de los estándares.
- Después se aspiró el blanco para calibrar el equipo, sucesivo a esto se aspiró los siguientes estándares desde el más bajo hasta el más alto para así formar la curva de calibración.
- Una vez aspirado todos los estándares se aspiró todas las muestras una por una hasta finalizar el proceso.
- Cuando ya se obtuvo todos los resultados se finalizó el programa y se guardó los resultados.
- Se obtuvieron los resultados en mg/L.

#### 2.7.5. Cadmio (Cd)

##### Procedimiento

Para la preparación del estándar se utilizó las 5 concentraciones que se presentan a continuación:

**Tabla 2-4:** Concentraciones para solución estándar de Cadmio (Cd)

	<b>C1</b>	<b>V1</b>	<b>C2</b>	<b>V2</b>
<b>NIVEL</b>	Concentración Inicial (ppm)	Valor por tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se va a llevar (ppm)	Volumen por aforar (ml)
STOCK	1000	0,2	2	100
1	2	0,5	0,02	50
2	2	1	0,04	50
3	2	1,5	0,06	50
4	2	2,5	0,1	50
5	2	5	0,2	50

Realizado por: Gavilánez, C., 2023

- Se preparó la solución madre en un balón de aforo de 100 ml donde se agregó 0,2 ml de CADMIUM AAS Standard solution 1000 mg/L Cd in diluted HCl traceable to nist y se aforó con agua destilada ultrapura.
- Se procedió a extraer de la solución madre las concentraciones indicadas en la tabla y se aforó en balones de 50 ml con agua ultrapura.
- Una vez listo los estándares de Cadmio se realizó la medición en el Espectrofotómetro HANNA - c200 Multiparameter Ion Specific Meter.
- Para la medición primero se seleccionó en el programa el método que se a utilizar y se ingresó las concentraciones de los estándares.
- Después se aspiró el blanco para calibrar el equipo, sucesivo a esto se empezó a aspirar los siguientes estándares desde el más bajo hasta el más alto para así formar la curva de calibración.
- Una vez aspirado todos los estándares se aspiró todas las muestras una por una hasta finalizar el proceso.
- Cuando ya se obtuvo todos los resultados se finalizó el programa y se guardó los resultados.
- Se obtuvieron los resultados en mg/L.

### 2.7.6. Níquel (Ni)

#### Procedimiento

Para la preparación del estándar se utilizó las 5 concentraciones que se presentan a continuación:

**Tabla 2-5:** Concentraciones para solución estándar de Níquel (Ni)

NIVEL	C1	V1	C2	V2
	Concentración Inicial (ppm)	Valor por tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se va a llevar (ppm)	Volumen por aforar (ml)
STOCK	1000	2	20	100
1	20	0,5	0,2	50
2	20	1	0,4	50
3	20	2	0,8	50
4	20	3,75	1,5	50
5	20	5	2	50

Realizado por: Gavilánez, C., 2023

- Se preparó la solución madre en un balón de aforo de 100 ml donde se agregó 2 ml de NICKEL AAS Standard solution 1000 mg/L Ni in diluted HNO<sub>3</sub> traceable to nist y se aforó con agua destilada ultrapura.
- Se extrajo de la solución madre las concentraciones indicadas en la tabla y se aforó en balones de 50 ml con agua ultrapura.
- Una vez listo los estándares de Níquel se procedió con la medición en el Espectrofotómetro HANNA - c200 Multiparameter Ion Specific Meter.
- Para la medición primero se seleccionó en el programa el método a utilizar y se ingresó las concentraciones de los estándares
- Después se aspiró el blanco para calibrar el equipo, sucesivo a esto se aspiró los siguientes estándares desde el más bajo hasta el más alto para así formar la curva de calibración.
- Una vez aspirado todos los estándares se procedió a aspirar todas las muestras una por una hasta finalizar el proceso.
- Cuando ya se obtuvo todos los resultados se finalizó el programa y se guardó los resultados.
- Se obtuvieron los resultados en mg/L.

### 2.7.7. Mercurio (Hg)

#### Procedimiento

Para la preparación del estándar se utilizó las 5 concentraciones que se presentan a continuación:

**Tabla 2-6:** Concentraciones para solución estándar de Mercurio (Hg)

NIVEL	C1	V1	C2	V2
	Concentración Inicial (ppm)	Valor por tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se va a llevar (ppm)	Volumen por aforar (ml)
<b>STOCK</b>	1000	0,1	1	100
<b>1</b>	1	0,25	0,005	50
<b>2</b>	1	0,5	0,01	50
<b>3</b>	1	1	0,02	50
<b>4</b>	1	1,5	0,03	50
<b>5</b>	1	2	0,04	50

Realizado por: Gavilánez, C., 2023

- Se agregó 10 ml de HCl a un balón de aforo de 500 ml y se aforó con agua ultrapura consiguiendo así preparar un agua acidulada, esto se repitió dos veces.
- Se preparó una solución de 0.5% de Hidróxido de sodio (NaOH)+ Solución de Borohidruro de Sodio (NaBH<sub>4</sub>) al 0.6%.
- Se pesó 0,5 g de (NaOH) y se disolvió después se pesó 1,5 g de Borohidruro de Sodio (NaBH<sub>4</sub>) y se disolvió de igual manera, en un balón de aforo de 250 ml se colocaron las dos disoluciones y se aforó.
- Se preparó la solución madre en un balón de aforo de 100 ml donde se agregó 0,1 ml de MERCURY AAS Standard solution 1000 mg/L Hg in diluted HNO<sub>3</sub> traceable to nist y se aforó con el agua acidulada.
- Se extrajo de la solución madre las concentraciones indicadas en la tabla y se aforó en balones de 50 ml con agua ultrapura.
- Una vez listo los estándares de Mercurio se realizó la medición en el Espectrofotómetro HANNA - c200 Multiparameter Ion Specific Meter.
- Se aspiró el blanco para calibrar el equipo, sucesivo a esto se aspiró los siguientes estándares desde el más bajo hasta el más alto para así formar la curva de calibración.

- Una vez aspirado todos los estándares se aspiró todas las muestras una por una hasta finalizar el proceso.
- Cuando ya se obtuvo todos los resultados se finalizó el programa y se guardó los resultados.
- Se obtuvieron los resultados en  $\mu/L$ .

### 2.7.8. Arsénico (As)

#### Procedimiento

Para la preparación del estándar se seleccionó las 5 concentraciones que se presentan a continuación:

**Tabla 2-7:** Concentraciones para solución estándar de Arsénico (As)

NIVEL	C1	V1	C2	V2
	Concentración Inicial (ppm)	Valor por tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se va a llevar (ppm)	Volumen por aforar (ml)
<b>STOCK</b>	1000	0,1	1	100
<b>1</b>	1	0,25	0,005	50
<b>2</b>	1	0,5	0,01	50
<b>3</b>	1	1	0,02	50
<b>4</b>	1	2	0,04	50
<b>5</b>	1	2,5	0,05	50

Realizado por: Gavilánez, C., 2023

- Se agregó 10 ml de HCl a un balón de aforo de 500 ml y se aforó con agua ultrapura consiguiendo así preparar un agua acidulada, esto se repitió dos veces.
- Se preparó una solución de 0.5% de Hidróxido de sodio (NaOH)+ Solución de Borohidruro de Sodio (NaBH<sub>4</sub>) al 0,6 %.
- Se pesó 0,5 g de (NaOH) y se disolvió después se pesó 1,5 g de Borohidruro de Sodio (NaBH<sub>4</sub>) y se disolvió de igual manera, en un balón de aforo de 250 ml se colocaron las dos disoluciones y se aforó.
- Se preparó la solución reductora la cual consta de solución al 10% de Yoduro de Potasio (KI) m/v + solución al 10% de Ácido Ascórbico (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub>).
- Se pesó 5 g de Yoduro de Potasio (KI) y se disolvió, también se pesó 5 g de Ácido Ascórbico (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub>) y se agregó a la disolución anterior, una vez lista la solución se la colocó en un balón de aforo de 50 ml y se aforo.
- De cada muestra se extrajo un volumen 16 ml y se los colocó en los tubos de centrifuga.
- Se adicionó 2 ml de la solución reductora a cada muestra.
- Se adicionó 2 ml de Ácido Clorhídrico concentrado a cada muestra.

- Se agitó vertiginosamente la muestra para que se homogenice.
- Se preparó la solución madre en un balón de aforo de 100 ml donde se agregó 0,1 ml de ARSENIC AAS Standard solution 1000 mg/L As in diluted HNO<sub>3</sub> traceable to nist y se aforó con el agua acidulada.
- Se procedió a extraer de la solución madre las concentraciones indicadas en la tabla y se aforó en balones de 50 ml con agua ultrapura.
- Una vez listo los estándares de Arsénico se procede con la medición en el Espectrofotómetro HANNA - c200 Multiparameter Ion Specific Meter.
- Para la medición primero se seleccionó en el programa el método que a utilizar y se ingresó las concentraciones de los estándares
- Después se aspiró el blanco para calibrar el equipo, sucesivo a esto empezamos a aspirar los siguientes estándares desde el más bajo hasta el más alto para así formar la curva de calibración.
- Una vez aspirado todos los estándares procedemos a aspirar todas las muestras una por una hasta finalizar el proceso.
- Cuando ya se obtuvo todos los resultados se finalizó el programa y se guardó los resultados.
- Se obtuvieron los resultados en µ/L.

### 2.7.9. Hierro (Fe)

#### Procedimiento

Para la preparación del estándar se utilizó las 5 concentraciones que se presentan a continuación:

**Tabla 2-8:** Concentraciones para solución estándar de Hierro (Fe)

NIVEL	C1	V1	C2	V2
	Concentración Inicial (ppm)	Valor por tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se va a llevar (ppm)	Volumen por aforar (ml)
<b>STOCK</b>	1000	2,5	25	100
<b>1</b>	25	0,5	0,25	50
<b>2</b>	25	1	0,5	50
<b>3</b>	25	2	1	50
<b>4</b>	25	4	2	50
<b>5</b>	25	6	3	50

Realizado por: Gavilánez, C., 2023

- Se preparó la solución madre en un balón de aforo de 100 ml donde se agregó 2,5 ml de IRON AAS Standard solution 1000 mg/L Fe in diluted HCl traceable to nist y se aforó con agua destilada ultrapura.
- Se extrajo de la solución madre las concentraciones indicadas en la tabla y se aforó en balones de 50 ml con agua ultrapura.
- Una vez listo los estándares de Hierro se procedió con la medición en el Espectrofotómetro HANNA - c200 Multiparameter Ion Specific Meter.
- Para la medición primero se seleccionó en el programa el método que se va a utilizar y se ingresó las concentraciones de los estándares
- Después se aspiró el blanco para calibrar el equipo, sucesivo a esto se empezó a aspirar los siguientes estándares desde el más bajo hasta el más alto para así formar la curva de calibración.
- Una vez aspirado todos los estándares se procedió a aspirar todas las muestras una por una hasta finalizar el proceso. Cuando ya se obtuvo todos los resultados se finalizó el programa y se guardó los resultados. Se obtuvieron los resultados en mg/L.

Nota: Fue necesario diluir las muestras, a un nivel de 1:10

### 2.7.10. Manganeso (Mn)

#### Procedimiento

Para la preparación del estándar se utilizó las 5 concentraciones que se presentan a continuación:

**Tabla 2-9:** Concentraciones para solución estándar de Manganeso (Mn)

NIVEL	C1	V1	C2	V2
	Concentración Inicial (ppm)	Valor por tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se va a llevar (ppm)	Volumen por aforar (ml)
<b>STOCK</b>	1000	2,5	25	100
<b>1</b>	25	0,5	0,25	50
<b>2</b>	25	1	0,5	50
<b>3</b>	25	2	1	50
<b>4</b>	25	4	2	50
<b>5</b>	25	8	4	50

Realizado por: Gavilánez, C., 2023

- Se preparó la solución madre en un balón de aforo de 100 ml donde se agregó 2,5 ml de MANGANESE AAS Standard solution 1000 mg/L Mn in diluted HNO<sub>3</sub> traceable to nist y se aforó con agua destilada ultrapura.
- Se extrajo de la solución madre las concentraciones indicadas en la tabla y se aforó en balones de 50 ml con agua ultrapura.
- Una vez listo los estándares de Manganeso se procedió con la medición en el Espectrofotómetro HANNA - c200 Multiparameter Ion Specific Meter.
- Para la medición primero se seleccionó en el programa el método que se va a utilizar y se ingresó las concentraciones de los estándares.
- Después se aspiró el blanco para calibrar el equipo, sucesivo a esto se empezó a aspirar los siguientes estándares desde el más bajo hasta el más alto para así formar la curva de calibración.
- Una vez aspirado todos los estándares se aspiró todas las muestras una por una hasta finalizar el proceso.
- Cuando ya se obtuvo todos los resultados se finalizó el programa y se guardó los resultados. Se obtuvieron los resultados en mg/L.

### 2.7.11. Cobre (Cu)

#### Procedimiento

Para la preparación del estándar se utilizó las 5 concentraciones que se presentan a continuación:

**Tabla 2-10:** Concentraciones para solución estándar de Cobre (Cu)

NIVEL	C1	V1	C2	V2
	Concentración Inicial (ppm)	Valor por tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se va a llevar (ppm)	Volumen por aforar (ml)
<b>STOCK</b>	1000	1	10	100
<b>1</b>	10	1,25	0,25	50
<b>2</b>	10	2,25	0,5	50
<b>3</b>	10	5	1	50
<b>4</b>	10	10	2	50
<b>5</b>	10	15	3	50

Realizado por: Gavilánez, C., 2023

- Se preparó la solución madre en un balón de aforo de 100 ml donde se agregó 1 ml de COPPER AAS Standard solution 1000 mg/L Cu in diluted HNO<sub>3</sub> traceable to nist y se aforó con agua destilada ultrapura.
- Se extrajo de la solución madre las concentraciones indicadas en la tabla y se aforó en balones de 50 ml con agua ultrapura.
- Una vez listo los estándares de Cobre se procedió con la medición en el Espectrofotómetro HANNA - c200 Multiparameter Ion Specific Meter.
- Para la medición primero se seleccionó en el programa el método que se va a utilizar y se ingresó las concentraciones de los estándares
- Después se aspiró el blanco para calibrar el equipo, sucesivo a esto empezó a aspirar los siguientes estándares desde el más bajo hasta el más alto para así formar la curva de calibración.
- Una vez aspirado todos los estándares se aspiró todas las muestras una por una hasta finalizar el proceso.
- Cuando ya se obtuvo todos los resultados se finalizó el programa y se guardó los resultados. Se obtuvieron los resultados en mg/L.

### 2.7.12. Zinc (Zn)

#### Procedimiento

Para la preparación del estándar se utilizó las 5 concentraciones que se presentan a continuación:

**Tabla 2-11:** Concentraciones para solución estándar de Zinc (Zn)

NIVEL	C1	V1	C2	V2
	Concentración Inicial (ppm)	Valor por tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se va a llevar (ppm)	Volumen por aforar (ml)
<b>STOCK</b>	1000	1	10	100
<b>1</b>	10	0,5	0,1	50
<b>2</b>	10	1	0,2	50
<b>3</b>	10	2,5	0,5	50
<b>4</b>	10	5	1	50
<b>5</b>	10	10	2	50

Realizado por: Gavilánez, C., 2023

- Se preparó la solución madre en un balón de aforo de 100 ml donde se agregó 1 ml de ZINC AAS Standard solution 1000 mg/L Zn in diluted HNO<sub>3</sub> traceable to nist y se aforó con agua destilada ultrapura.
- Se extrajo de la solución madre las concentraciones indicadas en la tabla y se aforó en balones de 50 ml con agua ultrapura.
- Una vez listo los estándares de Zinc se procedió con la medición en el Espectrofotómetro HANNA - c200 Multiparameter Ion Specific Meter.
- Para la medición primero se seleccionó en el programa el método que se va a utilizar y se ingresó las concentraciones de los estándares
- Después se aspiró el blanco para calibrar el equipo, sucesivo a esto se empezó a aspirar los siguientes estándares desde el más bajo hasta el más alto para así formar la curva de calibración.
- Una aspirado todos los estándares se aspiró todas las muestras una por una hasta finalizar el proceso.
- Cuando ya se obtuvo todos los resultados se finalizó el programa y se guardó los resultados. Se obtuvieron los resultados en mg/L.

## CAPÍTULO III

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Localización del Estudio

El cantón Quero ubicado en la provincia de Tungurahua, situada geográficamente a 78° 30' latitud sur y 1° 15' longitud oeste, a una altura media de 3.038 m.s.n.m., el clima de la zona es agradable, alcanzando temperaturas que fluctúan entre los 12° y 18° C. Su extensión territorial es de 179 Km<sup>2</sup>, de los cuales 123 hectáreas son urbanas, 45 Km<sup>2</sup> corresponden a la Parroquia Yanayacu y 35 Km<sup>2</sup> a Rumipamba. El área donde se va a desarrollar específicamente la investigación es en las parroquias La Matriz y San Felipe de Rumipamba pertenecientes al cantón antes mencionado (GAD QUERO, 2014, p. 1).

#### 3.2. Descripción de los puntos de muestreo

En la siguiente tabla se detalla la codificación de los puntos de muestreo con sus respectivas coordenadas:

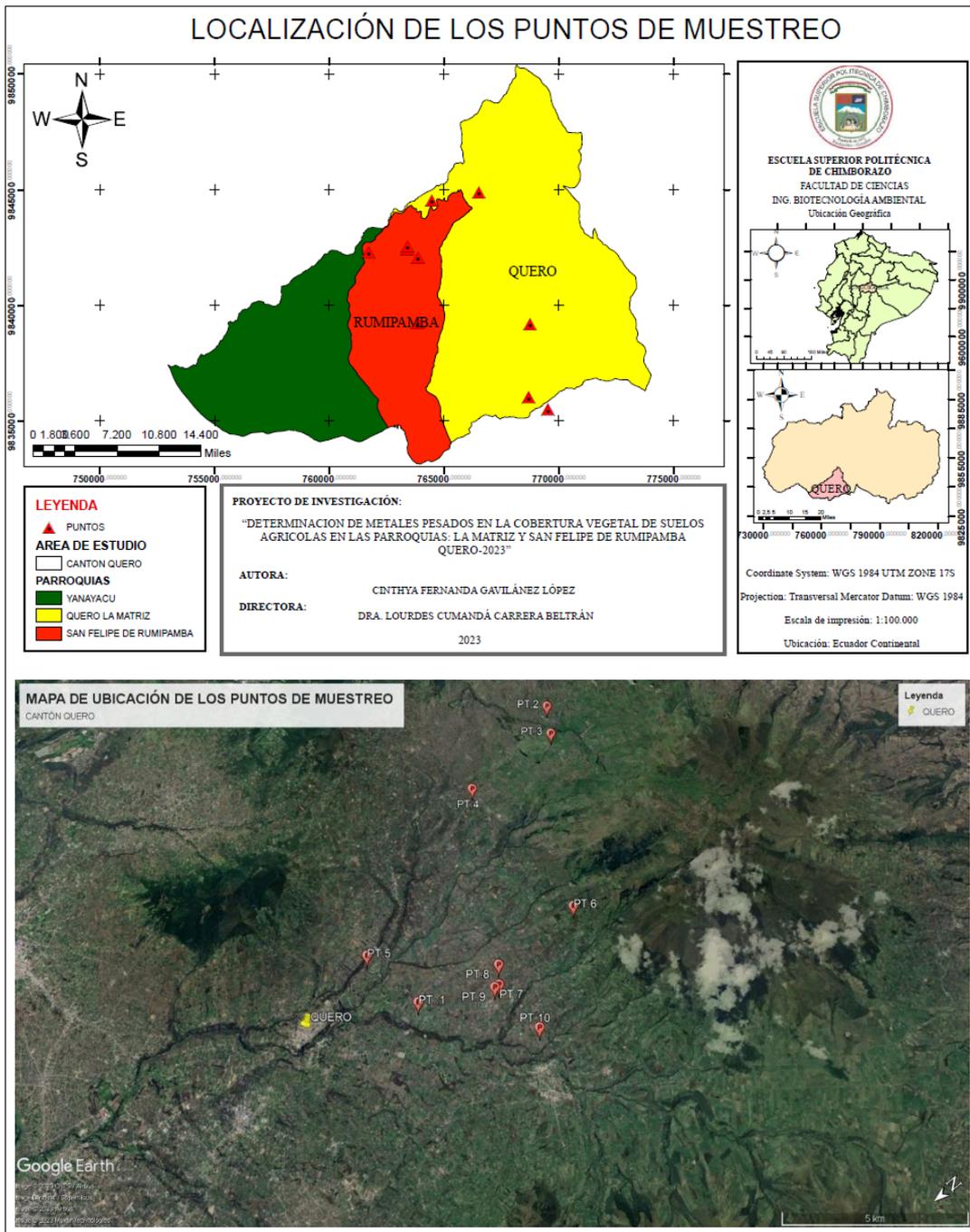
**Tabla 3-1:** Codificación de los puntos de muestreo y sus coordenadas

PUNTOS DE MUESTREO					
N°	Descripción	coordenadas		Código	Nombre localidad
		x	y		
1	Punto 1	-1.405226	-78.623479	QR1	Yayulihuí Centro
2	Punto 2	-1.487082	-78.577927	QR2	San José de Sabañag
3	Punto 3	-1.482247	-78.585454	QR3	La Calera
4	Punto 4	-1.453731	-78.584883	QR4	Santa Anita
5	Punto 5	-1.402154	-78.605145	QR5	El Empalme
6	Punto 6	-1.453516	-78.62896	RM6	Chocalo El Mirador
7	Punto 7	-1.424472	-78.633105	RM7	Rumipamba
8	Punto 8	-1.427704	-78.628885	RM8	Chocalo Centro
9	Punto 9	-1.423188	-78.632921	RM9	San Vicente de Rumipamba
10	Punto 10	-1.425573	-78.648278	RM10	Pilco

Realizado por: Gavilánez, C., 2023

Nota: La terminología de los códigos corresponde a los siguientes términos, para:

QR: Quero; RM: Rumipamba.



**Ilustración 3-1:** Ubicación de los puntos de muestreo

**Fuente:** ArcGIS, 2019 & Google Earth, 2021

**Realizado por:** Gavilánez, C., 2023

### 3.3. Análisis e interpretación de resultados

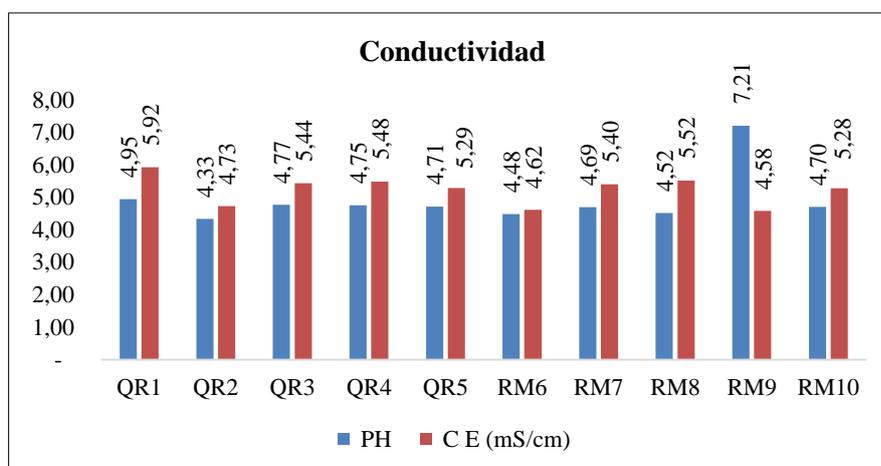
#### 3.3.1. pH y Conductividad Eléctrica

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la medición del pH y la Conductividad Eléctrica de cada una de las muestras de cobertura vegetal provenientes de suelos agrícolas de las parroquias: La Matriz y San Felipe de Rumipamba en el cantón Quero.

**Tabla 3-2:** Resultados de pH y Conductividad eléctrica

Resultados del PH y Conductividad Eléctrica		
CÓDIGO	pH	C E (mS/cm)
QR1	4,95	5,92
QR2	4,33	4,73
QR3	4,77	5,44
QR4	4,75	5,48
QR5	4,71	5,29
RM6	4,48	4,62
RM7	4,69	5,40
RM8	4,52	5,52
RM9	7,21	4,58
RM10	4,70	5,28
<b>F-ANOVA</b>	131,003***	20,445***
<b>DMS</b>	0,212	0,288

Realizado por: Gavilánez, C., 2023



**Ilustración 3-2:** Resultados de pH y Conductividad Eléctrica

Realizado por: Gavilánez, C., 2023

En la tabla 2-3 se detallan los resultados obtenidos de la caracterización de pH Y Conductividad Eléctrica de las muestras de cobertura vegetal de suelos agrícolas las parroquias: La Matriz y San Felipe de Rumipamba en donde se puede observar que existe un pH fuertemente ácido con una media de 4,91 y una significancia alta y los valores que se encuentra por debajo de 5 a excepción de la muestra RM9 en donde encontramos un valor de 7,21 lo que significa que posee un pH neutro, estas condiciones favorecen a la solubilidad de los elementos metálicos, permitiendo así una mejor movilidad del metal y por lo tanto una mejor asimilación por parte de las plantas (Briceño et al., 2020, p. 118).

Por otro lado, tenemos los resultados de conductividad eléctrica expresados en las unidades de mS/cm; observándose que son muestras provenientes de suelos salinos porque se encuentran dentro del rango de 4,58 a 5,92 mS/cm, con una media de 5,23 mS/cm, una significancia alta y un valor máximo de 5,92 mS/cm. Los puntos con mayor conductividad eléctrica CE tendrán mayor contenido de salinidad y afecta en gran parte al crecimiento de los cultivos ya que se vuelven más propensos a bioacumular metales pesados (Prieto Méndez et al., 2009, p.9; Briceño et al., 2020, p. 118).

### 3.3.2. Metales Pesados

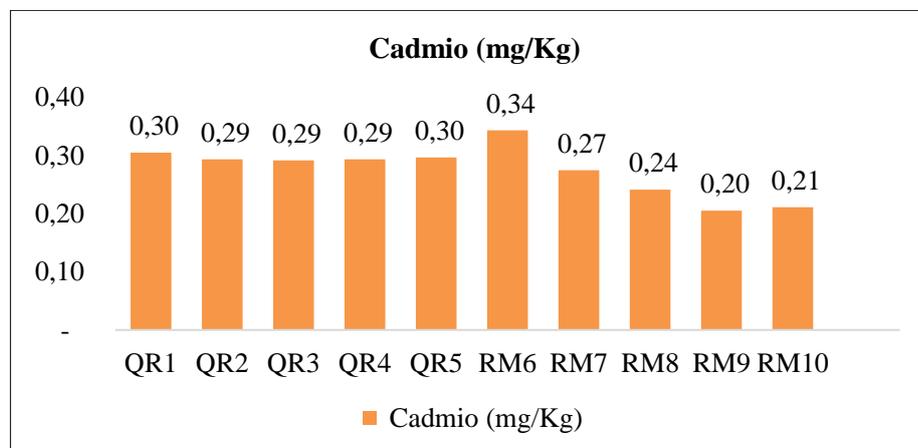
#### 3.3.2.1. Cadmio

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la medición de metales pesados presentes de cada una de las muestras de cobertura vegetal provenientes de suelos agrícolas de las parroquias: La Matriz y San Felipe de Rumipamba en el cantón Quero.

**Tabla 3-3:** Resultados de la concentración de Cadmio (Cd)

Resultados de la Concentración de Cadmio	
CÓDIGO	Cadmio (mg/Kg)
QR1	0,30
QR2	0,29
QR3	0,29
QR4	0,29
QR5	0,30
RM6	0,34
RM7	0,27
RM8	0,24
RM9	0,20
RM10	0,21
<b>F-ANOVA</b>	22,304***
<b>DMS</b>	0,027

Realizado por: Gavilánez, C., 2023



**Ilustración 3-3:** Resultados de Cadmio

Realizado por: Gavilánez, C., 2023

De acuerdo con lo que se detalla en la tabla 3-3, se observan los valores de Cadmio con concentraciones que oscilan entre 0,21 – 0,34 mg/Kg, una media de 0,28 mg/Kg y una significancia alta. En el punto de mayor concentración está en RM6: Chocalo El Mirador con una concentración de 0,34 mg/Kg en este punto se encuentra un pH de ácido de 4.48 y una conductividad eléctrica de 4.62 mS/cm. Con estos valores se evidencia que las altas concentraciones se deben a que las plantas tienen mayor retención de Cadmio cuando el pH es ácido y existe una alta salinidad, también que las concentraciones se encuentran por arriba del valor máximo permitido en la normativa nacional e internacional.

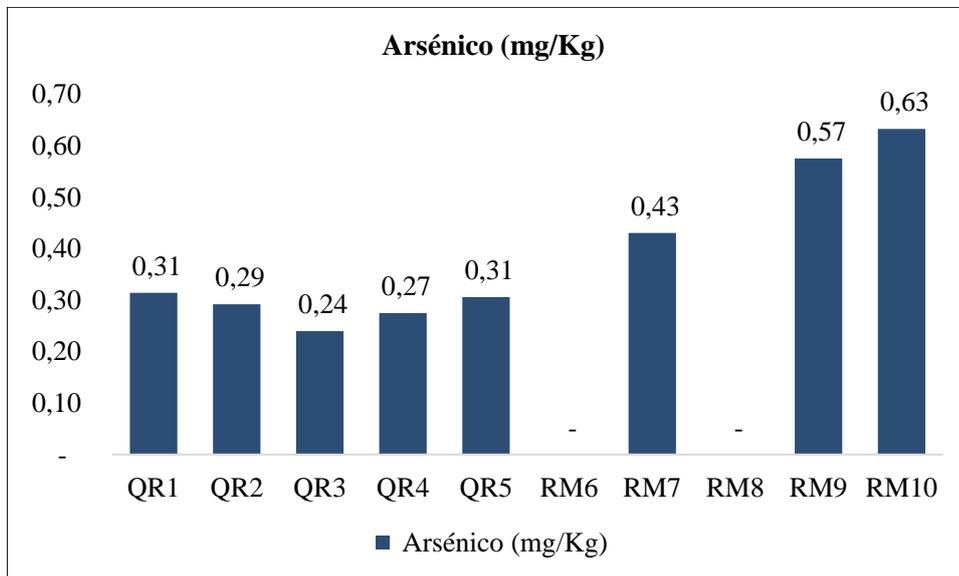
El (NTE INEN-CODEX, 2013, p .28) establece que el límite permisible para hortalizas es de 0,05 mg/Kg, mientras que la norma internacional establece que para hortalizas los límites permisibles en la Unión Europea, el Codex Alimentarius y la Legislación Australiana es de 0,1 mg/Kg, en Rusia es de 0,03 mg/Kg y en Sudáfrica es de 0,05 mg/Kg (Briceño et al., 2020, p . 120).

3.3.2.2. Arsénico

**Tabla 3-4:** Resultados de la concentración de Arsénico (As)

<b>Resultados de la Concentración de Arsénico</b>	
<b>CÓDIGO</b>	<b>Arsénico (mg/Kg)</b>
QR1	0,31
QR2	0,29
QR3	0,24
QR4	0,27
QR5	0,31
RM6	-
RM7	0,43
RM8	-
RM9	0,57
RM10	0,63
<b>F-ANOVA</b>	0,31
<b>DMS</b>	0,114

Realizado por: Gavilánez, C., 2023



**Ilustración 3-4:** Resultados de Arsénico

Realizado por: Gavilánez, C., 2023

En la tabla 3-4 se detallan los valores obtenidos de la medición de arsénico en donde se observa que los valores oscilan entre 0,24 – 0,63 mg/Kg, una media de 0,31 mg/Kg y con una significancia alta. Los puntos de muestreo que mayor concentración de As presentan son el RM10: Pilco con

0,63 mg/Kg, seguido del punto RM9: San Vicente de Rumipamba con una concentración de 0,57 mg/Kg.

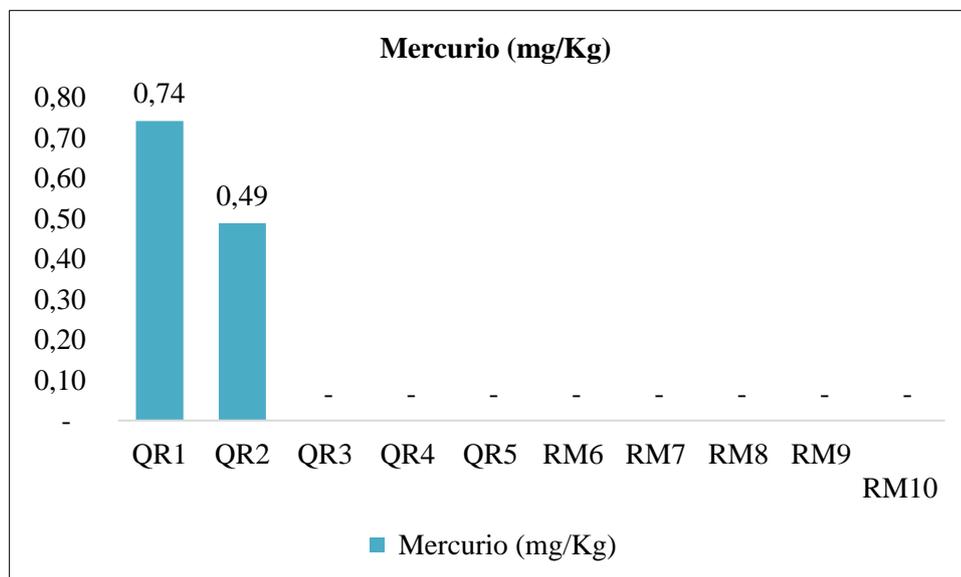
En muestras RM6: Chocalo el Mirador y RM8: Chocalo Centro no se observa la presencia del metal debido a que el Arsénico tiende a estar más disponible en pH alcalino y estas muestras tienen un pH fuertemente ácido con una conductividad eléctrica elevada, en las muestras restantes se observa concentraciones en vista de que poseen una conductividad eléctrica que oscila entre 4,58 y 5,92 mS/cm y de igual forma un pH ácido a excepción de la muestra RM 7 que tiene un valor neutral de 7,21 lo cual nos indica que el pH es un factor sumamente importante para la movilidad de este metal. A partir de las concentraciones mencionadas se corrobora que superan el límite permisible de la Legislación De Metales Pesados En Rusia de 0,2 mg/Kg (Díaz, 2017, p.16).

3.3.2.3. Mercurio

**Tabla 3-5:** Resultados de la concentración de Mercurio (Hg)

<b>Resultados de la Concentración de Mercurio</b>	
<b>CÓDIGO</b>	<b>Mercurio (mg/Kg)</b>
QR1	0,74
QR2	0,49
QR3	-
QR4	-
QR5	-
RM6	-
RM7	-
RM8	-
RM9	-
RM10	-
<b>F-ANOVA</b>	28,200***
<b>DMS</b>	0,148

Realizado por: Gavilánez, C., 2023



**Ilustración 3-5:** Resultados de Mercurio

Realizado por: Gavilánez, C., 2023

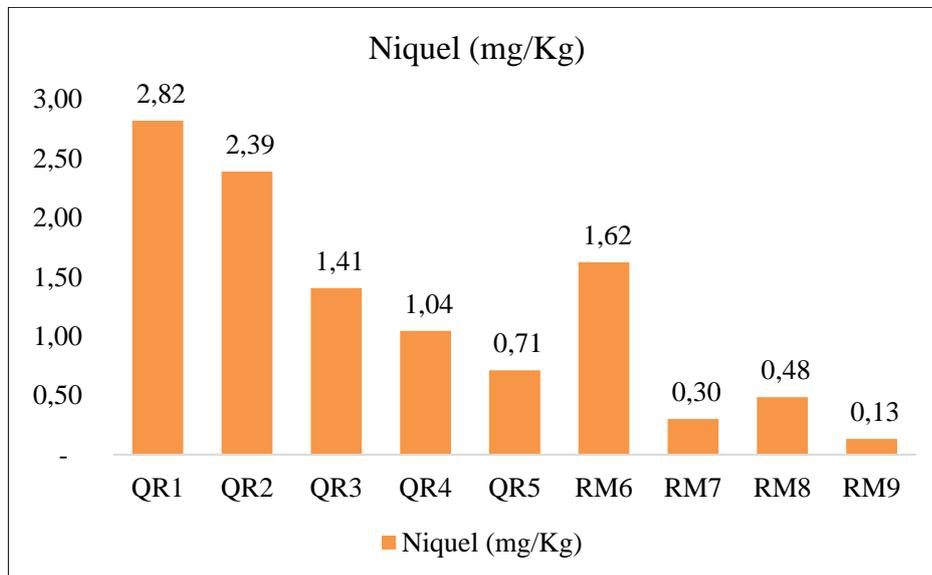
En la tabla 3-5 se presentan los resultados obtenidos en la medición de mercurio, en podemos observar que en el punto de muestreo QR1: Yayulihuí Centro se encuentra una concentración máxima de 0,74 mg/Kg, seguido del punto QR2: San José de Sabañag que obtuvo una concentración de 0,49 mg/Kg. Mientras que en las muestras QR3 a la QR10 no se encontró la presencia de mercurio. Dichas concentraciones se encuentran por encima de límite permisible establecido según la Unión Europea es de 0,01 mg/Kg (Briceño et al., 2020). Cuando condiciones de pH son ácidas, y la cantidad de sales en los componentes orgánicos son altas al igual que en las muestras estudiadas se favorecen la formación y fácil movilización de complejos de mercurio. Este metal puede expandirse en las cadenas alimentarias por organismos consumidos por los humanos. Este elemento también se encuentra en hortalizas de alto consumo debido a que los plaguicidas y fertilizantes utilizados contienen mercurio y estos a su vez son aplicados a los diversos cultivos (Jiménez y Roldán, 2015, p.32).

### 3.3.2.4. Níquel

**Tabla 3-6:** Resultados de la concentración de Níquel (Ni)

CÓDIGO	Níquel (mg/Kg)
QR1	2,82
QR2	2,39
QR3	1,41
QR4	1,04
QR5	0,71
RM6	1,62
RM7	0,30
RM8	0,48
RM9	0,13
RM10	-
<b>F-ANOVA</b>	19,559***
<b>DMS</b>	0,640

Realizado por: Gavilánez, C., 2023



**Ilustración 3-6:** Resultados de Níquel

Realizado por: Gavilánez, C., 2023

En la tabla 3-6, se detallan los resultados de la de la concentración de níquel, estos valores oscilan entre 0,13 mg/Kg – 2,82 mg/Kg con una media de 1,09 mg/Kg y con alta significancia. Estos valores resultan por encima de los límites establecidos, de acuerdo con la legislación consultada

(5 mg/kg para Brasil); sin embargo, hay que enfatizar que la categorización no es específica exactamente para hortalizas.

El hecho de que las concentraciones de níquel sobrepase los límites permisibles se debe a que las muestras estudiadas poseen un pH inferior a 5 y una conductividad eléctrica que se encuentra entre 4,58 y 5,92 mS/cm, esto a su vez genera una mayor facilidad de movilidad de níquel y que el grado de contaminación y biodisponibilidad de este metal aumente de manera considerable en la cobertura vegetal de los suelos agrícolas de las parroquias: La Matriz y San Felipe de Rumipamba en el cantón Quero (Prieto Méndez et al., 2009, p.7).

**Nota:** se realizó la determinación de Pb, pero las concentraciones eran demasiado bajas para la detección en el espectrofotómetro de absorción Atómica.

### 3.3.3. Micronutrientes

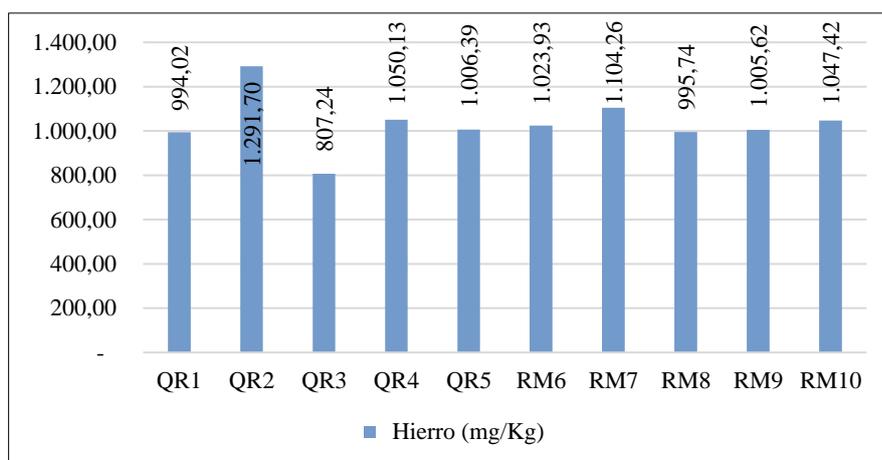
A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la medición de micronutrientes presentes de cada una de las muestras de cobertura vegetal provenientes de suelos agrícolas de las parroquias: La Matriz y San Felipe de Rumipamba en el cantón Quero.

#### 3.3.3.1. Hierro

**Tabla 3-7:** Resultados de la concentración de Hierro (Fe)

Resultados de la Concentración de Hierro	
CÓDIGO	Hierro (mg/Kg)
QR1	994.02
QR2	1,291.70
QR3	807.24
QR4	1,050.13
QR5	1,006.39
RM6	1,023.93
RM7	1,104.26
RM8	995.74
RM9	1,005.62
RM10	1,047.42
<b>F-ANOVA</b>	4.332**
<b>DMS</b>	168.969

Realizado por: Gavilánez, C., 2023



**Ilustración 3-7:** Resultados de Hierro

Realizado por: Gavilánez, C., 2023

En la tabla 3-7, se presentan los resultados de la concentración de Hierro, estos valores oscilan entre 807,2 – 1.291,7 mg/ kg con una media de 1.032,65 mg/Kg y una significancia media. El punto de muestro QR2: 1.291,70 presenta la mayor concentración de Hierro. El hierro (Fe) es un micronutriente esencial que cumple diversos roles cruciales en la regulación de procesos fisiológicos y bioquímicos en las plantas. Se ha reportado que debido a la acidificación y elevada salinidad de las muestras de este estudio se incrementa la disponibilidad y movilidad de Fe en la cobertura vegetal, este incremento puede afectar negativamente el rendimiento de las plantas de forma directa o indirecta.

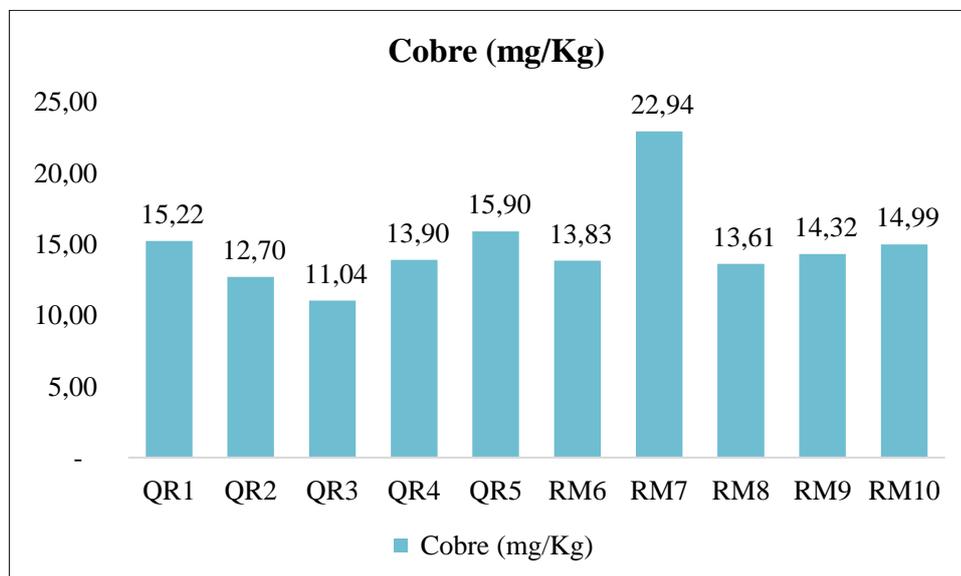
De forma directa, mediante la absorción y acumulación de altas concentraciones de Fe en los tejidos (raíces y hojas), lo cual afecta negativamente el crecimiento e incluso la supervivencia de las plantas, también se ha observado que las concentraciones han superado los límites permisibles 300 mg/Kg (HEEREN, 2021, p.17).

### 3.3.3.2. Cobre

**Tabla 3-8:** Resultados de la concentración de Cobre (Cu)

Resultados de la Concentración de Cobre	
CÓDIGO	Cobre (mg/Kg)
QR1	15,22
QR2	12,70
QR3	11,04
QR4	13,90
QR5	15,90
RM6	13,83
RM7	22,94
RM8	13,61
RM9	14,32
RM10	14,99
<b>F-ANOVA</b>	2,402*
<b>DMS</b>	6,007

Realizado por: Gavilánez, C., 2023



**Ilustración 3-8:** Resultados de Cobre

Realizado por: Gavilánez, C., 2023

En la tabla 3-8 se presentan los resultados obtenidos de la concentración de cobre, estos valores se encuentran en un rango de 11,04 mg/Kg a 22,94 mg/Kg y poseen una media estimada de 14.85 mg/Kg con una significancia baja. En el punto RM7 se presenta la mayor cantidad de

concentración de cobre con un valor de 22,94 mg/Kg seguido de los puntos QR5 y QR1 con valores de 15,90 y 15,22 mg/Kg respectivamente. Según la legislación de metales pesados en Finlandia, Codex Stan 33/1981 versión 2017 y Codex Stan 19/1981 versión 2017 estos valores se encuentran sobrepasando el límite permisible de 10 mg/Kg (Díaz, 2017, p.17). Además, la legislación brasileña y la sudafricana mencionan que su límite permisible para cobre en Hortalizas es solamente de 5 mg/kg (Briceño et al., 2020, p.120).

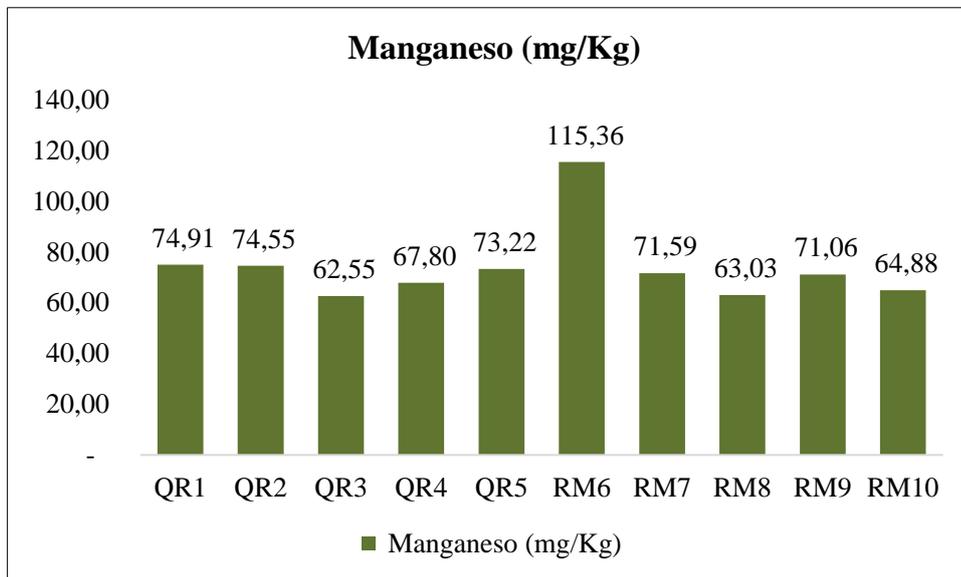
El cobre en la cobertura vegetal a pesar de ser un metal esencial, cuando se encuentra en altas concentraciones debido al pH ácido y conductividad eléctrica elevada puede sobrepasar los límites permisibles y a su vez generar toxicidad, produciendo un amarillamiento en las hojas jóvenes, inducir la deficiencia de hierro, zinc y molibdeno, cuando existe una alta acumulación en las raíces se producen daños en su membrana celular, el crecimiento de las raíces es rápidamente inhibido, entre otras provocado por modificaciones de la actividad enzimática (Pearson et al. 1996;JANO, 2017, p.31).

### 3.3.3.3. Manganeso

**Tabla 3-9:** Resultados de la concentración de Manganeso (Mn)

<b>Resultados de la Concentración de Manganeso</b>	
<b>CÓDIGO</b>	<b>Manganeso (mg/Kg)</b>
QR1	74,91
QR2	74,55
QR3	62,55
QR4	67,80
QR5	73,22
RM6	115,36
RM7	71,59
RM8	63,03
RM9	71,06
RM10	64,88
<b>F-ANOVA</b>	125,511***
<b>DMS</b>	4,022

Realizado por: Gavilánez, C., 2023



**Ilustración 3-9:** Resultados de Manganeso

Realizado por: Gavilánez, C., 2023

En la tabla 3-9 se detalla que los valores de la concentración de Manganeso en las muestras de cobertura vegetal se suelos agrícolas de las parroquias: La Matriz y San Felipe de Rumipamba las cuales se encuentra dentro de un rango de 62,55 – 115,36 mg/Kg con una media de 73,89 y una

significancia sumamente alta. La muestra que presento mayor contenido de Manganeseo es la perteneciente al punto de muestreo RM 6 con una concentración de 115.36 mg/Kg. Según la legislación de metales pesados según la Unión Europea estos valores se encuentran sobrepasando el límite permisible de 0,05 mg/Kg (JANO, 2017, p.61).

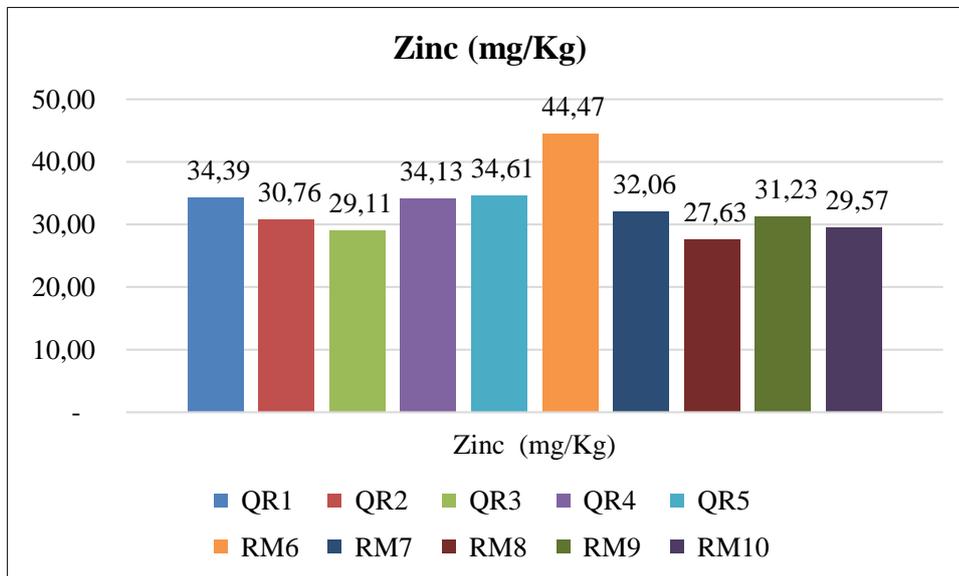
El manganeso es un micronutriente esencial para plantas, pero al acumularse en elevadas concentraciones en la superficie del suelo resulta tóxico. Este metal es difícil de absorber en suelos y fácil de absorber por parte de plantas debido a que en este estudio existe un pH ácido, elevada salinidad y en estas condiciones facilitan la libre movilidad de este contaminante, es así que puede llegar a varios de sus órganos o partes (Prieto Méndez et al., 2009, p.9).

3.3.3.4. Zinc

**Tabla 3-10:** Resultados de la concentración de Zinc (Zn)

Resultados de la concentración de zinc	
CÓDIGO	Zinc (mg/Kg)
QR1	34,39
QR2	30,76
QR3	29,11
QR4	34,13
QR5	34,61
RM6	44,47
RM7	32,06
RM8	27,63
RM9	31,23
RM10	29,57
<b>F-ANOVA</b>	32,146***
<b>DMS</b>	2,464

Realizado por: Gavilánez, C., 2023



**Ilustración 3-10:** Resultados de Zinc

Realizado por: Gavilánez, C., 2023

En la tabla 3-6, se detallan los resultados de la de la concentración de Zinc, en los cuales observamos valores desde 27,63 a 44,47 mg/Kg, una media de 32,80 mg/Kg y una significancia alta. El punto de muestreo RM6 Chocalo El Mirador posee la mayor concentración de zinc con

un 44,47 mg/Kg. Lo que conlleva dichas concentraciones superan los valores máximos permisibles según la Unión Europea que establece un límite de 5 mg/Kg (JANO, 2017, p.60).

El Zinc es un micronutriente necesario para el desarrollo de plantas que de manera natural puede hallarse en suelos (Prieto Méndez et al., 2009, p.10). En este caso el zinc sobrepasa los límites permisibles debido a que las muestras de estudiadas tienen condiciones de pH fuertemente ácido y una conductividad eléctrica elevada lo que favorecen a la movilidad y disponibilidad del micronutriente en la planta, además este metal puede encontrarse también en el ambiente debido a actividades industriales, materiales compostados, uso de estiércol líquido y agroquímicos como pesticidas y fertilizantes en la agricultura (Morales y Erazo, 2020, p.19).

## CONCLUSIONES

- Se analizó las concentraciones de metales pesados de muestras cobertura vegetal en donde se puede observar que para el plomo las concentraciones se encuentran bajo los límites detectables del espectrofotómetro de absorción atómica, a diferencia del Cadmio con concentraciones que oscilan entre 0,21 – 0,34 mg/Kg, el arsénico con valores que se encuentran entre 0,24 – 0,63 mg/Kg, en el caso de el Mercurio solo se encontró concentraciones en los puntos QR1 con 0,74 mg/Kg y en el punto QR2 con 0,49 mg/Kg respectivamente, mientras que para el níquel se obtuvo valores desde 0,13 mg/Kg a 2,82 mg/Kg, lo cual evidencia una contaminación por metales pesados, debido a esta situación se concluye que la calidad cobertura vegetal está siendo afectada por el uso de agroquímicos para el control de plagas y el aumento de la producción en los cultivos, además existen otras actividades agrícolas como el riego con aguas contaminadas en los cultivos y la añadidura de materia orgánica en el suelo que pueden incrementar la concentración de metales pesados.
- En las muestras estudiadas se cuantificó las concentraciones de micronutrientes y se obtuvo que para el hierro los valores se encuentran desde 807,2 a 1.291,7 mg/ kg; cobre con 11,04 mg/Kg a 22,94 mg/Kg; Manganeso con concentraciones de 62,55 a 115,36 mg/Kg y en el Zinc encontramos valores 27,63 a 44,47 mg/Kg, respectivamente. Por medio de los datos obtenidos se puede concluir que la mayoría de los micronutrientes se encuentra con valores sumamente elevados, generando así una contaminación de la cobertura vegetal.
- Se determinó concentración de metales pesados y micronutrientes de las muestras de cobertura vegetal intervenidas por el uso excesivo de agroquímicos en los suelos agrícolas de las parroquias La Matriz y San Felipe de Rumipamba en el cantón Quero y según el NTE INEN-CODEX, CODEX ALIMENTARIUS, la legislación brasileña, sudafricana, Unión Europea (UE), rusa, Legislación Australiana Y Neozelandesa todos los valores de Pb se encuentran por debajo de los límites permisibles. A diferencia de las concentraciones del Cd, As (excepto las muestras RM 6 -7), Hg (excepto las muestras QR3-RM10), Ni (excepto la muestra RM10), Fe, Cu, Mn y Zn sobrepasan los límites permisibles establecidos en las normativa nacional e internacional y esto se debe a que las muestras estudiadas presentan un pH fuertemente ácido y una conductividad elevada lo que facilita la libre movilidad de los contaminantes hacia la planta.

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda utilizar alternativas de biorremediación para extraer metales pesados en zonas donde exista elevada concentración.
- Concientizar a los agricultores sobre el uso excesivo de fertilizantes y agroquímicos en suelos agrícolas.
- Evitar el uso de insumos agrícolas que contengan altos contenidos de metales pesados.
- Dar un debido tratamiento a los residuos y envases de agroquímicos después de su vida útil.
- Realizar campañas de socialización sobre el consumo de metales pesados en productos alimenticios.
- Seguir con la investigación y realizar un análisis de muestras de agua para determinar si el agua de regadío está contaminada por metales pesados.

## BIBLIOGRAFÍA

**ACOSTA, M.,** Determinación de metales pesados en suelos agrícolas del valle del mezquital, hgo. *Universidad autónoma del estado de Hidalgo* [en línea], pp. 1-91. Disponible en: [https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/10993/Determinacion de metales pesados suelos agricolas.pdf?sequence=1](https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/10993/Determinacion%20de%20metales%20pesados%20suelos%20agricolas.pdf?sequence=1).

**ACUERDO MINISTERIAL 97. REFORMA TEXTO UNIFICADO LEGISLACION SECUNDARIA, MEDIO AMBIENTE, LIBRO VI,** Decreto Ejecutivo 3516. REFORMA TEXTO UNIFICADO LEGISLACION SECUNDARIA, MEDIO AMBIENTE, LIBRO VI, *Decreto Ejecutivo 3516* [en línea], vol. 0, pp. 18-34. Disponible en: <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Auerdo-097.pdf>.

**BECERRIL, J.M., BARRUTIA, O., GARCÍA, J.I., HERNÁNDEZ, A., OLANO, J.M. y GARBISU, C.,** Especies nativas de suelos contaminados por metales: aspectos ecofisiológicos y su uso en fitorremediación. *Ecosistemas* [en línea], vol. 16, no. 2, pp. 50-55. ISSN 1697-2473. Disponible en: <http://revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/128>.

**BRICEÑO, J., TONATO, E., SILVA, M., PAREDES, M. y ARMADO, A.** Metal content evaluation in soils and edible tissues of *allium fistulosum* l. On crops near the tungurahua volcano. *Granja*, vol. 32, no. 2, pp. 112-123. ISSN 13908596. DOI 10.17163/lgr.n32.2020.09.

**CABEZAS, J., ALONSO, J., PASTOR, J., SASTRE-CONDE, I. y LOBO, M.** Absorción y acumulación de metales pesados en tres especies vegetales en suelos enmendados con lodos de depuradora. *Environmental Biotechnology and Engineering* [en línea], pp. 6-8. Disponible en: <https://digital.csic.es/bitstream/10261/52285/1/absorcionyacu2004852.pdf>.

**COA. Código Orgánico Del Ambiente** [en línea]. 2017. S.l.: s.n. ISBN 8909820179. Disponible en: [https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO\\_ORGANICO\\_AMBIENTE.pdf](https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf).

**CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR.** *Constitucion Politica Del Ecuador 2008 [Political Constitution of Ecuador 2008]* [en línea]. 2008. S.l.: s.n. Disponible en: <https://n9.cl/gr4e>.

**DÍAZ, A.** Contenidos máximos en metales pesados en productos alimenticios. *The forgotten half*

*revisited* [en línea], pp. 101-114. Disponible en: [http://scholar.google.com/scholar?q=Gladieux+Swail&btnG=&hl=en&as\\_sdt=0%2C6#4](http://scholar.google.com/scholar?q=Gladieux+Swail&btnG=&hl=en&as_sdt=0%2C6#4).

**DÍAZ, J.** *Factores que determinan el origen de la contaminación de suelos por arsénico en la comunidad de Llacuabamba , Pataz , mediante procedimientos secuenciales y alternos ” TESIS Para optar el Grado de doctor; Universidad Nacional Mayor de San Marcos Unidad de* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/TE0334.pdf>.

**FAO y OMS.** Código Internacional de Conducta para la Gestión de Plaguicidas [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 9789253085484. Disponible en: <https://www.fao.org/3/I3604S/i3604s.pdf>.

**FERRO, J.** Manual revisado de métodos útiles en el muestreo y análisis de la vegetación. *Ecovida* [en línea], vol. 5, no. 1, pp. 139-186. Disponible en: <http://www.bionica.info/biblioteca/mostacedo2000ecologiavegetal.pdf>.

**FIALLO, J.** Importancia del Sector Agrícola en una Economía Dolarizada Agrícola en una Economía Dolarizada José Ignacio Fiallo Iturralde [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 1714148440. Disponible en: <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/6807/1/134856.pdf>.

**FIALLOS, M.** Cuantificación de metales pesados y calidad microbiológica de frutas y vegetales que se expenden en el mercado Mayorista de la ciudad de Ambato [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/25296>.

**GAD QUERO.** Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón santiago de quero [en línea]. 2014. S.l.: s.n. Disponible en: <https://quero.gob.ec/index.php/municipalidades/division-politica>.

**GALL, J.E., BOYD, R.S. y RAJAKARUNA, N.** Transfer of heavy metals through terrestrial food webs: a review. *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 187, no. 4, pp. 11-21. ISSN 15732959. DOI 10.1007/s10661-015-4436-3.

**GARCÍA, D., LIMA, L., SOLANO, J., BLANCO, Y., VALVERDE, L. y PERLAZA, L.** El enfoque ecosistémico en salud humana como estrategia para el abordaje metodológico del estudio de las relaciones entre el ambiente agrícola, los metales pesados y la salud humana. *UTCiencia* [en línea], vol. 9, no. 1390-6909, pp. 27-46. Disponible en: <http://investigacion.utc.edu.ec/revistasutc/index.php/utciencia/article/view/387/528>.

**HEEREN, O.** Efecto directo e indirecto del exceso de hierro (fe) disponible en el suelo sobre el desempeño del cultivo de lepidium meyenii walp. (MACA). S.l.: s.n.

**INIA**, 2015. Semana de la Ciencia y Tecnología Jornada de Puertas Abiertas: INIA Tacuarembó 20 de mayo de 2015. *El Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA)*, pp. 19.

**IZQUIERDO, J.J.** Contaminación de los suelos agrícolas provocados por el uso de los agroquímicos de la parroquia San Joaquín [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14712/1/UPS-CT007228.pdf>.

**JANO, H.** Concentración de metales pesados en hortalizas de la localidad de atlixco y su posible riesgo en la salud humana [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/544>.

**JIMÉNEZ, M. y ROLDÁN, M.C.** Determinación de toxicidad, por la presencia o ausencia de mercurio, plomo y cromo + 3, en cultivos de lechuga y repollo de la Finca San Jerónimo en Madrid, Cundinamarca [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1986&context=ing\\_ambiental\\_sanitaria](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1986&context=ing_ambiental_sanitaria).

**JUÁREZ, M., CERDÁN, M. y SANCHEZ, A.** Hierro en el sistema suelo-planta. *Química del Sistema Suelo Planta* [en línea], no. August 2015, pp. 1-32. ISSN 18238262. Disponible en: <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/1845/1/HIERRO.pdf>.

**LEY ORGÁNICA DEL RÉGIMEN DE LA SOBERANÍA ALIMENTARIA.** *Ley Orgánica Del Régimen De La Soberanía Alimentaria*. 2008. S.l.: s.n.

**LONDOÑO, L., LONDOÑO, P. y MUÑOZ, F.** Los Riesgos De Los Metales Pesados En La Salud Humana Y Animal. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* [en línea], vol. 14, no. 2, pp. 145. DOI 10.18684/bsaa(14)145-153. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v14n2/v14n2a17.pdf>.

**MAHECHA, J., TRUJILLO, J. y TORRES, M.** Contenido de metales pesados en suelos agrícolas de la región del Ariari, Departamento del Meta. *Orinoquia*, vol. 19, no. 1, pp. 118-122.

**MAZA, C.** “Clasificación Y Análisis De La Cobertura Vegetal Sobre La Subcuenca Zamora Huayco - Cantón Loja”. [en línea], pp. 87. Disponible en: [http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/2218/3/UTPL\\_Maza\\_Chamba\\_Cristian\\_Vicente\\_1009103.pdf](http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/2218/3/UTPL_Maza_Chamba_Cristian_Vicente_1009103.pdf).

**MINISTERIO DEL AMBIENTE AGUA Y TRANSICIÓN ECOLÓGICA.** *Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente Norma De Calidad Ambiental Del Recurso Suelo Y Criterios De Remediación Para Suelos Contaminados* [en línea]. 2015. S.l.: s.n. Disponible en: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112181.pdf>.

**MORALES, V. & ERAZO, E.** “Evaluación de la incidencia de la ceniza del volcán tungurahua y su impacto ambiental en suelos agrícolas de las provincias de tungurahua y chimborazo” [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/14491/1/236T0508.pdf>.

**NTE INEN-CODEX, NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN-CODEX NORMA GENERAL PARA LOS CONTAMINANTES Y TOXINAS Primera edición** [en línea]. 2013. S.l.: s.n. Disponible en: [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_codex\\_193.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_codex_193.pdf).

**PERIS, M.** *ESTUDIO DE METALES PESADOS EN SUELOS BAJO CULTIVOS HORTÍCOLAS DE LA PROVINCIA DE CASTELLÓN* [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 8437064864. Disponible en: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/9504/peris.pdf?sequence=1>.

**PRIETO MÉNDEZ, J., GONZÁLEZ RAMÍREZ, C.A., ROMÁN GUTIÉRREZ, A.D. y PRIETO GARCÍA, F.**, Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua Tropical and Subtropical Agroecosystems. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* [en línea], vol. 10, no. 1, pp. 29-44. ISSN 1870-0462. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93911243003>.

**QUINDE, L.**, 2018. *Determinación del grado de contaminación por presencia de metales pesados en suelos, raíces, hojas y frutas en plantas de banano debido al uso de agroquímicos en una finca ubicada en la Provincia de Los Ríos.* S.l.: s.n.

**REYES, Y., VERGARA, I., TORRES, O., DÍAZ, M. y GONZÁLEZ, E.** CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS: IMPLICACIONES EN SALUD,

AMBIENTE Y SEGURIDAD ALIMENTARIA. *The Indian Journal of Pediatrics* [en línea], vol. 24, no. 1, pp. 66-77. ISSN 00195456. DOI 10.1007/BF02796157. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6096110>.

**RODRIGUEZ, N., MCLAUGHLIN, M. y PENNOCK, D.** *La contaminación del suelo: una realidad oculta* [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 9789251316399. Disponible en: <http://www.fao.org/3/I9183ES/i9183es.pdf>.

**SÁNCHEZ, M.** *Determinación de metales pesados en suelos de Mediana del Campo (Valladolid): contenidos extraíbles, niveles fondo y de referencia* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en:

[http://media.cervantesvirtual.com/s3/BVMC\\_OBRAS/001/014/8e8/2b2/11d/fac/c70/021/85c/e60/64/mimes/0010148e-82b2-11df-acc7-002185ce6064.pdf](http://media.cervantesvirtual.com/s3/BVMC_OBRAS/001/014/8e8/2b2/11d/fac/c70/021/85c/e60/64/mimes/0010148e-82b2-11df-acc7-002185ce6064.pdf).

**URIÑA, V.** Análisis de metales pesados, cadmio y plomo, en el suelo de cultivo de banano (musa × paradisiaca), en la hacienda “chaparral”, cantón balzar. [en línea], Disponible en: [http://www.uagraria.edu.ec/carrera\\_medicina\\_veterinaria.php](http://www.uagraria.edu.ec/carrera_medicina_veterinaria.php).

**ZÚÑIGA, F., BUENAÑO, M. y RISCO, D.**, Caracterización física y química de suelos de origen volcánico con actividad agrícola, próximos al volcán Tungurahua. *Revista Ecuatoriana de Investigaciones Agropecuaria* [en línea], vol. 1, no. 1, pp. 5. DOI 10.31164/reiagro.v1n1.2. Disponible en: <https://revistas.uta.edu.ec/erevista/index.php/reiagro/article/view/68/60>.



## ANEXOS

### ANEXO A: DIGESTIÓN DE LAS MUESTRAS



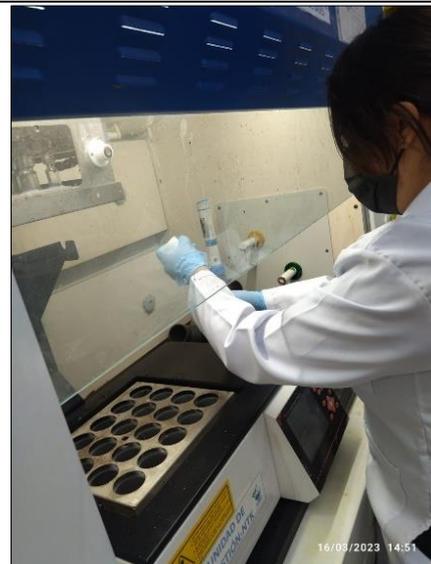
**Fotografía N°1.** Muestra pesada para la digestión



**Fotografía N°2.** Adición  $\text{HNO}_3$  y  $\text{H}_2\text{O}_2$  a las muestras



**Fotografía N°3.** Digestión de las muestras en el microondas



**Fotografía N°4.** Extracción de los gases después de la digestión



**Fotografía N°5.** Filtración de las muestras



**Fotografía N°6.** Aforo de las muestras



**Fotografía N°7.** Muestras listas para determinación de metales pesados y micronutrientes

## ANEXO B: PROCESO PARA DETERMINAR PH Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

 <p>16/03/2023 12:52</p>	
<p><b>Fotografía N°8.</b> Muestras pesadas</p>	<p><b>Fotografía N°9.</b> Adición de agua a las muestras</p>
 <p>16/03/2023 13:16</p>	 <p>17/03/2023 11:33</p>
<p><b>Fotografía N°10.</b> Muestras en el agitador</p>	<p><b>Fotografía N°11.</b> Proceso de filtración</p>
 <p>17/03/2023 11:33</p>	
<p><b>Fotografía N°12.</b> Medición de PH y CE.</p>	

## ANEXO C: MEDICIÓN DE METALES PESADOS Y MICRONUTRIENTES

		 <p>03/04/2023 12:22</p>
<p><b>Fotografía N°13.</b> Preparación del estándar.</p>	<p><b>Fotografía N°14.</b> Medición de la muestra en el espectrofotómetro.</p>	<p><b>Fotografía N°15.</b> Obtención de las concentraciones.</p>

## ANEXO D: REGISTRO DE TRAZABILIDAD ANÁLISIS DEL MERCURIO

<b>SOLAAR AA Report</b>				
Nombre Operador: Lab. Investigación			Fecha Informe: 17/4/2023 03:23:34	
Fichero Result.: C:\SOLAAR\DATA\MERCURIO\FERNANDA GAVILANEZ.SLR				
<b>Registro de trazabilidad Elemento - Hg</b>				
17/4/2023 03:22:59 Lab. Investigación: DESKTOP-0SSLSK6				
Estándar 5 02:52:14 : Borrado				
17/4/2023 03:23:16 Lab. Investigación: DESKTOP-0SSLSK6				
P5-2 03:12:47 : Borrado				
P6-2 03:14:55 : Borrado				
<b>Result. Disolución - Hg</b>				
ID Muestra	Señal Abs	Rsd %	Conc. µg/L	Conc. Corregida µg/L
Hg Blanco	-0.0004		0.0000	
Hg Estándar 1	0.0117		5.0000	
Hg Estándar 2	0.0187		10.0000	
Hg Estándar 3	0.0362		20.0000	
Hg Estándar 4	0.0566		30.0000	
<del>Hg Estándar 5</del>	<del>0.1323</del>		<del>40.0000</del>	
Hg P1-1	0.0180		9.4479	18.8959
Hg P1-2	0.0124		6.3904	12.7809
Hg P1-3	0.0125		6.4443	12.8887
Hg P2-1	0.0152		7.9356	7.9356
Hg P2-2	0.0131		6.7785	6.7785
Hg P2-3	0.0276		14.6338	14.6338
Hg P3-1	-0.0019		-1.3377 C	-1.3377 C
Hg P3-2	-0.0040		-2.4815 C	-2.4815 C
Hg P3-3	-0.0038		-2.3505 C	-2.3505 C
Hg P4-1	-0.0053		-3.1680 C	-3.1680 C
Hg P4-2	-0.0037		-2.3101 C	-2.3101 C
Hg P4-3	-0.0040		-2.5088 C	-2.5088 C
Hg P5-1	-0.0015		-1.1134 C	-1.1134 C
<del>Hg P5-2</del>	<del>0.0270</del>		<del>14.3169</del>	<del>14.3169</del>
Hg P5-2	0.0014		0.4500	0.4500
Hg P5-3	-0.0002		-0.4277	-0.4277
Hg P6-1	-0.0044		-2.7043 C	-2.7043 C
<del>Hg P6-2</del>	<del>0.0502</del>		<del>26.9202</del>	<del>26.9202</del>
Hg P6-2	0.0007		0.0902	0.0902
Hg P6-3	-0.0032		-2.0642 C	-2.0642 C
Hg P7-1	-0.0082		-4.7691 C	-4.7691 C
Hg P7-2	-0.0098		-5.6423 C	-5.6423 C
Hg P7-3	-0.0099		-5.6669 C	-5.6669 C
Hg P8-1	-0.0098		-5.6549 C	-5.6549 C
Hg P8-2	-0.0089		-5.1600 C	-5.1600 C
Hg P8-3	-0.0098		-5.6519 C	-5.6519 C
Hg P9-1	-0.0105		-5.9993 C	-5.9993 C
Hg P9-2	-0.0095		-5.4533 C	-5.4533 C
Hg P9-3	-0.0007		-0.7069 C	-0.7069 C
Hg P10-1	-0.0054		-3.2480 C	-3.2480 C
Hg P10-2	-0.0076		-4.4200 C	-4.4200 C
Hg P10-3	-0.0057		-3.4093 C	-3.4093 C

## ANEXO E: REGISTRO DE TRAZABILIDAD ANÁLISIS DEL ZINC

**SOLAAR AA Report**  
 Nombre Operador: Lab. Investigación  
 Fichero Result.: C:\SOLAAR\M\DATA\ZINC\FERNANDA GAVILANEZ.SLR

Fecha Informe: 19/4/2023 10:14:25

**Detalles Muestra**

Nº	ID Muestra	Masa Nominal: 1.0000	Masa Muestra	Relac. Dilución
34	ID Muestra 34	1.0000	1.0000	1.0000
35	ID Muestra 35	1.0000	1.0000	1.0000

**Registro de trazabilidad Análisis**

19/4/2023 09:55:47 Lab. Investigación: DESKTOP-OSSLSK6  
 Registro creado  
 19/4/2023 10:13:51 Lab. Investigación: DESKTOP-OSSLSK6  
 Error MD147 - Actividad abortada manualmente por el usuario.

**Resumen Resultados Test OQ**

Advertencia: Resultados OQ no disponibles.

**Parámetros Espectrom. - Zn**

Elemento: Zn	Modo Medida: Absorbancia	Comente Ámp.: 75%
Long. onda: 213.9nm	Rendija: 0.2nm	Optimizar Parámetros Espectrom. No
Corrección Fondo: D2	Alta Resolución: Apagado	Nº de Re-muestras: 1
Tipo Señal: Continuo	Re-muestras: Rápido	
Tiempo Medida: 4.0sg	Modo Rechazo Datos: No	
Usar Test RSD: No		

**Parámetros Llama - Zn**

Tipo Llama: Aire-C2H2	Flujo Combust.: 1.0L/min	Oxidante Auxiliar: Apagado
Toma del Nebuliz.: 4sg	Estabiliz. Mechero: 0mins	Optimiz. Flujo Combust. No
Altura Mechero: 7.0mm	Optimiz. Altura Mechero: No	

**Parámetros muestreo - Zn**

Muestra: Ninguna

**Parámetros Calibrac. - Zn**

Modo Calibrac.: Normal	Ajuste Lineal: Linear	Usar Calibr. Almacenada: No
Unidades Concentrac.: mg/L	Unidades Escala: mg/L	Factor Escala: 1.0000
Ajuste Aceptable: 0.990	Re-escalar Límite: 10.0%	Acción Fallida: Señalizar y continuar
Estándar1: 0.1000	Estándar4: 1.0000	
Estándar2: 0.2000	Estándar5: 2.0000	
Estándar3: 0.5000		

**Registro de trazabilidad Elemento - Zn**

19/4/2023 10:14:12 Lab. Investigación: DESKTOP-OSSLSK6  
 Estándar 5 09:58:50 : Borrado  
 P6-2 10:07:43 : Borrado

**Result. Disolución - Zn**

ID Muestra	Señal Abs	Rsd %	Conc. mg/L	Conc. Corregida mg/L
Zn Blanco	0.0060		0.0000	
Zn Estándar 1	0.0646		0.1000	
Zn Estándar 2	0.1320		0.2000	
Zn Estándar 3	0.3150		0.5000	
Zn Estándar 4	0.5609		1.0000	
Zn Estándar 5	0.8086		2.0000	
Zn P1-1	0.4027		0.6958	0.6958
Zn P1-2	0.3949		0.6819	0.6819
Zn P1-3	0.3983		0.6880	0.6880
Zn P2-1	0.3717		0.6403	0.6403
Zn P2-2	0.3469		0.5956	0.5956

Estación Datos SOLAAR V11.09

pág.2 - Resultados

**SOLAAR AA Report**  
 Nombre Operador: Lab. Investigación  
 Fichero Result.: C:\SOLAAR\M\DATA\ZINC\FERNANDA GAVILANEZ.SLR

Fecha Informe: 19/4/2023 10:14:25

**Result. Disolución - Zn**

ID Muestra	Señal Abs	Rsd %	Conc. mg/L	Conc. Corregida mg/L
Zn P2-3	0.3555		0.6111	0.6111
Zn P3-1	0.3675		0.6326	0.6326
Zn P3-2	0.3261		0.5583	0.5583
Zn P3-3	0.3257		0.5576	0.5576
Zn P4-1	0.3896		0.6723	0.6723
Zn P4-2	0.3978		0.6866	0.6866
Zn P4-3	0.3999		0.6908	0.6908
Zn P5-1	0.4007		0.6923	0.6923
Zn P5-2	0.4000		0.6910	0.6910
Zn P5-3	0.4024		0.6953	0.6953
Zn P6-1	0.5597		0.9779	0.9779
Zn P6-2	0.4449		0.8031	0.8031
Zn P6-3	0.4872		0.8478	0.8478
Zn P6-4	0.4880		0.8454	0.8454
Zn P7-1	0.3796		0.6544	0.6544
Zn P7-2	0.3691		0.6354	0.6354
Zn P7-3	0.3692		0.6356	0.6356
Zn P8-1	0.3243		0.5550	0.5550
Zn P8-2	0.3235		0.5536	0.5536
Zn P8-3	0.3223		0.5514	0.5514
Zn P9-1	0.3597		0.6187	0.6187
Zn P9-2	0.3647		0.6276	0.6276
Zn P9-3	0.3657		0.6294	0.6294
Zn P10-1	0.3473		0.5964	0.5964
Zn P10-2	0.3434		0.5893	0.5893
Zn P10-3	0.3458		0.5936	0.5936

## ANEXO F: REGISTRO DE TRAZABILIDAD ANÁLISIS DE Mn

SOLAAR AA Report				
Nombre Operador: Lab. Investigación			Fecha Informe: 19/4/2023 09:53:35	
Fichero Result.: C:\SOLAAR\M\DATA\MANGANESO\FERNANDA GAVILANEZ.SLR				
Detalles Muestra				
		Masa Nominal: 1.0000		
Nº	ID Muestra	Masa Muestra	Relac. Dilución	
34	ID Muestra 34	1.0000	1.0000	
35	ID Muestra 35	1.0000	1.0000	
Registro de trazabilidad Análisis				
19/4/2023 09:36:18 Lab. Investigación: DESKTOP-0SSLSK6				
Registro creado				
19/4/2023 09:53:26 Lab. Investigación: DESKTOP-0SSLSK6				
Error MD147 - Actividad abortada manualmente por el usuario.				
Resumen Resultados Test OQ				
Advertencia: Resultados OQ no disponibles.				
Parámetros Espectró. - Mn				
Elemento: Mn	Modo Medida: Absorbancia	Corriente Imp.: 75%		
Long. onda: 279.5nm	Rendija: 0.2nm	Optimizar Parámetros Espectró. No		
Corrección Fondo: D2	Alta Resolución: Apagado	Nº de Re-muestras: 1		
Tipo Señal: Continuo	Re-muestras: Rápido			
Tiempo Medida: 4.0sg	Modo Rechazo Datos: No			
Usar Test RSD: No				
Parámetros Llama - Mn				
Tipo Llama: Aire-C2H2	Flujo Combust.: 1.0L/min	Oxidante Auxiliar: Apagado		
Toma del Nebuliz.: 4sg	Estabiliz. Mechero: 0mins	Optimiz. Flujo Combust.: No		
Altura Mechero: 7.0mm	Optimiz. Altura Mechero: No			
Parámetros muestreo - Mn				
Muestreo: Ninguna				
Parámetros Calibrac. - Mn				
Modo Calibrac.: Normal	Ajuste Lineal: Linear	Usar Calibr. Almacenada: No		
Unidades Concentrac.: mg/L	Unidades Escala: mg/L	Factor Escala: 1.0000		
Ajuste Aceptable: 0.990	Re-escalar Limite: 10.0%	Acción Fallida: Señalizar y continuar		
Estándar1	0.2500	Estándar4	2.0000	
Estándar2	0.5000	Estándar5	4.0000	
Estándar3	1.0000			
Registro de trazabilidad Elemento - Mn				
No cambios registr. para este elemento				
Result. Disolución - Mn				
ID Muestra	Señal Abs	Rsd %	Conc. mg/L	Conc. Corregida mg/L
Mn Blanco	0.0020		0.0000	
Mn Estándar 1	0.0427		0.2500	
Mn Estándar 2	0.0830		0.5000	
Mn Estándar 3	0.1649		1.0000	
Mn Estándar 4	0.2842		2.0000	
Mn Estándar 5	0.4985		4.0000	
Mn P1-1	0.2033		1.4874	1.4874
Mn P1-2	0.2071		1.5180	1.5180
Mn P1-3	0.2041		1.4938	1.4938
Mn P2-1	0.2038		1.4912	1.4912
Mn P2-2	0.2040		1.4932	1.4932
Mn P2-3	0.2039		1.4923	1.4923
Mn P3-1	0.1892		1.3729	1.3729

SOLAAR AA Report				
Nombre Operador: Lab. Investigación			Fecha Informe: 19/4/2023 09:53:35	
Fichero Result.: C:\SOLAAR\M\DATA\MANGANESO\FERNANDA GAVILANEZ.SLR				
Result. Disolución - Mn				
ID Muestra	Señal Abs	Rsd %	Conc. mg/L	Conc. Corregida mg/L
Mn P3-2	0.1664		1.1872	1.1872
Mn P3-3	0.1675		1.1964	1.1964
Mn P4-1	0.1830		1.3227	1.3227
Mn P4-2	0.1896		1.3764	1.3764
Mn P4-3	0.1892		1.3727	1.3727
Mn P5-1	0.2039		1.4921	1.4921
Mn P5-2	0.1980		1.4441	1.4441
Mn P5-3	0.2000		1.4606	1.4606
Mn P6-1	0.3084		2.3417	2.3417
Mn P6-2	0.2990		2.2656	2.2656
Mn P6-3	0.3058		2.3206	2.3206
Mn P7-1	0.2090		1.5334	1.5334
Mn P7-2	0.2083		1.5281	1.5281
Mn P7-3	0.1898		1.3778	1.3778
Mn P8-1	0.1911		1.3884	1.3884
Mn P8-2	0.1757		1.2629	1.2629
Mn P8-3	0.1776		1.2789	1.2789
Mn P9-1	0.1734		1.2444	1.2444
Mn P9-2	0.1962		1.4298	1.4298
Mn P9-3	0.1954		1.4236	1.4236
Mn P10-1	0.1943		1.4141	1.4141
Mn P10-2	0.1787		1.2874	1.2874
Mn P10-3	0.1811		1.3071	1.3071
	0.1813		1.3090	1.3090

## ANEXO G: REGISTRO DE TRAZABILIDAD ANÁLISIS DE Fe

**SOLAAR AA Report**  
 Nombre Operador: Lab. Investigación  
 Fecha Informe: 17/4/2023 11:20:28  
 Fichero Result.: C:\SOLAAR\MIDATA\HIERRO\FERNANDA GAVILANEZ.SLR

**Detalles Muestra**

Nº	ID Muestra	Masa Nominal: 1.0000	Masa Muestra	Relac. Dilución
34	ID Muestra 34	1.0000	1.0000	1.0000
35	ID Muestra 35	1.0000	1.0000	1.0000

**Registro de trazabilidad Análisis**

17/4/2023 10:51:05 Lab. Investigación: DESKTOP-OSLSLK6  
 Registro creado  
 17/4/2023 11:18:55 Lab. Investigación: DESKTOP-OSLSLK6  
 Error MD147 - Actividad abortada manualmente por el usuario.

**Resumen Resultados Test OQ**

Advertencia: Resultados OQ no disponibles.

**Parámetros Espectróm. - Fe**

Elemento: Fe	Modo Medida: Absorbancia	Corriente lámp.: 75%
Long. onda: 248.3nm	Rendija: 0.2nm	Optimizar Parámetros Espectróm.: No
Corrección Fondo: D2	Alta Resolución: Apagado	Nº de Re-muestras: 1
Tipo Señal: Continuo	Re-muestras: Rápido	
Tiempo Medida: 4.0sg	Modo Rechazo Datos: No	
Usar Test RSD : No		

**Parámetros Llama - Fe**

Tipo Llama: Aire-C2H2	Flujo Combust.: 1.0L/min	Oxidante Auxiliar: Apagado
Toma del Nebuliz.: 4sg	Estabiliz. Mechero: 0min	Optimiz. Flujo Combust.: No
Altura Mechero: 7.0mm	Optimiz. Altura Mechero: No	

**Parámetros muestreo - Fe**

Muestreo: Ninguna

**Parámetros Calibrac. - Fe**

Modo Calibrac.: Normal	Ajuste Lineal: Linear	Usar Calibr. Almacenada: No	
Unidades Concentrac.: mg/L	Unidades Escala: mg/L	Factor Escala: 1.0000	
Ajuste Aceptable: 0.990	Re-escalar Límite: 10.0%	Acción Fallida : Señalizar y continuar	
Estándar Maestro: 5.0000			
Estándar1	0.2500	Estándar4	2.0000
Estándar2	0.5000	Estándar5	3.0000
Estándar3	1.0000		

**Registro de trazabilidad Elemento - Fe**

No cambios registr. para este elemento

**Result. Disolución - Fe**

ID Muestra	Señal Abs	Rsd %	Conc. mg/L	Conc. Corregida mg/L
Fe Blanco	0.0051		0.0000	
Fe Estándar 1	0.0230		0.2500	
Fe Estándar 2	0.0419		0.5000	
Fe Estándar 3	0.0867		1.0000	
Fe Estándar 4	0.1699		2.0000	
Fe Estándar 5	0.2531		3.0000	
Fe P1-1	0.1424		1.6747	16.7475
Fe P1-2	0.1828		2.1591	21.5909
Fe P1-3	0.1812		2.1394	21.3943
Fe P2-1	0.2005		2.3714	23.7142
Fe P2-2	0.2268		2.6864	26.8641
Fe P2-3	0.2278		2.6989	26.9887

Estación Datos SOLAAR V11.09 pág.2 - Resultados

**SOLAAR AA Report**  
 Nombre Operador: Lab. Investigación  
 Fecha Informe: 17/4/2023 11:20:28  
 Fichero Result.: C:\SOLAAR\MIDATA\HIERRO\FERNANDA GAVILANEZ.SLR

**Result. Disolución - Fe**

ID Muestra	Señal Abs	Rsd %	Conc. mg/L	Conc. Corregida mg/L
Fe P3-1	0.1506		1.7719	17.7193
Fe P3-2	0.1320		1.5496	1.5496
Fe P3-2	0.1305		1.5309	15.3092
Fe P3-3	0.1316		1.5450	15.4498
Fe P4-1	0.1859		2.1961	21.9610
Fe P4-2	0.1744		2.0579	20.5787
Fe P4-3	0.1740		2.0527	20.5269
Fe P5-1	0.2078		2.4585	24.5851
Fe P5-2	0.1531		1.8020	18.0204
Fe P5-3	0.1515		1.7831	17.8306
Fe P6-1	0.1534		1.8059	18.0590
Fe P6-2	0.1851		2.1867	21.8672
Fe P6-3	0.1827		2.1572	21.5718
Fe P7-1	0.1947		2.3018	23.0183
Fe P7-2	0.1841		2.1742	21.7419
Fe P7-3	0.1825		2.1556	21.5565
Fe P8-1	0.1527		1.7982	17.9821
Fe P8-2	0.1771		2.0903	20.9031
Fe P8-3	0.1773		2.0931	20.9310
Fe P9-1	0.1545		1.8193	18.1932
Fe P9-2	0.1789		2.1115	21.1145
Fe P9-3	0.1786		2.1084	21.0845
Fe P10-1	0.1826		2.1559	21.5585
Fe P10-2	0.1753		2.0685	20.6847
Fe P10-3	0.1780		2.0774	20.7743
Fe ESTANDAR	0.0863		1.0018	1.0018

## ANEXO H: REGISTRO DE TRAZABILIDAD ANÁLISIS DE PLOMO

### SOLAAR AA Report

Nombre Operador: Lab. Investigación

Fecha Informe: 03/4/2023 12:47:51

Archivo Result.: C:\SOLAAR\MIDATA\PLOMO\FERNANDA GAVILANES.SLR

### Registro de trazabilidad Elemento - Pb

No cambios registr. para este elemento

#### Result. Disolución - Pb

ID Muestra	Señal Abs	Rsd %	Conc. mg/L	Conc. Corregida mg/L
Pb Blanco	0.0004		0.0000	
Pb Estándar 1	0.0236		0.3000	
Pb Estándar 2	0.0397		0.6000 U	
Pb Estándar 3	0.0587		0.9000	
Pb Estándar 4	0.0992		1.5000	
Pb Estándar 5	0.1856		3.0000	
Pb P1-1	0.0008		-0.0430	-0.0430
Pb P1-2	0.0008		-0.0422	-0.0422
Pb P1-3	0.0008		-0.0433	-0.0433
Pb P2-1	0.0004		-0.0500 C	-0.0500 C
Pb P2-2	0.0001		-0.0546 C	-0.0546 C
Pb P2-3	0.0007		-0.0445	-0.0445
Pb P3-1	-0.0001		-0.0567 C	-0.0567 C
Pb P3-2	-0.0001		-0.0571 C	-0.0571 C
Pb P3-3	-0.0005		-0.0635 C	-0.0635 C
Pb P4-1	-0.0007		-0.0680 C	-0.0680 C
Pb P4-2	-0.0006		-0.0664 C	-0.0664 C
Pb P4-3	-0.0010		-0.0717 C	-0.0717 C
Pb P5-1	-0.0006		-0.0660 C	-0.0660 C
Pb P5-2	-0.0007		-0.0667 C	-0.0667 C
Pb P5-3	-0.0003		-0.0611 C	-0.0611 C
Pb P6-1	-0.0003		-0.0600 C	-0.0600 C
Pb P6-2	-0.0017		-0.0844 C	-0.0844 C
Pb P6-3	-0.0018		-0.0856 C	-0.0856 C
Pb P7-1	-0.0012		-0.0752 C	-0.0752 C
Pb P7-2	-0.0011		-0.0731 C	-0.0731 C
Pb P7-3	-0.0011		-0.0742 C	-0.0742 C
Pb P8-1	-0.0015		-0.0802 C	-0.0802 C
Pb P8-2	-0.0012		-0.0753 C	-0.0753 C
Pb P8-3	-0.0010		-0.0727 C	-0.0727 C
Pb P9-1	-0.0003		-0.0616 C	-0.0616 C
Pb P9-2	-0.0007		-0.0673 C	-0.0673 C
Pb P9-3	-0.0004		-0.0619 C	-0.0619 C
Pb P10-1	-0.0009		-0.0713 C	-0.0713 C
Pb P10-2	-0.0000		-0.0562 C	-0.0562 C
Pb P10-3	-0.0007		-0.0681 C	-0.0681 C

# ANEXO I: REGISTRO DE TRAZABILIDAD ANÁLISIS DE CADMIO

<b>SOLAAR AA Report</b>				
Nombre Operador: Lab. Investigación			Fecha Informe: 03/4/2023 11:56:35	
Archivo Result.: C:\SOLAAR\DATA\CADMIO\FERNANDA GAVILANES.SLR				
<b>Result. Disolución - Cd</b>				
ID Muestra	Señal Abs	Rsd %	Conc. mg/L	Conc. Corregida mg/L
Cd Blanco	0.0003		0.0000	
Cd Estándar 1	0.0168		0.0200	
Cd Estándar 2	0.0373		0.0400	
<del>Cd Estándar 3</del>	<del>0.0396</del>		<del>0.0600</del>	
Cd Estándar 4	0.1078		0.1000	
Cd Estándar 5	0.2252		0.2000	
Cd P1-1	0.0024		0.0062	0.0062
Cd P1-2	0.0022		0.0060	0.0060
Cd P1-2	0.0023		0.0061	0.0061
Cd P1-3	0.0025		0.0062	0.0062
Cd P2-1	0.0019		0.0057	0.0057
Cd P2-2	0.0023		0.0061	0.0061
Cd P2-3	0.0020		0.0058	0.0058
Cd P3-1	0.0023		0.0061	0.0061
Cd P3-2	0.0020		0.0058	0.0058
Cd P3-3	0.0017		0.0056	0.0056
Cd P4-1	0.0021		0.0059	0.0059
Cd P4-2	0.0021		0.0059	0.0059
Cd P4-3	0.0020		0.0058	0.0058
Cd P5-1	0.0018		0.0056	0.0056
Cd P5-2	0.0026		0.0063	0.0063
Cd P5-3	0.0021		0.0059	0.0059
Cd P6-1	0.0040		0.0076	0.0076
Cd P6-2	0.0026		0.0064	0.0064
Cd P6-3	0.0028		0.0066	0.0066
Cd P7-1	0.0021		0.0060	0.0060
Cd P7-2	0.0012		0.0052	0.0052
Cd P7-3	0.0014		0.0053	0.0053
Cd P8-1	0.0008		0.0048	0.0048
Cd P8-2	0.0012		0.0051	0.0051
Cd P8-3	0.0006		0.0046	0.0046
Cd P9-1	0.0002		0.0042 C	0.0042 C
Cd P9-2	-0.0001		0.0040 C	0.0040 C
Cd P9-3	-0.0000		0.0041 C	0.0041 C
Cd P10-1	0.0005		0.0045	0.0045
Cd P10-2	0.0003		0.0043 C	0.0043 C
Cd P10-3	-0.0002		0.0039 C	0.0039 C
<del>Cd AGUA CHIBUNGA</del>	<del>-0.0001</del>		<del>0.0040 C</del>	<del>0.0040 C</del>
<del>Cd AGUA CHAMBO</del>	<del>-0.0012</del>		<del>0.0031 C</del>	<del>0.0031 C</del>

# ANEXO J: REGISTRO DE TRAZABILIDAD ANÁLISIS DE Cu

**SOLAAR AA Report**  
 Nombre Operador: Lab. Investigación  
 Fecha Informe: 04/4/2023 11:24:42  
 Fichero Result.: C:\SOLAAR\DATA\COBRE\FERNANDA GAVILANES.SLR

**Detalles Muestra**

		Masa Nominal: 1.0000	
Nº	ID Muestra	Masa Muestra	Relac. Dilución
34	CHIBUNGA	1.0000	1.0000
35	COMPOST	1.0000	1.0000

**Registro de trazabilidad Análisis**

04/4/2023 11:05:54 Lab. Investigación: DESKTOP-0SSLSK6  
 Registro creado  
 04/4/2023 11:24:20 Lab. Investigación: DESKTOP-0SSLSK6  
 Error MD147 - Actividad abortada manualmente por el usuario.

**Resumen Resultados Test OQ**

Advertencia: Resultados OQ no disponibles.

**Parámetros Espectró. - Cu**

Elemento: Cu Long. onda: 324.8nm Corrección Fondo: D2 Tipo Señal: Continuo Tiempo Medida: 4.0sg Usar Test RSD : No	Modo Medida: Absorbancia Rendija: 0.5nm Alta Resolución: Apagado Re-muestras: Rápido Modo Rechazo Datos: No
	Corriente lámp.: 75% Optimizar Parámetros Espectró.: No Nº de Re-muestras: 1

**Parámetros Llama - Cu**

Tipo Llama: Aire-C2H2 Toma del Nebuliz.: 4sg Altura Mechero: 7.0mm	Flujo Combust.: 1.0L/min Estabiliz. Mechero: 0mins Optimiz Altura Mechero: No
	Oxidante Auxiliar: Apagado Optimiz. Flujo Combust.: No

**Parámetros muestreo - Cu**

Muestreo: Ninguna

**Parámetros Calibrac. - Cu**

Modo Calibrac.: Normal Unidades Concentrac.: mg/L Ajuste Aceptable: 0.990 Estándar Maestro: 3.5000	Ajuste Lineal: Linear Unidades Escala: mg/L Re-escalar Limite: 10.0%	Usar Calibr. Almacenada: No Factor Escala: 1.0000 Acción Fallida : Señalizar y continuar
Estándar1                      0.2500	Estándar4	2.0000
Estándar2                      0.5000	Estándar5	3.0000
Estándar3                      1.0000		

**Registro de trazabilidad Elemento - Cu**

04/4/2023 11:24:27 Lab. Investigación: DESKTOP-0SSLSK6  
 Estándar 5 11:09:21 : Borrado

**Result. Disolución - Cu**

ID Muestra	Señal Abs	Rsd %	Conc. mg/L	Conc. Corregida mg/L
Cu Blanco	-0.0003		0.0000	
Cu Estándar 1	0.0128		0.2500	
Cu Estándar 2	0.0236		0.5000	
Cu Estándar 3	0.0477		1.0000	
Cu Estándar 4	0.0805		2.0000	
<del>Cu Estándar 5</del>	<del>0.1046</del>		<del>3.0000</del>	
Cu P1-1	0.0212		0.4589	0.4589
Cu P1-2	0.0120		0.2298	0.2298
Cu P1-3	0.0118		0.2255	0.2255
Cu P2-1	0.0123		0.2387	0.2387
Cu P2-2	0.0130		0.2551	0.2551

Estación Datos SOLAAR V11.09 pág.2 - Resultados

**SOLAAR AA Report**  
 Nombre Operador: Lab. Investigación  
 Fecha Informe: 04/4/2023 11:24:42  
 Fichero Result.: C:\SOLAAR\DATA\COBRE\FERNANDA GAVILANES.SLR

**Result. Disolución - Cu**

ID Muestra	Señal Abs	Rsd %	Conc. mg/L	Conc. Corregida mg/L
Cu P2-3	0.0135		0.2686	0.2686
Cu P3-1	0.0118		0.2268	0.2268
Cu P3-2	0.0114		0.2161	0.2161
Cu P3-3	0.0116		0.2202	0.2202
Cu P4-1	0.0139		0.2781	0.2781
Cu P4-2	0.0141		0.2840	0.2840
Cu P4-3	0.0137		0.2726	0.2726
Cu P5-1	0.0159		0.3286	0.3286
Cu P5-2	0.0155		0.3191	0.3191
Cu P5-3	0.0151		0.3072	0.3072
Cu P6-1	0.0136		0.2717	0.2717
Cu P6-2	0.0139		0.2774	0.2774
Cu P6-3	0.0140		0.2817	0.2817
Cu P6-2	0.0126		0.2459	0.2459
Cu P6-3	0.0124		0.2421	0.2421
Cu P7-1	0.0294		0.6635	0.6635
Cu P7-2	0.0173		0.3626	0.3626
Cu P7-3	0.0168		0.3516	0.3516
Cu P8-1	0.0132		0.2602	0.2602
Cu P8-2	0.0141		0.2821	0.2821
Cu P8-3	0.0138		0.2754	0.2754
Cu P9-1	0.0144		0.2919	0.2919
Cu P9-2	0.0144		0.2898	0.2898
Cu P9-3	0.0139		0.2781	0.2781
Cu P10-1	0.0146		0.2961	0.2961
Cu P10-2	0.0149		0.3033	0.3033
Cu P10-3	0.0149		0.3026	0.3026
Cu CHAMBO	0.0066		0.0955	0.0955
Cu CHIBUNGA	0.0092		0.1620	0.1620
Cu COMPOST	0.0085		0.1443	0.1443

## ANEXO K: REGISTRO DE TRAZABILIDAD ANÁLISIS DE Ni

### SOLAAR AA Report

Nombre Operador: Lab. Investigación Fecha Informe: 04/4/2023 11:48:25  
 Fichero Result.: C:\SOLAAR\DATA\NIQUEL\FERNANDA GAVILANES.SLR

#### Detalles Muestra

Masa Nominal: 1.0000			
N°	ID Muestra	Masa Muestra	Relac. Dilución
34	CHAMBO	1.0000	1.0000
35	COMPOST	1.0000	1.0000

#### Registro de trazabilidad Análisis

04/4/2023 11:29:14 Lab. Investigación: DESKTOP-0SLSK6  
 Registro creado  
 04/4/2023 11:47:47 Lab. Investigación: DESKTOP-0SLSK6  
 Error MD147 - Actividad abortada manualmente por el usuario.  
 04/4/2023 11:48:08 Lab. Investigación: DESKTOP-0SLSK6  
 P9-1-2 : Renombrado como P9-2

#### Resumen Resultados Test OQ

Advertencia: Resultados OQ no disponibles.

Elemento: Ni  
 Long. onda: 232.0nm  
 Corrección Fondo: D2  
 Tipo Señal: Continuo  
 Tiempo Medida: 4.0sg  
 Usar Test RSD : No

Tipo Llama: Aire-C2H2  
 Toma del Nebuliz: 4sg  
 Altura Mechero: 7.0mm

Muestreo: Ninguna

Modo Calibrac.: Normal  
 Unidades Concentrac.: mg/L  
 Ajuste Aceptable: 0.990  
 Estándar Maestro: 5.0000

Estándar1	0.2000	Estándar4	1.5000
Estándar2	0.4000	Estándar5	2.0000
Estándar3	0.8000		

#### Parámetros Espectróm. - Ni

Modo Medida: Absorbancia  
 Rendija: 0.1nm Corriente lámp.: 75%  
 Alta Resolución: Apagado Optimizar Parámetros Espectróm.: No  
 Re-muestras: Rápido N° de Re-muestras: 1  
 Modo Rechazo Datos: No

#### Parámetros Llama - Ni

Flujo Combust.: 1.0L/min Oxidante Auxiliar: Apagado  
 Estabiliz. Mechero: 0mins Optimiz. Flujo Combust.: No  
 Optimiz. Altura Mechero: No

#### Parámetros muestreo - Ni

#### Parámetros Calibrac. - Ni

Ajuste Lineal: Linear Usar Calibr. Almacenada: No  
 Unidades Escala: mg/L Factor Escala: 1.0000  
 Re-escalar Límite: 10.0% Acción Fallida : Señalizar y continuar

#### Registro de trazabilidad Elemento - Ni

No cambios registr. para este elemento

#### Result. Disolución - Ni

ID Muestra	Señal Abs	Rsd %	Conc. mg/L	Conc. Corregida mg/L
Ni Blanco	-0.0015		0.0000	
Ni Estándar 1	0.0175		0.2000	
Ni Estándar 2	0.0344		0.4000	
Ni Estándar 3	0.0639		0.8000	
Ni Estándar 4	0.1128		1.5000	
Ni Estándar 5	0.1505		2.0000	
Ni P1-1	0.0059		0.0521	0.0521
Ni P1-2	0.0065		0.0597	0.0597
Ni P1-3	0.0063		0.0574	0.0574
Ni P2-1	0.0059		0.0515	0.0515

Estación Datos SOLAAR V11.09

pág.2 - Resultados

### SOLAAR AA Report

Nombre Operador: Lab. Investigación Fecha Informe: 04/4/2023 11:48:25  
 Fichero Result.: C:\SOLAAR\DATA\NIQUEL\FERNANDA GAVILANES.SLR

#### Result. Disolución - Ni

ID Muestra	Señal Abs	Rsd %	Conc. mg/L	Conc. Corregida mg/L
Ni P2-2	0.0056		0.0481	0.0481
Ni P2-3	0.0053		0.0438	0.0438
Ni P3-1	0.0052		0.0420	0.0420
Ni P3-2	0.0037		0.0221	0.0221
Ni P3-2	0.0036		0.0207	0.0207
Ni P3-3	0.0036		0.0203	0.0203
Ni P4-1	0.0030		0.0131	0.0131
Ni P4-2	0.0038		0.0229	0.0229
Ni P4-3	0.0040		0.0267	0.0267
Ni P5-1	0.0032		0.0153	0.0153
Ni P5-2	0.0033		0.0160	0.0160
Ni P5-2	0.0028		0.0094	0.0094
Ni P5-3	0.0029		0.0115	0.0115
Ni P6-1	0.0057		0.0483	0.0483
Ni P6-2	0.0043		0.0294	0.0294
Ni P6-3	0.0035		0.0198	0.0198
Ni P7-1	0.0029		0.0116	0.0116
Ni P7-2	0.0025		0.0064	0.0064
Ni P7-3	0.0019		-0.0020	-0.0020
Ni P8-1	0.0015		-0.0074	-0.0074
Ni P8-2	0.0031		0.0134	0.0134
Ni P8-3	0.0032		0.0157	0.0157
Ni P9-1	0.0026		0.0079	0.0079
Ni P9-2	0.0014		-0.0084	-0.0084
Ni P9-3	0.0014		-0.0095	-0.0095
Ni P10-1	0.0012		-0.0114	-0.0114
Ni P10-2	0.0015		-0.0078	-0.0078
Ni P10-3	0.0009		-0.0150	-0.0150
Ni CHIBUNGA	-0.0035		-0.0742 C	-0.0742 C
Ni CHAMBO	-0.0039		-0.0806 C	-0.0806 C
Ni COMPOST	-0.0031		-0.0694 C	-0.0694 C

**ANEXO L: CRITERIOS DE CALIDAD DE SUELO**

<b>Criterios de Calidad de Suelo</b>		
Sustancia	Unidades (Concentración en Peso Seco)	Suelo
<b>Parámetros Generales</b>		
Conductividad	mmhos/cm	2
pH		6 a 8
Relación de Adsorción de Sodio (Índice SAR)		4*
<b>Parámetros Inorgánicos</b>		
Arsénico (inorgánico)	mg/kg	5
Azufre (elemental)	mg/kg	250
Bario	mg/kg	200
Boro (soluble en agua caliente)	mg/kg	1
Cadmio	mg/kg	0.5
Cobalto	mg/kg	10
Cobre	mg/kg	30
Cromo Total	mg/kg	20
Cromo VI	mg/kg	2.5
Cianuro (libre)	mg/kg	0.25
Estaño	mg/kg	5
Flúor (total)	mg/kg	200
Mercurio	mg/kg	0.1

Sustancia	Unidades (Concentración en Peso Seco)	Suelo
Molibdeno	mg/kg	2
Níquel	mg/kg	20
Plomo	mg/kg	25
Selenio	mg/kg	1
Vanadio	mg/kg	25
Zinc	mg/kg	60
<b>Parámetros Orgánicos</b>		
Benceno	mg/kg	0.05
Clorobenceno	mg/kg	0.1
Etilbenceno	mg/kg	0.1
Estireno	mg/kg	0.1
Tolueno	mg/kg	0.1
Xileno	mg/kg	0.1
PCBs	mg/kg	0.1
Clorinados Alifáticos (cada tipo)	mg/kg	0.1
Clorobencenos (cada tipo)	mg/kg	0.05
Hexaclorobenceno	mg/kg	0.1
hexaclorociclohexano	mg/kg	0.01
Fenólicos no clorinados (cada tipo)	mg/kg	0.1
Clorofenoles (cada tipo)	mg/kg	0.05
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) cada tipo	mg/kg	0.1

**ANEXO M: LÍMITES PERMISIBLES DE METALES PESADOS EN COBERTURA  
VEGETAL**

**Tabla 3.** Criterios de Calidad de Suelo y hortalizas. Adaptado de Díaz. (2014).

Metal	Suelo		Productos Alimenticios [mg/kg]					
	MAE [mg/Kg]	UE	Legislación Australiana	Legislación brasileña	Codex Alimentarius	Finlandia	Rusia	Sudáfrica
Cd	0,5	0,1 Hortalizas de raíz y tubérculo y tallos jóvenes	0,1 Hortalizas de hojas/ Raíces y tubérculos	1 Otros alimentos fuera de zumos, bebidas alcohólicas y productos de pesca.	0,1 Hortalizas de tallo y raíz	-	0,03 Hortalizas / frutas	0,05 Frutas y hortalizas
Co	10	-	-	-	-	-	-	-
Cu	30	-	-	5 Frescos	-	10 Hortalizas	-	5 Zumos de hortalizas, frutas y néctares
Ni	20	-	-	5 Otros alimentos fuera de zumos, bebidas alcohólicas y productos hidrogenados	-	-	-	-
Pb	25	0,3 Hortalizas	0,1 Hortalizas (excepto Brassica)	0,5 Hortalizas	0,1 Raíces y tubérculos	1 Papa, pepino, natsudaidai (Pulpa), melocotón, fresa y uva.	0,5 Hortalizas / frutas	0,1 Frutas y otras hortalizas
Zn	60	-	-	-	-	-	-	5 Zumos de hortalizas, frutas y néctares
Fe, K, Mg, Mn, Sr		-	-	-	-	-	-	-



**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y DOCUMENTAL**

**REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

**Fecha de entrega:** 04 / 07 / 2023

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Cinthya Fernanda Gavilánez López
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Ciencias
<b>Carrera:</b> Ingeniería en Biotecnología Ambiental
<b>Título a optar:</b> Ingeniera en Biotecnología Ambiental
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo



1599-DBRA-UPT-2023