



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CADMIO EN  
TRES TIPOS DE SUELOS Y EN ALMENDRAS DE CACAO  
(*Theobroma Cacao L.*) DE LA VARIEDAD SUPER ÁRBOL DE LA  
PROVINCIA DE ORELLANA”**

**Trabajo de Titulación**

**Tipo:** Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**AUTOR:** KLEVER DAVID REINOSO QUERA

**DIRECTOR:** Dr. FAUSTO MANOLO YAULEMA GARCÉS

Riobamba – Ecuador

2021

**©2021, Klever David Reinoso Quera**

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

Yo, **Klever David Reinoso Quera** 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 autor 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, 01 de Abril de 2021



---

**Klever David Reinoso Quera**

**220001785-9**

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

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo Proyecto de Investigación “**DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CADMIO EN TRES TIPOS DE SUELOS Y EN ALMENDRAS DE CACAO (*Theobroma cacao L.*) DE LA VARIEDAD SUPER ÁRBOL DE LA PROVINCIA DE ORELLANA**”, realizado por el señor **KLEVER DAVID REINOSO QUERA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de 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. Danielita Fernanda Borja Mayorga <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	 <small>Firmado electrónicamente por:</small> <b>DANIELITA FERNANDA BORJA MAYORGA</b>	2021-04-01
Dr. Fausto Manolo Yaulema Garcés <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	 <small>Firmado electrónicamente por:</small> <b>FAUSTO MANOLO YAULEMA GARCÉS</b>	2021-04-01
Ing. María Soledad Núñez Moreno <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	 <small>Firmado electrónicamente por:</small> <b>MARIA SOLEDAD NUNEZ MORENO</b>	2021-04-01

## **DEDICATORIA**

A Dios por bendecirme y por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. A mis padres por su apoyo incondicional y por enseñarme a valorar las oportunidades que me presenta la vida. A mis hermanos y hermanas por compartir conmigo buenos y malos momentos. A mi familia en general, por sus palabras de aliento para seguir adelante a mis amigos por ser mi segunda familia en el transcurso de mi carrera universitaria y por último deseo dedicar este momento tan importante e inolvidable; a mí mismo, por no dejarme vencer en ningún momento. A todos ustedes con amor y cariño.

David Reinoso.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por bendecirme en todo momento.

Gracias a mis padres por ser un pilar fundamental y grandes ejemplos de constancia y superación, por confiar y creer en mí.

A los docentes de la Escuela de Ciencias Químicas de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por compartir sus conocimientos a lo largo de mi carrera profesional y por formarme como futuro profesional con ética y moral.

Al Gobierno Autónomo Provincial de Orellana por permitirme hacer uso de las instalaciones, equipos y materiales del Laboratorio perteneciente al proyecto de Análisis Ambiental.

Al Dr. Fausto Yaulema Garcés por ser una excelente persona y brindarme su apoyo incondicional en la culminación de mi trabajo de investigación.

A la Ing. Soledad Núñez por todo su apoyo en mi trabajo de investigación.

Finalmente agradezco a todos mis amigos por apoyarme cuando más lo necesitaba, por extender sus manos en momentos difíciles de manera desinteresada, gracias infinitas por toda su ayuda y buena voluntad.

David Reinoso.

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiv
SUMMARY.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

<b>1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....</b>	<b>4</b>
<b>1.1. Antecedentes de la investigación.....</b>	<b>4</b>
<b>1.2. Marco conceptual.....</b>	<b>5</b>
<i>1.2.1. Suelo.....</i>	<i>5</i>
<i>1.2.2. Cacao (Theobroma cacao L.).....</i>	<i>5</i>
<i>1.2.3. Almendras de cacao (Theobroma cacao L.).....</i>	<i>5</i>
<i>1.2.4. Metales pesados.....</i>	<i>6</i>
<i>1.2.5. Cadmio (Cd + 2).....</i>	<i>6</i>
<i>1.2.6. Contaminación de cacao con cadmio (Cd + 2).....</i>	<i>6</i>
<i>1.2.7. Movilización de metales pesados en el suelo.....</i>	<i>7</i>
<i>1.2.8. Niveles máximos permisibles.....</i>	<i>7</i>
<i>1.2.9. Espectrometría de absorción atómica.....</i>	<i>7</i>
<i>1.2.10. Principios de la Espectrometría de Absorción Atómica.....</i>	<i>7</i>
<i>1.2.11. Provincia de Orellana.....</i>	<i>8</i>
<i>1.2.12. Cantón La Joya de los Sachas.....</i>	<i>8</i>

### CAPÍTULO II

<b>2. MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>10</b>
<b>2.1. Diseño Experimental.....</b>	<b>10</b>
<i>2.1.1. Tipo y diseño de la investigación.....</i>	<i>10</i>
<i>2.1.2. Unidad de Análisis.....</i>	<i>10</i>
<b>2.2. Metodología.....</b>	<b>11</b>
<i>2.2.1. Lugar de muestreo.....</i>	<i>11</i>

2.2.2.	<i>Obtención de la muestra</i> .....	11
2.2.3.	<i>Toma de muestras</i> .....	12
2.2.4.	<i>Parámetros físico-químicos de las muestras</i> .....	12
2.2.5.	<i>Obtención de la concentración de cadmio (Cd + 2) en muestras de suelo y almendras de cacao (Theobroma cacao L.)</i> .....	15
2.2.6.	<i>Comparación de resultados de la concentración de cadmio (Cd + 2) en muestras de suelo y almendras de cacao (Theobroma cacao L.)</i> .....	16

### **CAPÍTULO III**

3.	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS</b> .....	17
3.1.	<b>Coordenadas UTM de los puntos de muestro</b> .....	17
3.2.	<b>Caracterización físico-química de las muestras compuestas de suelo y almendras de cacao (Theobroma cacao L.)</b> .....	17
3.3.	<b>Concentración de cadmio (Cd + 2) en las muestras compuestas de suelo y almendras de cacao (Theobroma cacao L.)</b> .....	21
3.3.1.	<i>Muestras compuestas de suelo</i> .....	21
3.3.2.	<i>Muestras compuestas de almendras de cacao (Theobroma cacao L.) tegumento...</i>	23
3.4.	<b>Comparación de resultados de la concentración de cadmio en muestras compuestas de suelo y almendras de cacao (Theobroma cacao L.), pH mediante análisis estadístico</b> .....	24
3.4.1.	<i>Muestras compuestas de suelo</i> .....	25
3.4.2.	<i>Almendra de cacao</i> .....	27
3.4.3.	<i>pH</i> .....	29
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	31
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	32
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b> Métodos para parámetros físicos .....	13
<b>Tabla 2-2:</b> Métodos para parámetros químicos .....	13
<b>Tabla 3-2:</b> Métodos para parámetros físicos .....	14
<b>Tabla 4-2:</b> Método para la determinación de cadmio ( $Cd + 2$ ) .....	15
<b>Tabla 5-2:</b> Anova simple .....	16
<b>Tabla 1-3:</b> Coordenadas UTM de las muestras compuestas .....	17
<b>Tabla 2-3:</b> Textura y tipología de las muestras compuestas de suelo .....	18
<b>Tabla 3-3:</b> pH y CE de las muestras compuestas de suelo .....	19
<b>Tabla 4-3:</b> Cantidad de ceniza y Humedad (sustancia seca) de las muestras compuestas almendras de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.) .....	20
<b>Tabla 5-3:</b> Concentración de cadmio ( $Cd + 2$ ) de las muestras compuestas de suelo .....	21
<b>Tabla 6-3:</b> Media de las repeticiones de la concentración de cadmio ( $Cd + 2$ ) de las muestras compuestas de suelo .....	21
<b>Tabla 7-3:</b> Concentración de cadmio $Cd + 2$ ) de las muestras compuestas de almendras de cacao .....	23
<b>Tabla 8-3:</b> Media de las repeticiones de la concentración de cadmio ( $Cd + 2$ ) de las muestras compuestas de almendras de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.) .....	23
<b>Tabla 9-3:</b> Medias de concentración de cacao, pH y CE .....	24
<b>Tabla 10-3:</b> Prueba de Tukey de concentración de cadmio en muestras compuestas de suelo..	26
<b>Tabla 11-3:</b> Prueba de Tukey de la concentración de cadmio en las muestras compuestas de almendras de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.) .....	27

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-3:</b> Componentes de un Espectrómetro de Absorción Atómica .....	8
---	---

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-3:</b> Textura y tipología de las muestras compuestas de suelo .....	18
<b>Gráfico 2-3:</b> Valores de pH y CE de las muestras compuestas de suelo.....	19
<b>Gráfico 3-3:</b> Valores de cantidad de ceniza y humedad (sustancia seca) de las muestras .....	20
<b>Gráfico 4-3:</b> Media de las repeticiones de la concentración de cadmio (Cd + 2) en las muestras compuestas de suelo.....	22
<b>Gráfico 5-3:</b> Media de las repeticiones de la concentración de cadmio (Cd + 2) en las muestras compuestas de almendras de cacao ( <i>Theobroma cacao L.</i> ) .....	23

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** TEXTURA Y TIPOLOGÍA DE LA MUESTRA COMPUESTA DE SUELO DE LA COMUNIDAD PIMAMPIRO

**ANEXO B:** TEXTURA Y TIPOLOGÍA DE LA MUESTRA COMPUESTA DE SUELO DE LA COMUNIDAD LOS ÁNGELES

**ANEXO C:** TEXTURA Y TIPOLOGÍA DE LA MUESTRA COMPUESTA DE SUELO DE LA COMUNIDAD AMARUN MESA

**ANEXO D:** pH , CE Y CONCENTRACIÓN DE CADMIO DE LA MUESTRA COMPUESTA DE SUELO DE LA COMUNIDAD PIMAMPIRO

**ANEXO E:** pH , CE Y CONCENTRACIÓN DE CADMIO DE LA MUESTRA COMPUESTA DE SUELO DE LA COMUNIDAD LOS ÁNGELES

**ANEXO F:** pH , CE Y CONCENTRACIÓN DE CADMIO DE LA MUESTRA COMPUESTA DE SUELO DE LA COMUNIDAD AMARUN MESA

**ANEXO G:** CANTIDAD DE CENIZA Y HUMEDAD DE LA MUESTRA COMPUESTA DE ALMENDRA DE CACAO DE LA COMUNIDAD PIMAMPIRO

**ANEXO H:** CANTIDAD DE CENIZA Y HUMEDAD DE LA MUESTRA COMPUESTA DE ALMENDRA DE CACAO DE LA COMUNIDAD LOS ÁNGELES

**ANEXO I:** CANTIDAD DE CENIZA Y HUMEDAD DE LA MUESTRA COMPUESTA DE ALMENDRA DE CACAO DE LA COMUNIDAD AMARUN MESA

**ANEXO J:** CONCENTRACIÓN DE CADMIO DE LA MUESTRA COMPUESTA DE ALMENDRA DE CACAO DE LA COMUNIDAD PIMAMPIRO

**ANEXO K:** CONCENTRACIÓN DE CADMIO DE LA MUESTRA COMPUESTA DE ALMENDRA DE CACAO DE LA COMUNIDAD LOS ÁNGELES

**ANEXO L:** CONCENTRACIÓN DE CADMIO DE LA MUESTRA COMPUESTA DE ALMENDRA DE CACAO DE LA COMUNIDAD AMARUN MESA

**ANEXO M:** CLASES TEXTURALES

**ANEXO N:** MOVILIDAD DE METALES PESADOS EN FUNCIÓN DEL pH

**ANEXO O:** ANÁLISIS ESTADÍSTICO

**ANEXO P:** SITIO DE MUESTREO DE SUELO Y ALMENDRAS DE CACAO EN LA COMUNIDAD PIMAMPIRO

**ANEXO Q:** SITIO DE MUESTREO DE SUELO Y ALMENDRAS DE CACAO EN LA COMUNIDAD LOS ÁNGELES

**ANEXO R:** SITIO DE MUESTREO DE SUELO Y ALMENDRAS DE CACAO EN LA COMUNIDAD AMARUN MESA

**ANEXO S: DETERMINACIÓN DE TEXTURA DE LAS MUESTRAS COMPUESTAS DE  
SUELO**

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de titulación fue determinar la concentración de cadmio ( $Cd^{+2}$ ) en tres tipos de suelos y en almendras de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la variedad super árbol de la provincia de Orellana; se recolectaron tres muestras compuestas de suelo y tres de almendras de cacao con tegumento en las comunidades Pimampiro, Los Ángeles y Amarun Mesa. Se realizó el análisis de pH, CE, tipología y textura en las muestras compuestas de suelo; cantidad de ceniza y humedad en las muestras compuestas de almendras de cacao, además se determinó la concentración de Cd en las tres muestras compuestas de suelo y en las tres muestras compuestas de almendras de cacao mediante espectroscopía de absorción atómica. La mayoría de las muestras compuestas presentaron pH ácidos y en base a la determinación de la concentración de cadmio se estableció que solo la muestra compuesta AC3 con 0.31 (mg/kg) cumplió con lo establecido en la normativa de calidad que es (0.5 mg/kg). La determinación de la concentración de cadmio en tres zonas diferentes de la provincia de Orellana permitió demostrar que este estudio es muy extenso y que se requiere de mayor tiempo para profundizarlo, por lo que se recomienda continuar con este estudio para la aplicación en procesos de gestión ambiental y territorio.

**Palabras claves:** <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA> <METALES PESADOS> <CADMIO> <CACAO (*Theobroma cacao L.*)> <ABSORCIÓN ATÓMICA> <ORELLANA (PROVINCIA)>



Firmado digitalmente por:  
HOLGER GERMAN  
RAMOS UVIDIA

1002-DBRAI-UPT-2021

2021-04-14

## SUMMARY

The purpose of this graduation work was to determine the cadmium (Cd) concentration in three types of soils and cocoa almonds (*Theobroma cacao* L.), belonging to super árbol variety from Orellana Province; Three composite soil and three cocoa almond samples with integument were collected in Pimampiro, Los Ángeles and Amaran Mesa communities. The pH, EC analysis, typology and texture were carried out in the soil composite samples as well as the amount of ash and moisture present in cocoa almond composed samples. In addition, the concentration of Cd in the three composed soil samples and in the three cocoa almond composed samples was determined by means of atomic absorption spectroscopy. Most of the composite samples presented acidic pH and based on the determination of cadmium concentration, it was possible to establish that only the AC3 composite sample with 0.31 (mg / kg) fulfilled the standards established in the (0.5 mg / kg) quality regulation norm. The determination of cadmium concentration in three different areas of Orellana province revealed that this is a very extensive study which requires more time to be deepened, therefore it is recommended to continue with this study for its further application in environmental and territory management processes.

**Keywords:** <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES> <HEAVY METALS>  
<CADMIUM> <CACAO (*Theobroma cacao* L.)> <ATOMIC ABSORPTION>  
<ORELLANA (PROVINCES)>

# INTRODUCCIÓN

## Identificación del problema

El cadmio ( $\text{Cd}^{+2}$ ) es un metal pesado altamente tóxico y peligroso que puede llegar a ocasionar enfermedades en humanos por el consumo de productos que puedan contener este metal (Picazo 2014).

El suelo es un elemento fundamental de la naturaleza y forma parte de la superficie terrestre. En el suelo se realiza la mayor parte de las actividades antropogénicas, además el desarrollo de la vida vegetal (plantas), es por esto que el suelo tiene la capacidad de desempeñar diferentes funciones vitales. La contaminación del suelo se da por la adición de productos o sustancias químicas en elevadas concentraciones debido a la intervención del ser humano (Picazo 2014).

El cacao, es considerado como uno de los alimentos de mayor consumo y exportación a nivel global; la alta demanda de la almendra de cacao fermentada y seca ha alcanzado un aumento de precios, siendo esto beneficioso para los países que cultivan este producto, sin embargo, al ser un producto de mayor consumo requiere estándares de calidad en relación a concentraciones de cadmio; la contaminación de las almendras de cacao en su mayoría se presenta durante el proceso de cultivo, producción y transformación (Araujo, Tapia, y Villamarín, 2020).

En Ecuador, las concentraciones de cadmio en las almendras de cacao presentan valores elevados de lo normal, debido a que este metal se encuentra en mayor concentración en el suelo afectando la solubilidad del metal en los cultivos de cacao, dependiendo del pH y el contenido de materia orgánica soluble (Araujo, Tapia, y Villamarín, 2020).

## Justificación de la investigación

En Ecuador, el cacao se ve amenazado por indicios de contaminación de metales pesados como el cadmio ( $\text{Cd}^{+2}$ ) en las almendras de cacao; se considera que las fuentes de contaminación de cadmio pueden provenir de forma natural o inducidas por las actividades ejecutadas por el hombre. La presencia de metales pesados en frutos presenta una relación directa con la composición del suelo, disponibilidad de estos elementos y por procesos metabólicos intrínsecos de los cultivos (Araujo, 2016). El cacao tiene mayor sensibilidad de absorción del cadmio ( $\text{Cd}^{+2}$ ), este metal se moviliza mediante el jugo y la pulpa hasta la almendra del cacao, dándose la contaminación en cultivos cercanos (Picazo 2014).



La presente Investigación tiene como objetivo determinar la concentración de cadmio ( $\text{Cd}^{+2}$ ) en muestras compuestas de suelo y almendras de cacao (*Theobroma cacao L.*) por el método de espectroscopía de absorción atómica. Los resultados obtenidos se compararán mediante normativa para tener información exacta de la calidad del suelo y almendras de cacao (*Theobroma cacao L.*) en las zonas de estudio y así conocer si existe un riesgo potencial debido a la exposición del cadmio ( $\text{Cd}^{+2}$ ).

## **Objetivos**

### ***General***

- Determinar la concentración de cadmio ( $\text{Cd}^{+2}$ ) en tres tipos de suelos y en almendras de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la variedad super árbol de la provincia de Orellana.

### ***Específicos***

- Seleccionar puntos de muestreo de suelo y almendras de cacao (*Theobroma cacao L.*) en tres zonas de estudio de la provincia de Orellana.
- Evaluar parámetros físico-químicos de las muestras compuestas de suelo y muestras compuestas de almendras de cacao (*Theobroma cacao L.*) recolectadas en las tres zonas de estudio de la provincia de Orellana.
- Obtener las concentraciones de cadmio ( $\text{Cd}^{+2}$ ) en las muestras compuestas de suelo y muestras compuestas de almendras de cacao (*Theobroma cacao L.*) por medio de espectroscopía de absorción atómica.
- Comparar los resultados obtenidos de la concentración de cadmio ( $\text{Cd}^{+2}$ ) en las muestras compuestas de suelo y muestras compuestas de almendras de cacao (*Theobroma cacao L.*) mediante normativa para poder establecer el grado de contaminación.

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 1.1. Antecedentes de la investigación

En los últimos años se ha reportado, ciertos impactos en salud y ambiente derivados de metales pesados (cadmio, plomo y níquel) por consumo de agua o indirectamente de los suelos, lo que ha causado preocupación en investigadores (Sanmiguel y Guerrero, 2017).

Desde el año 2013, el laboratorio de análisis y evaluación ambiental AqLab ofrece un servicio integrado de análisis ambientales para una diversidad de industrias y organizaciones (AqLab, 2017).

Desde el año 2011, el Gobierno Autónomo Provincial de Orellana ofrece servicios de análisis de aguas y suelos debido a que esta institución posee una tecnología de punta en lo que respecta a laboratorios de análisis y además de un equipo cualificado de especialistas (GADPO, 2015).

(Ríos et al. 2016) En su estudio determinó los niveles de cadmio, cromo, plomo y arsénico en suelos superficiales, donde el cadmio mostró concentraciones elevadas ( $<1\text{mg/kg}$ ) en todos los sitios de muestro, sobrepasando los límites permisibles en la normatividad.

(Araujo, Tapia, y Villamarín, 2020) Obtuvo resultados del contenido de cadmio ( $\text{Cd}^{+2}$ ) en muestras de almendras de cacao, cuyos valores fueron 0.54 ppm en la Finca A, 0.26 ppm en las Fincas B, D y 0.15 ppm en la Finca C, lo cual demostró la confiabilidad de los resultados obtenidos mediante la aplicación del método analítico de espectroscopía de absorción atómica con horno de grafito.

El desarrollo de la presente investigación ayudará a complementar los conocimientos acerca de análisis de concentración de Cadmio ( $\text{Cd}^{+2}$ ) en muestras de suelo y almendras de cacao (*Theobroma cacao L.*) mediante espectrometría de absorción atómica, lo cual constituye un interés en análisis medioambientales.

## **1.2. Marco conceptual**

### **1.2.1. Suelo**

El suelo es la parte que cubre la superficie terrestre, constituye la vida vegetal y en su interior posee nutrientes y agua. Los suelos se forman por la desintegración lenta de las rocas, es decir, por la sumatoria de varios factores, como los movimientos de placas tectónicas, altas temperaturas, escorrentía por las lluvias, vientos, etc. En el suelo se distinguen una parte orgánica y otra inorgánica (Sanmiguel y Guerrero, 2017).

#### **1.2.1.1. Características y propiedades generales del suelo**

Los suelos se caracterizan por su capacidad productiva, como la estructura, el pH, la presencia de sales y la abundancia de materia orgánica. Entre las características y propiedades del suelo están: el color, la textura, la porosidad, la consistencia, la profundidad y la densidad (Sanmiguel y Guerrero, 2017).

#### **1.2.1.2. Calidad del suelo**

El suelo sustenta la vida de seres vivos como las plantas principalmente, además regula la distribución del agua de lluvia y de irrigación, almacena nutrientes y otros elementos, funciona como filtro para proteger la calidad del agua, del aire y de otros recursos. El suelo está conformado por partículas minerales de diverso tamaño (arena, limo y arcilla), materia orgánica y una variedad de especies de organismos (Sanmiguel y Guerrero, 2017).

### **1.2.2. Cacao (*Theobroma cacao* L.)**

El cacao posee un gran interés económico, social y ambiental. En Ecuador la producción de cacao en su mayoría es destinada a la producción de chocolates de calidad y por sus propiedades organolépticas este producto se considera fino y de agradable aroma (Bernal 2015).

### **1.2.3. Almendras de cacao (*Theobroma cacao* L.)**

Las almendras de cacao presentan un color marrón y se encuentran cubiertas por un mucilago blanco y dulce que se considera comestible, estas almendras se procesan para obtener licor de chocolate, manteca de cacao y polvo de cacao que son los principales ingredientes del chocolate y de una variedad de productos relacionados al cacao (Araujo et al. 2020).

#### **1.2.4. Metales pesados**

Los metales pesados poseen una densidad mayor a  $5\text{g/cm}^3$ , además una conductividad eléctrica alta y la mayoría son elementos de transición con capacidad para formar compuestos que pueden o no presentar una actividad redox; entre los metales pesados se incluyen el cadmio, cromo, cobre, hierro, manganeso, molibdeno, cobalto, mercurio, níquel, arsénico, plomo, aluminio y selenio (Sanmiguel y Guerrero, 2017).

##### **1.1.1.1. Importancia de los metales pesados**

Los metales pesados son difíciles de eliminar del medio en el que se encuentran, debido a que los organismos los incorporan a sus tejidos y consecuentemente a sus depredadores; la toxicidad de estos metales pesados se debe a la facilidad en cómo son absorbidos por los seres vivos (Sanmiguel y Guerrero, 2017).

La importancia de los metales pesados como el Zn, Fe, Cu y Mn es que son indispensables para el metabolismo de los seres vivos y el problema de estos es la estrecha relación entre la necesidad y la toxicidad. Otros metales pesados como el Cd, Hg, Cr y Pb poseen un nivel de toxicidad, incluso en pequeñas concentraciones debido al tiempo de acumulación (Sanmiguel y Guerrero, 2017).

#### **1.2.5. Cadmio ( $\text{Cd}^{+2}$ )**

El cadmio es un elemento divalente, con un peso atómico de 48, masa atómica de 112.41, punto de ebullición de  $767^\circ\text{C}$  y punto de fusión de  $320.9^\circ\text{C}$ ; es soluble en ácidos minerales e insoluble en agua, aunque sus sales de cloro y sulfato si son solubles en agua (Bernal 2015).

El cadmio se encuentra en la naturaleza formando óxidos complejos y sus usos son en baterías, pigmentos para plásticos, cerámica y esmaltes, estabilizadores para plásticos, placas de hierro y acero, así como también en la aleación de plomo, cobre y estaño (Bernal 2015).

#### **1.2.6. Contaminación de cacao con cadmio ( $\text{Cd}^{+2}$ )**

La contaminación del cacao es posible que se de en las etapas de cultivo, producción y transformación. La planta de cacao absorbe ligeramente el cadmio que existe en el suelo y lo concentra en las semillas grasosas, a nivel experimental, el análisis de cadmio en alimentos y suelos involucra una recolección, preparación de muestras, extracción del metal, eliminación de

interferencias, detección y cuantificación a través de técnicas de análisis instrumental (RIICCHPeru 08:05:40 UTC).

### **1.2.7. *Movilización de metales pesados en el suelo***

La movilidad relativa de los metales pesados es de suma importancia debido a su disponibilidad y potencial para lixiviarse de los perfiles del suelo (Mendoza, Rodrigo y Villalobos, 2017).

Los metales pesados que se encuentran en los suelos se redistribuyen lentamente entre los componentes de la fase sólida del suelo, esta redistribución se caracteriza por una rápida retención inicial y reacciones lentas posteriormente, dependiendo de las especies de los metales, nivel de introducción, tiempo y propiedades del suelo (Mendoza, Rodrigo y Villalobos, 2017).

### **1.2.8. *Niveles máximos permisibles***

La FAO/OMS presenta datos estimados de la ingestión alimentaria de cadmio en varios países del mundo; en las estimaciones se usan diferentes métodos. Los niveles máximos permisibles del cadmio para cacao en polvo vendido al consumidor final es de 1.5 ppm (Bernal 2015).

### **1.2.9. *Espectrometría de absorción atómica***

En química analítica, es una técnica para determinar la concentración de un metal de una muestra, es decir, puede utilizarse para el análisis de la concentración de más de 62 metales diferentes en una solución (Sanmiguel y Guerrero, 2017).

### **1.2.10. *Principios de la Espectrometría de Absorción Atómica***

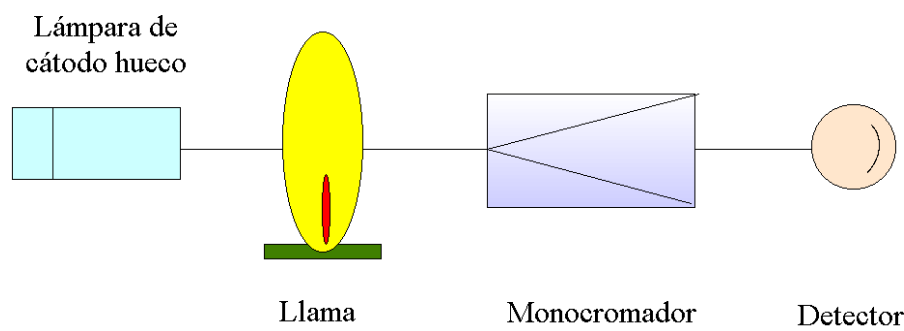
La técnica hace uso de la espectrometría de absorción para evaluar la concentración de un analito en una muestra, además se basa en la ley de Beer-Lambert, es decir, los electrones de los átomos en el atomizador pueden ser promovidos a orbitales más altos por un instante mediante la absorción de una cantidad de energía (es decir, luz de una determinada longitud de onda) (Sanmiguel y Guerrero, 2017).

La cantidad de energía (o longitud de onda) se refiere a una transición de electrones en un elemento particular, y en general, cada longitud de onda corresponde a un solo elemento y como la cantidad de energía que se coloca en la llama es conocida, y la cantidad restante en el otro lado

(el detector) se puede medir, a partir de la Ley de Beer-Lambert, para calcular cuántas de estas transiciones tienen lugar, y así obtener una señal que es proporcional a la concentración del elemento que se mide (Sanmiguel y Guerrero, 2017).

#### 1.1.1.2. Instrumentos de la Espectrometría de Absorción Atómica

Para analizar los constituyentes atómicos de una muestra es necesario atomizarla, la muestra debe ser iluminada por la luz y, por último, la luz es transmitida y medida por un detector con el propósito de reducir el efecto de emisión del atomizador o del ambiente, normalmente se usa un espectrómetro entre el atomizador y el detector (Sanmiguel y Guerrero, 2017).



**Figura 1-3:** Componentes de un Espectrómetro de Absorción Atómica

Fuente: (Alva 2009)

#### 1.2.11. Provincia de Orellana

La Provincia de Orellana está ubicada en la región amazónica del Ecuador con una superficie de 21.675 km<sup>2</sup>, una altitud de 254 msnm y con un clima cálido húmedo que varía entre los 20°C y 40°C. La provincia de Orellana posee cuatro cantones, Francisco de Orellana, Joya de los Sachas, Aguarico y Loreto. Entre sus riquezas se encuentra el petróleo y la madera. La cuenca del río Napo, es una de las más importantes de la región amazónica y del país; numerosas comunidades están asentadas en sus riberas. Sus dos principales afluentes son: el río Coca, en las estribaciones de la Cordillera Oriental, y el río Aguarico en el centro de la selva Amazónica; estos afluentes constituyen el sistema hídrico principal de la Provincia (B et al, s.f.).

#### 1.2.12. Cantón La Joya de los Sachas

El cantón la Joya de los Sachas está ubicado en la región Nororiente del Ecuador, su clima es húmedo tropical con temperaturas mínimas de 18°C y máximas de 34°C. Este Cantón, es una

zona altamente petrolera, agrícola y ganadera, con grandes problemas de contaminación ambiental por las actividades antropogénicas (B y Sachas, s.f.).



## CAPÍTULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1. Diseño Experimental

##### 2.1.1. *Tipo y diseño de la investigación*

El tipo de investigación es no experimental, debido a que no existe manipulación de las variables sobre los objetos de estudio de la investigación, en lo que respecta a las muestras de suelo y almendras de cacao (*Theobroma cacao L.*).

- Por el método de investigación: Cuantitativa
- Según el objetivo: Teórica
- Según el nivel de profundización en el objeto de estudio: Descriptiva
- Según la manipulación de variables: No experimental
- Según el tipo de inferencia: Hipotética-deductiva
- Según el periodo temporal: Transversal

##### 2.1.2. *Unidad de Análisis*

La unidad de análisis corresponde a las muestras compuestas de suelo y almendras de cacao (*Theobroma cacao L.*) recolectadas en diferentes zonas de las comunidades Pimampiro, Los Ángeles y Amarun Mesa, pertenecientes al cantón la Joya de los Sachas, provincia de Orellana.

## **2.2. Metodología**

### **2.2.1. Lugar de muestreo**

#### **2.2.1.1. Provincia de Orellana**

La Provincia de Orellana está ubicada en la región amazónica del Ecuador con una superficie de 21.675 km<sup>2</sup>, una altitud de 254 msnm y con un clima cálido húmedo que varía entre los 20°C y 40°C. La provincia de Orellana posee cuatro cantones, Francisco de Orellana, Joya de los Sachas, Aguarico y Loreto. Entre sus riquezas se encuentra el petróleo y la madera. La cuenca del río Napo, es una de las más importantes de la región amazónica y del país; numerosas comunidades están asentadas en sus riberas. Sus dos principales afluentes son: el río Coca, en las estribaciones de la Cordillera Oriental, y el río Aguarico en el centro de la selva Amazónica; estos afluentes constituyen el sistema hídrico principal de la Provincia (B et al, s.f.).

#### **2.2.1.2. Cantón La Joya de los Sachas**

El cantón la Joya de los Sachas está ubicado en la región Nororiente del Ecuador, su clima es húmedo tropical con temperaturas mínimas de 18°C y máximas de 34°C. Este Cantón, es una zona altamente petrolera, agrícola y ganadera, con grandes problemas de contaminación ambiental por las actividades antropogénicas (B y Sachas, s.f.).

El sitio de colecta de las muestras de suelo y almendras de cacao (*Theobroma cacao L.*) de las comunidades Pimampiro, Los Ángeles y Amarun Mesa, se encuentra ubicado en el cantón la Joya de los Sachas, provincia de Orellana.

### **2.2.2. Obtención de la muestra**

El muestreo se realizó en el mes de octubre 2020, bajo el criterio de la toma de 3 muestras compuestas de suelo y almendras de cacao (*Theobroma cacao L.*), formadas por 10 submuestras cada una, esto con el propósito de obtener ejemplares representativos de las diferentes zonas de estudio.

Adicionalmente, se referenció cada zona de estudio con la medición de coordenadas (x-y) UTM en las comunidades Pimampiro, Los Ángeles y Amarun Mesa.

### **2.2.3. Toma de muestras**

#### **2.2.3.1. Muestras compuestas de suelo**

Se realizó un muestreo al azar y se tomó aproximadamente 100 g de submuestra; con la ayuda de un rastrillo se procedió a retirar la capa de hojarasca y posteriormente con un azadón se realizó un hoyo a una profundidad de 30cm para obtener la cantidad de suelo requerida y luego se depositó la submuestra en un recipiente de polipropileno.

Una vez obtenidas las submuestras en cada zona de estudio, se procedió a mezclarlas hasta obtener una muestra compuesta homogenizada. Luego se colocó una fracción de la muestra compuesta en una funda ziploc para los posteriores análisis en el laboratorio. Las muestras compuestas de suelo recolectadas se etiquetaron con las letras S1 (Comunidad Pimampiro), S2 (Comunidad Los Ángeles) y S3 (Comunidad Amaran Mesa).

Se realizó el traslado de las muestras compuestas en un cooler para conservarlas hasta la realización de los ensayos de laboratorio.

#### **2.2.3.2. Muestras compuestas de almendras de cacao (*Theobroma cacao L.*)**

Se realizó un muestreo al azar y se tomó una submuestra de mazorca de cacao, luego se extrajo las almendras de cacao (*Theobroma cacao L.*) y se colocó en un recipiente de polipropileno. Una vez obtenidas las submuestras en cada zona de estudio, se procedió a mezclarlas hasta obtener una muestra compuesta homogenizada. Luego se colocó una cantidad de almendras de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la muestra compuesta en una funda ziploc para los posteriores análisis en el laboratorio. Las muestras compuestas de almendras de cacao (*Theobroma cacao L.*) recolectadas se etiquetaron con las letras AC1 (Comunidad Pimampiro), AC2 (Comunidad Los Ángeles) y AC3 (Comunidad Amaran Mesa).

Se realizó el traslado de las muestras compuestas en un cooler para conservarlas hasta la realización de los ensayos de laboratorio.

### **2.2.4. Parámetros físico-químicos de las muestras**

Se muestran los parámetros físico-químicos analizados de forma ex-situ.

#### 2.2.4.1. Muestras compuestas de suelo

**Tabla 1-2:** Métodos para parámetros físicos

Parámetros físicos	Método de Referencia/ITE-AQLAB	Unidad
Textura	Método Sedimentable / Arena	%
	Método Sedimentable / Limo	%
	Método Sedimentable / Arcilla	%
Tipo de Suelo	Método Sedimentable / 91	-

Fuente: AQLAB, 2020

Realizado por: Reinoso David, 2020.

##### 2.2.4.1.1. Determinación de la textura

Para la preparación de las muestras se pesó 10 g de muestra seca (secado al aire o a temperatura máxima de 50°C) en un vaso de precipitación de 600 ml.

Luego en la campana química se añadió 25 ml de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (30%), posteriormente se dejó en reposo durante toda la noche.

Al día siguiente, se calentó la muestra en baño maría a 90°C durante todo el día, verificando periódicamente para que no se sequen las muestras. Al final del día, las muestras se sedimentaron completamente, de tal manera que se observó una fase transparente.

Por último, se agregó 25 ml de la solución de pirofosfato, se procedió a hervir las muestras durante un minuto y se dejó enfriar. La solución de pirofosfato permite la dispersión completa de las partículas en las muestras analizadas.

**Tabla 2-2:** Métodos para parámetros químicos

Parámetros químicos	Norma de Referencia/Procedimiento Interno	Unidad
pH	SM 4500-H <sup>+</sup> B, 23 <sup>rd</sup> Ed/PT-01	-
Conductividad Eléctrica	SM 2510 B, 23 <sup>rd</sup> Ed/PT-02	μS/cm

Fuente: LABGADPO, 2020

Realizado por: Reinoso David, 2020.

##### 2.2.4.1.2. Determinación del pH

Para la medición del pH se utilizó la Norma de Referencia SM 4500-H<sup>+</sup> B, 23<sup>rd</sup> Ed/PT-01 (método potenciométrico para medición de pH). El equipo que se empleó fue un potenciómetro con resolución mínima de 0.10 unidades de pH, con un rango entre 0 a 14, además equipado con un ajuste de compensación de temperatura.

Una vez calibrado el equipo se introdujo la sonda de pH a la muestra previo a una agitación con una varilla de vidrio, luego se esperó que la medida se estabilice para la lectura del pH. Además, antes de la medición del pH de las muestras de suelo se esperó que las mismas mantengan una temperatura ambiente con respecto al lugar de análisis.

#### 2.2.4.1.3. Determinación de la conductividad eléctrica (CE)

Para la medición de la CE se utilizó la Norma de Referencia SM 2510 B, 23<sup>rd</sup> Ed/PT-21. El equipo que se empleó fue un conductímetro con un ajuste de compensación de temperatura; el patrón de referencia que se usó para la determinación de la CE en suelo fue KCl de diferentes molaridades con el propósito de obtener una equivalencia entre la concentración de KCl y la CE.

La solución estándar de KCl 1412  $\mu\text{S}/\text{cm}$  se utilizó para la calibración del equipo, mientras que la solución estándar de KCl 147  $\mu\text{S}/\text{cm}$  se utilizó para la lectura de la CE de las muestras de suelo.

Una vez calibrado el equipo se introdujo la sonda de calibración a la muestra previo a una agitación con una varilla de vidrio, luego se esperó que la medida se estabilice para la lectura de la CE. Además, antes de la medición de la CE de las muestras de suelo se esperó que las mismas mantengan una temperatura ambiente con respecto al lugar de análisis.

#### 2.2.4.2. Muestras compuestas de almendras de cacao (*Theobroma cacao L.*)

**Tabla 3-2:** Métodos para parámetros físicos

Parámetros físicos	Método de Referencia/ITE-AQLAB	Unidad
Ceniza	Gravimetría / 64	mg/kg
Humedad (Sustancia Seca)	Gravimetría / 62	%

Fuente: AQLAB, 2020

Realizado por: Reinoso David, 2020.

##### 2.2.4.2.1. Determinación de ceniza y humedad (sustancia seca)

Se utilizó el método de gravimetría en base a la pérdida de peso, para esto se procedió a secar almendras de cacao (*Theobroma cacao L.*) por cada zona de estudio durante 12 horas a 105°C en la estufa. Luego se pesó 3-5 g de las muestras pre-secadas para proceder a calcinar las muestras en la mufla a 430-450°C durante 2 horas hasta llegar a la temperatura indicada.

Por último, se apagó la mufla y se dejó enfriar las muestras, luego se traspasó las muestras al desecador y se pesó las cápsulas cuando estaban completamente frías.

Fórmula empleada:

$$[\%] = \frac{P_{105^\circ} - (P_{450^\circ} - P_{\text{cápsula}})}{P_{105^\circ}} * 100$$

### 2.2.5. Obtención de la concentración de cadmio ( $Cd^{+2}$ ) en muestras de suelo y almendras de cacao (*Theobroma cacao L.*)

**Tabla 4-2:** Método para la determinación de cadmio ( $Cd^{+2}$ )

Parámetro químico	Norma de Referencia/Procedimiento Interno	Unidad
Cadmio	SM 3030 B, 23 <sup>rd</sup> Ed/PT-05	mg/kg

Fuente: LABGADPO, 2020

Realizado por: Reinoso David, 2020.

Se utilizó la norma de referencia SM 3030 B, 23<sup>rd</sup> Ed/PT-05, para la determinación de la concentración de cadmio ( $Cd^{+2}$ ) en muestras de suelo y almendras de cacao (*Theobroma cacao L.*).

Para la preparación de la curva estándar, se preparó un blanco y una serie de patrones de 1 a 10  $\mu\text{g/L}$ , se realizó disoluciones de cadmio en un matraz aforado y se diluyó hasta 25mL, luego se agregó tres gotas de azul de timol y NaOH.

Para el desarrollo, extracción y medición de color, se agregó los reactivos de la siguiente manera: 1ml de disolución de NaOH-KCN, 1ml de  $\text{NH}_4\text{OH}$ , disolución de HCl y 15ml de disolución de ditizona.

Posteriormente se agitó 10ml de  $\text{CHCl}_3$  en un embudo durante 1 minuto, luego se drenó en otro embudo y se agitó durante 2 minutos y se desechó el  $\text{CHCl}_3$ .

Se realizó la lectura de la absorbancia a 518nm con respecto al blanco, con la siguiente fórmula:

$$Cd = \frac{\text{mg}}{1} = \frac{\mu\text{gCd (aprox15ml volumen final)}}{\text{volumen de la muestra (ml)}}$$

**Donde:**

**Cd**= Volumen final del Cadmio (Cd)

**Vm**=Volumen de la muestra

**2.2.6. Comparación de resultados de la concentración de cadmio ( $Cd^{+2}$ ) en muestras de suelo y almendras de cacao (*Theobroma cacao L.*)**

Para la comparación de las concentraciones de cadmio ( $Cd^{+2}$ ) registradas tanto en las muestras compuestas de suelo como en las muestras de almendras de cacao se utilizó un ANOVA simple (un solo factor).

**Tabla 5-2:** Anova simple de las muestras compuestas de suelo

Sitios	r1	r2	r3
S1	S1 r1	S1 r2	S1 r3
S2	S2 r1	S2 r2	S2 r3
S3	S3 r1	S3 r2	S3 r3

Realizado por: Reinoso David, 2020.

**Donde:**

r = Repeticiones

S = Sitios

Sr = Concentraciones de cadmio de las muestras compuestas de suelo

**Tabla 6-2:** Anova simple de las muestras compuestas de almendras de cacao

Sitios	r1	r2	r3
AC1	AC1 r1	AC1 r2	AC1 r3
AC2	AC2 r1	AC2 r2	AC2 r3
AC3	AC3 r1	AC3 r2	AC3 r3

Realizado por: Reinoso David, 2020.

**Donde:**

r = Repeticiones

AC= Sitios

ACr = Concentraciones de cadmio de las muestras compuestas de suelo

Los datos generados para el diseño experimental se analizaron a partir de un ANOVA simple y la separación de medias con la Prueba de Tukey, mediante software estadístico Minitab

## CAPÍTULO III

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

#### 3.1. Coordenadas UTM de los puntos de muestro

Los resultados obtenidos de la georreferenciación de los puntos de muestreo en las tres zonas diferentes, se detallan a continuación:

Las muestras compuestas de suelo y almendras de cacao se recolectaron en diferentes zonas de las comunidades Pimampiro, Los Ángeles y Amarun Mesa, pertenecientes al cantón la Joya de los Sachas, provincia de Orellana. (Tabla 6-3).

**Tabla 1-3:** Coordenadas UTM de las muestras compuestas

Punto	Muestras compuestas	UTM		Zona	Altitud (m)
		Este (X)	Norte (Y)		
Comunidad Pimampiro	S1	295217	9961833	18M	271
	AC1				
Comunidad Los Ángeles	S2	287519	9965551	18M	285
	AC2				
Comunidad Amarun Mesa	S3	283542	9949257	18M	240
	AC3				

**Realizado por:** Reinoso, David, 2020.

#### 3.2. Caracterización físico-química de las muestras compuestas de suelo y almendras de cacao (*Theobroma cacao L.*)

Los resultados obtenidos de las muestras compuestas de suelo y almendras de cacao (*Theobroma cacao L.*) recolectadas en las comunidades Pimampiro, Los Ángeles y Amarun Mesa, evaluados ex-situ, se detallan a continuación:

Las muestras compuestas de suelo en las tres zonas de estudio presentaron diferente tipología de suelo; la muestra compuesta S1 tuvo un suelo franco-arcillo-limoso con una textura de 0.4% de arena, 63.5% de limo y 36.1% de arcilla, mientras que la muestra compuesta S2 presentó un suelo franco-limoso con una textura de 0.4% de arena, 72.7% de limo y 26.9% de arcilla, y la muestra compuesta S3 tuvo un suelo franco con una textura de 26.9% de arena, 45.4% de limo y 27.8% de arcilla (Tabla 7-3).



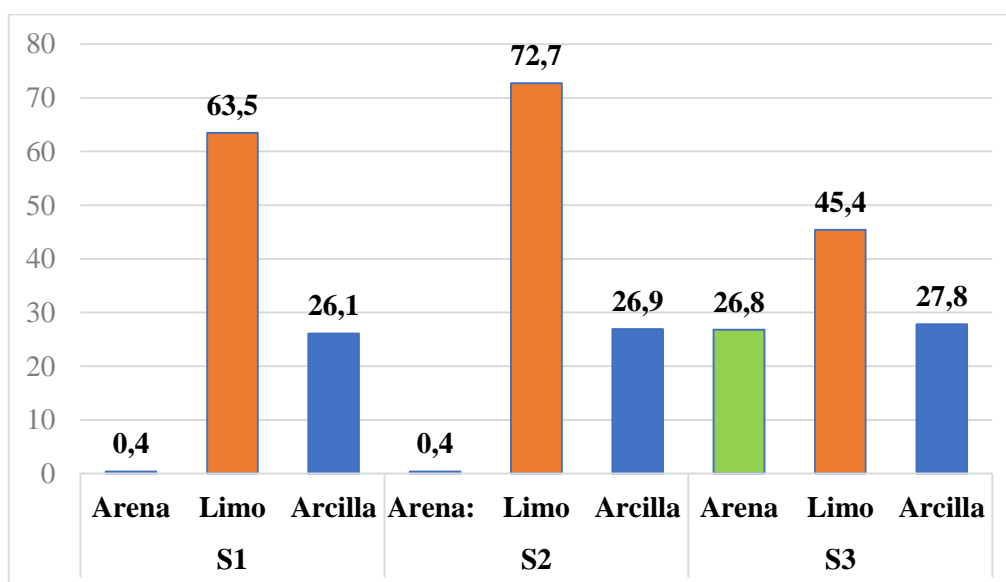
**Tabla 2-3:** Textura y tipología de las muestras compuestas de suelo

Muestra compuesta	Textura (%)	Tipo de suelo
S1	Arena: 0.4	Franco-arcilloso-limoso
	Limo: 63.5	
	Arcilla: 36.1	
S2	Arena: 0.4	Franco-limoso
	Limo: 72.7	
	Arcilla: 26.9	
S3	Arena: 26.8	Franco
	Limo: 45.4	
	Arcilla: 27.8	

Fuente: AQLAB, 2020

Realizado por: Reinoso David, 2020

Como se puede observar en el Gráfico 1-3, los resultados de textura y tipología de suelo registrados mediante análisis de laboratorio, concuerdan con información bibliográfica, donde se menciona que la textura predominante en el Cantón Joya de los Sachas corresponde a una textura media, donde el limo se encuentra en mayor porcentaje presentando suelos de tipo franco-limoso-arcilloso (Anexo M) (USDA, 2015).



**Gráfico 1-3:** Textura y tipología de las muestras compuestas de suelo

Realizado por: Reinoso David, 2020.

Las muestras compuestas de suelo en las diferentes zonas de muestreo presentaron valores de pH que fluctuaron entre 5 y 6. La muestra compuesta S3 tuvo el mayor valor de pH correspondiente a 6.24, mientras que la muestra compuesta S2 presentó el menor valor correspondiente a 5.80. En cuanto a la CE, la muestra compuesta S2 tuvo el mayor valor correspondiente a 60.88  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , mientras que la muestra compuesta S3 tuvo el menor valor correspondiente a 22.87  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Tabla 8-3).

**Tabla 3-3:** pH y CE de las muestras compuestas de suelo

Muestra compuesta	pH	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
S1	5.83	28.91
S2	5.80	60.88
S3	6.24	22.87

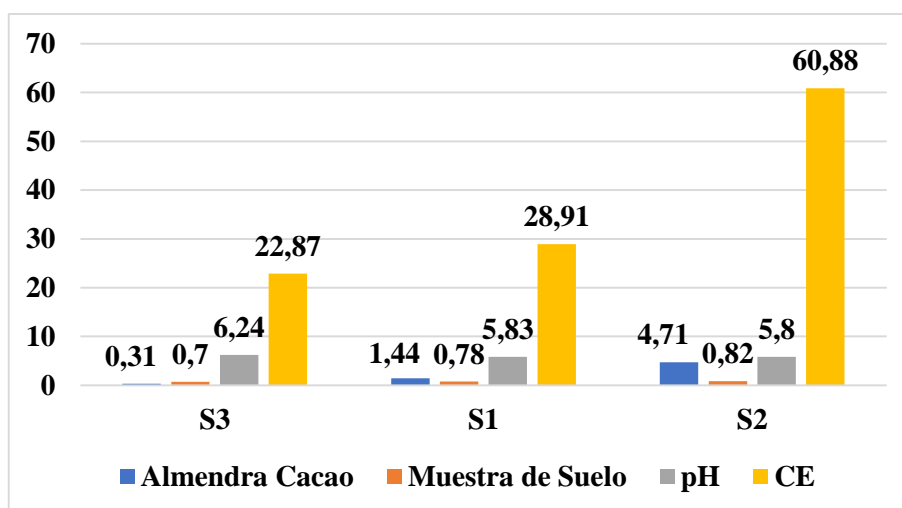
Fuente: LABGADPO, 2020

Realizado por: Reinoso, David, 2020.

Los valores registrados concuerdan con información preliminar acerca de los tipos de suelos en la región amazónica, donde se menciona que los valores de pH tienen a presentar un rango ligeramente ácido entre 4.5 y 6.5, debido a la intervención humana por actividades agrícolas de cultivos de cacao, debido a la manipulación de fertilizantes químicos para el buen manejo de los cultivos (Calva, 2016).

El pH es uno de los parámetros que tiene más influencia en los procesos edáficos, así también en la reactividad del suelo y en la movilización de contaminantes. La adsorción de cadmio tiene influencia con el pH del suelo, donde se menciona que la mayoría de los metales pesados tienden a estar más disponibles a pH ácidos, excepto el arsénico, molibdeno, selenio y cromo (Jipa, 2018).

Como se puede observar en el Gráfico 2-3, existió un mayor valor de pH en la muestra compuesta S3 y un menor valor en la muestra compuesta S1; el mayor valor de CE se presentó en la muestra compuesta S2 y un menor valor en la muestra compuesta S3.



**Gráfico 2-3:** Valores de la media de concentración de Cd, pH y CE en muestras compuestas de suelo y almendras de cacao.

Realizado por: Reinoso David, 2020.

Las muestras compuestas de almendras de cacao (*Theobroma cacao L.*) recolectadas en las diferentes zonas de estudio presentaron mediante calcinación en el laboratorio presentaron valores de cantidad de ceniza; la muestra compuesta AC2 tuvo el mayor valor de cantidad de ceniza

correspondiente a 3.79 mg/kg, mientras que la muestra compuesta AC3 presentó el menor valor correspondiente a 3.31 mg/kg. En cuanto al porcentaje de humedad, la muestra compuesta AC2 tuvo el mayor valor correspondiente a 97.29%, mientras que la muestra compuesta AC3 tuvo el menor valor correspondiente a 96.72% (Tabla 9-3).

**Tabla 4-3:** Cantidad de ceniza y Humedad (sustancia seca) de las muestras compuestas almendras de cacao (*Theobroma cacao L.*)

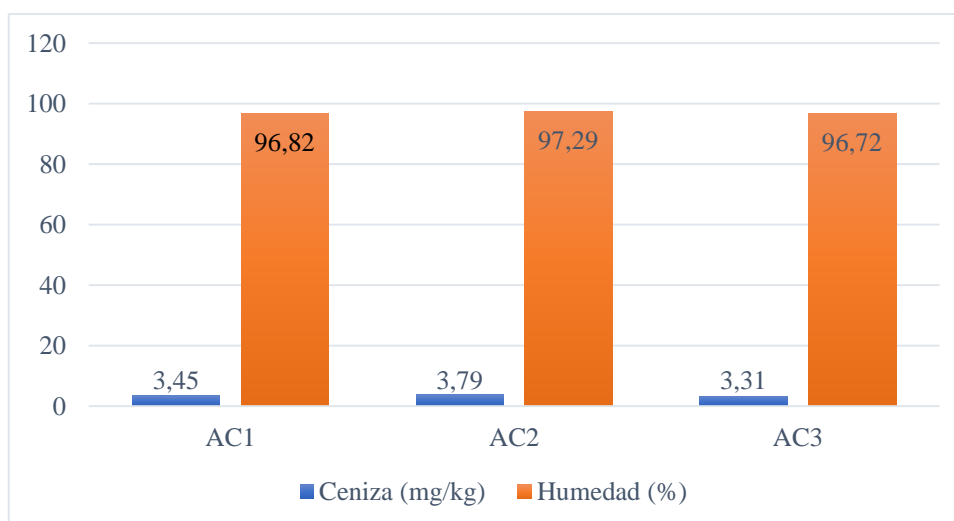
Muestra compuesta	Ceniza (mg/kg)	Humedad (%)
AC1	3.45	96.82
AC2	3.79	97.29
AC3	3.31	96.72

**Fuente:** AQLAB, 2020

**Realizado por:** Reinoso, David, 2020.

Los resultados registrados del análisis de cantidad de ceniza y porcentaje de humedad tienen relación con la revisión bibliográfica, donde se menciona que los suelos en la zona de estudio presentan una gran facilidad para la circulación del agua, es por eso que el porcentaje de humedad en las almendras de cacao (*Theobroma cacao L.*) es alto, debido a la distribución del agua desde la raíz hasta el fruto; además la cantidad baja de ceniza mediante calcinación de las almendras de cacao (*Theobroma cacao L.*) se debe al uso de fertilizantes químicos, que impiden la asimilación de los nutrientes orgánicos propios del suelo y por ende, estos nutrientes pierden la capacidad de circular hasta el fruto del cultivo (PDYOT, 2015, Orellana).

Como se puede observar en el Gráfico 3-3, existió un mayor valor de cantidad de ceniza y porcentaje de humedad en la muestra compuesta AC2, mientras que el menor valor de cantidad de ceniza y porcentaje de humedad se presentó en la muestra compuesta AC3.



**Gráfico 3-3:** Valores de cantidad de ceniza y humedad (sustancia seca) de las muestras compuestas de almendra de cacao (*Theobroma cacao L.*)

**Realizado por:** Reinoso David, 2020.

### 3.3. Concentración de cadmio ( $Cd^{+2}$ ) en las muestras compuestas de suelo y almendras de cacao (*Theobroma cacao L.*)

Los resultados obtenidos de la concentración de cadmio ( $Cd^{+2}$ ) en muestras compuestas de suelo y almendras de cacao (*Theobroma cacao L.*) mediante espectroscopia de absorción atómica, se muestran a continuación:

#### 3.3.1. Muestras compuestas de suelo

A continuación, se detallan las concentraciones de cadmio en las muestras compuestas, cada una con tres repeticiones.

**Tabla 5-3:** Concentración de cadmio ( $Cd^{+2}$ ) de las muestras compuestas de suelo

Muestras compuestas de suelo [ $Cd^{+2}$ ] (mg/kg)			
Sitios	r1	r2	r3
S1	0,79	0,78	0,78
S2	0,82	0,83	0,81
S3	0,7	0,69	0,7

Fuente: LABGADPO, 2020

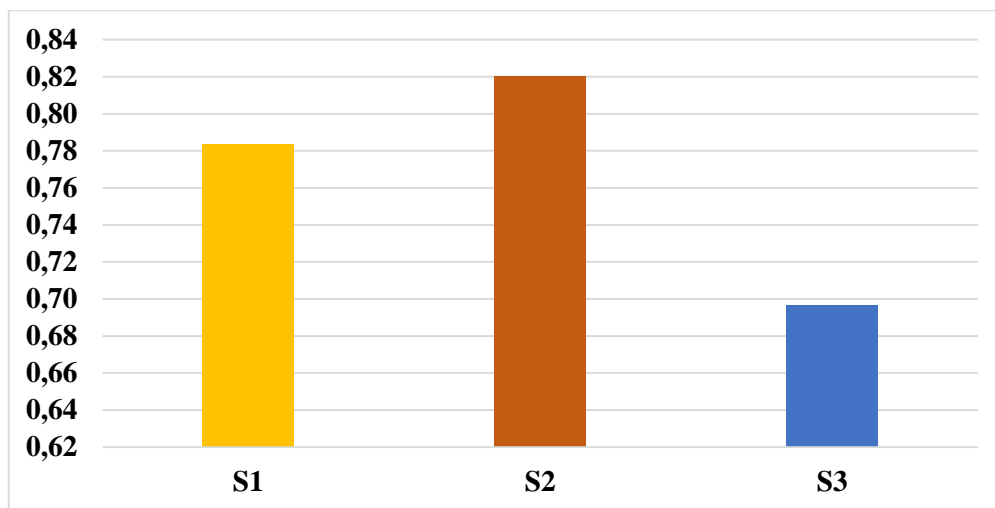
Realizado por: Reinoso, David, 2020.

**Tabla 7-3:** Media de las repeticiones de la concentración de cadmio ( $Cd^{+2}$ ) de las muestras compuestas de suelo

Sitios	Media [ $Cd^{+2}$ ] (mg/kg)
S1	0,78
S2	0,82
S3	0,70

Realizado por: Reinoso, David, 2020.

A partir de la media se puede observar en el Gráfico 4-3, existió un mayor valor de cadmio ( $Cd^{+2}$ ) en la muestra compuesta S2, mientras que el menor valor de cadmio ( $Cd^{+2}$ ) se presentó en la muestra compuesta S3.



**Gráfico 4-3:** Media de las repeticiones de la concentración de cadmio ( $Cd^{+2}$ ) en las muestras compuestas de suelo

**Realizado por:** Reinoso David, 2020.

De acuerdo a los resultados, las tres zonas de estudio no cumplen con el criterio de calidad con respecto a la concentración de cadmio ( $Cd^{+2}$ ) del valor permitido (0.5 mg/kg) (TUSLMA, 2015); la zona con mayor presencia de cadmio ( $Cd^{+2}$ ) es la Comunidad Los Ángeles con el valor correspondiente a 0.82 mg/kg, mientras que la zona con menor presencia de cadmio ( $Cd^{+2}$ ) en el suelo es la Comunidad Amarun Mesa correspondiente a 0.70 mg/kg.

Mediante revisión bibliográfica, se menciona que el pH ácido en los suelos es considerado un factor muy importante debido al aumento de la solubilidad de los metales pesados, en este caso el cadmio ( $Cd^{+2}$ ), además su disponibilidad en la concentración en la solución del suelo. Los valores bajos de pH presentan una mayor disponibilidad del Cadmio ( $Cd^{+2}$ ), sin embargo, la disponibilidad también depende de las características propias del metal, es decir, movilidad, forma química, tipo de suelo, relación con otros metales, etc. (Anexo N) (Torres, 2020).

Los valores de pH que presentaron las tres zonas de estudio pueden ser la razón para que el Cadmio ( $Cd^{+2}$ ) se encuentre en forma soluble. Adicionalmente, mediante encuestas se determinó que la mayoría de productores utilizan una fuente de fertilizante químico ya sea como herbicida o como fitoregulator de crecimiento de cultivos, esto puede ser otra de las razones de la alteración química del suelo (Torres, 2020).

La disponibilidad de cadmio ( $Cd^{+2}$ ) en un cultivo es menor en los suelos con un alto contenido de materia orgánica, bajo estas condiciones las tres zonas de estudio presentaron valores bajos de materia orgánica, lo que alteró la composición química del suelo y por ende los valores elevados de cadmio ( $Cd^{+2}$ ) (Torres, 2020).

3.3.2. **Muestras compuestas de almendras de cacao (*Theobroma cacao L.*) con tegumento**

**Tabla 7-3:** Concentración de cadmio ( $Cd^{+2}$ ) de las muestras compuestas de almendras de cacao (*Theobroma cacao L.*)

Muestras compuestas de almendras de cacao [ $Cd^{+2}$ ] (mg/kg)			
Sitios	r1	r2	r3
AC1	1,45	1,42	1,44
AC2	4,72	4,73	4,69
AC3	0,31	0,29	0,33

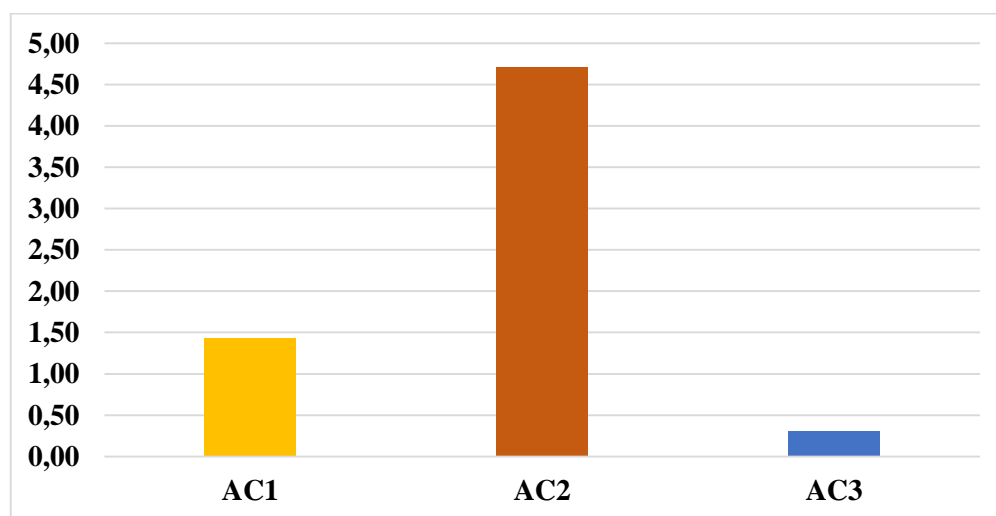
Fuente: LABGADPO, 2020

Realizado por: Reinoso, David, 2020.

**Tabla 8-3:** Media de las repeticiones de la concentración de cadmio ( $Cd^{+2}$ ) de las muestras compuestas de almendras de cacao (*Theobroma cacao L.*)

Sitios	Media [ $Cd^{+2}$ ] (mg/kg)
AC1	1,44
AC2	4,71
AC3	0,31

Realizado por: Reinoso, David, 2020.



**Gráfico 5-3:** Media de las repeticiones de la concentración de cadmio ( $Cd^{+2}$ ) en las Muestras compuestas de almendras de cacao (*Theobroma cacao L.*)

Realizado por: Reinoso David, 2020.

La zona de la Comunidad Amarun Mesa es la única que cumple con el valor establecido en normativa de la concentración de cadmio ( $Cd^{+2}$ ) en almendras de cacao; la zona de la Comunidad Los Ángeles tuvo mayor concentración del metal correspondiente a 4.71 mg/kg, mientras que la zona de la Comunidad Pimampiro presentó un valor de 1.44 mg/kg.

El ingreso del cadmio ( $Cd^{+2}$ ) al fruto se puede dar por la presencia de cargas negativas, sin embargo, la absorción del metal se encuentra en competencia con otros nutrientes (Mn, Cu, Zn, Fe, Ca). La presencia de cadmio ( $Cd^{+2}$ ) en las almendras de cacao en mayor concentración con relación al suelo puede ser porque las plantas son capaces de acidificar el suelo a través de las raíces y a su vez lo almacenan en los diferentes órganos (Torres, 2020).

El cadmio ( $Cd^{+2}$ ) es liberado al ambiente mediante el transporte de partículas del suelo, actividades antropogénicas, uso de fertilizantes fosfatados, entre otros, todo esto conlleva a la liberación del metal, aunque este metal también puede ser absorbido por vía foliar, por lo que no necesariamente toda la concentración del metal que se encuentra en la planta tiene su origen del suelo (Torres, 2020).

Mediante encuestas a los cultivadores de las tres zonas de estudio se determinó que la mayoría emplean herbicidas como Gramoxone y Amina 720 para el control de malezas, mientras que para el crecimiento y desarrollo de la planta utilizan fertilizantes bioestimulantes o bioactivadores como el Geox y NPK 10-30-10.

Como se puede observar en el Gráfico 5-3, existió un mayor valor de cadmio ( $Cd^{+2}$ ) en la muestra compuesta AC2, mientras que el menor valor de cadmio ( $Cd^{+2}$ ) se presentó en la muestra compuesta AC3.

### 3.4. Comparación de resultados de la concentración de cadmio en muestras compuestas de suelo y almendras de cacao (*Theobroma cacao L.*), pH mediante análisis estadístico

**Tabla 9-3:** Medias de concentración Cd en cacao, suelo y pH

Sitios	r	Cacao	Suelo	pH
S1	1	1,45	0,79	5,84
S1	2	1,42	0,78	5,82
S1	3	1,44	0,78	5,83
S2	1	4,72	0,82	5,8
S2	2	4,73	0,83	5,81
S2	3	4,69	0,81	5,79
S3	1	0,31	0,7	6,24
S3	2	0,29	0,69	6,23
S3	3	0,33	0,7	6,25

Realizado por: Reinoso David, 2020.

### 3.4.1. Muestras compuestas de suelo

#### 3.4.1.1. Análisis de Varianza

En el análisis de varianza se utilizaron las concentraciones de cadmio en las muestras compuestas de suelo que se registraron en los tres sitios de muestreo. Se obtuvo un p-valor de  $< 0.640$ , este valor indicó que existe una diferencia significativa entre las concentraciones de cadmio.

Sitios	Fc	Fa
	6,944272	180,5
r	6,944272	0,5

**Fa** viene de Anova calculado en Minitab

**Fc** se calcula en Excel, gln son los GL de sitios o r que nos calcula Minitab y gld es el Error que nos brinda en Minitab.

**Nota:**

Ho: las medias de todos los tratamientos son iguales.

Ha: Al menos una de las medias de los tratamientos es diferente.

Se rechaza la Ho, si:

$F_c \geq F_a$ , gln, gld

Sitios	Fcritica (Fa)	Fcalculada (Fc)	
	6,944272	180,5	Se rechaza la Ho
r	6,944272	0,5	Se acepta la Ho

Al menos existe una media diferente de los sitios por tanto aplicamos.

Media de todos los r son iguales.

#### Análisis de varianza de Suelo

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Sitios	2	0,024067	0,012033	180,50	0,000
r	2	0,000067	0,000033	0,50	0,640
Error	4	0,000267	0,000067		
Total	8	0,024400			

#### 3.4.1.2. Prueba de Tukey en muestras compuestas de suelo

La prueba de Tukey indicó que las medias de las concentraciones de cadmio en el suelo presentan diferencias significativas entre sí, ya que estas se categorizaron en tres categorías: A, B y C. Esto quiere decir que el tipo de suelo de cada sitio influyó en la acumulación de cadmio que se da en el suelo.



**Tabla 10-3:** Prueba de Tukey de la concentración de cadmio en las muestras compuestas de suelo

Sitio	Medias	n	Categorías		
S3	0,7	3	A		
S1	0,78	3		B	
S2	0,82	3			C

Realizado por: Reinoso David, 2020.

## Método

Hipótesis nula            Todas las medias son iguales  
 Hipótesis alterna        No todas las medias son iguales  
 Nivel de significancia    $\alpha = 0,05$

*Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.*

## Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Sitios	2	0,024067	0,012033	216,60	0,000
Error	6	0,000333	0,000056		
Total	8	0,024400			

## Medias

Sitios	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
S1	3	0,78333	0,00577	(0,77280; 0,79386)
S2	3	0,82000	0,01000	(0,80947; 0,83053)
S3	3	0,69667	0,00577	(0,68614; 0,70720)

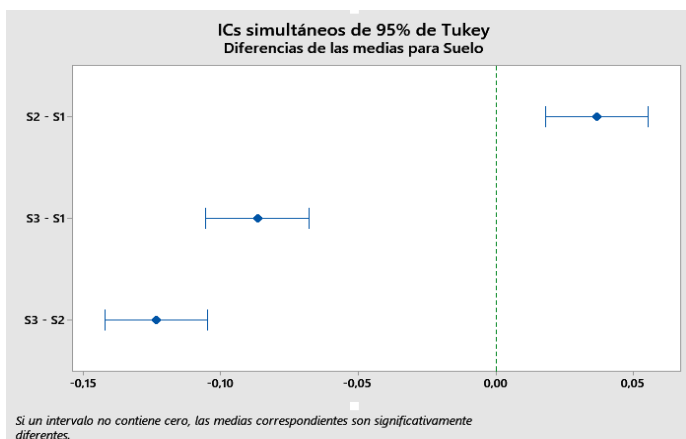
*Desv.Est. agrupada = 0,00745356*

## Comparaciones en parejas de Tukey

### Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Sitios	N	Media	Agrupación
S2	3	0,82000	A
S1	3	0,78333	B
S3	3	0,69667	C

*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*



### 3.4.2. Almendra de cacao

#### 3.4.2.1. Análisis de Varianza

En el análisis de varianza se utilizaron las concentraciones de cadmio de la almendra de cacao que se registraron en los tres sitios de muestreo. Se obtuvo un p-valor de  $< 0.766$ , este valor indicó que existe una diferencia significativa entre las concentraciones de cadmio.

Sitios	Fcrítica (Fa)	Fcalculada (Fc)	Se rechaza la Ho
	6,944272	33637,79	
r	6,944272	0,29	Se acepta la Ho

#### Análisis de varianza de Cacao

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Sitios	2	31,3953	15,6976	33637,79	0,000
r	2	0,0003	0,0001	0,29	0,766
Error	4	0,0019	0,0005		
Total	8	31,3974			

#### 3.4.2.2. Prueba de Tukey de almendra de cacao

La prueba de Tukey indicó que las medias de las concentraciones de cadmio en la almendra de cacao presentan diferencias significativas entre sí, ya que estas se categorizaron en tres categorías: A, B y C.

**Tabla 11-3:** Prueba de Tukey de la concentración de cadmio en las muestras compuestas de almendras de cacao (*Theobroma cacao L.*)

Sitio	Medias	n	Categorías		
AC3	0,31	3	A		
AC1	1,44	3		B	
AC2	4,71	3			C

Realizado por: Reinoso David, 2020.

## Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0,05$

*Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.*

## Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Sitios	2	31,3953	15,6976	44149,59	0,000
Error	6	0,0021	0,0004		
Total	8	31,3974			

## Medias

Sitios	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
S1	3	1,43667	0,01528	(1,41003; 1,46331)
S2	3	4,7133	0,0208	(4,6867; 4,7400)
S3	3	0,3100	0,0200	(0,2834; 0,3366)

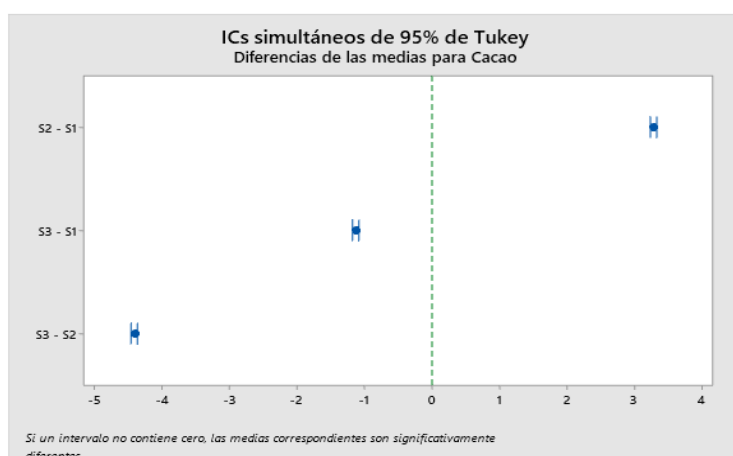
*Desv.Est. agrupada = 0,0188562*

## Comparaciones en parejas de Tukey

### Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Sitios	N	Media	Agrupación
S2	3	4,7133	A
S1	3	1,43667	B
S3	3	0,3100	C

*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*



Se muestra la categorización obtenida por la prueba Tukey tanto para las muestras compuestas de almendras de cacao como para las muestras compuestas de suelo. Se observa que la concentración en las muestras compuestas de almendras de cacao se incrementa en función a la concentración de las muestras compuestas de suelo, a medida que la concentración en las muestras compuestas de suelo se incrementa también lo hace en las muestras compuestas de almendras de cacao. Siendo esta una correlación positiva ya que los incrementos de una variable están relacionados con incrementos en la otra.

Muestras compuestas de almendras de cacao				Muestras compuestas de suelo			
Sitio	Categorías			Sitio	Categorías		
AC3 - 0.31	A			S3 - 0.7	A		
AC1 - 1.44		B		S1 - 0.78		B	
AC2 - 4.71			C	S2 - 0.82			C

Con el análisis estadístico se puede deducir que existe al menos una muestra que asimila mayor concentración de cadmio en el fruto, así como en el suelo, como es el caso de la muestra AC2 y S2 respectivamente, mientras que las otras muestras presentan poca variación en la concentración del metal tanto en suelo como en el fruto.

### 3.4.3. pH

#### 3.4.3.1. Análisis de Varianza

En el análisis de varianza se utilizaron los valores de pH de las muestras compuestas del suelo que se registraron en los tres sitios de muestreo. Se obtuvo un p-valor de  $< 0.694$ , este valor indicó que existe una diferencia significativa entre la concentración del cadmio con los valores de pH debido a su influencia directa.

	Fcritica (Fa)	Fcalculada (Fc)	
Sitios	6,944272	879,6	Se rechaza la Ho
r	6,944272	0,4	Se acepta la Ho

#### Análisis de varianza de pH

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Sitios	2	0,439800	0,219900	879,60	0,000
r	2	0,000200	0,000100	0,40	0,694
Error	4	0,001000	0,000250		
Total	8	0,441000			

### 3.4.3.2. Prueba de Tukey para el pH

#### Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0,05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

#### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Sitios	2	0,362600	0,181300	1813,00	0,000
Error	6	0,000600	0,000100		
Total	8	0,363200			

#### Medias

Sitios	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
S1	3	5,83000	0,01000	(5,81587; 5,84413)
S2	3	5,80000	0,01000	(5,78587; 5,81413)
S3	3	6,24000	0,01000	(6,22587; 6,25413)

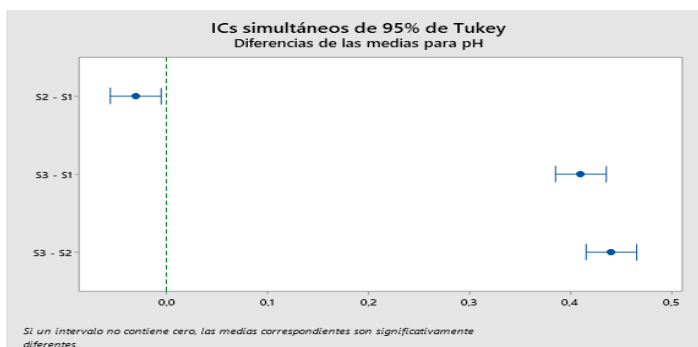
Desv.Est. agrupada = 0,01

#### Comparaciones en parejas de Tukey

##### Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Sitios	N	Media	Agrupación
S3	3	6,24000	A
S1	3	5,83000	B
S2	3	5,80000	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



Con el análisis estadístico se puede deducir que la influencia de las concentraciones de cadmio en las almendras de cacao y en suelo afectan la solubilidad del metal, dependiendo del pH y el contenido de materia orgánica soluble.

## CONCLUSIONES

Mediante la georreferenciación de coordenadas (x-y) UTM de las diferentes zonas de estudio se establecen los puntos de muestreo en las comunidades Pimampiro, Los Ángeles y Amarun Mesa con la toma de 3 muestras compuestas de suelo y 3 muestras compuestas de almendras de cacao (*Theobroma cacao L.*), formadas por 10 submuestras cada una.

A partir de la evaluación de parámetros físico-químicos de las muestras compuestas de suelo y almendras de cacao (*Theobroma cacao L.*), se determinan los siguientes valores: pH 5.83, CE 28.91 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y tipología de suelo franco-arcilloso-limoso de la muestra compuesta S1; pH 5.8, CE 60.88 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y tipología de suelo franco-limoso de la muestra compuesta S2; pH 6.24, CE 22.87 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y tipología de suelo franco de la muestra compuesta S3; cantidad de ceniza 3.45 (mg/kg) y humedad 96.82% de la muestra compuesta AC1; ceniza 3.79 (mg/kg) y humedad 97.29% de la muestra compuesta AC2; ceniza 3.31 (mg/kg) y humedad 96.72% de la muestra compuesta AC3.

Por medio de espectroscopía de absorción atómica se obtuvo un mayor valor de concentración de cadmio ( $\text{Cd}^{+2}$ ) en la muestra compuesta de suelo S2 correspondiente a 0.82 (mg/kg), mientras que la muestra compuesta de suelo S3 tuvo el menor valor correspondiente a 0.70 (mg/kg); de la misma manera se presentó el mayor valor de concentración de cadmio ( $\text{Cd}^{+2}$ ) en la muestra compuesta de almendra de cacao AC2 con un valor de 4.71 (mg/kg) y el menor valor en la muestra compuesta de almendra de cacao AC3 correspondiente a 0.31 (mg/kg). Mediante análisis estadístico se observa que la concentración en las muestras compuestas de almendras de cacao se incrementa en función a la concentración de las muestras compuestas de suelo, y se puede deducir que existe al menos una muestra que asimila mayor concentración de cadmio en el fruto, así como en el suelo, como es el caso de la muestra AC2 y S2 respectivamente.

La concentración de cadmio ( $\text{Cd}^{+2}$ ) en las muestras compuestas establece que solo una muestra cumple con el criterio de calidad, como es el caso de la muestra compuesta AC3 con 0.31 (mg/kg), mientras que las 5 muestras compuestas restantes tanto de suelo y almendras de cacao no cumplen con la normativa de calidad, es decir, estas muestras compuestas sobrepasan el valor permitido (0.5 mg/kg) (TUSLMA, 2015).

## **RECOMENDACIONES**

Procurar no afectar significativamente la zona de estudio para obtener muestras representativas del lugar.

Llevar a cabo la correcta secuencia de la cadena de custodia para el traslado de las muestras para evitar alteración en los resultados finales.

Realizar estudios a mayor profundidad para establecer de manera más concisa la diferencia de la variación de la concentración de cadmio en los cultivos de cacao.

## BIBLIOGRAFÍA

**AqLab.** Laboratorio de Análisis y Evaluación Ambiental. [En línea] 2017. [Consulta: 22 de Julio de 2020.]. Disponible en: <https://aqlabec.com/servicios.html>.

**Araujo, Lourdes.** Verificación del método analítico de espectroscopía de absorción atómica con horno de grafito para la cuantificación de cadmio en almendra de cacao. [En línea] 2016. [Consulta: 22 de Julio de 2020.]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13242/1/UPS-QT10804.pdf>.

**Calva, Carmen.** Efecto de la aplicación de cuatro materiales de encalado en control de acidez de un suelo ácido de Loreto, Orellana. [En línea] 2016. [Consulta: 06 de Enero de 2021.]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/8227/1/T-UCE-0004-49.pdf>.

**GADPO.** Laboratorio de Análisis Ambiental del Gobierno Provincial de Orellana. [En línea] 2015. [Consulta: 22 de Julio de 2020.]. Disponible en: <https://www.gporellana.gob.ec/laboratorio-de-analisis-ambiental-del-gobierno-provincial-de-orellana/>.

**Jipa, Luis.** Aplicación de modelos de simulación en sistemas agrícolas en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) en la franja de diversidad y vida. [En línea] 2018. [Consultado: 06 de Enero de 2021.]. Disponible en: <https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/349/1/T.AGROP.B.UEA.1088.pdf>.

**Mendoza, Rodrigo y Villalobos.** Determinación de metales pesados cadmio, níquel, plomo y zinc en la zona de influencia del relleno sanitario de Sonsonate. [En línea] 2017. [Consultado: 23 de Julio de 2020.]. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/12786/>

**Sanmiguel y Guerrero.** Validación del método para determinar Pb, Cd, Ni por espectrometría de absorción atómica de llama en agua y suelo. [En línea] 2017. [Consultado: 22 de Julio de 2020.]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/7019/1/236T0275.pdf>.

**Torres, José.** Determinación de concentraciones de cadmio en plantaciones de *Theobroma cacao* L. en Costa Rica. [En línea] 2020. [Consultado: 11 de 11 de 2020.]. Disponible en: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/263/2631042011/html/index.html>. 1.



## ANEXOS

### ANEXO A: TEXTURA Y TIPOLOGÍA DE LA MUESTRA COMPUESTA DE SUELO DE LA COMUNIDAD PIMAPIRO



Laboratorios de Análisis y Evaluación Ambiental

---

**INFORME DE ENSAYO N° 14 558 a**

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE Coca, 8 de Octubre de 2020

Empresa:	DAVID REINOSO.			
Solicitado por:	Sr. David Reinoso.	Dirección:	Sacha,	
Toma de muestra:	Sr. David Reinoso.	Fecha y Hora:	28/9/2020	No disponible
Identificación de la muestra:	Suelo Compuesto, S20-006 Zona 1, Locacion Pimapiro.			

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO

Fecha y hora ingreso al Laboratorio:	1/10/2020	8:30	Condiciones Ambientales	T max:	32 °C
Fecha Final de Analisis:	8/10/2020			T min:	22 °C

Coordenadas UTM 18M	X:295217 Y:9897616
---------------------	-----------------------

PARÁMETROS, MÉTODO / REFERENCIA Y RESULTADOS

Parámetros / Análisis Solicitado	Método de Referencia / ITE-AQLAB	Límite máximo Permisible <sup>#</sup>	Unidad	Resultado	Incertidumbre (k=2)
*Textura	Método Sedimentable / Arena	**	%	0,4	~
	Método Sedimentable / Limo	**	%	63,5	~
	Método Sedimentable / Arcilla	**	%	36,1	~
*Tipo de Suelo	Método Sedimentable / 91	**	~	Franco Arcilloso Límoso	~

Fuente: Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la prevención y control de la Contaminación Ambiental. Norma de calidad Ambiental y de Descarga de efluentes: RecursoSuelo. Acuerdo Ministerial N° 028. Febrero 2015. Tabla 1. Criterios de Calidad Suelo.

**REFERENCIA Y OBSERVACIONES:**

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente.  
Los límites permisibles de las Normativas (N) y los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.  
El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo, los datos relacionados a la muestra son conforme lo solicitado por el cliente.  
Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio




AQLAB LABORATORIOS AGUAS Y SUELOS  
Orquídea - Ecuador



Ing. Nelson Shiguangb  
ASISTENTE DE LA DIRECCIÓN TÉCNICA  
AUTORIZADO

14 558 a

## ANEXO B: TEXTURA Y TIPOLOGÍA DE LA MUESTRA COMPUESTA DE SUELO DE LA COMUNIDAD LOS ÁNGELES



Laboratorios de Análisis y Evaluación Ambiental

---

**INFORME DE ENSAYO N° 14 558 b**

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE Coca, 8 de Octubre de 2020

Empresa:	DAVID REINOSO.		
Solicitado por:	Sr. David Reinoso.	Dirección:	Sacha,
Toma de muestra:	Sr. David Reinoso.	Fecha y Hora:	28/9/2020 No disponible.
Identificación de la muestra:	Suelo Compuesto, S20-007 Zona 2, Locación Los Angeles.		

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO

Fecha y hora ingreso al Laboratorio:	1/10/2020	8:30		Condiciones Ambientales	T max: 32 °C	T min: 22 °C
Fecha Final de Análisis:	8/10/2020					

Coordenadas UTM 18M	X:287519	Y:9965551
---------------------	----------	-----------


PARÁMETROS, MÉTODO / REFERENCIA y RESULTADOS


Parámetros / Análisis Solicitado	Método de Referencia / ITE-AQLAB	Límite máximo Permisible Ø	Unidad	Resultado	Incertidumbre (k=2)
*Textura	Método Sedimentable / Arena	**	%	0,4	~
	Método Sedimentable / Limo	**	%	72,7	~
	Método Sedimentable / Arcilla	**	%	26,9	~
*Tipo de Suelo	Método Sedimentable / 91	**	-	Franco Limoso	~

Fuente: Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la prevención y control de la Contaminación Ambiental. Norma de calidad Ambiental y de Descarga de efluentes: RecursoSuelo. Acuerdo Ministerial N° 028. Febrero 2015.

**REFERENCIA Y OBSERVACIONES:**

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente.  
 Los límites permisibles de las Normativas (Ø) y los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.  
 El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo, los datos relacionados a la muestra son conforme lo solicitado por el cliente.  
 Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio





Ing. Nelson Shiguango  
ASISTENTE DE LA DIRECCIÓN TÉCNICA  
AUTORIZADO

14 558 b

Calle Juan Flores y Fray Gregorio de Albornoz, Barrio Combaraz, QUITO, Ecuador. Laboratorio de AqLab.com

Fuente: AqLab, 2020

**ANEXO C: TEXTURA Y TIPOLOGÍA DE LA MUESTRA COMPUESTA DE SUELO DE LA COMUNIDAD AMARUN MESA**



Laboratorios de Análisis y Evaluación Ambiental

**INFORME DE ENSAYO N° 14 558 c**

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE Coca, 08 de Octubre de 2020

Empresa:	DAVID REINOSO.		
Solicitado por:	Sr. David Reinoso.	Dirección:	Sacha.
Toma de muestra:	Sr. David Reinoso.	Fecha y Hora:	29/9/2020 No disponible.
Identificación de la muestra:	Suelo Compuesto, S20-008, Locación Amarun mesa.		

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO

Fecha y hora ingreso al Laboratorio:	1/10/2020	8:30			
Fecha Final de Análisis:	8/10/2020				

Condiciones Ambientales	T max:	32 °C	T min:	22 °C
-------------------------	--------	-------	--------	-------

Coordenadas UTM 18M	X: 283544	Y: 9949252
---------------------	-----------	------------

PARÁMETROS, MÉTODO / REFERENCIA y RESULTADOS

Parámetros / Análisis Solicitado	Método de Referencia / ITE-AQLAB	Límite máximo Permisible (E)	Unidad	Resultado	Incertidumbre (k=2)
*Textura	Método Sedimentable / Arena	**	%	26,8	~
	Método Sedimentable / Limo	**	%	45,4	~
	Método Sedimentable / Arcilla	**	%	27,8	~
*Tipo de Suelo	Método Sedimentable / 91	**	-	Franco	~

**Fuente:** Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la prevención y control de la Contaminación Ambiental. Norma de calidad Ambiental y de Descarga de efluentes: Recurso Suelo. Acuerdo Ministerial N° 028. Febrero 2015.

**REFERENCIA Y OBSERVACIONES:**

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente.  
 Los límites permisibles de las Normativas (E) y los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.  
 El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo, los datos relacionados a la muestra son conforme lo solicitado por el cliente.  
 Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.



  
 Ing. Nelson Shiglango  
**ASISTENTE DE LA DIRECCIÓN TÉCNICA  
 AUTORIZADO**

14 558 c

Fuente: AqLab, 2020

**ANEXO D: pH , CE Y CONCENTRACIÓN DE CADMIO DE LA MUESTRA COMPUESTA  
DE SUELO DE LA COMUNIDAD PIMAMPIRO**



**Orellana**  
LABGADPO

Dir.: Av. 9 de Octubre entre Dayuma y César Andy  
Fco. de Orellana-Ecuador  
Tel: (+593) 063 731 760 Ext.: 2114

**INFORME DE RESULTADOS  
IS-006**

Fco. de Orellana, 05 de Octubre del 2020.

**Sr. Klever David Reinoso Quera**

**ESTUDIANTE DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO- ESPOCH**

Dirección: Panamericana Sur Km 1 1/2, Riobamba, Chimborazo.

**Datos de la muestra**

Toma de muestra realizada por: Sr. Klever David Reinoso Quera  
 Fecha hora de toma de muestra: 28 / 09 / 2020 09:00  
 Fecha hora ingreso al Laboratorio: 28 / 09 / 2020 12:28  
 Fecha del Análisis: 03 / 10 / 2020  
 Descripción de la muestra: Suelo, Comunidad Pimampiro Joya de los Sachas, x= 295217;  
 y= 9961833

Código de LABGADPO: s20-006

**Resultados**

Ítem	Parámetro*	Norma de Referencia / Procedimiento Interno	Unidad	Resultado	Incertidumbre %U K=2, 95% de confianza
1	Potencial Hidrógeno	SM 4500-H <sup>+</sup> B, 23 <sup>†</sup> Ed/PT-01	-	5,83	-
2	Conductividad Eléctrica	SM 2510 B, 23 <sup>†</sup> Ed/PT-02	µS/cm	28,81	-
3	Cadmio*	SM 3030 B, 23 <sup>†</sup> Ed/PT-05	mg/kg	0,79	-

\* El resultado emitido corresponde a parámetros de análisis que no se encuentran considerados dentro del alcance de acreditación del Laboratorio LABGADPO.  
 † Expresado en base de sustancia seca (105°C, 24 horas)



**Ing. Lucía González**  
DIRECTOR TÉCNICO



**Ing. Fulton Garay**  
RESPONSABLE DE CALIDAD

F-MC-09 Página 1 de 1

El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayos.  
 Los ensayos marcados con (\*) corresponden a ensayos subcontratados a laboratorios acreditados.  
 Prohíbese la reproducción total o parcial del presente informe sin la autorización escrita del Laboratorio.

Fuente: LABGADPO, 2020

**ANEXO E: pH , CE Y CONCENTRACIÓN DE CADMIO DE LA MUESTRA COMPUESTA  
DE SUELO DE LA COMUNIDAD LOS ÁNGELES**



**Orellana**  
LABGADPO

**INFORME DE RESULTADOS  
IS-007**

Dir.: Av. 9 de Octubre entre Dayuma y César Andy  
Fco. de Orellana-Ecuador  
Tel: (+593) 063 731 760 Ext.: 2314

Fco. de Orellana, 05 de Octubre del 2020.

**Sr. Klever David Reinoso Quera**

**ESTUDIANTE DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO- ESPOCH**

Dirección: Panamericana Sur Km 1 N, Riobamba, Chimborazo.

**Datos de la muestra**

Toma de muestra realizada por: Sr. Klever David Reinoso Quera  
 Fecha hora de toma de muestra: 28 / 09 / 2020 11:00  
 Fecha hora ingreso al Laboratorio: 28 / 09 / 2020 12:28  
 Fecha del Análisis: 03 / 10 / 2020  
 Descripción de la muestra: Suelo, Comunidad Los Ángeles, Joya de los Sachas  
 x= 287519, y= 9965551

Código de LABGADPO: s20-007

**Resultados**

Item	Parámetro*	Norma de Referencia / Procedimiento Interno	Unidad	Resultado	Incertidumbre %U K=2, 95% de confianza
1	Potencial Hidrógeno	SM 4500-H <sup>+</sup> B, 23 <sup>rd</sup> Ed/PT-01	-	5,90	-
2	Conductividad Eléctrica	SM 2510 B, 23 <sup>rd</sup> Ed/PT-02	µS/cm	60,88	-
3	Cadmio†	SM 3030 B, 23 <sup>rd</sup> Ed/PT-05	mg/Kg	0,82	-

\* El resultado enviado corresponde a parámetros de análisis que no se encuentran considerados dentro del alcance de acreditación del Laboratorio LABGADPO.  
 † Expresado en base de sustancia seca (105°C, 24 horas)

  
**Ing. Lucía González**  
 DIRECTOR TECNICO

  
**Ing. Fulton Garay**  
 RESPONSABLE DE CALIDAD

F-MC-09

Página 1 de 1

El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.  
 Los ensayos marcados con (\*) corresponden a ensayos subcontratados a laboratorios acreditados.  
 Prohibida la reproducción total o parcial del presente informe sin la autorización escrita del Laboratorio.

Fuente: LABGADPO, 2020



**ANEXO F: pH , CE Y CONCENTRACIÓN DE CADMIO DE LA MUESTRA COMPUESTA  
DE SUELO DE LA COMUNIDAD AMARUN MESA**



**Orellana**  
LABGADPO

**INFORME DE RESULTADOS  
IS-008**

Dir.: Av. 9 de Octubre entre Dayuma y César Andy  
Fco. de Orellana-Ecuador  
Tel: (+593) 063 731 760 Ext.: 2314

Fco. de Orellana, 05 de Octubre del 2020.

**Sr. Klever David Reinoso Quera**

**ESTUDIANTE DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO- ESPOCH**

Dirección: Panamericana Sur Km 1 1/2, Riobamba, Chimborazo.

**Datos de la muestra**

Toma de muestra realizada por: Sr. Klever David Reinoso Quera  
 Fecha hora de toma de muestra: 29 / 09 / 2020 09:30  
 Fecha hora ingreso al Laboratorio: 29 / 09 / 2020 10:53  
 Fecha del Análisis: 03 / 10 / 2020  
 Descripción de la muestra: Suelo, Comuna Amarun Mesa, Cantón Joya de los Sachas,  
 x= 283542, y= 9949257

Código de LABGADPO: s20-008

**Resultados**

Ítem	Parámetro*	Norma de Referencia / Procedimiento Interno	Unidad	Resultado	Incertidumbre %U K=2, 95% de confianza
1	Potencial Hidrógeno	SM 4500-H <sup>+</sup> B, 23 <sup>ra</sup> Ed/PT-01	-	6,24	-
2	Conductividad Eléctrica	SM 2510 B, 23 <sup>ra</sup> Ed/PT-02	µS/cm	22,87	-
3	Cadmio†	SM 3030 B, 23 <sup>ra</sup> Ed/PT-05	mg/Kg	0,70	-

\* El resultado emitido corresponde a parámetros de análisis que no se encuentran considerados dentro del alcance de acreditación del Laboratorio LABGADPO.  
 † Expresado en base de sustancia seca (105°C, 24 horas)

  
**Ing. Lucía González**  
 DIRECTOR TÉCNICO

  
**Ing. Fulton Garay**  
 RESPONSABLE DE CALIDAD

F-RC-09


Página 1 de 1

El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.  
 Los ensayos marcados con (\*) corresponden a ensayos subcontratados a laboratorios acreditados.  
 Prohibida la reproducción total o parcial del presente informe sin la autorización escrita del Laboratorio.

**Fuente:** LABGADPO, 2020

}

**ANEXO G: CANTIDAD DE CENIZA Y HUMEDAD DE LA MUESTRA COMPUESTA DE  
MUESTRA COMPUESTA DE SUELO DE LA COMUNIDAD PIMAMPIRO**



**Laboratorios de Análisis y Evaluación Ambiental**

---

**INFORME DE ENSAYO N° 14 584 a**

**INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE** Coca, 8 de octubre de 2020

Empresa:	DAVID REINOSO.		
Solicitado por:	Sr. David Reinoso.	Dirección:	Sacha.
Toma de muestra:	Sr. David Reinoso.	Fecha y Hora:	28/9/2020 No disponible
Identificación de la muestra:	Pepas de Cacao Secas, S20-006 Zona I, Locación Pimampiro.		

**INFORMACIÓN DEL LABORATORIO**

Fecha y hora ingreso al Laboratorio:	6/10/2020	8:40	
Fecha Final de Análisis:	8/10/2020		

Condiciones Ambientales	T max:	32 °C
	T min:	22 °C


Coordenadas UTM 18M	X:295217 Y:9897616
---------------------	-----------------------

**PARÁMETROS, MÉTODO / REFERENCIA y RESULTADOS**


Parámetros / Análisis Solicitado	Método de Referencia / ITE-AQLAB	Límite máximo Permisible *	Unidad	Resultado	Incertidumbre (k=2)
* Ceniza	Gravimetría / 64	**	mg/kg	3,43	—
* Humedad (Sustancia Soca)	Gravimetría / 62	**	%	96,82	—

**REFERENCIA Y OBSERVACIONES:**

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente.  
 Los límites permisibles de las Normativas (R) y los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.  
 El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo, los datos relacionados a la muestra son conforme lo solicitado por el cliente.  
 Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.



**AqLab**  
Orizaba - Ecuador



**Ing. Armando Meléndez**  
**DIRECTOR TÉCNICO**  
**AUTORIZADO**

14 584 a

MC2301-08

Calle Juan Barrios y Fray Gregorio de Alvarado, Barrio Costeque. e-mail: laboratorios@aqlabec.com  
laboratoriosafab@igraal.com web: www.aqlabec.com Teléfono: (593) 6 2681 713 Celular: 0991666838

Pág 1 de 1

**Fuente:** AqLab, 2020

**ANEXO H: CANTIDAD DE CENIZA Y HUMEDAD DE LA MUESTRA COMPUESTA DE  
MUESTRA COMPUESTA DE SUELO DE LA COMUNIDAD LOS ÁNGELES**



**AqLab**  
Laboratorios de Análisis y Evaluación Ambiental

---

**INFORME DE ENSAYO N° 14 584 b**

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE Coca, 8 de octubre de 2020

Empresa:	DAVID REINOSO.		
Solicitado por:	Sr. David Reinoso.	Dirección:	Sacha.
Toma de muestra:	Sr. David Reinoso.	Fecha y Hora:	28/9/2020 No disponible.
Identificación de la muestra:	Pepas de Cacao Secas, S20-007 Zona 2, Locación Los Angeles.		

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO

Fecha y hora ingreso al Laboratorio:	6/10/2020	8:30	
Fecha Final de Análisis:	8/10/2020		

Condiciones Ambientales	T max: 32 °C	T min: 22 °C	
-------------------------	--------------	--------------	--

Coordenadas UTM 18M	X:287519 Y:9965551
---------------------	-----------------------

PARÁMETROS, MÉTODO / REFERENCIA y RESULTADOS

Parámetros / Análisis Solicitado	Método de Referencia / ITE-AQLAB	Límite máximo Permisible	Unidad	Resultado	Incertidumbre (k=2)
* Ceniza	Gravimetría / 64	**	mg/kg	3,79	~
*Humedad (Sustancia Seca)	Gravimetría / 62	**	%	97,29	~

REFERENCIA Y OBSERVACIONES:

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente.  
 Los límites permisibles de las Normativas (N) y los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.  
 El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo, los datos relacionados a la muestra son conforme lo solicitado por el cliente.  
 Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.



  
**Ing. Armando Meléndez**  
**DIRECTOR TÉCNICO**  
**AUTORIZADO**

14 584 b

---

MC2301-03 Calle Juan Huacite y Fray Gregorio de Alvarado, Barrio Corboga - e-mail: laboratorio@aqlab.com Pág 1 de 1  
 laboratorio@aqlab@gmail.com web: www.aqlab.com Teléfono: (593) 6 288 7115 Celular: 0991666458

Fuente: AqLab, 2020



**ANEXO I: CANTIDAD DE CENIZA Y HUMEDAD DE LA MUESTRA COMPUESTA DE MUESTRA COMPUESTA DE SUELO DE LA COMUNIDAD AMARUN MESA**



**Laboratorios de Análisis y Evaluación Ambiental**

---

**INFORME DE ENSAYO N° 14 584 c**

Cúcuta, 8 de octubre de 2020

**INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE**

Empresa:	DAVID REINOSO.		
Solicitado por:	Sr. David Reinoso.	Dirección:	Sacha.
Toma de muestra:	Sr. David Reinoso.	Fecha y Hora:	29/9/2020 No disponible.
Identificación de la muestra:	Pepas de Cacao Secas, S20-008, Locacion Amarun mesa.		

**INFORMACIÓN DEL LABORATORIO**

Fecha y hora ingreso al Laboratorio:	6/10/2020	8:40
Fecha Final de Análisis:	8/10/2020	

Condiciones Ambientales	T max: 32 °C
	T min: 22 °C

Coordenadas UTM 18M	X:283544
	Y: 9949252

**PARÁMETROS, MÉTODO / REFERENCIA y RESULTADOS**

Parámetro / Análisis Solicitado	Método de Referencia / ITE-AQLAB	Límite máximo Permisible #	Unidad	Resultado	Incertidumbre (k=2)
* Ceniza	Gravimetría / 64	**	mg/kg	3,31	-
*Humedad (Sustancia Seca)	Gravimetría / 62	**	%	96,72	-

**REFERENCIA Y OBSERVACIONES:**

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente.  
 Los límites permisibles de las Normativas (IE) y los ensayos marcados con (\*\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.  
 El informe sólo aplica a la muestra sometida a ensayo, los datos relacionados a la muestra son conforme lo solicitado por el cliente.  
 Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.

**Ing. Arzobispo Mejéndez**  
**DIRECTOR TÉCNICO**  
**AUTORIZADO**

14 584 c

---

MC2001-03 Pág 100 1

Calle Juan Basco y Pío Gregorio de Alarcón, Barrio Corbogar. e-mail: laboratorio@aqlab.com  
 laboratorio@aqlab@gmail.com web: www.aqlab.com Teléfono: (593) 6 2881713 Cédula: 0991606818

Fuente: AqLab, 2020

**ANEXO J: CONCENTRACIÓN DE CADMIO DE LA MUESTRA COMPUESTA DE LA  
ALMENDRA DE CACAO DE LA COMUNIDAD PIMAPIRO**



**Orellana**  
LABGADPO

Dir.: Av. 9 de Octubre entre Dayuma y César Andy  
Fco. de Orellana-Ecuador  
Tel: (+593) 063 731 760 Ext.: 2114

**INFORME DE RESULTADOS  
IS-009**

Fco. de Orellana, 12 de Octubre del 2020.

**Sr. Klever David Reinoso Quera**

**ESTUDIANTE DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO- ESPOCH**

Dirección: Panamericana Sur Km 1 1/2, Riobamba, Chimborazo.

**Datos de la muestra**

Toma de muestra realizada por: Sr. Klever David Reinoso Quera  
 Fecha hora de toma de muestra: 28 / 09 / 2020 09:00  
 Fecha hora ingreso al Laboratorio: 06 / 10 / 2020 16:35  
 Fecha del Análisis: 08 / 10 / 2020  
 Descripción de la muestra: M1. Ceniza de cacao, Comunidad Pimampiro, Joya de los Sachas, x:295217, y:9961833

Código de LABGADPO: s20-009

**Resultados**

Ítem	Parámetro*	Norma de Referencia / Procedimiento Interno	Unidad	Resultado	Incertidumbre %U K=2, 95% de confianza
1	Cadmio†	SM 3030 B, 23 <sup>†</sup> Ed./PT-05	mg/Kg	1,45	-

\* El resultado emitido corresponde a parámetros de análisis que no se encuentran considerados dentro del alcance de acreditación del Laboratorio LABGADPO.  
 † Expresado en base de sustancia seca (105°C, 24 horas)  
 Nota: Para el cálculo del resultado en mg/Kg se empleó los datos proporcionados por el cliente.

  
**Ing. Lucía González**  
**DIRECTOR TÉCNICO**

  
**Ing. Fulton Garay**  
**RESPONSABLE DE CALIDAD**

F-MC-09

Página 1 de 1

El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.  
 Los ensayos marcados con (\*) corresponden a ensayos subcontratados a laboratorios acreditados.  
 Prohibida la reproducción total o parcial del presente informe sin la autorización escrita del laboratorio.

Fuente: LABGADPO, 2020

**ANEXO K: CONCENTRACIÓN DE CADMIO DE LA MUESTRA COMPUESTA DE LA  
ALMENDRA DE CACAO DE LA COMUNIDAD LOS ÁNGELES**



**Orellana**  
LABGADPO

Dir.: Av. 9 de Octubre entre Dayuma y César Andy  
Fco. de Orellana-Ecuador  
Tel: (+593) 063 731 760 Ext.: 2114

**INFORME DE RESULTADOS**  
**IS-044**

Fco. De Orellana, 09 de Diciembre del 2020.

**Sr. Klever David Reinoso Quera**

**ESTUDIANTE DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO- ESPOCH**

Dirección: Panamericana Sur Km 1 ½, Riobamba, Chimborazo.

**Datos de la muestra**

Toma de muestra realizada por: Sr. Klever David Reinoso Quera  
 Fecha hora de toma de muestra: 26 / 11 / 2020 10:30  
 Fecha hora ingreso al Laboratorio: 26 / 11 / 2020 14:58  
 Fecha del Análisis: 08 / 12 / 2020  
 Descripción de la muestra: M2. Almendra de cacao, Comunidad los Ángeles, Joya de los Sachas, x:287519, y:9965551.

Código de LABGADPO: s20-044

**Resultados**

Ítem	Parámetro*	Norma de Referencia / Procedimiento Interno	Unidad	Resultado	Incertidumbre %U K=2, 95% de confianza
1	Cadmio†	SM 3030 B, 23 <sup>ra</sup> Ed/PT-05	mg/Kg	4,72	-


\* El resultado emitido corresponde a parámetros de análisis que no se encuentran considerados dentro del alcance de acreditación del Laboratorio LABGADPO.  
 † Expresado en base de sustancia seca (105°C, 24 horas)

  
**Ing. Lucía González**  
 DIRECTOR TECNICO

  
**Ing. Fulton Garay**  
 RESPONSABLE DE CALIDAD

Fuente: LABGADPO, 2020

**ANEXO L: CONCENTRACIÓN DE CADMIO DE LA MUESTRA COMPUESTA DE LA  
ALMENDRA DE CACAO DE LA COMUNIDAD AMARUN MESA**



**Orellana**  
LABGADPO

Dir.: Av. 9 de Octubre entre Dayana y César Andy  
Fco. de Orellana-Ecuador  
Tel: (+593) 063 731 760 Ext.: 2114

**INFORME DE RESULTADOS  
IS-011**

Fco. de Orellana, 12 de Octubre del 2020.

**Sr. Klever David Reinoso Quera**

**ESTUDIANTE DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO- ESPOCH**

Dirección: Panamericana Sur Km 1 ½, Riobamba, Chimborazo.

**Datos de la muestra**

Toma de muestra realizada por:	Sr. Klever David Reinoso Quera
Fecha hora de toma de muestra:	29 / 09 / 2020      09:30
Fecha hora ingreso al Laboratorio:	06 / 10 / 2020      16:35
Fecha del Análisis:	08 / 10 / 2020
Descripción de la muestra:	M3. Ceniza de cacao, Comuna Amarun Mesa, Cantón Iloja de los Sachas, x: 283542, y:9949257
Código de LABGADPO:	s20-011


**Resultados**

Item	Parámetro*	Norma de Referencia / Procedimiento Interno	Unidad	Resultado	Incertidumbre %U K=2, 95% de confianza
1	Cadmio <sup>†</sup>	SM 3030 B, 23 <sup>††</sup> Ed/PT-05	mg/Kg	0,31	-


\* El resultado arrojado corresponde a parámetros de análisis que no se encuentran considerados dentro del alcance de acreditación del Laboratorio LABGADPO.

† Expresado en base de sustancia seca (105°C, 24 horas)

Nota: Para el cálculo del resultado en mg/Kg se empleó los datos proporcionados por el cliente.



**Ing. Lucía González**  
DIRECTOR TÉCNICO



**Ing. Fulton Garay**  
RESPONSABLE DE CALIDAD

F-MC-09

Página 1 de 1

El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.  
Los ensayos marcados con (\*) corresponden a ensayos subcontratados a laboratorios acreditados.  
Prohíbe la reproducción total o parcial del presente informe sin la autorización escrita del Laboratorio.

**Fuente:** LABGADPO, 2020

## ANEXO M: CLASES TEXTURALES

TEXTURA GENERAL	% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	CLASE TEXTURAL
Suelos arenosos (textura gruesa)	86-100	0-14	0-10	Arenoso
	70-86	0-30	0-15	Franco arenoso
Suelos francos (textura moderadamente gruesa)	50-70	0-50	0-20	Franco arenoso
Suelos francos (textura mediana)	23-52	28-50	7-27	Franco
	20-50	74-88	0-27	Franco limoso
	0-20	88-100	0-12	Limoso
	20-45	15-52	27-40	Franco arcilloso
Suelos francos (textura moderadamente fina)	45-80	0-28	20-35	Franco arenoso arcilloso
	0-20	40-73	27-40	Franco limoso arcilloso
	45-65	0-20	35-55	Arcilloso arenoso
Suelos arcillosos (textura fina)	0-20	40-60	40-60	Arcilloso limoso
	0-45	0-40	40-100	Arcilloso

**Fuente:** USDA, 2015

**Realizado por:** Grupo Técnico GADPO, 2015.

## ANEXO N: MOVILIDAD DE METALES PESADOS EN FUNCIÓN DEL pH

pH	Inmóviles	Moderadamente móviles	Fácilmente móviles
Ácido (pH <5.5)	Mo	Pb, Cr, Ni, V, As, Co	Sr, Ba, Cu, Zn, Cd, Hg
Neutro o débilmente ácido (pH 5.5 – 7.5)	Pb	Sr, Ba, Cu, Cd, Cr, Co, Mo	Zn, V, As
Alcalino o fuertemente alcalino (pH 7.5 – 9.5)	Pb, Ba, Co	Zn, Ag, Sr, Cu, Cd	Mo, V, As

**Fuente:** (Torres, 2020)

**Realizado por:** Reinoso David, 2020



**ANEXO P: SITIO DE MUESTREO DE SUELO Y ALMENDRAS DE CACAO EN LA COMUNIDAD PIMAMPIRO**

a)



b)



c)



<b>NOTAS:</b>	<b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL ELABORADO POR: Reinoso Quera Klever David</b>	<b>SITIO DE MUESTREO</b>		
a. Limpieza del punto de muestreo b. Medición de la profundidad para la toma de la muestra c. Muestra compuesta de suelo	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Información		<input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar	<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>
			1	1:1	28/10/2020

**ANEXO Q: SITIO DE MUESTREO DE SUELO Y ALMENDRAS DE CACAO EN LA COMUNIDAD LOS ÁNGELES**

d)



e)



f)



<b>NOTAS:</b>	<b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>CARRERA INGENIERÍA EN</b> <b>BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL</b> ELABORADO POR: Reinoso Quera Klever David	<b>SITIO DE MUESTREO</b>		
d. Excavación para el muestreo e. Extracción de la muestra f. Toma de la muestra	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
		2	1:1	28/10/2020	

**ANEXO R: SITIO DE MUESTREO DE SUELO Y ALMENDRAS DE CACAO EN LA COMUNIDAD AMARUN MESA**

g)



h)



i)



<b>NOTAS:</b>	<b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL</b>  ELABORADO POR: Reinoso Quera Klever David	<b>SITIO DE MUESTREO</b>		
g. Selección del fruto para el muestreo h. Medición de la profundidad para la toma de la muestra i. Mezcla de las submuestras de suelo	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Información  <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar		<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
		3	1:1	28/10/2020	



**ANEXO S: DETERMINACIÓN DE TEXTURA DE LAS MUESTRAS COMPUESTAS DE SUELO**

j)



k)



l)



<b>NOTAS:</b>	<b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA</b>	<b>TEXTURA DE SUELO</b>		
j. Preparación de las muestras k. Reposo de las muestras l. Resultado final de las muestras	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar	<b>DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>CARRERA INGENIERÍA EN</b> <b>BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL</b> ELABORADO POR: Reinoso Quera Klever David			
			<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
			4	1:1	01/11/2020