

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y AMBIENTALES**



Identificación de clones de “cacao” *Theobroma cacao* L. de baja  
absorción de cadmio del Jardín Clonal Estación Experimental  
Agraria Pichanaqui - Junín

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTORES**

Xiomara Araseli Rojas Díaz  
Néstor Francisco Arzapalo Quiroz

**ASESOR**

Miguel Angel Tipacti Milachay

Lima, Perú

2024

**METADATOS COMPLEMENTARIOS****Datos de los Autores****Autor 1**

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (opcional)	

**Autor 2**

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (opcional)	

**Autor 3**

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (opcional)	

**Autor 4**

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (opcional)	

**Datos de los Asesores****Asesor 1**

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (Obligatorio)	

**Asesor 2**

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (Obligatorio)	

### Datos del Jurado

#### Presidente del jurado

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

#### Segundo miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

#### Tercer miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

### Datos de la Obra

Materia*	
Campo del conocimiento OCDE Consultar el listado:	
Idioma	
Tipo de trabajo de investigación	
País de publicación	
Recurso del cual forma parte (opcional)	
Nombre del grado	
Grado académico o título profesional	
Nombre del programa	
Código del programa Consultar el listado:	

**\*Ingresar las palabras clave o términos del lenguaje natural (no controladas por un vocabulario o tesauro).**

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 028 - 2024/UCSS/FCAA/DI

Siendo las 15:00 p.m. del jueves 06 de junio de 2024 a través de la plataforma virtual zoom de la Universidad Católica Sedes Sapientiae, el Jurado de Tesis integrado por:

- |                                  |                 |
|----------------------------------|-----------------|
| 1. Geomar Vallejos Torres        | presidente      |
| 2. Alejandro Ruiz Janje          | primer miembro  |
| 3. Wilson Pérez Dávila           | segundo miembro |
| 4. Miguel Angel Tipacti Milachay | asesor(a)       |

Se reunieron para la sustentación virtual de la tesis titulada **Identificación de clones de "cacao" *Theobroma cacao* L. de baja absorción de cadmio del Jardín Clonal Estación Experimental Agraria Pichanaqui - Junín**, que presentan los bachilleres en Ciencias Ambientales, **Xiomara Araseli Rojas Díaz y Néstor Francisco Arzapalo Quiroz**, cumpliendo así con los requerimientos exigidos por el reglamento para la modalidad de titulación; la presentación y sustentación de un trabajo de investigación original, para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Ambiental**.

Terminada la sustentación y luego de deliberar, el jurado acuerda:

APROBAR

DESAPROBAR

La tesis, con el calificativo de **MUY BUENA** y eleva la presente acta al decanato de la Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales, a fin de que se declare EXPEDITA para conferirle el TÍTULO de INGENIERO AMBIENTAL.

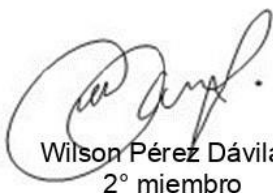
Lima, 06 de junio de 2024.



Geomar Vallejos Torres  
Presidente



Alejandro Ruiz Janje  
1° miembro



Wilson Pérez Dávila  
2° miembro



Miguel Angel Tipacti Milachay  
Asesor(a)

Anexo 2

**CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR(A) DE TESIS / INFORME ACADÉMICO/ TRABAJO DE INVESTIGACIÓN/ TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL CON INFORME DE EVALUACIÓN DEL SOFTWARE ANTIPLAGIO**

Ciudad, 01 de febrero de 2024

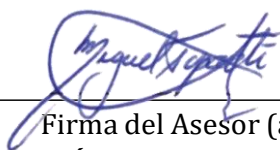
Señor(a),  
Wilfredo Mendoza Caballero  
**Jefe del Departamento de Investigación**  
**Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales - UCSS**

Reciba un cordial saludo.

Sirva el presente para informar que **la tesis**, bajo mi asesoría, con título: **Identificación de clones de “cacao” *Theobroma cacao* L. de baja absorción de cadmio del Jardín Clonal Estación Experimental Agraria Pichanaqui - Junín**, presentado por **Xiomara Araseli Rojas Diaz** (código de estudiante: 2014100321 y DNI: 72843048) y de **Néstor Francisco Arzapalo Quiroz** (código de estudiante: 2015100279 y DNI: 45968392) para optar el **título profesional de Ingeniero Ambiental** ha sido revisado en su totalidad por mi persona y **CONSIDERO** que el mismo se encuentra **APTO** para ser sustentado ante el Jurado Evaluador.

Asimismo, para garantizar la originalidad del documento en mención, se le ha sometido a los mecanismos de control y procedimientos antiplagio previstos en la normativa interna de la Universidad, **cuyo resultado alcanzó un porcentaje de similitud de 0 %** (poner el valor del porcentaje)\*. Por tanto, en mi condición de asesor(a), firmo la presente carta en señal de conformidad y **adjunto el informe de similitud del Sistema Antiplagio Turnitin**, como evidencia de lo informado.

Sin otro particular, me despido de usted. Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Miguel Ángel Tipacti Milachay', is written over a horizontal line.

Firma del Asesor (a)

**Miguel Ángel Tipacti Milachay**

DNI N°: 06614469

ORCID: [0000-0001-9299-4628](https://orcid.org/0000-0001-9299-4628)

Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales

UCSS

(\*) De conformidad con el artículo 8°, del Capítulo 3 del Reglamento de Control Antiplagio e Integridad Académica para trabajos para optar grados y títulos, aplicación del software antiplagio en la UCSS, se establece lo siguiente:

Artículo 8°. Criterios de evaluación de originalidad de los trabajos y aplicación de filtros

El porcentaje de similitud aceptado en el informe del software antiplagio para trabajos para optar grados académicos y títulos profesionales, **será máximo de veinte por ciento (20%) de su contenido, siempre y cuando no implique copia o indicio de copia.**

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a Dios, por ser mi guía, por darme vida, salud, y en especial por darme la maravillosa familia que tengo; ya que ellos fueron, son y serán mi motor, quienes siempre impulsan y apoyan mis, proyectos, metas, sueños. A ustedes amados padres Jesús Rosario Rojas Ramirez y Orlando Rojas Medina y mis queridos hermanos Karina Irene Rojas Rojas, Ruth Rosario Rojas Rojas, Luis Orlando Rojas Rojas les dedico este logro.

Asimismo, dedico este logro a mi tutor el Dr. Miguel Tipacti Milachay quien sin su apoyo esta meta no se hubiera cumplido, gracias por su paciencia, por compartir sus conocimientos de manera profesional e invaluable.

También dedicar este logro, a la institución del E.E.A. Pichanaqui, por apoyar este proyecto y darnos todas las facilidades para poder desarrollarlo.

**Xiomara Araseli Rojas Díaz**

Dedico la tesis a Dios por darme vida, salud y fortaleza en seguir con los proyectos trazados.

A mis padres Herminia Quiroz Jara y Néstor Arzapalo Calero, por su constante apoyo y cariño en poder culminar esta etapa muy importante.

A una persona muy especial y amada, Germán Corrales Carrasco, por creer en mí y en mi potencial de ser un mejor profesional día a día.

A toda la institución del E.E.A. Pichanaqui, por darnos esta gran oportunidad de hacer realidad la presente investigación.

**Néstor Francisco Arzapalo Quiroz**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos la presente tesis a cada una de las personas que han contribuido con su apoyo de manera emocional y económica.

A nuestros padres, amigos, familiares y compañeros de trabajo que han sido parte del esfuerzo en desarrollar la presente investigación.

A la institución E.E.A. Pichanaqui, a su directora Itala Flores, al Ing. Itnan Oscoco, a todos los miembros de la institución, con mención especial al técnico Luis Paitán Matamoros, por su incondicional esfuerzo durante los trabajos en campo.

A nuestro asesor Miguel Tipacti, por su dedicación y tiempo en supervisar al mínimo detalle la evolución de nuestra investigación.

A nuestra casa de estudios, nuestra alma mater, la Universidad Católica Sedes Sapientiae por brindarnos el conocimiento y la preparación para seguir desarrollándonos como profesionales día a día.

# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
ÍNDICE GENERAL .....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
ÍNDICE DE APÉNDICES .....	xiii
RESUMEN .....	xiv
ABSTRACT .....	xv
INTRODUCCIÓN .....	1
OBJETIVOS .....	4
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO .....	5
1.1. Antecedentes .....	5
1.2. Bases teóricas especializadas .....	12
1.2.1. Cultivo de cacao en el Perú.....	12
1.2.2. Calidad de las almendras de cacao.....	12
1.2.3. Clones de cacao.....	13
1.2.4. Contaminación por Cd en cacao .....	14
1.2.5. Ingreso, transporte y acumulación de Cd en las plantas.....	15
1.2.6. Plagas y enfermedades en las plantas de cacao .....	15
1.2.7. Espectrofotometría de absorción atómica.....	17
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS .....	18
2.1. Diseño de la investigación.....	18
2.2. Lugar y fecha.....	18
2.3. Población y muestra.....	22
2.3.1. Población .....	22
2.3.2. Muestra .....	22
2.4. Técnicas e instrumentos.....	25
2.5. Descripción de la investigación .....	25
2.5.1. Proceso de recolección de datos.....	26
2.5.2. Extracción y preparación de muestras de suelo .....	27
2.5.3. Extracción y preparación de muestras de almendras .....	34
2.5.4. Análisis de las muestras.....	37
2.5.5. Plan de tratamiento de los datos.....	37
2.5.6. Análisis fisicoquímico del suelo .....	37



2.5.7. Determinación de Cd total en suelos muestreados.....	38
2.5.8. Determinación de Cd total de las almendras de cacao .....	41
2.5.8.1. Secado.....	41
2.5.8.2. Descascarillado .....	42
2.5.8.3. Molienda de los granos de cacao.....	42
2.5.8.4. Calcinado .....	43
2.5.8.5. Espectrofotometría de Absorción Atómica.....	44
2.6. Identificación de variables y su mensuración .....	44
2.7. Análisis estadístico de datos.....	45
2.8. Materiales y equipos .....	45
<b>CAPÍTULO III: RESULTADOS .....</b>	<b>47</b>
3.1. Correlación de cadmio en suelo y semillas de los clones de cacao TSH-565, EET-228, CCN-51 y Porcelana.....	47
3.1.1. Concentración de Cd en suelo y almendras por clon muestreado .....	49
3.1.2. Correlaciones entre la concentración de cadmio en el suelo con la obtenida en los frutos (almendras) por clon .....	49
3.2. Identificar las muestras de clones de cacao con niveles de cadmio por debajo de los límites máximos permisibles .....	53
3.2.1. Comparación de resultados en los suelos y granos muestreados.....	53
3.3. Caracterizar el clon identificado como resistente frente a la concentración de cadmio .....	55
3.3.1. Comparación de resultados durante los años 2020, 2021 y 2022 .....	55
<b>CAPÍTULO IV: DISCUSIONES .....</b>	<b>58</b>
4.1. Absorción de cadmio en relación suelo - almendra .....	59
4.2. Concentración de cadmio en el suelo con la obtenida en los frutos (almendras) de los clones de cacao TSH-565, EET-228, CCN-51 y Porcelana .....	55
4.3. Clones de cacao con niveles de cadmio por debajo de los límites máximos permisibles.....	61
4.4. Discusión sobre la caracterización del clon identificado como resistente frente a la concentración de cadmio .....	62
<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES .....</b>	<b>63</b>
<b>CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES .....</b>	<b>64</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>65</b>
<b>TERMINOLOGÍA.....</b>	<b>76</b>
<b>APÉNDICES .....</b>	<b>78</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. <i>Procedimientos para el análisis fisicoquímico en la muestra de suelos</i> .....	38
Tabla 2. <i>Variables y su mensuración</i> .....	42
Tabla 3. <i>Cd total en las muestras realizadas de suelo</i> .....	47
Tabla 4. <i>Resultados de Cd total en almendras muestreadas</i> .....	46

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Vista general del jardín clonal de cacao del E.E.A. Pichanaqui .....	14
<i>Figura 2.</i> Mapa de ubicación de la Estación Experimental Agraria Pichanaqui – INIA.....	20
<i>Figura 3.</i> Vista satelital del Instituto Nacional de Investigación Agraria – INIA.....	21
<i>Figura 4.</i> Distribución digital del jardín clonal de cacao.....	22
<i>Figura 5.</i> Ubicación de los clones seleccionados en el jardín clonal .....	23
<i>Figura 6.</i> Vista de los clones seleccionados a muestrear del jardín clonal de cacao.....	24
<i>Figura 7.</i> Gráfico de toma de muestras en dirección a los cuatro puntos cardinales del cacao seleccionado .....	28
<i>Figura 8.</i> Toma de muestras en dirección a los cuatro puntos cardinales del cacao seleccionado .....	29
<i>Figura 9.</i> Realización de la excavación para la toma de muestra .....	29
<i>Figura 10.</i> Vista de la calicata de suelo con las tres profundidades para las muestras .....	30
<i>Figura 11.</i> Se visualiza el llenado de la tierra en una bolsa ziploc rotulada.....	30
<i>Figura 12.</i> Muestra de suelo de profundidad 0 – 10 cm.....	31
<i>Figura 13.</i> Muestras de suelo recolectadas .....	31
<i>Figura 14.</i> Muestra de suelo recolectada en campo llevado al área de secado del laboratorio .....	32
<i>Figura 15.</i> Disposición de las muestras de suelo para la limpieza y secado por 2 días .....	32
<i>Figura 16.</i> Molienda de suelo .....	33
<i>Figura 17.</i> Tamizador de suelo < 2mm.....	33
<i>Figura 18.</i> Muestras de suelo en frascos, rotuladas según laboratorio < 2mm.....	34
<i>Figura 19.</i> Selección de mazorcas a considerar para realizar el muestreo.....	35
<i>Figura 20.</i> Muestra de almendras considerando la parte media de la planta y el rotulado. ....	35
<i>Figura 21.</i> Selección de frutos de cacao para la muestra de almendras .....	36
<i>Figura 22.</i> Muestra de almendras del clon EET-228.....	36
<i>Figura 23.</i> Secado al sol de los granos de cacao .....	37
<i>Figura 24.</i> Preparación y etiquetado de muestras de almendras de cacao seleccionados .....	37
<i>Figura 25.</i> Imagen referencial de cómo pesar la muestra de suelo en la balanza de laboratorio 2g. ....	39
<i>Figura 26.</i> Preparación de las soluciones con muestras de suelo en los tubos de ensayo .....	40
<i>Figura 27.</i> Muestras de tierra seca pasadas por el agitador eléctrico .....	40

<i>Figura 28.</i> Filtrado de las soluciones con muestras de suelo .....	41
<i>Figura 29.</i> Equipo espectrofotómetro de absorción atómica (SAA; modelo Varian "Spectra 55B"), hecho en Australia.....	41
<i>Figura 30.</i> Vista del horno o estufa de secado por convección.....	42
<i>Figura 31.</i> Mortero de molienda .....	43
<i>Figura 32.</i> Horno mufla .....	43
<i>Figura 33.</i> Concentración de Cd en suelo y almendras del clon EET-228.....	49
<i>Figura 34.</i> Gráfica de regresión lineal del clon EET-228.....	50
<i>Figura 35.</i> Concentración de Cd en suelo y almendras del clon TSH-565.....	50
<i>Figura 36.</i> Gráfica de regresión lineal del clon TSH-565 .....	51
<i>Figura 37.</i> Concentración de Cd en suelo y almendras del clon CCN-51 .....	51
<i>Figura 38.</i> Gráfica de regresión lineal del clon CCN-51.....	52
<i>Figura 39.</i> Concentración de Cd en suelo y almendras del clon PORCELANA .....	52
<i>Figura 40.</i> Gráfica de regresión lineal del clon PORCELANA.....	53
<i>Figura 41.</i> Comparativa de concentraciones de Cd total en las muestras de suelo.....	54
<i>Figura 42.</i> Comparativa de concentraciones de Cd total en las muestras de almendras .....	55
<i>Figura 43.</i> Concentración promedio de Cd obtenido en suelo de las plántulas muestreadas .....	56
<i>Figura 44.</i> Comparativa anual de la concentración obtenida en almendras del clon TSH-565.....	57
<i>Figura 45.</i> Comparativa anual de la concentración obtenida en almendras del clon EET-228.....	57
<i>Figura 46.</i> Comparativa anual de la concentración obtenida en almendras del clon CCN-51 .....	58
<i>Figura 47.</i> Comparativa anual de la concentración obtenida en almendras del clon Porcelana.....	58

## ÍNDICE DE APÉNDICES

	Pág.
Apéndice 1. Diseño de las etiquetas empleadas para las muestras de suelo. ....	78
Apéndice 2. Diseño de las etiquetas empleadas para las muestras de almendras de cacao. ....	78
Apéndice 3. Resultados de las muestras de suelo obtenidas del espectrofotómetro de absorción atómica .....	79
Apéndice 4. Resultados de las muestras de almendras de cacao obtenidas del espectrofotómetro de absorción atómica.....	85
Apéndice 5. Resultados de análisis de concentración de cadmio en suelo y almendra durante el año 2021 en el laboratorio de la Universidad Nacional Agraria la Molina. ....	87
Apéndice 6. Resultados de análisis de concentración de cadmio en suelo y almendra durante el año 2021.....	89
Apéndice 7. Resultados de evaluación sensorial durante el año 2021.....	90
Apéndice 8. Resultados de análisis de concentración de cadmio en suelo y almendra durante el año 2020.....	92
Apéndice 9. Ficha de campo para muestreo de suelos cacaoteros (MINAGRI, 2019). ....	94

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo principal determinar el clon del *Theobroma cacao* L. de menor absorción de cadmio (Cd) en su relación suelo – almendra. Para ello, se establecieron correlaciones entre la concentración de Cd en el suelo con la obtenida en las almendras para los clones TSH-565, EET-228, CCN-51 y Porcelana; asimismo, se buscó identificar y caracterizar, dentro de este grupo de clones de cacao, aquellos con niveles de Cd por debajo de los límites máximos permisibles. Para ello se consideró registros preliminares del comportamiento de los clones investigados, provenientes de la estación experimental de Pichanaqui del Instituto Nacional de Investigación Agraria INIA. La metodología utilizada estuvo definida por los procedimientos estandarizados por el INIA para asegurar la representatividad de las muestras de suelo y almendras; en donde se utilizó como instrumento de determinación de Cd un espectrofotómetro de absorción atómica. El resultado obtenido para la concentración de Cd total en el suelo fue de 0,200 ppm y para las almendras, de 1 ppm. Estos valores fueron considerablemente más elevados que los obtenidos el año anterior, que fueron de 0,094 y 0,484 ppm respectivamente. Se identificó al clon TSH – 565 de cacao como el de menor absorción de Cd en su relación suelo – almendra; asimismo, existió una correlación directamente proporcional en la mayoría de los clones respecto a la concentración de Cd en suelo y la concentración de Cd acumulada en la almendra. Finalmente, se evidenció una acelerada acumulación de Cd durante el período de vida de los clones en el suelo, que fue transmitida a las almendras. Se sugiere la necesidad de investigar los factores de producción que contribuyen a la presencia de Cd en el suelo durante la vida productiva de las plantas del cacao.

**Palabras clave:** *cacao, clones, concentración de cadmio, espectrofotómetro de absorción atómica, relación suelo-almendra.*

## ABSTRACT

The main objective of this research was to determine the clone of *Theobroma cacao* L. with the lowest absorption of cadmium (Cd) in its soil-bean relationship. To this end, correlations were established between the concentration of Cd in the soil with that obtained in the beans for the clones TSH-565, EET-228, CCN-51 and Porcelana. Likewise, we sought to identify and characterize, within this group of cocoa clones, those with Cd levels below the maximum permissible limits. For this purpose, preliminary records of the behavior of the investigated clones were considered, coming from the Pichanaqui experimental station of Instituto Nacional de Investigación Agraria INIA. The methodology used was defined by the standardized procedures by the INIA to ensure the representativeness of the soil and bean samples, where an atomic absorption spectrophotometer was used as an instrument for determining Cd. The result obtained for the concentration of total Cd in the soil was 0,200 ppm and for beans, 1 ppm. These values are considerably higher than those obtained the previous year, which were 0,094 and 0,484 ppm respectively. The TSH – 565 cocoa clone was identified as the one with the lowest Cd absorption in its soil – bean relationship. Likewise, there was a directly proportional correlation in most of the clones with respect to the concentration of Cd in the soil and the concentration of Cd accumulated in the bean. Finally, an accelerated accumulation of Cd was evident during the life of the clones in the soil, which was transmitted to the beans. The need to investigate the production factors that contribute to the presence of Cd in the soil during the productive life of cocoa plants is suggested.

**Keywords:** *atomic absorption spectrophotometer, cacao, cadmium concentration, clones, soil-bean relationship.*

## INTRODUCCIÓN

Según Dionisio (2020), en el Perú la presencia de Cd en plantaciones de *Theobroma cacao* L. “cacao” reportaron contenido superior a los estándares de calidad en un campo de cacao de clon CCN 51 y con algunas accesiones criollas, con una edad de plantación de 15 años, donde no se observa abonamiento aplicado al suelo, solo existe manejo sanitario y en el que se trabajó en condiciones de campo dosificando el suelo con tres productos fertilizantes comerciales, por lo mencionado, se ha generado un riesgo en la exportación del cacao, ya que el 90 % de la producción de cacao está destinada al mercado europeo, principalmente Países Bajos, Bélgica, Alemania, Italia y Suiza; llegando a perjudicar la economía de los agricultores. Es por ello que este producto exportado debe satisfacer los aspectos de calidad organoléptica que demanda el mercado, además de garantizar un producto sano y saludable cumpliendo con todos los requisitos de la legislación europea.

El Cd es un metal pesado de origen natural que desempeña función conocida en los seres humanos. Se acumula en el cuerpo y afecta principalmente a los riñones, pero también puede causar desmineralización ósea. La exposición al Cd atmosférico puede debilitar la función pulmonar e incluso aumentar el riesgo al cáncer (Bernard, 2008). Esta situación ha generado preocupación por parte de los agricultores y cooperativas de la zona debido a los reportes de presencia de niveles de Cd por encima de lo permitido en granos de cacao, y la posible dificultad para el ingreso de este producto al mercado norteamericano y europeo (Cárdenas, 2012).

En relación con este punto, Subero (2013) cuantifica el máximo nivel permitido de Cd en almendras de 0,5 ppm. Por su parte, la Unión Europea (UE) fija el valor máximo en el 2019 en diversos productos derivados del cacao en un rango de 0,100 a 0,800 ppm (Santander y Mendieta, 2019), mientras que el máximo permitido en frutos y hortalizas (en el cual cataloga a las almendras del cacao) se ha mantenido desde el año 2001 con un nivel máximo permitido de 0,050 ppm (Unión Europea [UE], 2014). En nuestro país, la reglamentación más cercana que estandariza la concentración máxima en relación con el metal pesado es el Decreto Supremo 011-2017 del Ministerio del Ambiente (MINAM, 2017), el cual fija la cantidad de 1,4 ppm para suelos agrícolas.



Para Scaccabarozzi *et al.* (2020), el Cd se libera en el medio ambiente en diferentes cantidades debido a procesos naturales y actividades antropogénicas; mientras que Mendoza-López *et al.* (2021) mencionan que unos de los problemas del cultivo de cacao es la capacidad inherente de fitoacumular Cd, el cual es considerado un contaminante metálico que deteriora paulatinamente la salud humana; y por su parte, Londoño *et al.* (2016, citado por Vallejos-Torres *et al.*, 2021) y Das y Al-Naemi (2019, citado por Vallejos-Torres *et al.*, 2021) afirman que el Cd puede bioacumularse y persistir sin biodegradarse, siendo un precursor de diversos cánceres, estrés oxidativo e inflamación y lesión tisular en humanos, constituyendo una preocupación ambiental importante debido a sus posibles implicaciones para la salud humana. Para Dionisio (2020), las almendras de cacao acumulan Cd en la mazorca y esto impacta sobre la productividad de las almendras. Asimismo, Vanderschueren *et al.* (2021) añaden la afectación que puede tener el Cd en la función de los órganos de las plantas, lo cual puede ser letal para humanos y animales. Por lo tanto, es necesario minimizar la absorción de Cd en la planta para evitar efectos negativos en la salud humana como afecciones a los riñones, pulmones, desmineralización ósea e incluso el cáncer (Meter *et al.*, 2019).

Entre los estudios realizados en el Perú sobre la presencia de Cd en plantaciones de cacao, tenemos: Tantalean y Huauya (2017) reportaron un contenido de Cd de 0,840 ppm en almendras en parcelas ubicadas en suelo residual y 1,080 ppm en suelo aluvial, siendo las concentraciones promedio en los suelos de 0,900 y 2,320 ppm de Cd respectivamente. Por su parte Florida *et al.* (2018) obtuvieron 0,980 ppm de Cd en almendras y 0,320 ppm en los suelos. Para Mendoza-López *et al.* (2021) los resultados fueron 0,340 ppm de Cd en suelos cacaoteros a una altitud de 800 m s.n.m. y 0,890 ppm en los granos. Según Rosales *et al.* (2021) expusieron una media de 1,250 ppm de concentración de Cd en el suelo, mientras que Alcalá (2021) en su investigación obtuvo una concentración de 0,615 ppm en granos de cacao. Por lo mencionado, podemos concluir que se corre un gran riesgo en la exportación del cacao asociado a la presencia de Cd en el producto.

Asimismo, García (2019) menciona que el conocimiento de los procesos bioquímicos y genéticos involucrados en la tolerancia a este metal y su acumulación en las plantas es todavía limitado, así como, las respuestas fisiológicas de los cultivares de cacao (clones y/o

híbridos) a las concentraciones de Cd en el suelo, el transporte y acumulación en los órganos vegetativos y reproductivos. En cuanto a los estudios en clones tenemos al realizado por Parco *et al.* (2021) en el jardín clonal del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) en Pichanaqui, donde obtuvieron clones promisorios de mayor productividad y adaptación a las condiciones ambientales como el ICS-1, ICS-60, SCA-6, ICS-39, además de que el TSH-565 sobresalió por su fino aroma durante la catación. Por su parte, López *et al.* (2018) encontraron que el clon CCN-51 tuvo la menor concentración de Cd con 0,330 ppm de entre otras variedades como IMC-67, POUND-12, ICS-1, ICS-6, SCA-6, ICS-95 y UF-29, en el estudio realizado en un jardín clonal de la Universidad Nacional de Ucayali.

En base a ello, la presente investigación tuvo la finalidad de determinar la capacidad de absorción de Cd en granos de *T. cacao* en diferentes clones y la relación que existe con la concentración de Cd en suelo; teniendo en cuenta trabajo realizado por el INIA (2020), en el que el clon Porcelana obtuvo la menor concentración de Cd en almendras (ver Apéndice 8); además del ensayo de laboratorio INIA (2021) donde el TSH-565 logró alcanzar el mayor puntaje mediante la ficha de catación con respecto a la evaluación sensorial (ver Apéndice 7). Asimismo, el clon CCN-51 fue seleccionado por su alta productividad y resistencia a plagas y enfermedades (Zambrano, 2013). Finalmente, el clon EET-228 fue considerado por ser un cacao fino debido a que presenta un aroma floral (Parco *et al.*, 2021). Por tal motivo, se consideró estos clones para la investigación y capacidad resistente a la bioacumulación de Cd.

Esta investigación tiene esta estructura: Capítulo I: Marco Teórico; Capítulo II: Materiales y Métodos; Capítulo III: Resultados; Capítulo IV: Discusiones; Capítulo V: Conclusiones y Capítulo VI: Recomendaciones.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Determinar el clon del *Theobroma cacao* L. de menor absorción de cadmio en su relación suelo - almendra.

### **Objetivos específicos**

- Determinar las correlaciones existentes entre la concentración de cadmio en los suelos con la obtenida en los frutos (almendras) de los clones de cacao TSH-565, EET-228, CCN-51 y Porcelana.
- Identificar las muestras de clones de cacao con niveles de cadmio por debajo de los límites máximos permisibles.
- Caracterizar el clon identificado como resistente frente a la concentración de cadmio.

## CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

### 1.1. Antecedentes

#### Internacionales

Furcal y Torres (2020) en el estudio “Determinación de concentraciones de Cd en plantaciones de *Theobroma cacao* L. en Costa Rica”; tuvieron como objetivo determinar las concentraciones de Cd en suelo, raíz, hoja y en grano seco no fermentado de cacao en dos regiones productoras de Costa Rica. La población estuvo constituida por árboles no menores a cinco años en 21 y 19 fincas en las regiones norte y sur, cada finca constituyó una repetición, en donde fueron seleccionados al menos cinco árboles o unidades de observación. La metodología consistió en determinar el Cd a través de plasma de acoplamiento inductivo (ICP) a un espectrofotómetro óptico. El tratamiento de los datos fue mediante un análisis estadístico descriptivo. Los resultados mostraron que los granos variaron en un rango de 0 a 8,700 mg/kg. El estudio concluyó en que las partes orgánicas como la raíz y la hoja son focos de bioacumulación del metal, ya que luego estos transfieren las concentraciones a la mazorca.

Flórez y Gómez (2019) en el estudio “Determinación de los niveles de Cd en suelos de plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) ubicadas en la vereda La Esmeralda en el municipio de San Vicente de Chucuri, Santander”, Colombia; tuvieron como objetivo determinar los niveles de Cd en suelos de nueve fincas de la vereda la Esmeralda en San Vicente de Chucuri, Santander. La población estuvo compuesta por nueve fincas. La metodología consistió en realizar un muestreo sistemático por conveniencia, donde recogieron muestras compuestas de suelo para un total de dos muestras por transecto

(cuatro por finca). El tratamiento de los datos fue mediante un análisis estadístico descriptivo como media, desviación típica, valores máximos y valores mínimos. Adicionalmente, el nivel de significancia estuvo determinado por el análisis de la varianza (ANOVA) y la comparación de las medias fue obtenido mediante la prueba de Tukey. Los resultados mostraron que el pH de los suelos fue fuertemente ácido con un valor promedio de 4,150; la conductividad eléctrica, baja, el porcentaje de materia orgánica, alta, y la concentración de fósforo y Cd fueron bajos esta última con una concentración promedio de 0,055 mg/kg. El estudio concluyó que los bajos contenidos de Cd encontrados en el suelo, así como su ligero aumento con la profundidad, permiten que la presencia de Cd posiblemente sea de origen geogénico y no de origen antropogénico, por lo que consideraron apta para la producción comercial de cacao con fines de exportación.

Díaz *et al.* (2018) en la investigación “Determinación de Cd y Pb en almendras de cacao (*Theobroma cacao*), proveniente de fincas de productores orgánicos del cantón Vinces”, Guayaquil, Ecuador; tuvieron como objetivo determinar Cd y Pb en almendras de cacao provenientes de fincas de productores orgánicos del cantón Vinces. La población estuvo constituida por 100 productores reconocidos como productores orgánicos, de los cuales seleccionaron 25 fincas, considerándose aspectos como pequeños, medianos y grandes productores, con áreas entre 0,5 y 10 ha. La metodología consistió en la cuantificación Cd y Pb tanto en almendras como en testa de los granos, mediante espectrofotometría de absorción atómica. El tratamiento de los datos fue mediante un análisis estadístico no paramétrico, a los resultados obtenidos en laboratorio, calculando desviación estándar y coeficiente de variación. Los resultados indicaron que el mayor valor en Cd en almendras registrado en la parroquia Antonio Sotomayor fue en la finca APOVinces-NN10 con 0,980 ppm y el menor valor de 0,099 ppm en la vía a Poza –Seca en la finca APOVinces –115; en lo referente a Cd en testa, la finca APOVinces-NN9 de la Parroquia Antonio Sotomayor obtuvo 6,140 ppm y el menor valor fue de 0,081 ppm en la finca APOVinces –21. El estudio concluyó en que los niveles de Cd en las almendras de cacao encontrados estuvieron por debajo de los niveles permisibles por la UE (1 ppm).

Lanza *et al.* (2016) en el estudio de “Evaluación del contenido de metales pesados en cacao (*Theobroma cacao* L.) de Santa Bárbara del Zulia, Venezuela”; tuvieron como objetivo la

evaluación de las variaciones de concentraciones de los metales pesados: Cd, cobre (Cu), níquel (Ni), cromo (Cr) e hierro (Fe) en almendras de dos variedades de cacao, híbrido y porcelana. La técnica empleada para determinar los metales fue por espectrometría de emisión óptica con plasma inductivamente acoplado (ICP-OES). La población estuvo constituida por muestras secas de cacao porcelana e híbrido de la Estación Experimental Chama de CORPOZULIA, obtenidas en dos periodos distintos de manera aleatoria. El tratamiento de los datos fue mediante el análisis estadístico de varianza (ANDEVA) para determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos aplicados, para ello usaron el programa STATISTICA versión 10.0, compatible a Windows. Los resultados evidenciaron valores de Cd entre 0,950 y 2,090 mg/kg para el híbrido y porcelana respectivamente. El estudio concluyó en que la mayoría de los casos, los niveles del metal Cd fueron más elevados en las muestras correspondientes al año de 2012, con relación al año 2013.

Niño (2015) en la investigación “Cuantificación de Cd en cacao proveniente del occidente de Boyacá por la técnica analítica de voltamperometría”, Boyacá, Colombia; tuvo como objetivo cuantificar el contenido de Cd de dos especies, siendo estas EET8 y CCN51 provenientes del occidente de Boyacá. La investigación fue experimental. Las técnicas para la recolección de datos del fruto fueron realizados a través de un muestreo aleatorio donde seleccionaron dos especies (E.E.T. 8 Estación Experimental Tenesis 8 y C.C.N.51 Colección Castro Naranjales 51), por ser las más abundantes en la zona de muestreo. La metodología consistió en determinar la concentración de Cd por voltamperometría con electrodo de mercurio (Hg) y electrodo de carbón vítreo. El tratamiento de los datos fue mediante un análisis estadístico de varianza (ANOVA), para ello usaron el programa SPSS, estableciendo el método con linealidad, precisión, exactitud y robustez. Los resultados mostraron concentraciones de Cd de 1 535 y 1 585 ppb para el EET8; mientras que el CCN51 presentó entre 2 848 y 2 968 ppb de concentración. El estudio concluyó en establecer la confiabilidad del método voltamperométrico de análisis para la determinación de Cd, puesto que permite mayor sensibilidad y selectividad encontrando similitud con métodos robustos como Espectroscopia de Absorción Atómica.

## Nacionales

Tuesta (2022) en el estudio “Bioacumulación del cadmio (Cd) en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) asociadas a la cooperativa APROCAM en la región Amazonas”, Chachapoyas, Perú; tuvo como objetivo determinar la bioacumulación del Cd en las plantaciones de cacao de la región Amazonas. El estudio fue no experimental. La población estuvo conformada por las 235 parcelas cacaoteras registradas y activas en la Cooperativa de Servicios Múltiples APROCAM, ubicadas en las provincias de Utcubamba (40), Bagua (255), y Condorcanqui (5), tomando 56 puntos de muestreo. Las técnicas e instrumentos para la recopilación de las muestras fueron clasificados por altitud, variedad y profundidad de muestreo del suelo. El tratamiento de los datos fue mediante el análisis estadístico de varianza ANVA ( $p < 0,05$ ) para los contenidos de Cd en las partes vegetales de la planta con la altitud y variedad; y correlacional entre las características físicoquímicas del suelo y la bioacumulación del Cd en la planta de cacao, para ello usaron el programa InfoStat. Los resultados mostraron una mayor bioacumulación de Cd en toda la planta de cacao en la variedad CCN51, en altitudes menores a los 400 m s.n.m y en suelos de clase textural franca, además, el contenido de Cd en las almendras de cacao de la región Amazonas sobrepasó los límites máximos permitidos, sobre todo en la variedad nativo. El estudio concluyó en que estos valores están influenciados por el pH y la altitud de la plantación existente.

Alcalá (2021) en la investigación “Determinación del contenido de cadmio en los granos de *Theobroma cacao* L. producidos por la Asociación de Productores de Santa Rosa de Chiriarí - Satipo”, Junín, Perú; con el objetivo de determinar el nivel de Cd en los granos de cacao producidos por la Asociación APROSAROCH, además, de comparar el contenido entre los sectores y evaluar los resultados del nivel de cadmio de los granos de cacao con las Normas Internacionales. El estudio fue no experimental. La técnica para la recopilación de información fue mediante la observación que está dirigida a obtener información sobre objetos y fenómenos de la realidad. La población estuvo constituida por 15 parcelas distribuidas al azar de forma estratificada, de ellas obtuvieron la submuestra contenida de 200 g de granos de cacao seco. La metodología consistió en emplear la espectroscopia atómica, el cual consistió en transformar a la muestra en átomos en estado de vapor (atomización) y medir la radiación electromagnética absorbida o emitida por dichos átomos. El tratamiento de los datos fue mediante un análisis estadístico empleando la prueba de

media t Student para ello usaron el programa Microsoft Excel. Los resultados evidenciaron que el contenido de cadmio en granos de cacao seco producido por la Asociación estaba en un rango de 0,340 a 1,16 mg/kg, con una media de 0,615 mg/kg, por debajo de los niveles máximos permitidos por el Codex Alimentarius (1,000 mg/kg), y Unión Europea (0,800 mg/kg), para chocolates con contenido de cacao  $\geq 50$  %. El estudio concluyó en que los granos de cacao de la Asociación evaluada no tendrían limitaciones comerciales referentes a los niveles de Cd, y no representaría riesgo en la salud humana, por lo que recomienda potenciar el cultivo en dichas zonas para exportación.

Tuesta (2022) en el estudio “Bioacumulación del cadmio (Cd) en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) asociadas a la cooperativa APROCAM en la región Amazonas”, Chachapoyas, Perú; tuvo como objetivo determinar la bioacumulación del Cd en las plantaciones de cacao de la región Amazonas. El estudio fue no experimental. La población estuvo conformada por las 235 parcelas cacaoteras registradas y activas en la Cooperativa de Servicios Múltiples APROCAM, ubicadas en las provincias de Utcubamba (40), Bagua (255), y Condorcanqui (5), tomando 56 puntos de muestreo. Las técnicas e instrumentos para la recopilación de las muestras fueron clasificados por altitud, variedad y profundidad de muestreo del suelo. El tratamiento de los datos fue mediante el análisis estadístico de varianza ANVA ( $p < 0,05$ ) para los contenidos de Cd en las partes vegetales de la planta con la altitud y variedad; y correlacional entre las características físicoquímicas del suelo y la bioacumulación del Cd en la planta de cacao, para ello usaron el programa InfosStat. Los resultados mostraron una mayor bioacumulación de Cd en toda la planta de cacao en la variedad CCN51, en altitudes menores a los 400 m s.n.m y en suelos de clase textural franca, además, el contenido de Cd en las almendras de cacao de la región Amazonas sobrepasó los límites máximos permitidos, sobre todo en la variedad nativo. El estudio concluyó en que estos valores están influenciados por el pH y la altitud de la plantación existente.

Florida *et al.* (2019) en el estudio “Efecto de compost y NPK sobre los niveles de microorganismos y Cd en suelo y almendra de cacao” Huicungo, San Martín, Perú; tuvieron como objetivo determinar si el manejo orgánico mejora la actividad microbiológica del suelo y la absorción del Cd en almendras del cacao CCN-51. El estudio fue experimental. Aplicaron un diseño de bloques completamente aleatorizado DBCA, con cuatro tratamientos



y cuatro repeticiones. La población estuvo constituida por una plantación de cacao criollo injertado con yemas del clon CCN-51, de cuatro años de instalación. La metodología consistió en emplear la técnica de recuento en placa con diluciones seriadas ( $10^3$ ) para la población de aerobios viables, actinomicetos, fungi y fijadores de nitrógeno. Para el cadmio disponible en suelo se empleó el extractante EDTA 0,05 M, y en almendras, digestión ácida Nítrico Perclórico 4:1. Las lecturas fueron realizadas en Espectro de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente ICP OES (HORIBA, Ultima Expert). El tratamiento de los datos fue mediante un análisis estadístico de prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y Shapiro-Francia a una distribución normal al 5 %, para ello usaron los programas IBM SPSS 25 y Stata 15, cuyas licencias estuvieron amparadas por la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Los resultados indicaron que la población de aerobias viables fue de  $10^4$  UFC/g; actinomicetos,  $10^4$  a  $10^5$ ; los fungi y fijadores de nitrógeno,  $10^3$  UFC/g; el Cd en el suelo varían de 0,170 a 0,250  $\mu\text{g/g}$ ; y en almendras de 0,310 a 0,430  $\mu\text{g/g}$ . El estudio concluyó que el compost mostró potencial para reducir el Cd en almendras de cacao.

Florida *et al.* (2018) en el estudio “El pH y la absorción de Cd en almendras de cacao orgánico (*Theobroma cacao* L.) en Leoncio Prado, Huánuco, Perú”, tuvieron como objetivo medir la influencia del pH del suelo en los niveles de absorción del Cd en granos de cacao CCN-51. La población estuvo constituida por parcelas de cacao CCN-51, con tamaño de muestra  $n=20$  (muestras de suelo y almendra). La metodología consistió en utilizar el espectrofotómetro de absorción atómica bajo el ISO 11466-Soil Quality. El análisis estadístico fue la correlación de Pearson ( $p<0,05$ ) donde sometieron los datos de niveles de pH y los contenidos de  $\text{Cd}^{2+}$  del suelo y planta. Los resultados evidenciaron que el pH promedio del suelo fue de 5,68; el Cd disponible en el suelo fue de 0,320  $\mu\text{g/g}$  y el contenido de Cd en las almendras de cacao de las 20 muestras analizadas arrojó 0,980  $\mu\text{g/g}$ . El estudio concluyó que los valores de Cd en almendras estuvieron por encima del nivel máximo permitido por la UE y hubo una correlación negativa entre el pH del suelo y el contenido de Cd en almendras de cacao ( $R^2=0,052$ ), lo que evidenció una nula dependencia del Cd en almendra.

López *et al.* (2018) en el estudio “Niveles de concentración de cadmio (Cd) y plomo (Pb) en el suelo, hojas y almendras de ocho clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el jardín

interclonal de la Universidad Nacional de Ucayali”, Perú, Pucallpa; tuvieron como objetivo determinar la concentración de Cd y Pb en el suelo, hojas y almendras de ocho clones de cacao. La población estuvo constituida por las 859 plantas de cacao que derivan de 12 clones, de estos clones fueron seleccionados solo ocho y por cada clon selecto, tomaron cinco plantas, que fueron evaluadas por su contenido de Cd y Pb en el suelo, hojas y almendras, entre los meses de marzo a octubre del 2016. El tratamiento de datos fue mediante un análisis estadístico donde compararon promedios obtenido en los clones, usando una prueba de t al 95 % de significación, para ello usaron el programa estadístico SPSS 10. Los resultados evidenciaron que, para el caso de Cd, los clones ICS-6, ICS-1, IMC-67, ICS-95, SCA-6, UF29, POUND-12 y CCN-51 presentaron valores promedios en el suelo por debajo de los 3 ppm, considerados como límites permisibles. Mientras que en las hojas maduras los clones ICS-6, ICS-1, IMC-67, ICS-95, SCA-6, UF-29, POUND-12 y CCN-51 registraron valores por debajo de los límites permisibles por la UE. El estudio concluyó en que el mayor nivel de concentración de Cd en almendra lo tiene el clon ICS-1 y está por encima de los límites permisibles, mientras que el menor nivel corresponde al clon CCN-51 que está por debajo de los límites permisibles.

Del Águila (2017) en el estudio “Determinación de Cd y Pb en granos de cacao frescos secos y en licor de cacao (*Theobroma cacao*)” Huancayo, Perú; tuvo como objetivo determinar el nivel de Cd y Pb en granos frescos, secos y en licor de cacao. El estudio fue experimental. La población estuvo conformada por granos frescos recolectados de los productores de cacao de la zona de San Martín de Pangoa (Cooperativa Agraria Cafetalera Pangoa), Tingo María (Asociación de Productores Cacao Alto Huallaga) y Pucallpa (Cooperativa Agraria de Cacaoteros Campos Verdes). La metodología consistió en recolectar granos frescos de mazorcas almacenados en una nevera de icopor con hielo seco para asegurar la integridad de las muestras durante el transporte de las mazorcas al laboratorio, donde evaluó los niveles de Cd y Pb mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica de Llama modelo spectrAA 55B, los instrumentos para la recopilación de información fueron granos frescos recolectados en mazorcas almacenados en una nevera de icopor con hielo seco para asegurar la integridad de las muestras durante el transporte de las mazorcas al laboratorio. El tratamiento de los datos fue mediante un análisis estadístico con diseño DCA, empleando la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ), para ello usaron el programa STATGRAPHICS Centurión XVII. Los resultados indicaron que para Cd en granos frescos fueron de 0,080 mg/kg y en secos

obtuvieron concentraciones de 0,110 mg/kg. El estudio concluyó que el contenido de Cd de granos frescos, secos y en licor de cacao de todas las muestras estuvieron por debajo del límite establecido por el Codex Alimentarius y la UE, con respecto al Pb todas las muestras estaban por encima del límite establecido.

## **1.2. Bases teóricas especializadas**

### **1.2.1. Cultivo de cacao en el Perú**

Según las estadísticas de la FAO hasta el año 2019, Perú se ubica en el noveno lugar a nivel mundial en la producción de granos de cacao, siendo superado por dos países sudamericanos, Brasil y Ecuador. La producción de cacao en nuestro país está constituida por diversas regiones, incluyendo San Martín, Junín, Cusco, Ucayali, Huánuco, Amazonas, Cajamarca y Piura, representando el 96 % del total de la producción nacional (Romero, 2016).

Barrientos (2015) expone que el Perú produce apenas el 1 % del cacao que se negocia en el mundo, pero sus granos no son comunes, y ahí comienza a generarse su ventaja competitiva, lo que le permite aprovechar las oportunidades de crecimiento en este sector. Las expectativas han aumentado considerando el conocimiento y consumo incipiente en los países productores.

### **1.2.2. Calidad de las almendras de cacao**

El cacao desempeña un papel fundamental en la producción de chocolates y confites entre otras producciones; productos que por sus características nutritivas y organolépticas están entre los más apreciados por la población mundial (López *et al.*, 2020).

Ventura *et al.* (2014) mencionan, en su artículo sobre los atributos de la calidad de cacao, que el aroma de un chocolate está relacionado con el origen de las almendras, la fermentación, el secado y el tostado; estableciendo que el perfil aromático del cacao depende de la composición bioquímica de las almendras y que está directamente determinada por factores ambientales.

La creciente demanda del cacao a nivel mundial requiere de nuevas prácticas como es realizar la postcosecha centralizada, ya que permite obtener mayores volúmenes exportables de cacao con una calidad consistente año tras año, trazable e inocua (Laura *et al.*, 2021). Entre los atributos de la calidad de grano como el contenido total de grasa, acidez, fenoles totales, ácidos orgánicos, metales pesados, aminoácidos, cafeína, teobromina, pH, azúcares, contenido de macro y micronutrientes, han sido considerados en la propuesta de índice de calidad del cacao (CQI) (Araujo *et al.*, 2020). Loureiro *et al.* (2016) mencionan la importancia de controlar el pH, la acidez total, el contenido de sólidos solubles totales del mucílago durante las diferentes etapas de postcosecha.

### **1.2.3. Clones de cacao**

Para López *et al.* (2016) un clon puede definirse como un material genéticamente uniforme, derivado de un solo individuo y que se propaga de modo exclusivo por medios vegetativos, entre los que puede señalar: acodos, estacas/ramillas y micropropagación por injertos.

Palencia *et al.* (2009) señalaron que la renovación o siembra de nuevas plantaciones de cacao debe hacerse con plantas producidas en viveros certificados. La disponibilidad de sustratos con buenos niveles de fertilidad es básica, pues induce un rápido y sólido desarrollo de patrones y clones. Para la producción masiva de clones de cacao se requiere un vivero, jardín clonal y varetas de cacao, así como la orientación técnico-administrativa adecuada. Además, Parco *et al.* (2021) indicó que el jardín clonal de cacao de la Estación Experimental Pichanaki es importante por su caracterización morfológica ya que está compuesto por clones nacionales e internacionales que nos permiten identificar, conocer su comportamiento de adaptación, productividad y tolerancia a las principales plagas y seleccionar clones élites de superior productividad (Figura 1).

## Figura 1

Vista general del jardín clonal de cacao del E.E.A. Pichanaqui



### 1.2.4. Contaminación por Cd en cacao

Según Oc y Gonza (2017), el suelo, debido a condiciones naturales presenta una gran variedad de metales, formando parte de los minerales o provenientes de rocas. Estos metales hacen referencia a los elementos químicos que posean una alta densidad (peso atómico) (Armijos, 2019). A pesar de encontrarse incluso en bajas concentraciones causan toxicidad en los seres vivos (Wong, 2017). Dentro de este grupo encontramos principalmente: Cd, mercurio (Hg), plomo (Pb), cobre (Cu), níquel (Ni), antimonio (Sb), bismuto (Bi) (Llactas, 2016).

Los metales esenciales como el Cu, zinc (Zn), cromo (Cr) y manganeso (Mn), y los metales no esenciales como el Cd y Pb son altamente tóxicos para los microorganismos del suelo, la vida acuática, los animales y humanos en altas concentraciones y se han ido acumulando en ecosistemas agrícolas de diferentes partes del mundo (Anaya *et al.*, 2022). Las fuentes antropogénicas de cadmio están relacionadas con las emisiones de las minas metalúrgicas del Pb, Zn y Cu, las incineradoras municipales, emisiones pigmentos para cristales, anticorrosivos, baterías e insecticidas. En los suelos agrícolas la principal fuente de contaminación es por el uso de fertilizantes fosfatados. En cambio, en el agua de riego a causa de los fangos procedentes de aguas residuales (Sánchez, 2017). Las concentraciones

de Cd pueden acumularse en plantas que no son tóxicas para ellas, pero son tóxicas para los animales y las personas que los consumen. Entre todos los metales pesados tóxicos, el Cd es el más móvil y biodisponible. La exposición al Cd en los seres humanos está relacionada con la disfunción renal, la osteoporosis y varios tipos de cáncer (Huaraca *et al.*, 2020).

El cadmio tiende a bioacumularse en granos de cacao afectando la salud humana y sus posibilidades de comercialización. Esto llevó a la UE a aprobar el Reglamento N° 488/2014 para productos procesados del cacao, y motivó a la comunidad científica a realizar investigaciones sobre su bioacumulación en granos, los potenciales riesgos a la salud, calidad, y sus posibilidades de exportación (Florida, 2021).

#### **1.2.5. Ingreso, transporte y acumulación de Cd en las plantas**

Según Falcón (2019) es bien conocido que un exceso de cationes esenciales como el ion zinc ( $Zn^{2+}$ ) y el ion calcio ( $Ca^{2+}$ ), producen un efecto protector frente a la toxicidad del cadmio (Cd), lo que sugiere la existencia de una competencia de estos cationes por la entrada a la planta. Para Reyes (2020) a nivel metabólico, el cadmio (Cd) interfiere en las rutas metabólicas de otros elementos como zinc (Zn), Cu, calcio (Ca) y hierro (Fe), que tienen funciones específicas en los organismos vivos. El catión  $Cd^{2+}$  es el que se bioacumula en las plantas y consta de cuatro fases: movilización, secuestro/translocación, transporte por la xilema, floema y compartimentalización, y finalmente, distribución del  $Cd^{2+}$  en los tejidos aéreos de la planta.

#### **1.2.6. Plagas y enfermedades en las plantas de cacao**

Entre las plagas y enfermedades que afectan a las plantaciones de cacao, según la recopilación técnica realizada por Estrada *et al.* (2011) se encuentran:

a. **Plagas.** Dentro de las plagas que causan daño en el cultivo de cacao podemos mencionar a la gallina ciega que afecta principalmente la raíz, las tortuguillas, gusanos peludos, gusanos nocheros y grillos. Estas plagas no son difíciles de controlar, ya que, con la aplicación de

repelentes a base de chile, ajo o cebolla logran ahuyentar, a excepción de la gallina ciega cuyo método de control es más complicado por vivir en el suelo.

b. **Enfermedades.** Moniliasis es una enfermedad producida por el hongo *Moniliophthora roreri* el cual ataca únicamente a los frutos (mazorcas) en cualquier momento de su crecimiento, su daño principal afecta a los granos, llegando a causar la pérdida de toda la producción. La forma en la cual es transmitida es a través del viento o la lluvia y por la manipulación de frutos enfermos en la parcela. Para hacer un control eficiente de la enfermedad es recomendable cortar los frutos enfermos cada 8 días, para evitar que el hongo se desarrolle, estos frutos son enterrados en el suelo, para que puedan pudrirse rápidamente y así evitar la propagación de la enfermedad. Asimismo, se tiene que realizar tres podas de mantenimiento de las plantas de cacao durante el año para que exista una mayor entrada de luz del sol y aire, de esta manera el hongo secará.

Por su parte Huaycho *et al.* (2017) indican que el rendimiento del cacao tiene daños considerables a causa de las plagas, como el chinche del cacao (*Monaloniondis simulatum* Dist.), produciendo heridas que provocan el aborto de los frutos jóvenes, mal formaciones y la reducción del tamaño de la mazorca, además, esta plaga es un vector importante en la transmisión de otras enfermedades fungosas como la monilia. Mendoza (2022) señala que, en el Perú, las principales plagas son causadas por áfidos o pulgones, las ninfas de chinche, larvas del torneador del cacaotero y hormigas; mientras que las principales enfermedades en los cultivos de cacao son causadas por hongos, entre ellas están la moniliasis, escoba de bruja, pie negro y el mal del machete. Estas plagas y enfermedades pueden causar hasta el 80 % de pérdida de cosechas sin un manejo oportuno. Las plagas y enfermedades asociadas a los cultivos de cacao han sido identificadas principalmente bajo métodos tradicionales de caracterización anatómica y morfológica. En este sentido, la identificación de las plagas se basa en observar la morfología asociada a la cabeza, tórax y abdomen de los insectos, así como, la distinción de micelios, conidias, estructuras de esporulación sexuales y asexuales y color y textura de las colonias de organismos fúngicos.

### **1.2.7. Espectrofotometría de absorción atómica**

La espectrofotometría de absorción atómica es un método instrumental de análisis, que determina gran variedad de elementos, principalmente metálicos. El principio general de esta técnica es la medición de energía absorbida por el elemento químico a determinar tras hacer incidir sobre una muestra, conteniendo dicho elemento, una radiación de luz monocromática específica. La radiación absorbida se determina por diferencia entre la radiación incidente (inicial) y la radiación después de la interacción con la muestra (Martínez, 2020).



## **CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1. Diseño de la investigación**

La presente investigación es longitudinal teniendo en cuenta datos secundarios de los años 2020 y 2021, y datos primarios recolectados durante la investigación. Las principales características de la investigación son: observacional, considerando la intervención de los investigadores; prospectiva, considerando la planificación de medición de los datos primarios; y longitudinal por la data en varios momentos el enfoque es cuantitativo.

Siendo uno de los objetivos el describir la correlación existente entre la concentración de Cd en suelos y almendras, se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson, adicional a la calificación nominal evidenciada gráficamente. Asimismo, la investigación no solamente se enfocó en variables cuantitativas para poder identificar el clon de cacao adecuado, sino que también se consideró observar variables cualitativas para registrar el performance físico de los clones sujeto de estudio.

Finalmente, la propuesta de investigación aplicó dos métodos: el método inductivo por tratarse de un estudio de caso para hacer un análisis extensivo a lo general y el método comparativo de contrastación por tratarse de observar clones de cacao para identificar cuál de ellos responde mejor a un medio con presencia de Cd a través de una menor absorción.

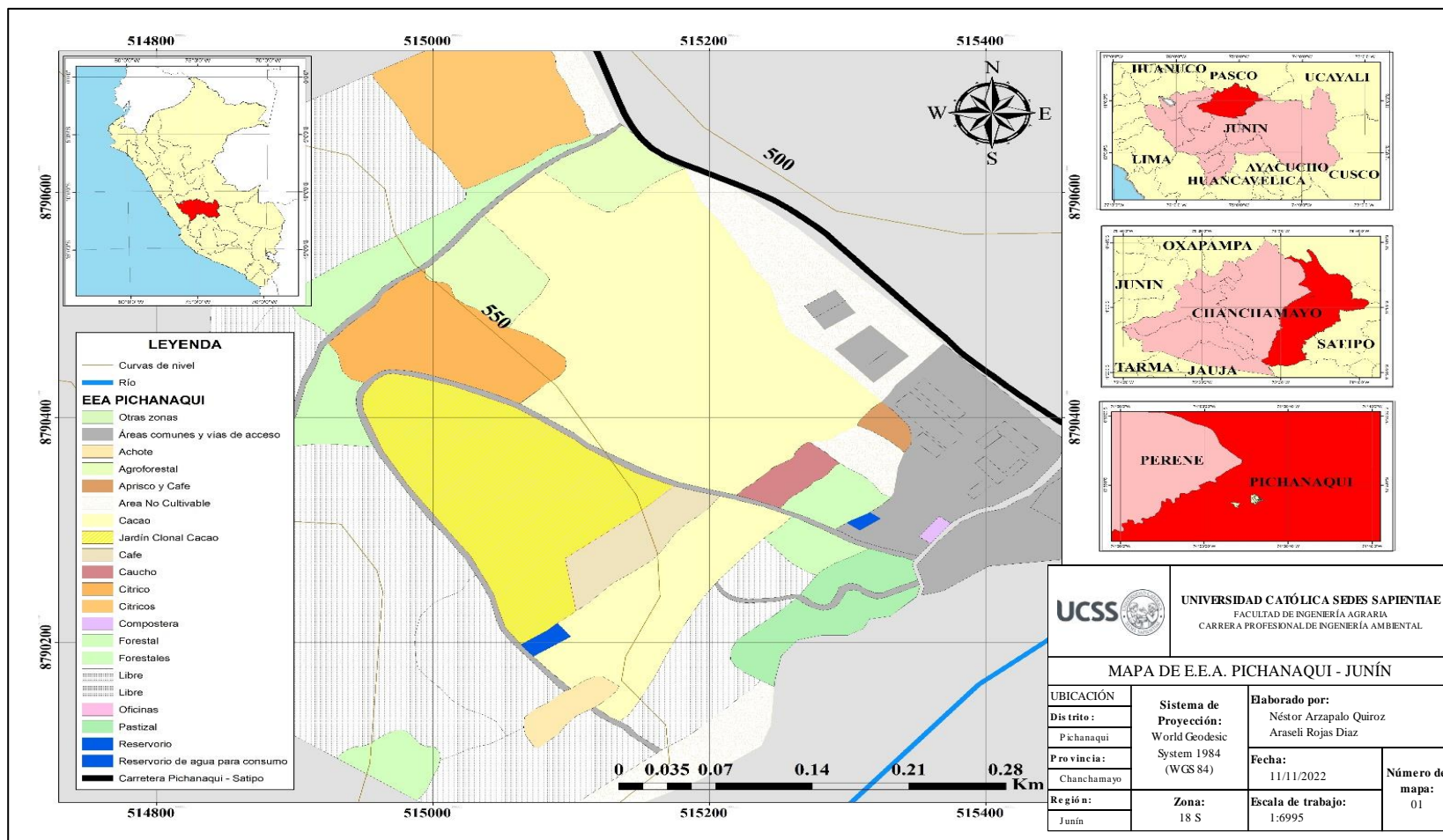
### **2.2. Lugar y fecha**

La presente investigación se llevó a cabo en el Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA) en la parcela denominada jardín clonal que cuenta con 16 clones distribuidos en forma lineal, ubicada en el distrito de Pichanaqui, provincia de Chanchamayo, región Junín, según se muestra en la Figura 2. El jardín clonal se encuentra a una altitud de 510 m s.n.m.,

según los datos climatológicos que se registran en las estaciones meteorológicas de Pichanaki se señala una temperatura media mensual comprendida entre 25,7 y 26,0 ° C. Las precipitaciones varían desde los 1 655 hasta 2 000 mm; lo cual indica que es un lugar de clima templado y húmedo; es decir, una especie de transición entre el clima sub-tropical y tropical (Aliaga y Garzón, 2016).

**Figura 2**

*Mapa de ubicación de la Estación Experimental Agraria Pichanaqui – INIA*

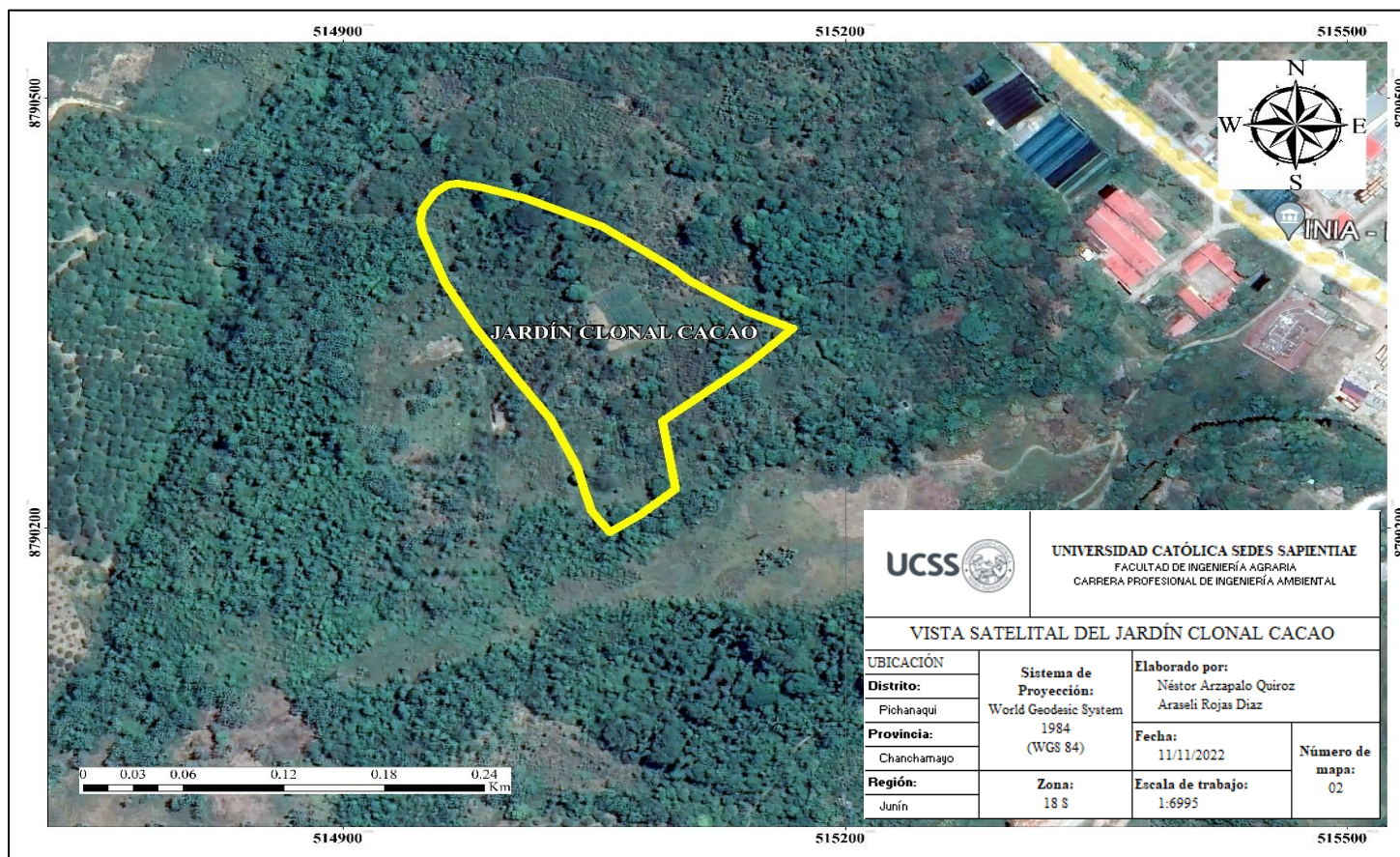


Nota. Elaboración propia.

La parcela estuvo ubicada entre las coordenadas UTM 8 790 400 y 515 000 (Figura 3). La ejecución de la investigación inició en el mes de mayo 2022 y concluyó en el mes de noviembre 2022.

**Figura 3**

*Vista satelital del Instituto Nacional de Investigación Agraria – INIA*



*Nota.* Elaboración propia a partir de una imagen del aplicativo Google Earth (2022).

## 2.3. Población y muestra

### 2.3.1. Población

En la presente investigación, la población estuvo conformada por una parcela de 1 440 m<sup>2</sup> con 16 clones de cacao, los cuales fueron: ICS-6, ICS-1, IMC-67, ICS-60, SC-6, ICS-39, TSH-565, EET-228, H-58, CCN-51, IAC-1 y PORCELANA (Figura 4).

#### Figura 4

*Distribución digital del jardín clonal de cacao*



*Nota.* En la figura se muestra la distribución de la parcela, cada columna representa un clon, el cual consta de 10 plantas por cada uno, que son representadas mediante una cuadrícula de puntos. Asimismo, lo resaltado en amarillo fueron los clones seleccionados para la investigación.

### 2.3.2. Muestra

Para la presente investigación se trabajó con cuatro clones, los cuales fueron: TSH-565, EET-228, CCN-51 y Porcelana (Figura 5 y 6), los cuales correspondieron a un área de 120 m<sup>2</sup> en el cual cada uno de los clones cuenta con una separación de 3 por 3 metros.

**Figura 5**

*Ubicación de los clones seleccionados en el jardín clonal*



*Nota.* Lo resaltado de color verde son los clones muestreados y las marcas verdes ( ⊕ ) colocadas sobre ⊕s cuadrículas representan cada planta muestreada para la presente investigación.

## Figura 6

*Vista de los clones seleccionados a muestrear del jardín clonal de cacao*



*Nota.* De izquierda a derecha: filas de clones TSH-565, EET-228 y CCN-51. Parte inferior fila de clon Porcelana.

Los clones fueron muestreados por conveniencia, basándose en los “Lineamientos de muestreo para la determinación de niveles de Cd en suelos, hojas, granos y productos derivados del cacao” (Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI], 2018), así como la “Guía para Muestreo de Suelos” (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2014). Las muestras fueron recolectadas y llevadas al laboratorio del INIA sede Pichanaqui para su secado y posterior preparación para el laboratorio.

Cabe resaltar que la selección de los clones fue debido a sus bajas concentraciones de Cd hallado en un estudio realizado en laboratorio Lasa Tingo María con muestras de granos de la misma parcela en estudio de la Estación Experimental Agraria Pichanaqui del INIA (ver Apéndice 8). La evaluación de parámetros de calidad fue realizado por el CITE Agroindustrial Oxapampa a petición de la Estación Experimental Agraria Santa Ana perteneciente también al INIA (ver Apéndice 7), en el cual dos de los clones (TSH-565 y EET-228) obtuvieron los mayores puntajes con 65 y 53 respectivamente; mientras que los clones CCN-51 y Porcelana obtuvieron los puntajes menores con 42 y 47. Cabe destacar que los puntos evaluados en los parámetros de calidad fueron: aroma, acidez, amargor, astringencia, defectos y sabor. Asimismo, para la homogenización de los clones se consideró el tamaño de las plantas, la cantidad de los frutos, y el grosor del tallo y ramas.

#### **2.4. Técnicas e instrumentos**

La técnica empleada para la recolección de datos fue por observación directa en la parcela muestreada en la cual se utilizó como instrumento una ficha de registro de información para suelos cacaoteros (ver Apéndice 9). En cuanto al análisis de concentración de Cd, la técnica empleada fue a través de la espectrofotometría de absorción atómica de llama mediante un espectrofotómetro SAA modelo Varian "Spectra 55B". De manera que para el análisis del suelo se utilizó el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) 0,5 M, pH 7; en cambio, para el análisis de la almendra fue mediante el método AOAC 999.11.

#### **2.5. Descripción de la investigación**

El procedimiento consistió en tomar muestras compuestas de suelos y de grano para la determinación de Cd tres veces por cada grupo de clon. Para los resultados se calcularon los



valores promedio para hacer las correlaciones y las varianzas para cada grupo de clon a fin de determinar la representatividad del dato.

Los clones fueron muestreados por conveniencia, basándose en los “Lineamientos de muestreo para la determinación de niveles de Cd en suelos, hojas, granos y productos derivados del cacao” (Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI], 2018), así como la “Guía para Muestreo de Suelos” (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2014). Las muestras fueron recolectadas y llevadas al laboratorio del INIA sede Pichanaqui para su secado y posterior preparación para el laboratorio.

Cabe resaltar que la selección de los clones fue debido a sus bajas concentraciones de Cd hallado en un estudio realizado en laboratorio Lasa Tingo María con muestras de granos de la misma parcela en estudio de la Estación Experimental Agraria Pichanaqui del INIA (ver Apéndice 8). La evaluación de parámetros de calidad fue realizado por el CITE Agroindustrial Oxapampa a petición de la Estación Experimental Agraria Santa Ana perteneciente también al INIA (ver Apéndice 7), en el cual dos de los clones (TSH-565 y EET-228) obtuvieron los mayores puntajes con 65 y 53 respectivamente; mientras que los clones CCN-51 y Porcelana obtuvieron los puntajes menores con 42 y 47. Cabe destacar que los puntos evaluados en los parámetros de calidad fueron: aroma, acidez, amargor, astringencia, defectos y sabor. Asimismo, para la homogenización de los clones se consideró el tamaño de las plantas, la cantidad de los frutos, y el grosor del tallo y ramas.

### **2.5.1. Proceso de recolección de datos**

En la investigación se consideró: de un lado una revisión bibliográfica asociada a la línea de investigación, y de otro lado, la descripción detallada de las características propias del sujeto de estudio, para ello se ubicó la zona de investigación con la correspondiente georreferenciación, el mapa de ubicación y el área donde se encontraban los clones a observar.

### **2.5.2. Extracción y preparación de muestras de suelo**

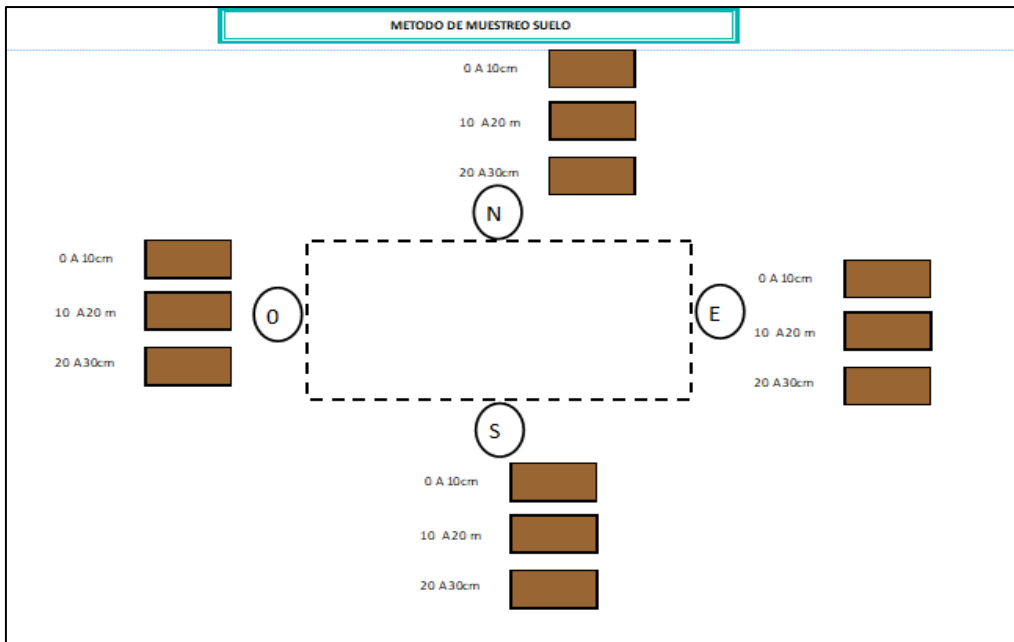
La toma de muestras se determinó según los “Lineamientos de muestreo para la determinación de niveles de Cd en suelos, hojas, granos y productos derivados del cacao” (MINAGRI, 2018), la “Guía para Muestreo de Suelos” (MINAM, 2014) y los “Protocolos de muestreo para la determinación de niveles de cadmio en suelos, hojas, agua y granos de cacao” (Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI], 2019) desarrollando el muestreo de identificación.

El muestreo tuvo como finalidad investigar la existencia del Cd en suelo y fruto, para luego ser comparada con los rangos establecidos en la normativa actual (Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM para suelo y el Reglamento 488/2014 UE), y con ello corroborar la existencia de contaminación.

En base a los métodos analíticos promulgados por la Resolución Ministerial 0007-2019 del MINAGRI se determinaron cuatro puntos de muestreo. Para realizar el muestreo de suelo, se determinó, según la guía de muestreo de suelo 2014 realizar un muestreo dirigido por juicios de expertos (especialistas del INIA) tomando como referencia los resultados obtenidos en el año 2021, quienes recomendaron que a 70 cm del tallo de la planta se tomen las muestras en cuatro puntos cardinales (este, oeste, norte y sur), realizando un tipo de muestreo a profundidad (0 – 10 cm, 10 – 20 cm, 20 – 30 cm), obteniendo así 12 muestras de 250 g, de los cuales por cada profundidad se realizó una muestra compuesta de 1 kg, a través del método del cuarteo, de los cuales se analizaron tres muestras por cada profundidad obteniendo así 9 muestras por cada clon. Para la presente investigación solo se consideró realizar una repetición, asimismo debido a que la parcela tiene un área de 1 440 m<sup>2</sup>, el área de estudio mide 120 m<sup>2</sup> y cada planta cuenta con una distancia de tres metros por lo que no se consideró la georreferenciación. En la Figura 7, se puede apreciar el esquema de cómo se realizó la toma de muestra en el suelo para cada clon.

### Figura 7

Gráfico de toma de muestras en dirección a los cuatro puntos cardinales del cacao seleccionado



Nota. En la figura se muestra una planta de cacao representada por una cuadrícula discontinua, y en dirección a los cuatro puntos cardinales se grafica tres rectángulos que son las tres muestras extraídas de suelo en tres profundidades distintas.

En la Figura 8, se puede observar que para realizar la toma de muestra se consideró 70 cm de distancia desde el tallo de la planta en dirección de los puntos cardinales.

### Figura 8

Toma de muestras en dirección a los cuatro puntos cardinales del cacao seleccionado



En la Figura 9, se puede observar el procedimiento de la excavación para la toma de muestra, en donde se consideraron las diferentes profundidades (0 – 10 cm, 10 cm - 20 cm, 20 cm – 30 cm), sin tomar en cuenta los 5 cm superficiales (MINAGRI, 2019).

### Figura 9

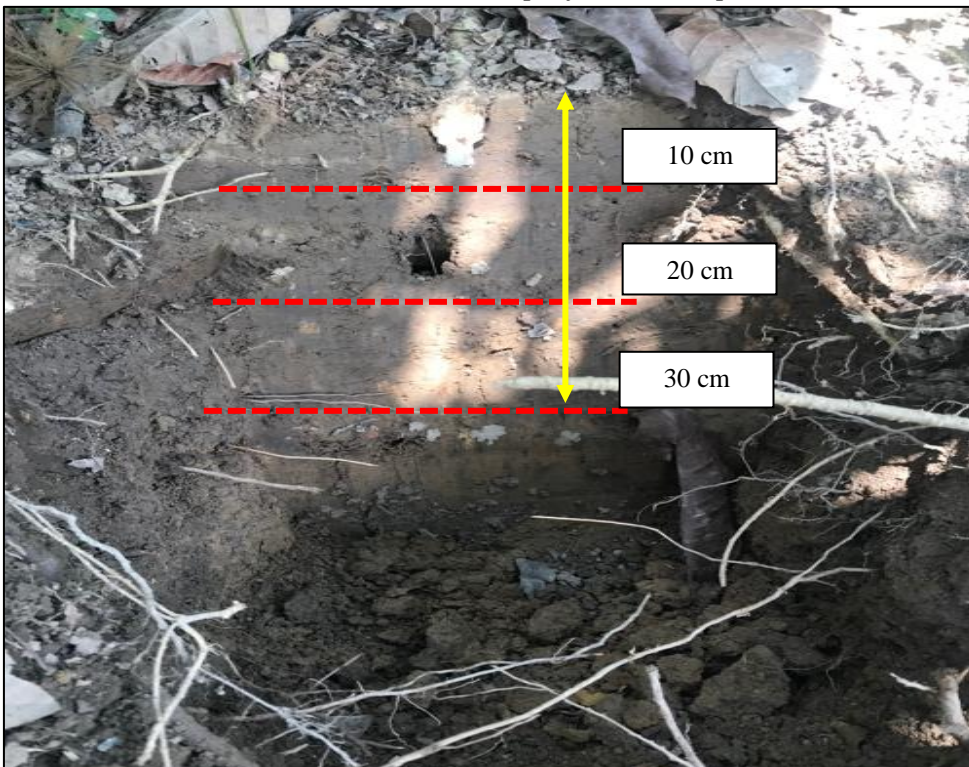
*Realización de la excavación para la toma de muestra*



En la Figura 10, se puede apreciar las tres profundidades y la formación de una calicata.

### Figura 10

*Vista de la calicata de suelo con las tres profundidades para las muestras*



Una vez realizada la calicata, se procedió a llenar la tierra recolectada en las bolsas ziploc con el rotulado correspondiente (Figura 11).

### Figura 11

*Se visualiza el llenado de la tierra en una bolsa ziploc rotulada*



Cada muestra recolectada se depositó en una bolsa ziploc equivalente a un 1 kg (Figura 12).

### Figura 12

*Muestra de suelo de profundidad 0 – 10 cm*



Luego las muestras fueron llevadas al área de secado (lugar seco y protegido de contaminantes). Es un espacio propio de laboratorio en condiciones ambientales naturales y protegido con mallas mosquiteras y techado para evitar contaminación externa (Figura 13).

### Figura 13

### *Muestras de suelo recolectadas*



*Nota.* Cada bolsa de ziploc representa un kilo de clon muestreado según las profundidades (0 a 10, de 10 a 20 y de 20 a 30 cm).

En la Figura 14, se puede observar que se colocó la muestra recolectada debidamente rotulada en el área de secado

### **Figura 14**

*Muestra de suelo recolectada en campo llevada al área de secado del laboratorio*



En la Figura 15, se aprecia tres muestras del clon EET 228 considerando las profundidades 0cm a 10cm, de 10cm a 20cm y de 20cm a 30cm, en donde se retiraron las impurezas como hojas, raíces y piedras.

### **Figura 15**

*Disposición de las muestras de suelo para la limpieza y secado por 2 días*



Las muestras en el área de secado permanecieron dos días en ambiente protegido (área forrada con malla y plástico para evitar el ingreso de insectos, aves, quirópteros y agua generada por las lluvias, luego se trasladaron para realizar la molienda (Figura 16).

### **Figura 16**

*Molienda de suelo*



Posterior a la molienda se realizó el tamizado, esto para obtener tierra fina secada al aire (TFSA) menor a 2 mm de diámetro (Figura 17).

**Figura 17**

*Tamizador de suelo < 2mm*



Después del tamizaje, se colocó la muestra de suelo en unos envases de plástico rotulados con el código de laboratorio (Figura 18).

**Figura 18**

*Muestras de suelo en frascos, rotuladas según laboratorio < 2mm*





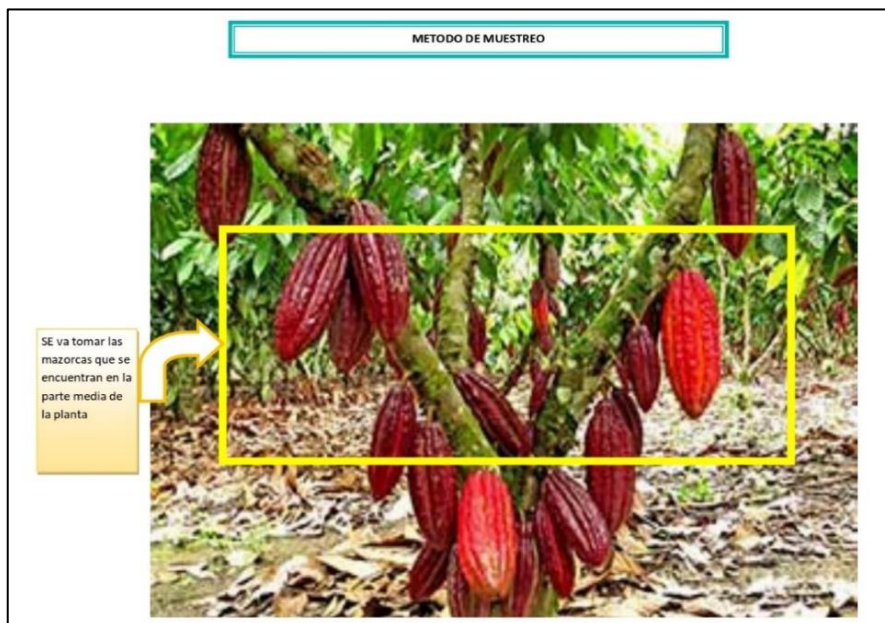
### 2.5.3. Extracción y preparación de muestras de almendras

Para determinar el Cd total de cada muestra de cacao, se procedió según la metodología de la AOAC Official Method 999.11; la cual consiste en la homogenización de la muestra por tamaño; excluyendo los extremos.

Para ello, se seleccionó la parte media de la planta, en el cual se seleccionaron tres mazorcas maduras por cada rama lateral y el medio obteniendo así 9 muestras, de las cuales se une por cada rama y se forma tres muestras compuestas a través del método del cuarteo obteniendo 500 gr de muestra por cada clon. (Figura 19 y 20).

#### Figura 19

*Selección de mazorcas a considerar para realizar el muestreo*



**Figura 20**

*Muestra de almendras considerando la parte media la planta y el rotulado*



Una vez recolectadas se llevó a la mesa de trabajo para cortar la mazorca (Figura 21).

**Figura 21**

*Selección de frutos de cacao para la muestra de almendras*



*Nota.* Se aprecia la recolección de muestras de los clones pertenecientes a la parcela del Jardín Clonal 2015 del INIA.

En la Figura 22, se observa los granos extraídos de la mazorca del clon EET-228.

**Figura 22**

*Muestra de almendras del clon EET-228*



En la Figura 23, se observa el procedimiento del secado al sol por tres días.

**Figura 23**

*Secado al sol de los granos de cacao*



Cuando el grano estuvo seco se procedió a colocarlos en bolsas ziploc y rotularlas para que fueran derivados al laboratorio (Figura 24).

## Figura 24

*Preparación y etiquetado de muestras de almendras de cacao seleccionados*



### 2.5.4. Análisis de las muestras

El estudio de la muestra de suelo y almendra fue desarrollado por el laboratorio de la Estación experimental Agraria Pichanaqui, perteneciente al INIA.

### 2.5.5. Plan de tratamiento de los datos

Para esto se empleó el uso del programa Microsoft Excel versión 2016 de tal manera que se obtuvo resultados promedios, desviación estándar y coeficiente  $r$  de Pearson para evidenciar la representatividad de los datos y la correlación entre ellos.

### 2.5.6. Análisis fisicoquímico del suelo

Para el análisis fisicoquímico del suelo, desarrollado en el laboratorio INIA sede Pichanaqui, se realizó el siguiente procedimiento de acuerdo a lo indicado en la Tabla 2.

**Tabla 1***Procedimientos para el análisis fisicoquímico en la muestra de suelos*

Procedimiento	Suelo
Peso de muestra (g)	5
Extracción	20 ml EDTA (tritipler) 0,5 M pH 7
Tiempo de agitación (min)	20
Digestión	No
Filtración	Sí
Aforar (ml)	No
Lectura Espectrofotómetro AA	Sí

*Nota.* Adaptado de Bazán (2017). Manual de procedimientos de los análisis de suelos y agua con fines de riego. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/504>

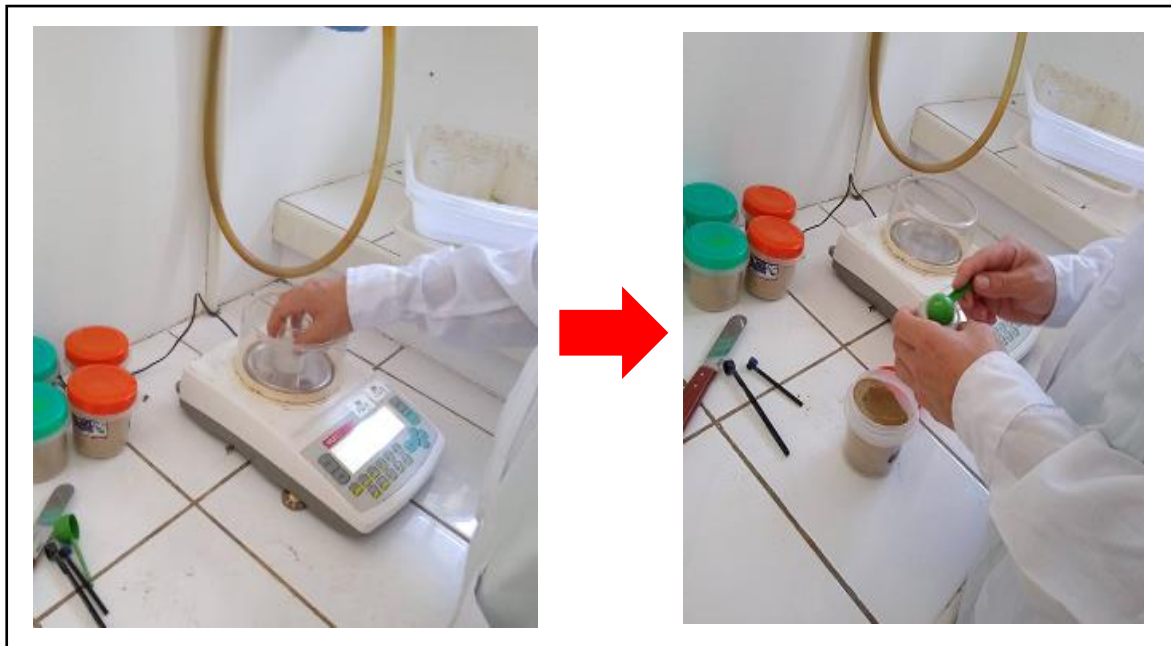
### **2.5.7. Determinación de Cd total en suelos muestreados**

Para la determinación de Cd total en suelos muestreados se empleó el espectrofotómetro de absorción atómica de llama (mediante el método 3050B), el cual permitió la determinación del Cd total en los suelos, y las fracciones físicas y químicas se realizó según el método EPA-3050B (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos) de digestión ácida de sedimentos, lodos y suelos (U.S. EPA, 1996). La cuantificación del filtrado se efectuó mediante el espectrofotómetro de absorción atómica (SAA; modelo Varian "Spectra 55B"), hecho en Australia. Para esta variable se tomaron muestras del suelo de cada tratamiento para su respectivo análisis, el cual arrojó cantidades de Cd total.

Asimismo, la investigación se rigió bajo la siguiente metodología (USEPA): En la Figura 25, se puede observar la actividad del pesado en donde, se pesó 2 g de suelo con un tamaño de partícula 2 mm. Se agregó 10 ml de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) 1:1. Seguidamente se calentó a 95 °C por cinco minutos. Luego se enfrió y añadió 5 ml de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) concentrado. Se repitió una vez y se dejó reducir la solución hasta 5 ml. Luego se enfrió y añadió 2 ml de agua destilada y 3 ml de peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). Al finalizar la efervescencia, se adicionó 1 ml de peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>).

**Figura 25**

*Imagen referencial de cómo pesar la muestra de suelo en la balanza de laboratorio 2g*



Después se vertió 5 ml de ácido clorhídrico (HCl) concentrado y 10 ml de agua desionizada. Se calentó por 15 minutos, dejando enfriar. Finalmente se filtró por gravedad para después aforar a 50 ml con agua destilada (Figura 26).

**Figura 26**

*Preparación de las soluciones con muestras de suelo en los tubos de ensayo*



Luego se procedió a pesar 5 g de TFSA (tierra fina seca al aire) y se añadió 20 ml de la solución extractante EDTA con pH 7 a un agitador eléctrico, agitándose por 20 minutos (Figura 27).

**Figura 27**

*Muestras de tierra seca pasadas por el agitador eléctrico*



Después de que las muestras fueron pasadas por el agitador eléctrico, estas son vertidas a un vaso precipitado de 50 ml, el cual contó con un papel de filtro (Figura 28).

**Figura 28**

*Filtrado de las soluciones con muestras de suelo*



Para realizar la cuantificación de Cd total se procedió a utilizar un espectrofotómetro, empleando el EDTA 0,05 M según González *et al.* (2009) adaptado para este estudio, que consistió en ajustar a pH 7 utilizando ácido clorhídrico (Figura 29).

### **Figura 29**

*Equipo espectrofotómetro de absorción atómica (SAA; modelo Varian "Spectra 55B"), hecho en Australia*



#### **2.5.8. Determinación de Cd total de las almendras de cacao**

Para la determinación de Cd total en almendras de cacao, se llevaron las muestras al laboratorio INIA sede Pichanaqui, en el cual desarrollaron los siguientes procedimientos de acuerdo al documento “Guía de métodos de detección y análisis de cadmio en cacao” (Barrueta, 2013).

##### **2.5.8.1. Secado**

El secado de la muestra se realizó a 70 °C hasta un 3 % de humedad, utilizando un horno eléctrico (Figura 30).



**Figura 30**

*Vista del horno o estufa de secado por convección*



### **2.5.8.2. Descascarillado**

Se realizó la extracción de la capa externa (cáscara) de las almendras muestreadas.

### **2.5.8.3. Molienda de los granos de cacao**

Este proceso se realizó con los granos descascarillados empleando un mortero (Figura 31).

**Figura 31**

*Mortero de molienda*



#### 2.5.8.4. Calcinado

Se colocó el crisol con la muestra molida en un horno de mufla a 200 °C y se subió lentamente la temperatura a 450 °C a una velocidad de 50 °C/h. Se dejó reposar durante al menos 8 horas. Se sacó el crisol del horno, dejándolo enfriar. Se humedeció las cenizas del crisol con 3 ml de agua y luego se evaporó en una plancha de calentamiento (Figura 32).

**Figura 32**

*Horno mufla*



El crisol con la muestra se puso en el horno a 200 °C y se elevó la temperatura 50 °C/h a 450 °C. Se procedió con el incinerado a 450 °C durante 1 h. Se repitió el procedimiento hasta incinerar completamente el producto; es decir, la ceniza tenía que adquirir una tonalidad blanca/gris o ligeramente coloreada. A la ceniza colorada, se le agregó 5 ml de ácido clorhídrico (HCl) 6 M al crisol, asegurándose de que toda la ceniza entre en contacto con el ácido, de esta manera se evaporó el ácido en la plancha de calentamiento, el residuo se colocó en un crisol con 20 ml de ácido nítrico, agitándolo hasta que toda la ceniza entre en contacto con el ácido. Una vez obtenido la mezcla se procedió a dejar reposar durante 1 h, después se colocó la mezcla en un crisol con la varilla de agitación y se realizó la transferencia del contenido a fiolas. Se trató las muestras en blanco de la misma manera que los productos, esto incluyó dos muestras en blanco con cada lote analítico. Dichas muestras fueron analizadas en el espectrofotómetro de absorción atómica.

### 2.5.8.5. Espectrofotometría de Absorción Atómica

Para la determinación de cadmio en almendras de cacao, se usó el espectrofotómetro de absorción atómica, el cual es técnica específica de análisis instrumental cuantitativo, capaz de detectar y/o determinar elementos químicos en una muestra. Tiene por finalidad medir la cantidad de luz de la longitud de onda resonante la cual se absorbe cuando la luz pasa a través de una nube electrónica del átomo en análisis (Macha, 2019). En el caso del Cd posee un límite de detección para cadmio de  $0,002 \mu\text{g/L} - 0,020 \mu\text{g/L}$  de longitud de onda (Romero, 2021). Para la presente investigación, el laboratorio depositó las muestras de almendras provenientes del calcinado y se depositaron en un tubo de grafito pequeño, para que sean analizadas en el equipo en mención.

### 2.6. Identificación de variables y su mensuración

Las variables evaluadas en la presente investigación son las que se muestran a continuación en la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Variables y su mensuración*

Variable	Unidad de Medida	Método de Análisis
Concentración de Cd en suelo	mg/kg	Lectura espectrofotómetro AA
Concentración de Cd en almendra	mg/kg	Lectura espectrofotómetro AA

Para la concentración de Cd en suelo y almendra como variables independientes, mientras que la correlación del Cd en suelo y almendra se consideró como variable dependiente. Las variables independientes se midieron en base a la técnica de espectrofotometría de absorción atómica, mediante un espectrofotómetro SAA modelo Varian "Spectra 55B". De manera que para el análisis del suelo se utilizó el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) 0,5 M, pH 7; en cambio, para el análisis de la almendra se empleó el ácido nítrico y ácido perclórico en relación 4:1.

## **2.7. Análisis estadístico de datos**

Los datos generados pertenecen al nivel correlacional de la línea de investigación. Se tomaron criterios de análisis estadísticos descriptivos para determinar el clon de cacao con menor absorción de cadmio. Para ello se empleó el programa Microsoft Excel 2016, donde los valores de concentración de cadmio en suelo, los cuales fueron tres por cada clon seleccionado y profundidad, se promediaron y graficaron curvas de comportamiento. En el caso de las almendras, los cuales fueron tres mazorcas por planta, siguiendo la guía “Lineamientos de muestreo para la determinación de niveles de Cd en suelos, hojas, granos y productos derivados del cacao” (MINAGRI, 2018), se promedió los resultados obtenidos y se graficaron las curvas. Ambas curvas de comportamiento, tanto del suelo como de las almendras, se analizaron para determinar algún tipo de correlación existente.

## **2.8. Materiales y equipos**

Durante el desarrollo de la presente investigación, se emplearon los siguientes materiales y equipos:

Durante el trabajo de campo:

- Aplicativo de GPS
- Bolsas Ziploc
- Cámara fotográfica digital
- Carretilla
- Etiquetas para rotular las muestras
- Guantes
- Mapa de distribución de muestras
- Mapa de ubicación
- Marcadores permanentes
- Pala
- Pico
- Registro de campo
- Wincha

Para la preparación de muestras:

- Bandejas de escurrimiento para almendras
- Bolsas ziploc

- Mesa de secado de muestras
- Molino de suelos para laboratorio
- Manta de secado para almendras
- Etiquetas para muestras de suelos (ver Apéndice 1)
- Etiquetas para muestras de almendras (ver Apéndice 2)

Para el análisis de laboratorio:

- Agitador eléctrico
- Balanza
- Conductímetro
- Contenedor de muestras con tapa rosca
- Densímetro de Bouyoucos
- Espectrofotómetro de absorción atómica
- Estufa de secado
- Fiola
- Horno mufla
- Marcadores permanentes
- Mortero
- Pipeta
- Tubos de ensayo con base cónica
- Vaso de precipitados

## CAPÍTULO III: RESULTADOS

### 3.1. Correlación de cadmio en suelo y semillas de los clones de cacao TSH-565, EET-228, CCN-51 y Porcelana

En la Tabla 2, se presentan los resultados del parámetro de análisis de Cd total en suelo, en donde se puede apreciar que se registró la menor concentración en promedio 0,133 mg/kg y la desviación estándar 0,015 mg/kg en el clon TSH-565 mediante la metodología EPA 3050B.

**Tabla 3**

*Cd total en las muestras realizadas de suelo*

Clon	Muestra	Nivel de suelo	Cd total (mg/kg)	Promedio (mg/kg)	Desviación estándar (mg/kg)
EET-228	1	00 - 10 cm	0,250		
EET-228	1	10 - 20 cm	0,250	0,247	0,006
EET-228	1	20 - 30 cm	0,240		
EET-228	2	00 - 10 cm	0,240		
EET-228	2	10 - 20 cm	0,240	0,237	0,006
EET-228	2	20 - 30 cm	0,230		
EET-228	3	00 - 10 cm	0,190		
EET-228	3	10 - 20 cm	0,200	0,193	0,006
EET-228	3	20 - 30 cm	0,190		
TSH-565	1	00 - 10 cm	0,150		
TSH-565	1	10 - 20 cm	0,130	0,133	0,015
TSH-565	1	20 - 30 cm	0,120		
TSH-565	2	00 - 10 cm	0,230		
TSH-565	2	10 - 20 cm	0,230	0,227	0,006
TSH-565	2	20 - 30 cm	0,220		
TSH-565	3	00 - 10 cm	0,230		
TSH-565	3	10 - 20 cm	0,230	0,230	0
TSH-565	3	20 - 30 cm	0,230		
PORCELANA	1	00 - 10 cm	0,180		
PORCELANA	1	10 - 20 cm	0,190	0,203	0,006
PORCELANA	1	20 - 30 cm	0,180		

*Cd total en las muestras realizadas de suelo (Continuación Tabla 2)*

PORCELANA	2	00 - 10 cm	0,210		
PORCELANA	2	10 - 20 cm	0,200	0,203	0,006
PORCELANA	2	20 - 30 cm	0,200		
PORCELANA	3	00 - 10 cm	0,250		
PORCELANA	3	10 - 20 cm	0,240	0,243	0,006
PORCELANA	3	20 - 30 cm	0,240		
CCN-51	1	00 - 10 cm	0,160		
CCN-51	1	10 - 20 cm	0,170	0,167	0,006
CCN-51	1	20 - 30 cm	0,170		
CCN-51	2	00 - 10 cm	0,210		
CCN-51	2	10 - 20 cm	0,210	0,210	0
CCN-51	2	20 - 30 cm	0,210		
CCN-51	3	00 - 10 cm	0,250		
CCN-51	3	10 - 20 cm	0,230	0,237	0,012
CCN-51	3	20 - 30 cm	0,230		

*Nota.* Se obtuvieron tres muestras por cada clon en las profundidades de 0 a 10 cm, de 10 a 20 cm y de 20 a 30 cm.

En la Tabla 3, se observa que el clon con menor concentración de Cd total es TSH-565.

**Tabla 4**

*Resultados de Cd total en almendras muestreadas*

Clon	Muestra	Cd total (mg/kg)
EET - 228	1	1,078
EET - 228	2	0,970
EET - 228	3	0,948
TSH- 565	1	0,950
TSH- 565	2	0,989
TSH- 565	3	0,928
PORCELANA	1	0,969
PORCELANA	2	0,995
PORCELANA	3	0,985
CCN-51	1	0,954
CCN-51	2	1,005
CCN-51	3	1,015

*Nota.* Se extrajeron 3 muestras de almendras por cada clon.

### 3.1.1. Concentración de Cd en suelo y almendras por clon muestreado

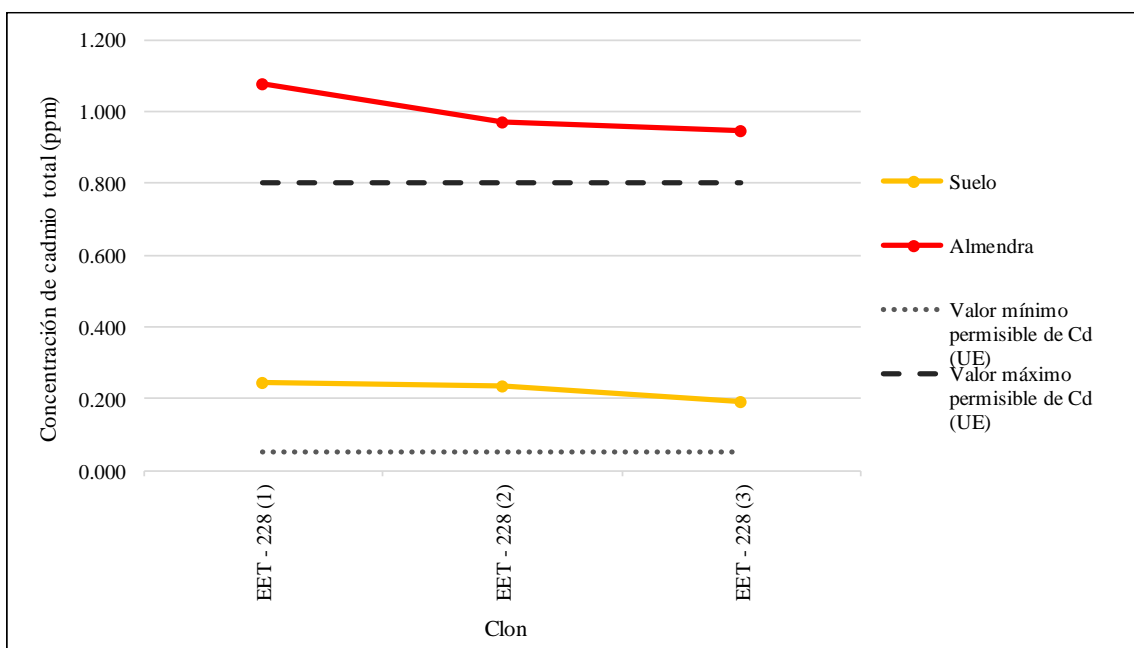
En base a los resultados obtenidos, la concentración total de Cd encontrada en el suelo (ver Apéndice 3) se mantiene dentro del margen establecido por la UE; mientras que la concentración hallada en las muestras de almendras (ver Apéndice 4), se encontró por encima del límite máximo permisible por la normativa internacional para cacao.

### 3.1.2. Correlaciones entre la concentración de cadmio en el suelo con la obtenida en los frutos (almendras) por clon

El comportamiento correlacional de los resultados fue directamente proporcional en los clones EET-228 (Figuras 33 y 34), TSH-565 (Figuras 35 y 36) y CCN-51 (Figuras 37 y 38).

**Figura 33**

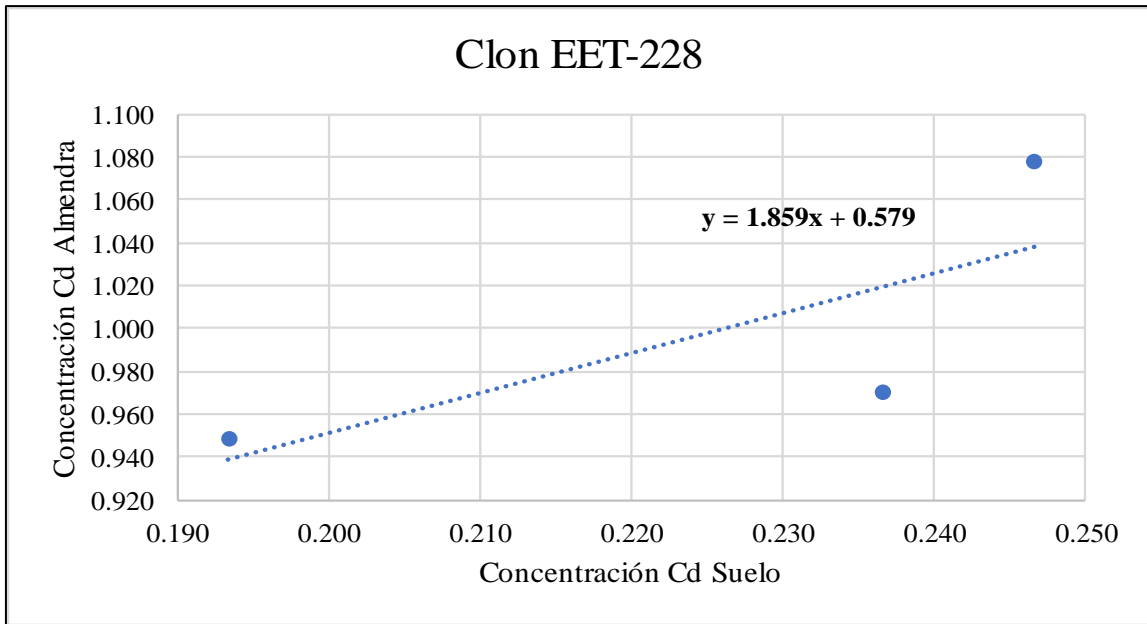
*Concentración de Cd en suelo y almendras del clon EET-228*





**Figura 34**

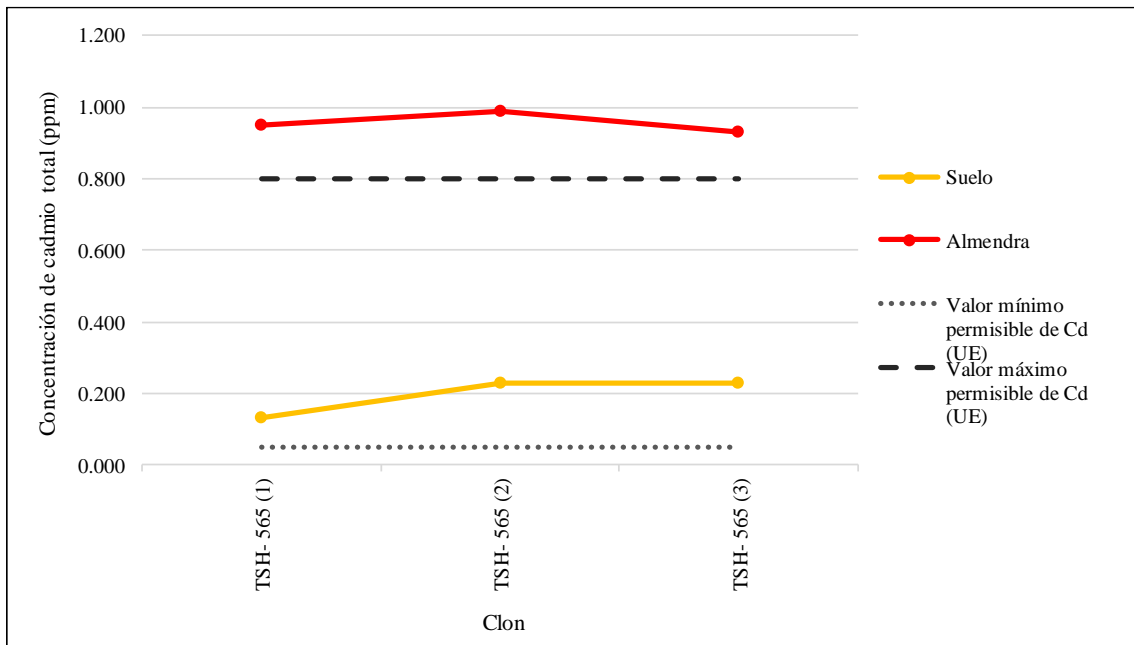
*Gráfica de regresión lineal del clon EET-228*



*Nota.* Para este clon se encontró un coeficiente r de Pearson correspondiente a 0,758, es decir, existe una correlación fuerte.

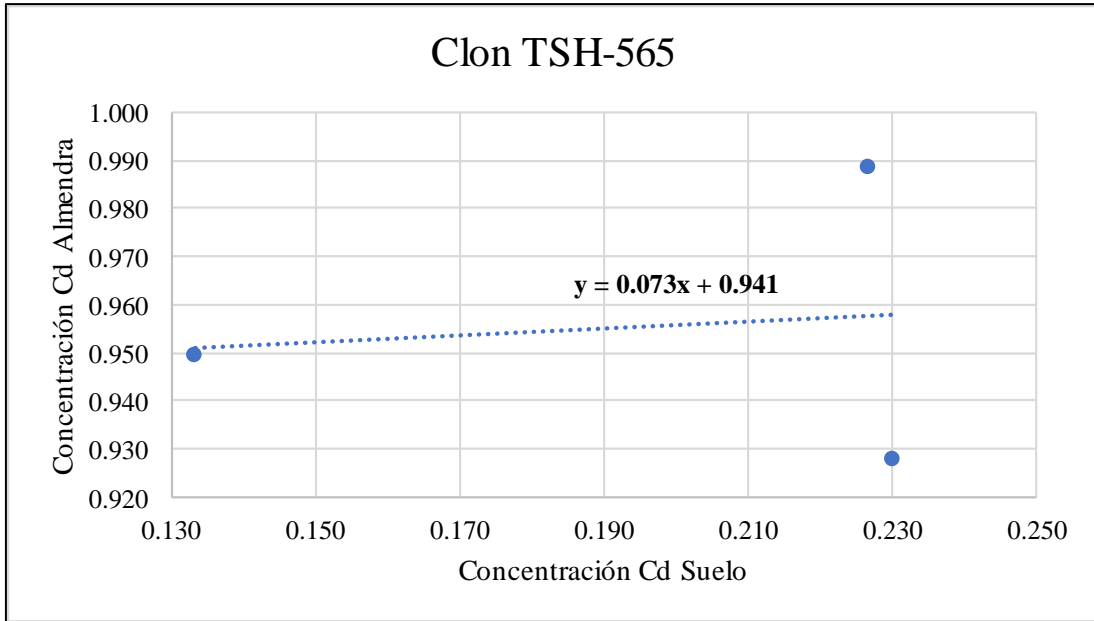
**Figura 35**

*Concentración de Cd en suelo y almendras del clon TSH-565*



**Figura 36**

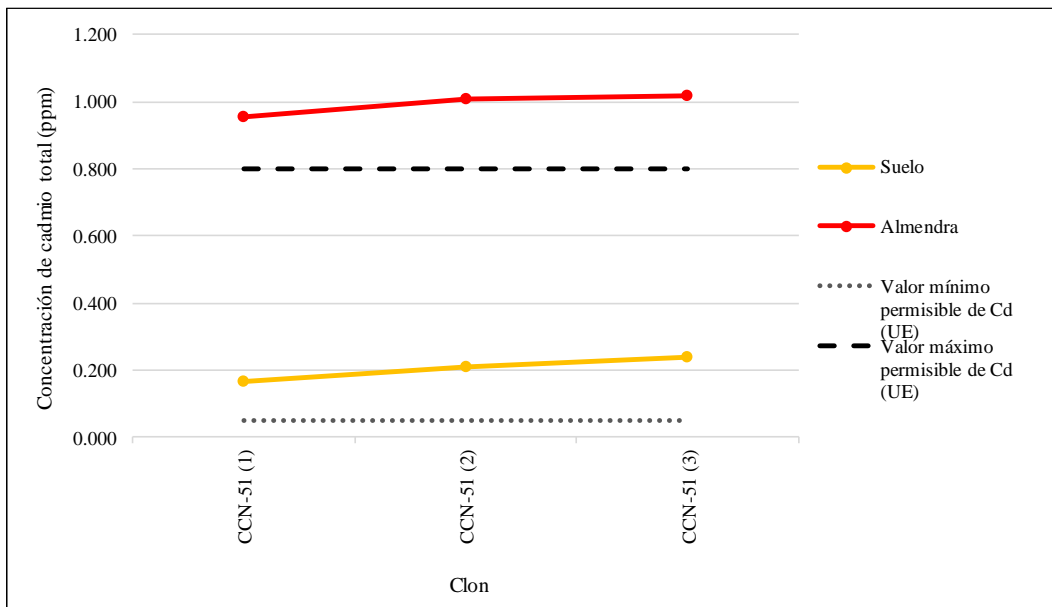
*Gráfica de regresión lineal del clon TSH-565*



*Nota.* Para este clon se encontró un coeficiente r de Pearson correspondiente a 0,129, es decir, existe una correlación débil.

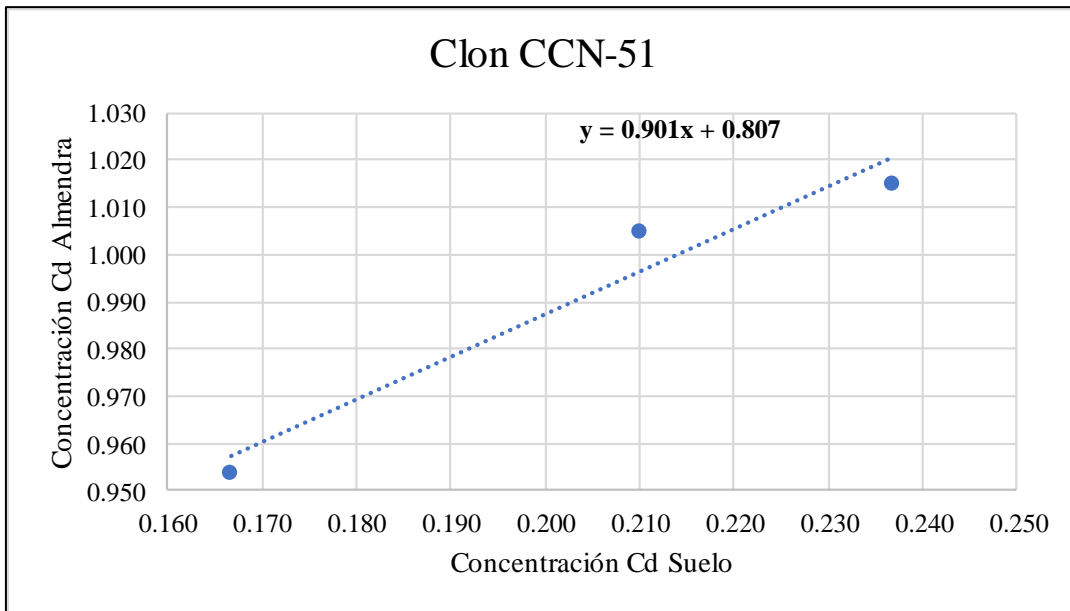
**Figura 37**

*Concentración de Cd en suelo y almendras del clon CCN-51*



**Figura 38**

*Gráfica de regresión lineal del clon CCN-51*

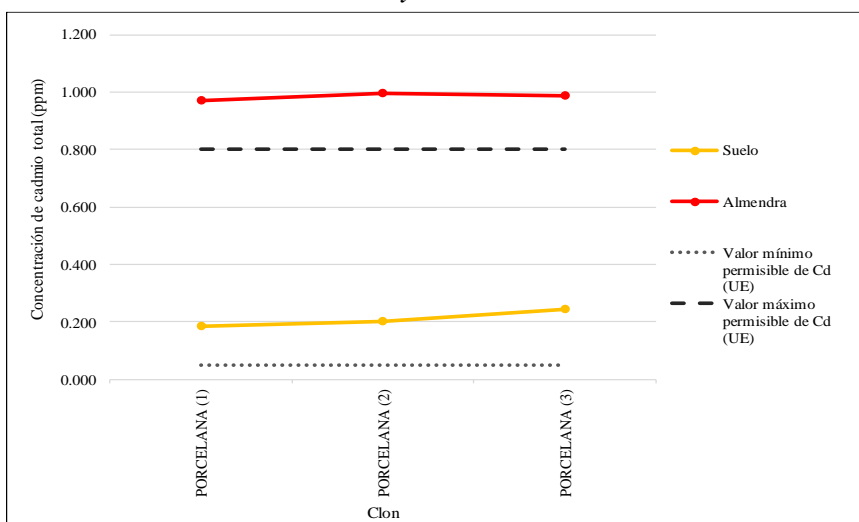


Nota. Para este clon se encontró un coeficiente r de Pearson correspondiente a 0,973, es decir, existe una correlación fuerte.

En las Figuras 39 y 40, se observa que el clon Porcelana, mostró una correlación ligeramente inversa, ya que los resultados obtenidos en el suelo tendieron a incrementarse y en el caso de los valores en almendras disminuyeron.

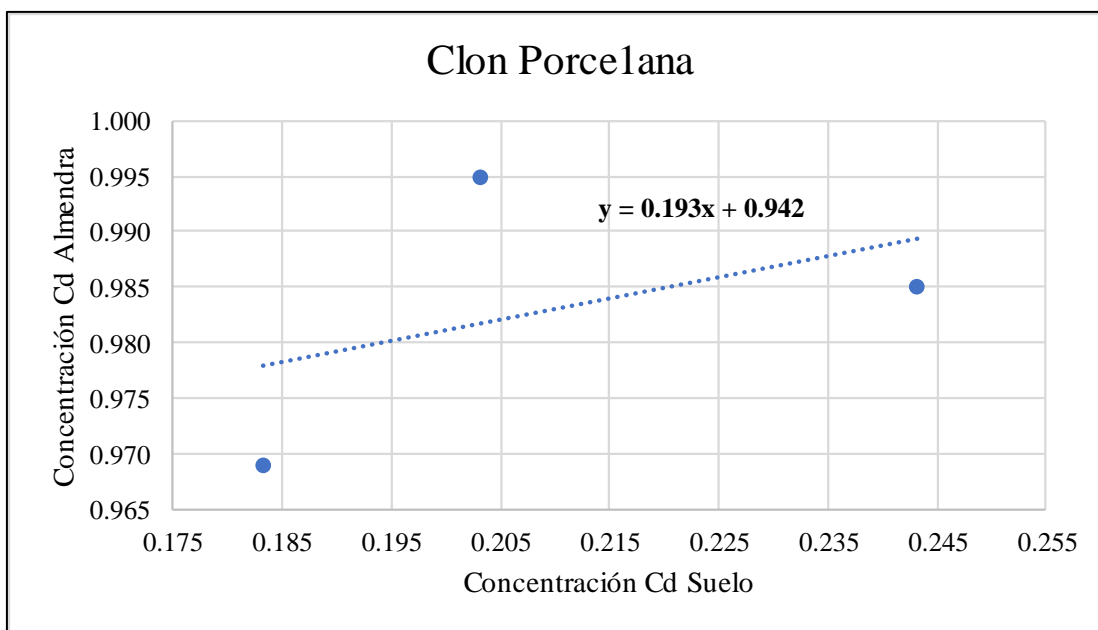
**Figura 39**

*Concentración de Cd en suelo y almendras del clon PORCELANA*



**Figura 40**

*Gráfica de regresión lineal del clon PORCELANA*



*Nota.* Para este clon se encontró un coeficiente r de Pearson correspondiente a 0,449, es decir, existe una correlación moderada.

Al realizar la correlación de los datos obtenidos de las muestras de suelo y almendra, se obtuvo como resultado el coeficiente r de Pearson de 0,757 lo cual indica una correlación fuerte. Cabe destacar que, en todos los clones muestreados, los resultados mantienen una relación directa proporcional, es decir, a mayor cantidad de Cd total concentrado en el suelo, mayor es la tasa de Cd encontrado en las almendras muestreadas y esto se ve reflejado en el valor positivo del coeficiente de Pearson.

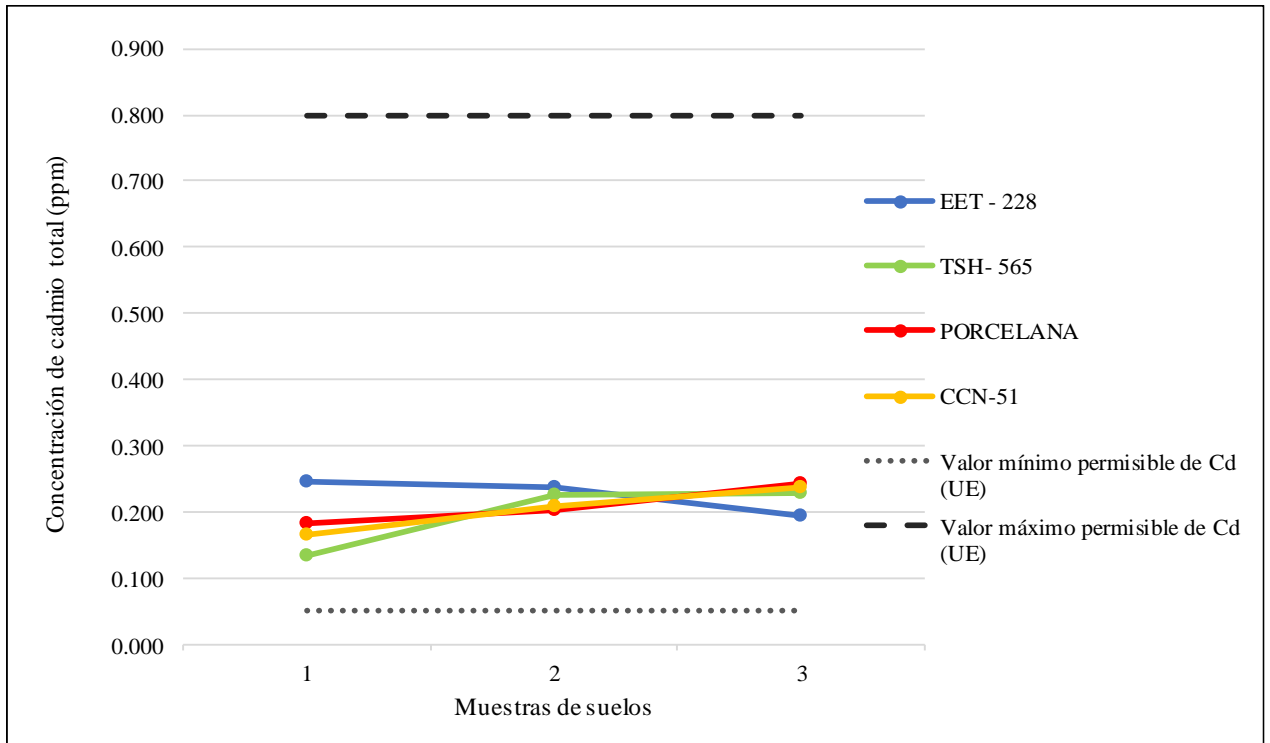
### **3.2. Identificar las muestras de clones de cacao con niveles de cadmio por debajo de los límites máximos permisibles**

#### **3.2.1. Comparación de resultados en los suelos y granos muestreados**

En la Figura 41, se realizó una comparación de las concentraciones totales de Cd en suelo provenientes de los clones muestreados, donde se aprecia la diferencia abismal con respecto al límite máximo permisible por parte de la UE.

**Figura 41**

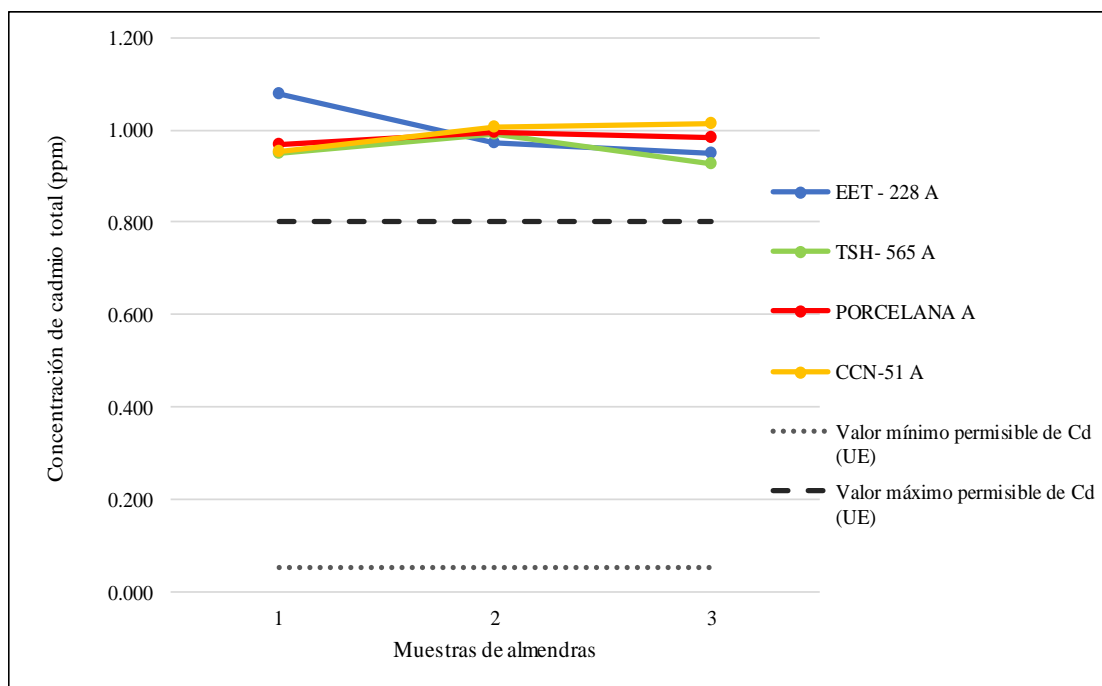
*Comparativa de concentraciones de Cd total en las muestras de suelo*



En la Figura 42, se puede identificar el contraste con las concentraciones de Cd en almendras, donde se aprecia un elevado hallazgo de Cd, muy por encima del límite superior. Al realizar la comparación, se puede inferir que la cantidad de Cd disponible en el suelo fue absorbida por el cacao y fue transferida a las almendras.

**Figura 42**

*Comparativa de concentraciones de Cd total en las muestras de almendras*



### 3.3. Caracterizar el clon identificado como resistente frente a la concentración de cadmio

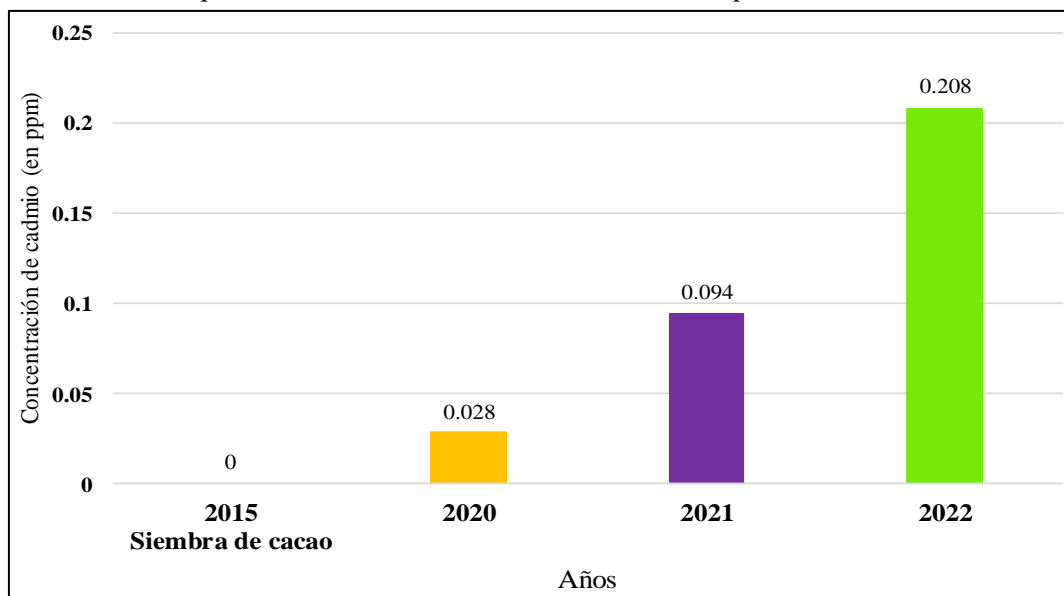
#### 3.3.1. Comparación de resultados durante los años 2020, 2021 y 2022

El jardín clonal de cacao fue sembrado en el año 2015, es así que el primer muestreo para el estudio de niveles de Cd en los suelos fue desarrollado por el INIA sede Pichanaqui en octubre del 2020 a través de la metodología “Zigzag”, cuyo resultado fue un valor promedio 0,028 ppm. Para diciembre del 2021 se empleó la metodología “Cuatro puntos cardinales”, realizando una muestra por cada clon, donde resultó para el clon EET-228 un valor promedio de 0,085 ppm y para el clon Porcelana, un promedio de 0,103 ppm, por lo que de ambos resultados el promedio general obtenido fue de 0,094 ppm. En cuanto a la presente investigación desarrollada en agosto 2022 y siguiendo la metodología utilizada en el 2021, se obtuvo los siguientes resultados promedio en base a los cuatro clones seleccionados: para el TSH-565 fue de un promedio de 0,195 ppm; para el EET-228 fue de 0,225 ppm; en el caso de CCN-51 un valor de 0,204 ppm; y para el clon Porcelana fue 0,209 ppm. Finalmente, el promedio general fue de 0,208 ppm, para lo cual fue necesario realizar una comparación

de los promedios resultantes de la concentración de Cd en suelos durante los años 2020, 2021 y 2022 (Figura 43).

**Figura 43**

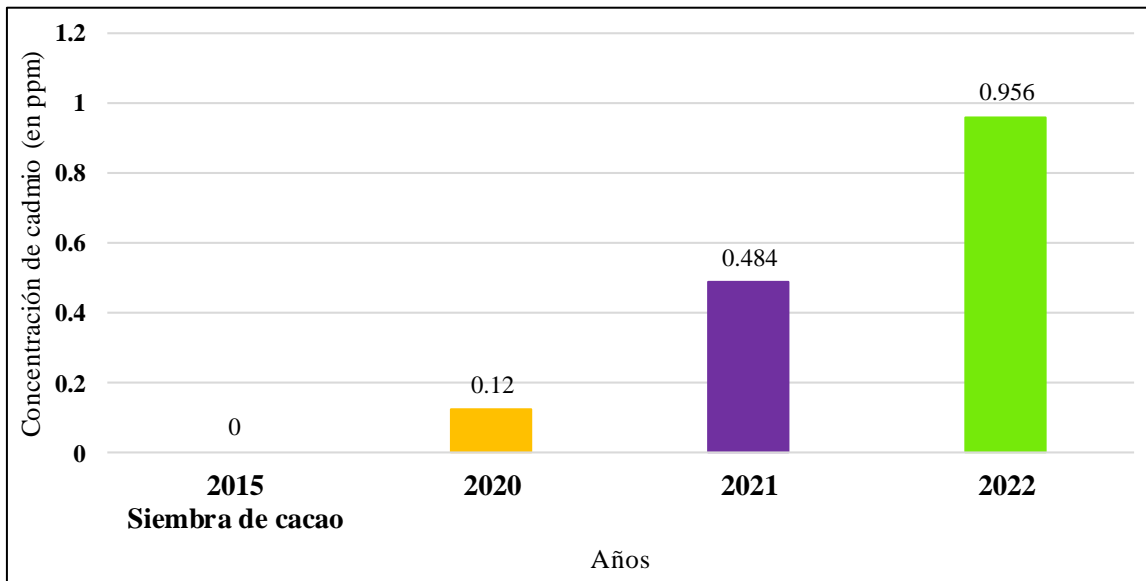
*Concentración promedio de Cd obtenido en suelo de las plántulas muestreadas*



En cuanto al muestreo de almendras, durante el año 2020, el clon TSH-565 obtuvo un resultado de 0,13 ppm de Cd; por su parte el clon EET-228 resultó con 0,12 ppm; el CCN-51 con, 0,14 ppm y para el clon Porcelana fue 0,06 ppm. En cuanto a los resultados obtenidos en el 2021, se consideró el análisis de muestreo de las plantas más homogéneas posible (tamaño y cantidad de frutos) descartando los bordes de la parcela, de esta manera para el clon TSH-565 se obtuvo una concentración de 0,484 ppm; en el caso del EET-228 fue 0,534 ppm; para el clon CCN-51 fue 0,447 ppm; y para el clon Porcelana fue 0,359 ppm. Por último, para el presente trabajo desarrollado durante el año 2022, las concentraciones fueron de 0,956 ppm para el clon TSH-565; para el EET-228 fue 0,999 ppm; en cuanto al clon CCN-51 fue 0,991 ppm; y para el clon Porcelana fue 0,983 ppm. Los resultados comparativos durante los años indicados resultaron acumulativos en las almendras para los clones TSH-565 (Figura 44), EET-228 (Figura 45), CCN-51 (Figura 46) y Porcelana (Figura 47).

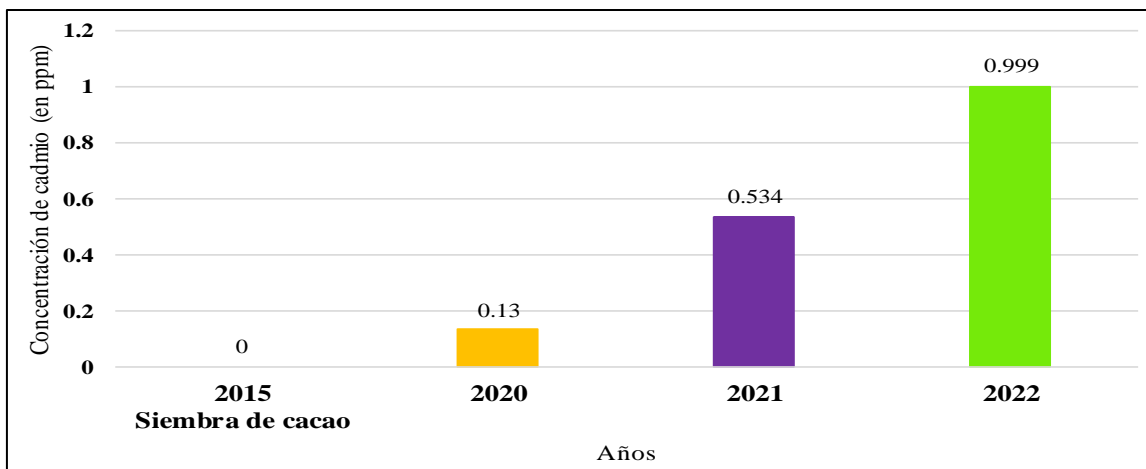
**Figura 44**

*Comparativa anual de la concentración obtenida en almendras del clon TSH-565*



**Figura 45**

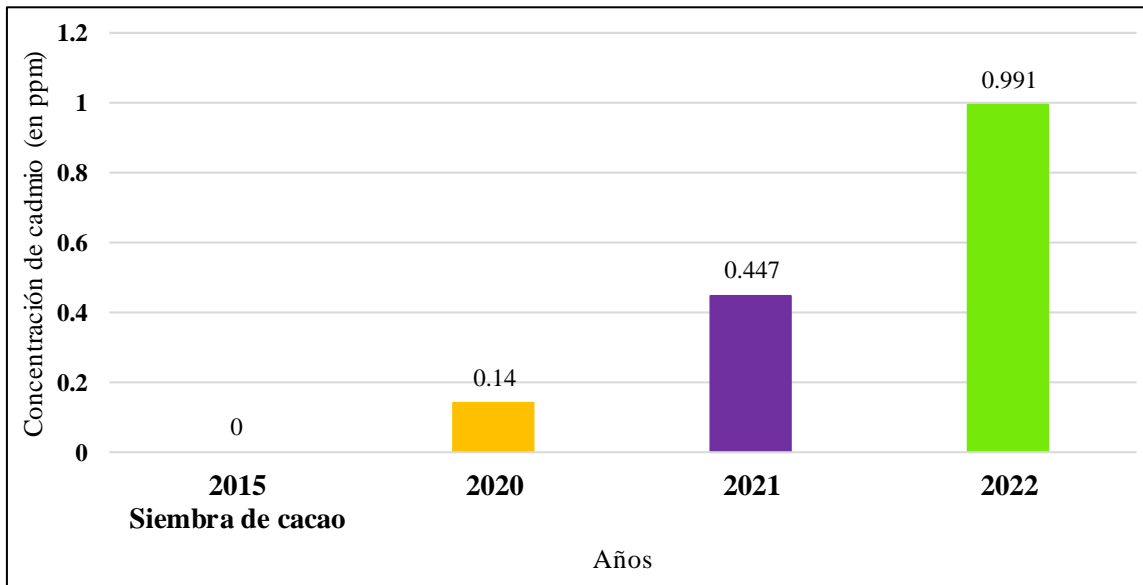
*Comparativa anual de la concentración obtenida en almendras del clon EET-228*





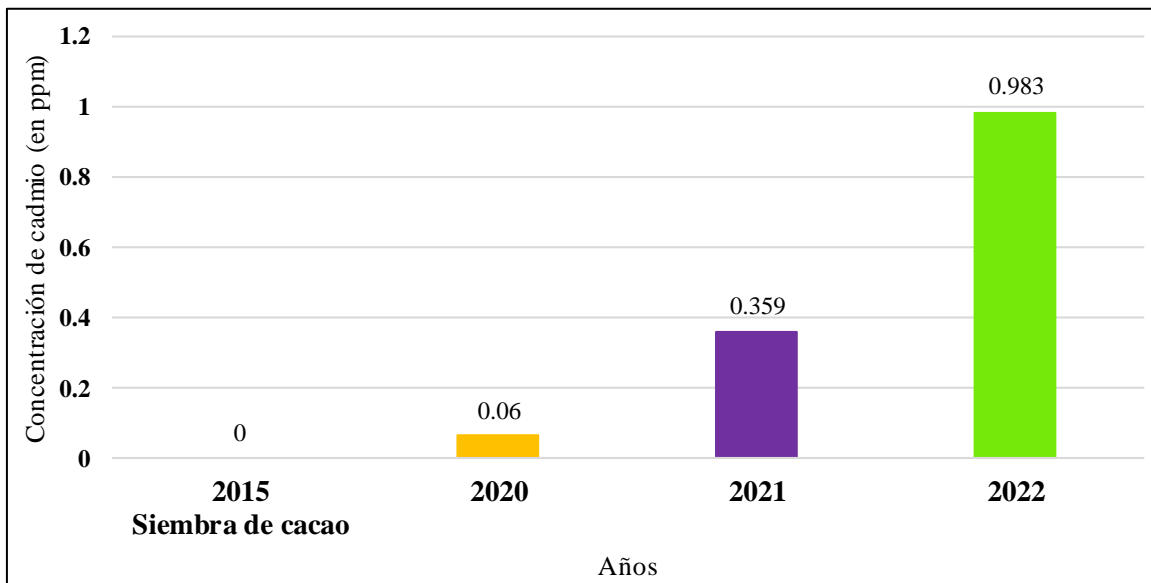
**Figura 46**

*Comparativa anual de la concentración obtenida en almendras del clon CCN-51*



**Figura 47**

*Comparativa anual de la concentración obtenida en almendras del clon Porcelana*



## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN

En la investigación realizada en el Jardín Clonal de la Estación Experimental Agraria Pichanaqui - Junín, se determinó el clon de menor absorción es TSH-565. No obstante, los demás clones mostraron valores muy cercanos. Teniendo en cuenta que la investigación se propuso por los datos generados en años anteriores (ver Apéndices 6 y 8), que hacía prever la identificación de clones de baja absorción, esto se contradice con los resultados encontrados en la presente investigación. Tratando de interpretar los datos, se puede afirmar que la creciente concentración de cadmio en el tiempo observado en el suelo se debe a factores de producción que interactuaron con el suelo.

### 4.1. Absorción de cadmio en relación suelo - almendra

Los resultados obtenidos en el estudio determinan que las almendras del clon CCN-51 obtuvo una concentración de 0,991 ppm, estos resultados no concuerdan con los resultados reportados por Niño (2015), en la investigación que realizaron referente a la cuantificación de cadmio en cacao proveniente del occidente de Boyacá, en el cual se encontró que el clon CCN-51 obtuvo una concentración de Cd de 2,848 y 2,968 ppm, utilizando el método de voltamperometría con electrodo de Hg y electrodo de carbón vítreo. La explicación de estos resultados puede darse teniendo en cuenta que Niño (2015) no manifiesta la edad de los clones estudiados y la presente investigación muestra las concentraciones crecientes en función a la edad de los clones.

Por su parte Vallejos-Torres *et al.* (2023) obtienen resultados de concentración de Cd en suelos con agroforestería en 0,390 mg/kg tanto para los clones CCN e ICS, siendo relativamente cercanos a los resultados de la presente investigación, además en los granos

(almendra) del clon CCN en suelo monocultivo obtuvo una concentración de Cd del 1,120 mg/kg muy próximos a los 0,991 mg/kg de Cd extraída de las almendras del clon CCN-51 del jardín clonal de Pichanaqui. Cabe destacar que Vallejos-Torres et al. (2023) menciona que el sistema de producción instaurado influye en el contenido de Cd de las plantaciones de cacao.

#### **4.2. Concentración de cadmio en el suelo con la obtenida en los frutos (almendras) de los clones de cacao TSH-565, EET-228, CCN-51 y Porcelana**

Las correlaciones existentes entre la concentración de Cd en el suelo con la obtenida en las almendras de cacao TSH-565, EET-228, CCN-51 y Porcelana, se ha podido observar que en el caso de los clones TSH-565 y CCN-51, existe una correlación directa entre la concentración de Cd en suelo y la concentración de Cd total en almendras; esta relación se mantiene cercana a 1 – 5 respectivamente. Para los casos de los otros clones, la correlación es difusa, más, la relación sigue siendo similar a 1 – 5.

De acuerdo con López *et al.* (2018), señala que existe una relación directa entre el contenido de la concentración de Cd en el suelo con las hojas y almendra, para los clones ISC-6, ISC-1, IMC-67, ISC95, SCA-6, UF-29, POUND-12 y CCN-51. Esto se debe a la absorción y posterior acumulación del movimiento de los metales desde la solución del suelo a los tejidos de almacenamiento, en donde se concentra el producto final usados como alimento (semillas y frutos). Asimismo, Barrezueta *et al.* (2021) obtuvo valores de Cd entre 1,150 mg/kg a 1,930 mg/kg en almendra de cacao en los clones Nacional y CCN-51. Los niveles obtenidos se debieron a que el principal factor que pudo incidir en los valores sería el pH del suelo ácido y nivel medio de fósforo presumiblemente adicionado durante el proceso de fertilización de las fincas estudiadas. De igual manera, Mendoza-López *et al.* (2021) menciona que si bien los suelos cumplen un rol esencial en adecuado desarrollo de una planta, uno de los problemas del cultivo de cacao, es la capacidad inherente de fitoacumular Cd. El cacao es una de las especies cultivables, con mayor concentración de Cd es sus estructuras vegetales debido a la exposición directa y continua con Cd en las plantaciones que tienen como común denominador, el accionar antrópico negativo.

### **4.3. Clones de cacao con niveles de cadmio por debajo de los límites máximos permisibles**

En el reglamento de la Unión Europea N ° 488/2014 se establece una serie de parámetros mediante la cual permite controlar el límite máximo permisible de Cd en diversos productos alimenticios, de manera que sean aptas para el uso de las diferentes actividades; dentro de los productos que se afectan bajo esta normativa están los productos derivados del cacao. En la investigación se realizó el análisis de Cd total, utilizando la metodología de Espectrofotometría de Absorción Atómica de llama, en donde los resultados obtenidos evidencian que todas las muestras de almendras sobrepasaron los valores determinados por la Unión Europea, lo que prioriza dirigir medidas estrictas hacia los productos finales (donde el cacao es un factor de producción de chocolate o derivados) y con ello poder mantener un estándar frente a las exigencias de la entidad supranacional extranjera.

De otro lado, la investigación realizada por Del Águila (2017) determina que los niveles de Cd, a través del método de Espectrofotometría de Absorción Atómica de llama, obtuvo concentración en granos secos de 0,110 mg/kg el cual no supera el límite máximo permisible. A diferencia de la presente investigación, donde se realizó un muestreo con clones debidamente identificados, considerando un solo espacio geográfico, y donde los resultados obtenidos sí logran superar el máximo permisible. Por su parte Del Águila (2017) no especifica la variedad empleada, la edad de los clones empleados, además que enfoca su investigación a comparar las muestras de tres zonas distintas, sin tener en cuenta factores ambientales, tipo de suelo, caracterización de la zona, factores logísticos, ya que traslada las muestras de un lugar a otro.

De igual manera con la investigación realizada por Alcalá (2021) en la Asociación de Productores de Santa Rosa de Chiriarí (APROSARROCH), se llegó a determinar el nivel de Cd en los granos de cacao analizados en el laboratorio por el método de Espectrometría de absorción atómica, encontrándose en un rango de 0,340 a 1,160 mg/kg, con una media de 0,610 mg/kg, estando por debajo de los niveles máximos permitidos por la Unión Europea

(0,800 mg/kg). Asimismo, en la investigación de López *et al.* (2018), se realizaron los análisis de correlación de Pearson entre los contenidos de Cd disponibles en almendras en el clon CCN-51 presentaron valores por debajo de los niveles máximos permisibles tales como (3,350 ppm en suelo, 0,590 ppm en hojas y 0,330 ppm en almendras) en comparación con los valores promedios obtenidos en la presente investigación por el espectrofotómetro de absorción atómica para el clon CCN-51 se obtuvieron de 0,200 ppm en suelo y 0,991 ppm, se puede apreciar que no se superan los estándares y por lo cual no representaría riesgo en la salud humana.

#### **4.4. Discusión sobre la caracterización del clon identificado como resistente frente a la concentración de cadmio**

El clon TSH-565 es el más resistente a la absorción de Cd (0,195 ppm), el valor registrado en comparación a los valores de los demás clones (EET-228 con 0,999 ppm; CCN-51, 0,991 ppm; y Porcelana, 0,983 ppm). Esta situación nos lleva a priorizar la necesidad de proteger y mejorar la calidad del suelo durante el periodo productivo de la planta, para ello, asegurar el riego, aplicación de nutrientes, utilización de plaguicidas y pesticidas que no contengan Cd lo que permitiría una producción adecuada en el periodo de producción plena, el que se da desde los 11 a los 30 años de vida (Somarriba *et al.*, 2012). En comparación con los hallazgos obtenidos durante la investigación en octubre 2020, los resultados de Cd total en suelo fueron 0,11 y 0,044 ppm; y en almendras para los clones EET-228 con 0,12 ppm; CCN-51, 0,14 ppm; y Porcelana, 0,06 ppm y TSH-565, 0,13 ppm (ver Apéndice 8). Mientras que, en diciembre 2021, los resultados de Cd en suelo fueron de 0,11; 0,09 y 0,08 ppm (ver Apéndice 5); y en almendras para el clon CCN-51 fueron de 0,434 y 0,459 ppm; y para el clon TSH-565 fue 0,486 ppm (ver Apéndice 6). De lo expuesto, existe una diferencia gradual que va en aumento conforme pasan los años. En otras palabras, a mayor cantidad de años, la concentración de Cd tanto en el suelo y almendras de cacao tiende a acumularse.

Finalmente, en el presente estudio los clones de cacao, el cual contaban con una edad de 7 años de producción, presentaron una concentración de 0,991 ppm de Cd, similar a los resultados obtenidos por Florida *et al.* (2018) en donde las almendras del clon CCN-51 obtuvieron una media de 0,98 µg/g en parcelas de la misma edad.

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

1. Para la presente investigación se logró identificar que el clon TSH – 565 de *Theobroma cacao* L. presenta menor absorción de Cd en su relación suelo - almendra.
2. Las correlaciones entre la concentración de Cd en el suelo con la obtenida en las almendras, de los cuales se evidencia en los clones EET-228 y CCN-51 presenta una correlación directamente proporcional, es decir, a mayor concentración de Cd obtenido en el suelo, mayor es la concentración en los granos. En cuanto, a los clones TSH-565 y Porcelana, la situación es variable debido, en base a lo desarrollado, por las condiciones externas o márgenes de error al preparar las muestras de los clones seleccionados.
3. Se identificó que todos los clones de cacao muestreados presentaron niveles de Cd por encima de los límites máximos permisibles considerando el referente de la Unión Europea en cuanto a frutos y hortalizas.
4. No se logró caracterizar el clon identificado como resistente frente a la concentración de Cd; sin embargo, el clon con menos absorción de Cd de los cuatro clones que fueron analizados es TSH-565 con un valor aproximado de 0,966 ppm.
5. Teniendo en cuenta los resultados promedio comparativos entre años, tanto en suelo como en almendras de los clones muestreados, se observa un incremento en la concentración de Cd a medida que los granos empiezan a madurar y las plantas de cacao siguen en crecimiento. De esto se puede inferir que las plantas de cacao tienden a acumular el Cd conforme avanza hacia su madurez en años. A comparación de los demás estudios mencionados que han trabajado con clones como CCN-51, no han sido investigados tomando en cuenta el factor tiempo, lo cual es necesario para un análisis de mayor profundidad.

## **CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES**

1. Seguir la metodología de muestreo aprobada por el MINAGRI (2018), que regula los procedimientos específicamente para el cacao. Esto permitirá que las nuevas investigaciones mantengan la estandarización y por tanto su representatividad.
2. Continuar con investigaciones orientadas a definir el comportamiento de la bioacumulación en el tiempo, tanto en suelo como en almendra. Asimismo, hacer estudios de correlación de la bioacumulación en el tiempo asociado a la presencia de Cd en los factores de producción tales como: agua de riego, fertilizantes usados, insecticidas y plaguicidas.
3. Dado el efecto bioacumulador de Cd creciente en el tiempo, las concentraciones de Cd en las almendras de cacao pueden aumentar hasta niveles que inviabilice su uso en la producción de productos con de la almendra de cacao para productos de alta concentración. No obstante, se puede considerar diseñar una programación de uso de la producción de almendras a lo largo del tiempo, para la elaboración de productos diferenciados que presenten gradualmente menores concentración de Cd con el tiempo.
4. Se recomienda aprovechar la presente investigación en el INIA Pichanaqui en base a los clones estudiados para determinar la acumulación del Cd en el tiempo y ver alternativas de biorremediación para controlar el metal pesado como por ejemplo empleando microorganismos como hongos (micorremediación), algas, cianobacterias, actinomicetos y también otras plantas (fitorremediación).

## REFERENCIAS

- Adriázola, J. (2015). *Análisis del grado de contaminación del agua en la bahía de Cohana y su influencia en la calidad de la leche del ganado bovino* [Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés]. Repositorio institucional. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/9289/PG-1602-Adriazola%20Vasquez%2C%20Juan%20Pablo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Alcalá, J. (2021). *Determinación del contenido de cadmio en los granos de Theobroma cacao L. producidos por la Asociación de Productores de Santa Rosa de Chiriari - Satipo* [Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio Institucional UNCP. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/7071?show=full>
- Aliaga, D. y Garzón, B. (2016). *Efecto de la quema de purmas sobre la calidad del suelo en el distrito de Pichanaki – Chanchamayo*. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro del Perú] Repositorio Institucional UNCP. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/3457>
- Amórtegui, G. y Becerra, J. (2019). *Diagnóstico Sanitario del Jardín Clonal de Cacao (Theobroma Cacao), Ubicado en la Granja Barcelona de la Universidad de los Llanos* [Trabajo de tesis, Universidad de los Llanos]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.unillanos.edu.co/handle/001/1364?show=full>
- Anaya, M., Rangel, F., Iannacone, J. y Romero, L. (2022) Metales pesados en hortalizas y suelos agrícolas irrigados con aguas superficiales: una revisión sistemática. *Idesia (Arica)*, 40(3), 33-41. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292022000300033>
- Angulo, P. (2020). *Comportamiento de cuatro clones de cacao “Theobroma cacao L.” sobre diferentes patrones, en fase de vivero, Tingo María – Castillo Grande* [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAS\\_8b7d63f66841cbc711a58fcff6304964/Details](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAS_8b7d63f66841cbc711a58fcff6304964/Details)
- Araujo, L. S., Tapia, W., y Villamarín, A. (2020). Verificación del método analítico de espectroscopía de absorción atómica con horno de grafito para la cuantificación de cadmio en almendra de cacao (*Theobroma cacao*). La Granja. *Revista de Ciencias de la Vida*, 31(1), 56-60. <https://doi.org/10.17163/lgr.n31.2020.04>
- Armijos, I. (2019). *Comparación de los niveles de cadmio en cacao tipo nacional en la parroquia Río Bonito, provincia de El Oro, Ecuador* [Trabajo de titulación,



Universidad Técnica de Machala]. Repositorio de la Universidad Técnica de Machala.

[http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/15158/1/DE00014\\_TRABAJO\\_DETITULACION.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/15158/1/DE00014_TRABAJO_DETITULACION.pdf)

Arrieta, A., Tarón, A., Mendivil, M., Espeleta, A. y García, S. (2016). Cuantificación de metales pesados en trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) cultivada en Motuisca, Norte de Santander. *Revista Agronomía Colombiana*. <http://www.cienciasagrarias.bogota.unal.edu.co/sites/default/files/IMGS/IICTA2016/Revista%20Agronomia%20Colombiana%20%28suplemento%29%20Congreso%20IICTA%202016%20Parte%205%20pg1054-1487.pdf>

Barrezueta, S., Armijos, M. y Vega, E. (2021). Comparación de los niveles de cadmio en hojas, testa y almendra en cultivares de *Theobroma cacao* L. *Revista Ciencia UNEMI*. 14(37). 73-80. <https://ojs.unemi.edu.ec/index.php/cienciaunemi/article/view/1289>

Barrientos, P. (2015). El comercio del cacao y su influencia en la agricultura peruana. *Pensamiento Crítico*, 20(1), 007-023.

Barrueta, S. (2013). Guía de métodos de detección y análisis de cadmio en cacao (*Theobroma cacao* L.). DEVIDA - USAID PERU PDA, Lima. [https://issuu.com/riicchperu/docs/guia\\_de\\_metodos\\_de\\_deteccion\\_y\\_anal/26](https://issuu.com/riicchperu/docs/guia_de_metodos_de_deteccion_y_anal/26)

Bazán, R. (2017). Manual de procedimientos de los análisis de suelos y agua con fines de riego. Instituto Nacional de Investigación Agraria. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/504>

Benedetti, A. (2010). Quebrada de Humahuaca: ¿hoy, unidad fisiográfica, región geográfica, ambiente o lugar? Estudio bibliográfico sobre la toponimia y el pensamiento geográfico regional argentino (siglos XIX y XX). *Registros. Revista de Investigación Histórica*, (7), 111-138. <https://revistasfaud.mdp.edu.ar/registros/article/view/154>

Bernard, A. (2008). Cadmium and its adverse effects on human health [Cadmio y los efectos adversos en la salud humana]. *Indian J Med Res*.128(4):557-64. Department of Public Health, Catholic University of Louvain, Belgium. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19106447>.

Buscio, V., Álvarez, M. y Gutiérrez, M. (2009). Determinación de metales pesados en tejidos mediante espectroscopia de absorción atómica con atomización electrotérmica. Institut d'Investigació Tèxtil i Cooperació Industrial de Terrassa. Universitat

Politécnica de Catalunya (UPC).  
[https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/13126/DETERMINACI%  
c3%93N%20DE%20METALES%20PESADOS%20EN%20TEJIDOS%20MEDIANTE.  
pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/13126/DETERMINACI%c3%93N%20DE%20METALES%20PESADOS%20EN%20TEJIDOS%20MEDIANTE.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Cárdenas, A. (2012). *Presencia de cadmio en algunas parcelas de cacao orgánico de la cooperativa Agraria Industrial Naranjillo, Tingo María, Perú* [Tesis pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/153>

Carpena, R., y Bernal, M. (2007). Claves de la fitorremediación: fitotecnologías para la recuperación de suelos. *Ecosistemas*, 16(2),1-3. ISSN: 1132-6344. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=54016201>

Cruz, E. (2021) *Revisión del origen de la contaminación de suelos con cadmio, sus estrategias de remoción y el caso de cultivos de cacao en el Ecuador* [Tesis de maestría, Escuela Politécnica Nacional]. Biblioteca EPN. <https://biblioteca.epn.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=100150>

Das, S. y Al-Naemi, H. (2019). Cadmium Toxicity: Oxidative Stress, Inflammation and Tissue Injury [Toxicidad del Cadmio: Estrés Oxidativo, Inflamación y Herida en la Piel]. *Occupational Diseases and Environmental Medicine [Enfermedades ocupacionales y medicina ambiental]*. 7. 144-163. <https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=95792>

Del Águila, E. (2017). *Determinación de cadmio y plomo en granos de cacao frescos secos y en licor de cacao (Theobroma cacao)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/1269>

Díaz, L., Mendoza, E., Bravo, M. y Domínguez, N. (2018). Determinación de Cadmio y Plomo en almendras de cacao (*Theobroma cacao*), proveniente de fincas de productores orgánicos del cantón Vinces. *Espirales revista multidisciplinaria de investigación*. 2. Universidad de Guayaquil. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8466418>

Dionisio, E. (2020). *Impacto de productos biodegradables aplicados al suelo sobre la acumulación de Cadmio en Cacao (Theobroma cacao L.)* [Tesis pregrado, Universidad Agraria La Molina]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4568>

- Estrada, W., Romero, X., y Moreno, J. (2011). Guía técnica del cultivo de cacao manejado con técnicas agroecológicas. Confederación de Federaciones de la Reforma Agraria Salvadoreña.
- Falcón, G. (2019). *Cadmio y polifenoles totales en la fermentación de los granos de cacao (Theobroma cacao L.) clon CCN-51*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria de la Selva - Escuela de Posgrado]. Repositorio Institucional UNAS. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1627>
- Flórez, L. y Gómez, J. (2019). *Determinación de los niveles de cadmio en suelos de plantaciones de cacao (Theobroma cacao L.) ubicadas en la vereda la Esmeralda en el municipio de San Vicente de Chucuri, Santander* [Trabajo de Grado, Universidad de Pamplona]. Repositorio Hulago Universidad de Pamplona. <http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/2111>
- Florida, N. (2021). Revisión sobre límites máximos de cadmio en cacao (*Theobroma cacao L.*). La Granja. *Revista de Ciencias de la Vida*, 34(2), 117-130. <https://doi.org/10.17163/lgr.n34.2021.08>
- Florida, N., Claudio, Sh. y Gómez, R. (2018). El pH y la absorción de cadmio en almendras de cacao orgánico (*Theobroma cacao L.*) en Leoncio Prado, Huánuco, Perú. *Folia Amazónica. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana*. 27. <https://doi.org/10.24841/fa.v27i1.438>
- Florida, N., Paucar, H., Jacobo, S., Escobar, F., y Torres, J. (2019). Efecto de compost y NPK sobre los niveles de microorganismos y cadmio en suelo y almendra de cacao. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 21(4), 264-273. <https://dx.doi.org/10.18271/ria.2019.503>
- Fraume, N. (2006). Diccionario ambiental. Ecoe Ediciones.
- Furcal, P. y Torres, J. (2020). Determinación de concentraciones de cadmio en plantaciones de *Theobroma cacao L.* en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. Vol. 33-1. Pág. 122-137. <https://doi.org/10.18845/tm.v33i1.5027>
- Galán, E. y Romero, A. (2008). Contaminación de suelos por metales pesados. *Macla*, 10, 48-60.
- García, J. (2019). *Comparación de la concentración de cadmio en plantaciones de cacao en los distritos de Huicungo y San Martín de Alao – 2018* [Tesis de pregrado,

Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Digital Institucional Universidad Cesar Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/39344>

Giannuzi, L. (2018). Toxicología general y aplicada. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). Facultad de Ciencias Exactas. [https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/71533/Documento\\_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/71533/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

González, D., Almendros, P. y Álvarez, J. (2009). Métodos de análisis de elementos en suelos: disponibilidad y fraccionamiento. *Anales de Química*, v. 105 (n. 3); 205-212. <https://oa.upm.es/5328/>

Gonzales, J. (2019) *Determinación del efecto de la exposición de la radiación electromagnética no ionizante en cerebro de Rattus norvegicus* [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Agustín]. Repositorio institucional. <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/fd98910d-7518-4869-ae47-d6b40c1c4de8/content>

Hoyos, J. (2018). *Determinación del contenido de cadmio en almendras de cacao (Theobroma cacao L.) cultivado bajo tres sistemas de producción en San Alejandro - Ucayali* [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Ucayali]. Repositorio Institucional Universidad Nacional de Ucayali. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/3926>

Huaraca, J., Pérez, L., Bustinza, L. y Pampa, N. (2020). Enmiendas orgánicas en la inmovilización de cadmio en suelos agrícolas contaminados: una revisión. *Información tecnológica*, 31(4), 139-152. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642020000400139>

Huaycho, H., Maldonado, C., y Manzaneda, F. (2017). Control del Chinche del Cacao (*Monaloniondis simulatum* Dist.) con aplicación de bioinsecticidas en la región de los Yungas de Bolivia. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 4(1), 31-39.

International Cocoa Organization. (2012). The world cocoa economy [La economía mundial de la cocoa]. ICCO. London. <https://www.icco.org/economy/>

Jing, Y, He, Z. y Yang X. (2007). Role of soil rhizobacteria in phytoremediation of heavy metal contaminated soils. [El Role de la rizobacteria del suelo en la fitorremediación de suelos contaminados por metales]. *J. Zhejiang Univ. Sci. B*, 8, pp. 192-207

- Lanza, J., Churión, P., Liendo, N. y López, V. (2016). Evaluación del contenido de metales pesados en cacao (*Theobroma cacao* L.) de Santa Bárbara del Zulia, Venezuela. *Saber*, 28(1). 106-115. Universidad de Oriente, Venezuela.
- Laura, R., Schubert, J., Rodríguez, C., Villar, G., Zavaleta, D., Ramírez, M. y Thomas, E. (2021) Beneficio del cacao chuncho: Cosecha y poscosecha. *Bioversity International*. 60 p. <https://hdl.handle.net/10568/112985>
- Llactas, M. (2016) *Influencia de la dosis de aplicación de dolomita en la concentración de cadmio en las almendras de cacao en parcelas de la COOPAIN* [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/1301>
- Londoño, L., Londoño, P. y Muñoz, F. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 14(2). 145-153. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-35612016000200017#:~:text=La%20presencia%20de%20metales%20pesados,c%20C3%A1ncer%20e%20incluso%20la%20muerte.](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612016000200017#:~:text=La%20presencia%20de%20metales%20pesados,c%20C3%A1ncer%20e%20incluso%20la%20muerte.)
- López, A., Cartagena, T. y Vasquez, R. (2018). Niveles de concentración de cadmio (Cd) y plomo (Pb) en el suelo, hojas y almendras de ocho clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el jardín interclonal de la Universidad Nacional de Ucayali. Instituto de Investigación de Ciencias Agropecuarias. Repositorio Institucional UNU. [http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3928/UNU\\_AGRONOMIA\\_2016\\_AC\\_TEOFILOCARTAGENA\\_ANTONIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3928/UNU_AGRONOMIA_2016_AC_TEOFILOCARTAGENA_ANTONIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- López, Y., Cunias, M., y Carrasco, Y. (2020). El cacao peruano y su impacto en la economía nacional. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(3), 344-352. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2218-36202020000300344&lng=es&tlng=es.](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202020000300344&lng=es&tlng=es)
- López, D., Tarqui, O., Zambrano, I., Benavides Vera, J., Quijano Rivadeneira, G., Casanova, T. y Loor, R. (2016). Métodos de multiplicación de plantas de cacao: Protocolo 7. Mejoramiento y homologación de los procesos de investigación, validación y producción de servicios en cacao y café. *Estación Experimental Tropical Pichilingue, Programa Nacional Cacao y Café*. 31-35. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/4403/1/iniapeetpPM433Protocolo%207.pdf>
- Loureiro, G., Araujo, Q., Valle, R., Andrade, G. y Moreira, S. (2016). Influencia de los factores agroambientales sobre la calidad del clon de cacao (*Theobroma cacao* L.)

PH-16 en la región cacaotera de Bahía, Brasil. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*. 4(12), 579-587. <https://doi.org/10.19136/era.a4n12.1274>

Macha, E. (2019). *Determinación de cadmio, arsénico y plomo por espectrofotometría de absorción atómica en aguas de pozo de Castillo Grande - Tingo María, julio - setiembre 2019* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio de tesis digitales Cybertesis. [https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/11630/Macha\\_me.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/11630/Macha_me.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Madueño, F. M. (2017). *Determinación de metales pesados (plomo y cadmio) en lechuga (Lactuca sativa) en mercados del Cono Norte, Centro y Cono Sur de Lima Metropolitana* [Tesis de grado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio de tesis digitales Cybertesis. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/7349>

Maestre, M. (2015). *Análisis de perturbaciones antropogénicas sobre las biocenosis marinas de sustrato duro* [Tesis de doctorado, Universidad de Sevilla]. Depósito de Investigación Universidad de Sevilla. <https://idus.us.es/bitstream/11441/34605/1/Tesis%20doctoral-Manuel%20Maestre%20Delgado.pdf>

Martínez, M. (2020). Análisis Instrumental. Espectrometría de Absorción Atómica (EAA). Universidad Politécnica de Valencia. *Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica de Valencia*. <http://hdl.handle.net/10251/138418>

Mendoza, J. (2022) *Caracterización molecular de las principales plagas y enfermedades en el cultivo de cacao en la zona nororiental del Perú* [Tesis de pregrado, Universidad Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas]. *Repositorio institucional*. <https://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14077/2842/Mendoza%20Merino%20Jani%20Elisabet.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Mendoza-López, K., Mostacero-León, J., López-Medina, S., Gil-Rivero, A., De la Cruz-Castillo, A. y Villena-Zapata, L. (2021). Cadmio en plantaciones de *Theobroma cacao* L. "cacao" en la región San Martín (Lamas), Perú. *Manglar* 18(2): 169-173.

Meter A., Atkinson R y Laliberte B. (2019). Cadmium in Cacao from Latin America and the Caribbean – A Review of Research and Potential Mitigation Solutions. Bioersivity International, Rome.

Ministerio de Agricultura y Riego (2018). Resolución Ministerial 0451 de 2018 [MINAGRI]. Por la cual aprueban documento denominado “Lineamientos de

muestreo para la determinación de niveles de cadmio en suelos, hojas, granos y productos derivados de cacao”. 15 de noviembre de 2018.

Ministerio de Agricultura y Riego (2019). Resolución Ministerial 0007 de 2019 [MINAGRI]. Por la cual aprueban documento denominado “Protocolo de muestreo de suelos con cadmio en zonas cacaoteras”. 16 de enero de 2019.

Ministerio del Ambiente (2013). Decreto Supremo 002 de 2013 [MINAM]. Por la cual aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo. 24 de marzo de 2013.

Ministerio del Ambiente (2017). Decreto Supremo 011 de 2017 [MINAM]. Por la cual aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo. 01 de diciembre de 2017.

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

Mondragón, R., Juliá, J., Barba, A. y Jarque, J. (2013). El proceso de secado por atomización: formación de gránulos y cinética de secado de gotas. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 4 (52), 159-168.

Muñoz, C. (2011). *Cómo Elaborar y Asesorar una Investigación de Tesis*. Pearson Educación, México.

Niño, I. (2015). *Cuantificación de cadmio en cacao proveniente del occidente de Boyacá por la técnica analítica de voltamperometría* [Tesis de pregrado, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia]. Repositorio UPTC. <https://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/1425>

Oc, Ll. y Gonza, C. (2017). *Evaluación de especies vegetales con potencial fitorremediador de cadmio en parcelas agrícolas del distrito de Imaza, Amazonas, 2016-2017* [Tesis de grado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas]. Repositorio Institucional Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. <https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/1289>

Palencia, G., Gómez, R. y Güiza, O. (2009). Nuevas tecnologías para instalar viveros y producir clones de cacao (*Theobroma cacao* L). *Corpoica*. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/2194>

- Parco, M., Camacho, A., Parco, J. y Dionisio, F. (2021). Caracterización de un jardín clonal de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la amazonía peruana. *Revista de Investigación Agropecuaria Science and Biotechnology*. Vol. 1, Núm. 4: 31-32. <http://dx.doi.org/10.25127/riagrop.20214.719>
- Puentes, Y., Menjivar, J., Gómez, A., y Aranzazu, F. (2014). Absorción y distribución de nutrientes en clones de cacao y sus efectos en el rendimiento. *Acta Agronómica*, 63(2), 145-152. <https://doi.org/10.15446/acag.v63n2.40041>
- Unión Europea (2014). Reglamento 488/2014 por el cual se modifica el Reglamento (CE) n° 1881/2006 por lo que respecta al contenido máximo de cadmio en los productos alimenticios. 12 de mayo de 2014. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32014R0488>
- Reyes, Y. (2020). *Estudio de bioacumulación de metales pesados en plantas de consumo humano para sensado molecular In situ* [Tesis doctoral, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio institucional Javeriano. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/54953>
- Romero, C. (2016). Estudio de cacao en el Perú y el mundo. Situación actual y perspectivas en el mercado nacional e internacional al 2015. Lima, Perú: Ministerio de Agricultura y Riego-Dirección de Estudios Económicos e Información Agraria. Perú.
- Romero, W. (2021). *Determinación del contenido de Cd y Pb en los principales chocolates en barra de la región Ucayali, Pucallpa – Ucayali* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Ucayali]. Repositorio institucional. [http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/5005/B70\\_UNU\\_INGENIERIA\\_AMBIENTAL\\_2021\\_T\\_WENDY\\_ROMERO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/5005/B70_UNU_INGENIERIA_AMBIENTAL_2021_T_WENDY_ROMERO.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Rosales, J., Centeno, L., Cajacuri, J., Luis, J. y Chávez, C. (2021). Identificación de cadmio y plomo en los cultivos ubicados en la zona de Satipo - Junín. *Tecnia*, 31(2), 83-89.
- Sánchez, J. (2017). *Ecotoxicología del cadmio riesgo para la salud de la utilización de suelos ricos en cadmio* [Trabajo de grado, Universidad Complutense]. <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/GARASANCHEZBARRON.pdf>
- Santander, W. y Mendieta, O. (2019). Cuantificación de los límites máximos permisibles de cadmio en suelos, frutos (cáscara, almendra fresca), granos fermentados, licor de cacao y chocolate, para garantizar una exportación de calidad en zonas productoras de las provincias de Huallaga y Bellavista en la región San Martín [Informe de investigación]. Universidad Nacional de San Martín. <https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3596/INF.%20INVEST.%2>



0-  
%20Wilson%20Ernesto%20Santander%20Ru%C3%ADz%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Scaccabarozzi, D., Castillo, L., Aromatisi, A., Milne, L., Búllon, A. y Muñoz, M. (2020). Soil, Site, and Management Factors Affecting Cadmium Concentrations in Cacao-Growing Soils [Factores del suelo, el sitio y el manejo que afectan las concentraciones de cadmio en los suelos productores de cacao]. *Agronomy* 10(6):806. <https://doi.org/10.3390/agronomy10060806>
- Somarriba, E., Cerda, R., Quesada, F., Astorga, C., Orozco, L., Villalobos, M., Orozco, S., Corrales, A., Villegas, R., Say, E. y Deheuvels, O. (2012). El ciclo de vida y el manejo del cacaotal. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Costa Rica. p. 9.
- Subero, N. (2013). *Evaluación de las fracciones de fósforo y del contenido de cadmio en suelos ácidos fertilizados con fosfatos por largos periodos y su absorción por el arroz* [Tesis de pregrado, Universidad Central de Venezuela]. Repositorio Institucional Universidad Central de Venezuela. <http://saber.ucv.ve/handle/10872/4550>
- Supo, J. (2012). Seminarios de investigación científica (metodología de la investigación científica).
- Tantalean, E., y Huauya, M. (2017). Distribución del contenido de cadmio en los diferentes órganos del cacao CCN-51 en suelo aluvial y residual en las localidades de Jacintillo y Ramal de Aspuzana. *Revista De Investigación De Agroproducción Sustentable*, 1(2), 69-78. <http://dx.doi.org/10.25127/aps.20172.365>
- Tuesta, F. (2022). *Bioacumulación del cadmio (Cd) en plantaciones de cacao (Theobroma cacao L.) asociadas a la cooperativa APROCAM en la región Amazonas* [Tesis de grado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza. <https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/2872?show=full>
- United States Environmental Protection Agency. (1996). Method 3050B: Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils. [Método 3050B: Digestión ácida de sedimentos, lodos y suelos]. <https://www.epa.gov/esam/epa-method-3050b-acid-digestion-sediments-sludges-and-soils>
- Vallejos-Torres, G., Gaona-Jiménez, N., Alva, A., Paredes, C., Lozano, A., Saavedra-Ramírez, J., Arévalo, L., Reátegui, K., Mendoza-Caballero, W. y Marín, C. (2023).

Cadmium uptake and mycorrhization by cacao clones in agroforestry and monoculture systems of Peruvian Amazon. [Consumo de cadmio y micorrización de los clones de cacao en sistemas de agroforestería y monocultivo en la Amazonía Peruana]. *Bioagro* 35(3). 237-246. <https://revistas.uclave.org/index.php/bioagro/article/view/4577/2924>

Vallejos-Torres, G., Ruíz-Valles, R., Chappa-Santa María, C., Gaona-Jiménez, N. y Marín, C. (2021). Una alta diversidad de hongos micorrízicos arbusculares influye en la absorción de cadmio y crecimiento vegetativo del cacao. *Bioagro* 34(1),75-84. doi: <http://www.doi.org/10.51372/bioagro341.7>

Vanderschueren, R. y Pulleman, M. (2021). Cadmio en cacao: de dónde viene, cómo se regula y por qué preocupa a los productores. *Política en Síntesis de Clima-LoCa* No. 1. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). <https://hdl.handle.net/10568/117850>

Ventura, M., María, A., González, J., Rodríguez, O., y Almonte, J. (2014). Caracterización de los atributos de calidad del cacao (*Theobroma cacao* L.) del municipio de Castillo. *Revista Agropecuaria y Forestal APF*, 3(1), 55-60.

Wong, A. (2017). *Determinación de cadmio (Cd) en suelo de cultivo para cacao CCN51 mediante análisis de espectroscopía de absorción atómica* [Tesis de grado, Universidad de Guayaquil]. Repositorio Institucional de la Universidad de Guayaquil. [repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/23213](https://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/23213)

Zambrano, D. (2013) *Manejo de la nutrición del cultivo de cacao (Theobroma cacao) tipo nacional y CCN-51 en el tercer año de establecimiento, UTE Santo Domingo* [Tesis de grado, Universidad Tecnológica Equinoccial Santo Domingo]. Repositorio Universidad Tecnológica Equinoccial Santo Domingo. [https://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/19930/1/6760\\_1.pdf](https://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/19930/1/6760_1.pdf)

## TERMINOLOGÍA


- **Absorción.** Proceso por el cual una sustancia tóxica atraviesa las membranas de las células de un organismo a través de la piel, pulmones, tracto digestivo o branquias y luego es transportado hacia otros órganos (MINAM, 2014).
- **Antropogénico:** Hace referencia a los efectos, procesos, objetos y materiales que son causados o producidos por las actividades humanas (Maestre, 2015).
- **Bioacumulación.** Concentración resultante acumulada en el ambiente o en los tejidos de organismos a partir de la incorporación, distribución y eliminación de contaminantes obtenidos por todas las rutas de exposición (MINAM, 2014).
- **Cadmio.** Elemento químico de origen natural y antrópico, considerado un metal pesado peligroso, por las afectaciones que produce en la salud y en el ambiente. (Arrieta *et al.*, 2016).
- **Clones de cacao.** Son grupos de plantas con el mismo módulo hereditario, proveniente de una planta madre identificada y plenamente selecta, mediante de la propagación asexual por injertos (Angulo, 2020).
- **Contaminación.** Es la distribución de una sustancia química o mezcla de sustancias en un lugar no deseable (aire, agua, suelo), que puede tener efectos negativos en el ambiente o la salud (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2013).
- **Geogénico:** Asociado a la rama de geología que trata sobre la tierra en cuanto a su origen y formación (Adriázola, 2015).
- **Jardín clonal.** Para Amórtegui y Becerra (2019) es una plantación de alta densidad y manejo específico cuyo objetivo es la reproducción de yemas de material vegetal genéticamente seleccionadas.

- **Muestra compuesta.** Es aquella muestra constituida por un conjunto de muestras simples (submuestras), que se mezclan brevemente y son llevadas al laboratorio para realizar el análisis correspondiente (MINAM, 2013).
- **Radiación electromagnética.** Es un tipo de radiación que transporta una determinada cantidad de energía y consta de dos campos perpendiculares entre sí, un campo eléctrico y un campo magnético, que forman ondas a medida que se desplazan (Gonzales, 2019).
- **Suelo.** Material no consolidado compuesto por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire y organismos, que comprende desde la capa superior de la superficie terrestre hasta diferentes niveles de profundidad (MINAM, 2013).
- **Toxicidad.** Es la capacidad intrínseca que posee un agente químico de producir efectos adversos sobre un sistema biológico, y que tienen el potencial de ocasionar lesiones o incluso la muerte si se encuentran en cantidades importantes (Giannuzi, 2018).



## Apéndice 3

### Resultados de las muestras de suelo obtenidas del espectrofotómetro de absorción atómica



## INFORME DE ENSAYO

N° 11232-22/SU/PICHANAKI

**I. INFORMACIÓN GENERAL**

Cliente	: ROJAS DIAZ XIOMARA ARASELI
Propietario / Productor	: ROJAS DIAZ XIOMARA ARASELI
Dirección del cliente	: AV. VENUS. LT 19. MZ L - SATELITE
Solicitado por	: Nestor Francisco Arzapalo Quiroz
Muestreado por	: Cliente (*)
Número de muestra(s)	: 6
Producto declarado	: Suelo Agrícola (SU)
Presentación de las muestras(s)	: Bolsas de plástico oscura
Referencia del muestreo	: Reservado por el Cliente (*)
Procedencia de muestra(s)	: Pichanaki-Chanchamayo- Junin
Fecha(s) de muestreo	: 25.08.2022 (*)
Fecha de recepción de muestra(s)	: 19.09.2022
Lugar de ensayo	: LABSAF Pichanaki
Fecha(s) de análisis	: del 19/09/2022 al 04/10/2022
Cotización del servicio	: 094-22-PI
Fecha de emisión	: 14.11.2022

**II. RESULTADO DE ANÁLISIS**

ÍTEM	1	2	3	4	5	6		
<b>Código de Laboratorio</b>	SU461 - PI - 22	SU462 - PI - 22	SU463 - PI - 22	SU464 - PI - 22	SU465 - PI - 22	SU466 - PI - 22		
<b>Matriz Analizada</b>	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo		
<b>Fecha de Muestreo</b>	25/08/2022	25/08/2022	25/08/2022	25/08/2022	25/08/2022	25/08/2022		
<b>Hora de Inicio de Muestreo (h)</b>	No proporcionado por el cliente	No proporcionado por el cliente	No proporcionado por el cliente	No proporcionado por el cliente	No proporcionado por el cliente	No proporcionado por el cliente		
<b>Condición de la muestra</b>	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada		
<b>Código/Identificación de la Muestra por el Cliente</b>	TSH-565. MUESTRA 01- PROFUNDIDAD 30 cm	TSH-565.MUESTRA 01 PROFUNDIDAD 20 cm.	TSH-565-Muestra 01 - PROFUNDIDAD 10 cm	CCN-51 -Muestra 01- PROFUNDIDAD 10 cm	CCN-51 - Muestra 01 PROFUNDIDAD 20 cm	CCN-51 Muestra 01 PROFUNDIDAD 30 cm		
<b>Ensayo</b>	<b>Unidad</b>	<b>LC</b>	<b>RESULTADOS</b>					
<b>Análisis de Metales</b>								
Cadmio (Cd)	mg kg <sup>-1</sup>	--	0,12	0,13	0,15	0,16	0,17	0,17

**III. METODOLOGÍA DE ENSAYO**


ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
Cadmio total en suelo y cacao (granos de cacao)	EPA Method 3050B: Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils. Digestion via húmedas y técnica de absorción atómica-
Cadmio en cacao (granos de cacao)	Digestion via húmedas y técnica de absorción atómica

**IV. CONSIDERACIONES**

- Estado en las que ingresaron las muestras : Conservada, buenas condiciones.
- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
- (\*) Este dato ha sido proporcionado por el cliente, por lo que el laboratorio no es responsable de dicha información.

**V. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO**

- El presente Informe de ensayo ha sido autorizado por: ELVIS OTTOS DIAZ - Responsable del laboratorio del LABSAF PICHANAKI.



Directora de la Estacion Experimental Agraria Pichanaki

FIN DE INFORME DE ENSAYO

Página 1 de 1

LABSAF Pichanaki  
Dirección: Carretera Marginal Km 74 - Pichanaki - Chanchamayo  
labsafpichanaki@inia.gob.pe

F-46 / Ver.03

## INFORME DE ENSAYO

### N° 11233-22/SU/PICHANAKI

#### I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : ROJAS DIAZ XIOMARA ARASELI  
 Propietario / Productor : ROJAS DIAZ XIOMARA ARASELI  
 Dirección del cliente : AV. VENUS. LT 19. MZ L - SATELITE  
 Solicitado por : Nestor Francisco Arzapalo Quiroz  
 Muestreado por : Cliente (\*)  
 Número de muestra(s) : 6  
 Producto declarado : Suelo Agrícola (SU)  
 Presentación de las muestras(s) : Bolsas de plástico oscura  
 Referencia del muestreo : Reservado por el Cliente (\*)  
 Procedencia de muestra(s) : Pichanaki-Chanchamayo- Junin  
 Fecha(s) de muestreo : 25.08.2022 (\*)  
 Fecha de recepción de muestra(s) : 19.09.2022  
 Lugar de ensayo : LABSAF Pichanaki  
 Fecha(s) de análisis : del 19/09/2022 al 04/10/2022  
 Cotización del servicio : 094-22-PI  
 Fecha de emisión : 14.11.2022

#### II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
<b>Código de Laboratorio</b>	SU467 - PI - 22	SU468 - PI - 22	SU469 - PI - 22	SU470 - PI - 22	SU471 - PI - 22	SU472 - PI - 22
<b>Matriz Analizada</b>	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
<b>Fecha de Muestreo</b>	25/08/2022	25/08/2022	25/08/2022	25/08/2022	25/08/2022	25/08/2022
<b>Hora de Inicio de Muestreo (h)</b>	No proporcionado por el cliente	No proporcionado por el cliente	No proporcionado por el cliente	No proporcionado por el cliente	No proporcionado por el cliente	No proporcionado por el cliente
<b>Condición de la muestra</b>	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada
<b>Código/Identificación de la Muestra por el Cliente</b>	PORCELANA-Muestra 01 PROFUNDIDAD 10 cm	PORCELANA-Muestra 01 PROFUNDIDAD 30 cm	PORCELANA-Muestra 01 PROFUNDIDAD 20 cm	EET-228-Muestra 03 PROFUNDIDAD 10 cm	EET-228-Muestra 03 PROFUNDIDAD 20 cm	EET-228-Muestra 03 PROFUNDIDAD 30 cm
<b>Ensayo</b>	<b>Unidad</b>	<b>LC</b>	<b>RESULTADOS</b>			
<b>Análisis de Metales</b>						
Cadmio (Cd)	mg kg <sup>-1</sup>	--	0,18	0,18	0,19	0,19

#### III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
Cadmio total en suelo y cacao (granos de cacao)	EPA Method 3050B: Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils. Digestion via húmedas y técnica de absorción atómica.
Cadmio en cacao (granos de cacao)	Digestion via húmedas y técnica de absorción atómica

#### IV. CONSIDERACIONES

- Estado en las que ingresaron las muestras : Conservada, buenas condiciones.
- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
- (\*) Este dato ha sido proporcionado por el cliente, por lo que el laboratorio no es responsable de dicha información.

#### V. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO

- El presente Informe de ensayo ha sido autorizado por: ELVIS OTTOS DIAZ - Responsable del laboratorio del LABSAF PICHANAKI.

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA  
 EEA - PICHANAKI  
  
 Ing. Tatiana Torres  
 DIRECTORA

Directora de la Estación Experimental Agraria Pichanaki  
 FIN DE INFORME DE ENSAYO

## INFORME DE ENSAYO

### N° 11234-22/SU/PICHANAKI

#### I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : ROJAS DIAZ XIOMARA ARASELI  
 Propietario / Productor : ROJAS DIAZ XIOMARA ARASELI  
 Dirección del cliente : AV. VENUS. LT 19. MZ L - SATELITE  
 Solicitado por : Nestor Francisco Arzapalo Quiroz  
 Muestreado por : Cliente (\*)  
 Número de muestra(s) : 6  
 Producto declarado : Suelo Agrícola (SU)  
 Presentación de las muestras(s) : Bolsas de plástico oscura  
 Referencia del muestreo : Reservado por el Cliente (\*)  
 Procedencia de muestra(s) : Pichanaki-Chanchamayo- Junin  
 Fecha(s) de muestreo : 25.08.2022 (\*)  
 Fecha de recepción de muestra(s) : 19.09.2022  
 Lugar de ensayo : LABSAF Pichanaki  
 Fecha(s) de análisis : del 19/09/2022 al 04/10/2022  
 Cotización del servicio : 094-22-PI  
 Fecha de emisión : 14.11.2022

#### II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
<b>Código de Laboratorio</b>	SU473 - PI - 22	SU474 - PI - 22	SU475 - PI - 22	SU476 - PI - 22	SU477 - PI - 22	SU478 - PI - 22
<b>Matriz Analizada</b>	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
<b>Fecha de Muestreo</b>	25/08/2022	25/08/2022	25/08/2022	25/08/2022	25/08/2022	25/08/2022
<b>Hora de Inicio de Muestreo (h)</b>	No proporcionado por el cliente	No proporcionado por el cliente	No proporcionado por el cliente	No proporcionado por el cliente	No proporcionado por el cliente	No proporcionado por el cliente
<b>Condición de la muestra</b>	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada
<b>Código/Identificación de la Muestra por el Cliente</b>	PORCELANA-Muestra 02 PROFUNDIDAD 20 cm	PORCELANA-Muestra 02 PROFUNDIDAD 10 cm	PORCELANA-Muestra 02 PROFUNDIDAD 30 cm	CCN-51 Muestra 02 PROFUNDIDAD 10 cm	CCN-51-Muestra 02 PROFUNDIDAD 20 cm	CCN-51-Muestra 02 PROFUNDIDAD 30 cm
<b>Ensayo</b>	<b>Unidad</b>	<b>LC</b>	<b>RESULTADOS</b>			
<b>Análisis de Metales</b>						
Cadmio (Cd)	mg kg <sup>-1</sup>	--	0,20	0,21	0,20	0,21

#### III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
Cadmio total en suelo y cacao (granos de cacao)	EPA Method 3050B: Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils. Digestion via humedas y tecnica de absorcion atomica-
Cadmio en cacao (granos de cacao)	Digestion via humedas y tecnica de absorcion atomica

#### IV. CONSIDERACIONES

- Estado en las que ingresaron las muestras : Conservada, buenas condiciones.
- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
- (\*) Este dato ha sido proporcionado por el cliente, por lo que el laboratorio no es responsable de dicha información.

#### V. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO

- El presente Informe de ensayo ha sido autorizado por: ELVIS OTTOS DIAZ - Responsable del laboratorio del LABSAF PICHANAKI.

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA  
 ECA - PICHANAKI  
  
 Ing. Elvís Ottos Díaz Torres  
 DIRECTORA

Directora de la Estación Experimental Agraria Pichanaki

FIN DE INFORME DE ENSAYO



## INFORME DE ENSAYO

### N° 11235-22/SU/PICHANAKI

#### I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : ROJAS DIAZ XIOMARA ARASELI  
 Propietario / Productor : ROJAS DIAZ XIOMARA ARASELI  
 Dirección del cliente : AV. VENUS. LT 19. MZ L - SATELITE  
 Solicitado por : Nestor Francisco Arzapalo Quiroz  
 Muestreado por : Cliente (\*)  
 Número de muestra(s) : 6  
 Producto declarado : Suelo Agrícola (SU)  
 Presentación de las muestras(s) : Bolsas de plástico oscura  
 Referencia del muestreo : Reservado por el Cliente (\*)  
 Procedencia de muestra(s) : Pichanaki-Chanchamayo- Junin  
 Fecha(s) de muestreo : 25.08.2022 (\*)  
 Fecha de recepción de muestra(s) : 19.09.2022  
 Lugar de ensayo : LABSAF Pichanaki  
 Fecha(s) de análisis : del 19/09/2022 al 04/10/2022  
 Cotización del servicio : 094-22-PI  
 Fecha de emisión : 14.11.2022

#### II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
<b>Código de Laboratorio</b>	SU479 - PI - 22	SU480 - PI - 22	SU481 - PI - 22	SU482 - PI - 22	SU483 - PI - 22	SU484 - PI - 22
<b>Matriz Analizada</b>	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
<b>Fecha de Muestreo</b>	25/08/2022	25/08/2022	25/08/2022	25/08/2022	25/08/2022	25/08/2022
<b>Hora de Inicio de Muestreo (h)</b>	No proporcionado por el cliente	No proporcionado por el cliente	No proporcionado por el cliente	No proporcionado por el cliente	No proporcionado por el cliente	No proporcionado por el cliente
<b>Condición de la muestra</b>	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada
<b>Código/Identificación de la Muestra por el Cliente</b>	TSH-565-Muestra 02 PROFUNDIDAD 30 cm	TSH-565-Muestra 03 PROFUNDIDAD 30 cm	TSH-565-Muestra 03 PROFUNDIDAD 10 cm	TSH-565-Muestra 03 PROFUNDIDAD 20 cm	TSH-565-Muestra 02 PROFUNDIDAD 10 cm	TSH-565-Muestra 02 PROFUNDIDAD 20 cm
<b>Ensayo</b>	<b>Unidad</b>	<b>LC</b>	<b>RESULTADOS</b>			
<b>Análisis de Metales</b>						
Cadmio (Cd)	mg kg <sup>-1</sup>	--	0,22	0,23	0,23	0,23

#### III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
Cadmio total en suelo y cacao (granos de cacao)	EPA Method 3050B: Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils. Digestion via húmedas y técnica de absorción atómica-
Cadmio en cacao (granos de cacao)	Digestion via húmedas y técnica de absorción atómica

#### IV. CONSIDERACIONES

- Estado en las que ingresaron las muestras : Conservada, buenas condiciones.
- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
- (\*) Este dato ha sido proporcionado por el cliente, por lo que el laboratorio no es responsable de dicha información.

#### V. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO

- El presente informe de ensayo ha sido autorizado por: ELVIS OTTOS DIAZ - Responsable del laboratorio del LABSAF PICHANAKI.

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA  
 EEA - PICHANAKI  
  
 Ing. Hilda Mieres Torres  
 DIRECTORA

Directora de la Estación Experimental Agraria Pichanaki  
**FIN DE INFORME DE ENSAYO**

## INFORME DE ENSAYO

### N° 11236-22/SU/PICHANAKI

#### I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : ROJAS DIAZ XIOMARA ARASELI  
 Propietario / Productor : ROJAS DIAZ XIOMARA ARASELI  
 Dirección del cliente : AV. VENUS. LT 19. MZ L - SATELITE  
 Solicitado por : Nestor Francisco Arzapalo Quiroz  
 Muestreado por : Cliente (\*)  
 Número de muestra(s) : 6  
 Producto declarado : Suelo Agrícola (SU)  
 Presentación de las muestras(s) : Bolsas de plástico oscura  
 Referencia del muestreo : Reservado por el Cliente (\*)  
 Procedencia de muestra(s) : Pichanaki-Chanchamayo- Junin  
 Fecha(s) de muestreo : 25.08.2022 (\*)  
 Fecha de recepción de muestra(s) : 19.09.2022  
 Lugar de ensayo : LABSAF Pichanaki  
 Fecha(s) de análisis : del 19/09/2022 al 04/10/2022  
 Cotización del servicio : 094-22-PI  
 Fecha de emisión : 14.11.2022

#### II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6		
<b>Código de Laboratorio</b>	SU485 - PI - 22	SU486 - PI - 22	SU487 - PI - 22	SU488 - PI - 22	SU489 - PI - 22	SU490 - PI - 22		
<b>Matriz Analizada</b>	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo		
<b>Fecha de Muestreo</b>	25/08/2022	25/08/2022	25/08/2022	25/08/2022	25/08/2022	25/08/2022		
<b>Hora de Inicio de Muestreo (h)</b>	No proporcionado por el cliente	No proporcionado por el cliente	No proporcionado por el cliente	No proporcionado por el cliente	No proporcionado por el cliente	No proporcionado por el cliente		
<b>Condición de la muestra</b>	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada		
<b>Código/Identificación de la Muestra por el Cliente</b>	EET-228-Muestra 02 PROFUNDIDAD 30 cm	EET-228-Muestra 02 PROFUNDIDAD 20 cm	EET-228-Muestra 02 PROFUNDIDAD 10 cm	CCN-51-Muestra 03 PROFUNDIDAD 30 cm	CCN-51-Muestra 03 PROFUNDIDAD 20 cm	CCN-51-Muestra 03 PROFUNDIDAD 10 cm		
<b>Ensayo</b>	<b>Unidad</b>	<b>LC</b>	<b>RESULTADOS</b>					
<b>Análisis de Metales</b>								
Cadmio (Cd)	mg kg <sup>-1</sup>	--	0,23	0,24	0,24	0,23	0,23	0,25

#### III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
Cadmio total en suelo y cacao (granos de cacao)	EPA Method 3050B: Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils. Digestion via húmedas y técnica de absorción atómica.
Cadmio en cacao (granos de cacao)	Digestion via húmedas y técnica de absorción atómica

#### IV. CONSIDERACIONES

- Estado en las que ingresaron las muestras : Conservada, buenas condiciones.
- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
- (\*) Este dato ha sido proporcionado por el cliente, por lo que el laboratorio no es responsable de dicha información.

#### V. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO

- El presente Informe de ensayo ha sido autorizado por: ELVIS OTTOS DIAZ - Responsable del laboratorio del LABSAF PICHANAKI.

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA  
 EEA - PICHANAKI  
  
 Ing. Elvis Ottos Torres  
 DIRECTORA

Directora de la Estación Experimental Agraria Pichanaki

FIN DE INFORME DE ENSAYO

## INFORME DE ENSAYO

### N° 11237-22/SU/PICHANAKI

#### I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : ROJAS DIAZ XIOMARA ARASELI  
 Propietario / Productor : ROJAS DIAZ XIOMARA ARASELI  
 Dirección del cliente : AV. VENUS. LT 19. MZ L - SATELITE  
 Solicitado por : Nestor Francisco Arzapalo Quiroz  
 Muestreado por : Cliente (\*)  
 Número de muestra(s) : 6  
 Producto declarado : Suelo Agrícola (SU)  
 Presentación de las muestras(s) : Bolsas de plástico oscura  
 Referencia del muestreo : Reservado por el Cliente (\*)  
 Procedencia de muestra(s) : Pichanaki-Chanchamayo- Junin  
 Fecha(s) de muestreo : 25.08.2022 (\*)  
 Fecha de recepción de muestra(s) : 19.09.2022  
 Lugar de ensayo : LABSAF Pichanaki  
 Fecha(s) de análisis : del 19/09/2022 al 04/10/2022  
 Cotización del servicio : 094-22-PI  
 Fecha de emisión : 14.11.2022

#### II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
<b>Código de Laboratorio</b>	SU491 - PI - 22	SU492 - PI - 22	SU493 - PI - 22	SU494 - PI - 22	SU495 - PI - 22	SU496 - PI - 22
<b>Matriz Analizada</b>	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
<b>Fecha de Muestreo</b>	25/08/2022	25/08/2022	25/08/2022	25/08/2022	25/08/2022	25/08/2022
<b>Hora de Inicio de Muestreo (h)</b>	No proporcionado por el cliente	No proporcionado por el cliente	No proporcionado por el cliente	No proporcionado por el cliente	No proporcionado por el cliente	No proporcionado por el cliente
<b>Condición de la muestra</b>	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada
<b>Código/Identificación de la Muestra por el Cliente</b>	PORCELANA-Muestra 03 PROFUNDIDAD 20 cm	PORCELANA-Muestra 03 PROFUNDIDAD 30 cm	PORCELANA-Muestra 03 PROFUNDIDAD 10 cm	EET-228-Muestra 01 PROFUNDIDAD 10 cm	EET-228-Muestra 01 PROFUNDIDAD 20 cm	EET-228-Muestra 01 PROFUNDIDAD 30 cm
<b>Ensayo</b>	<b>Unidad</b>	<b>LC</b>	<b>RESULTADOS</b>			
<b>Análisis de Metales</b>						
Cadmio (Cd)	mg kg <sup>-1</sup>	--	0,24	0,24	0,25	0,25

#### III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
Cadmio total en suelo y cacao (granos de cacao)	EPA Method 3050B: Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils. Digestion via húmedas y técnica de absorción atómica.
Cadmio en cacao (granos de cacao)	Digestion via húmedas y técnica de absorción atómica

#### IV. CONSIDERACIONES

- Estado en las que ingresaron las muestras : Conservada, buenas condiciones.
- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
- (\*) Este dato ha sido proporcionado por el cliente, por lo que el laboratorio no es responsable de dicha información.

#### V. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO

- El presente Informe de ensayo ha sido autorizado por: ELVIS OTTOS DIAZ - Responsable del laboratorio del LABSAF PICHANAKI.

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA  
 EEA - PICHANAKI  
  
 Ing. Elvis Ottos Torres  
 DIRECTORA

Directora de la Estacion Experimental Agraria Pichanaki  
**FIN DE INFORME DE ENSAYO**

## Apéndice 4

Resultados de las muestras de almendras de cacao obtenidas del espectrofotómetro de absorción atómica.

ITEM	1	2	3	4	5	6		
Código de Laboratorio	FO290-PI-22	FO291-PI-22	FO292-PI-22	FO293-PI-22	FO294-PI-22	FO295-PI-22		
Matriz Analizada	FOLIAR	FOLIAR	FOLIAR	FOLIAR	FOLIAR	FOLIAR		
Fecha de Muestreo	05.08.2022	05.08.2022	05.08.2022	05.08.2022	05.08.2022	05.08.2022		
Hora de Inicio de Muestreo (h)	No proporcionado por el cliente	No proporcionado por el cliente	No proporcionado por el cliente	No proporcionado por el cliente	No proporcionado por el cliente	No proporcionado por el cliente		
Condición de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada		
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	TSH-565 - Muestra 01: Almendra de cacao	TSH-565 - Muestra 02: Almendra de cacao	TSH-565 - Muestra 03: Almendra de cacao	EET-228 - Muestra 01: Almendra de cacao	EET-228 - Muestra 02: Almendra de cacao	EET-228 - Muestra 03: Almendra de cacao		
Ensayo	Unidad	LC	RESULTADOS					
Análisis de metales								
Cadmio (Cd) total	mg/kg	--	0,950	0,989	0,928	1,078	0,970	0,948

### III. METODOLOGÍA DE ENSAYO


ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
Cadmio en cacao (granos de cacao)	Digestion via humedas y tecnica de absorcion atomica

### IV. CONSIDERACIONES

- Estado en las que ingreso la Muestras: Buenas Condiciones de almacenamiento
- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los Items sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
- (\*) Este dato ha sido proporcionado por el cliente, por lo que el laboratorio no es responsable de dicha información.

### V. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO

- El presente Informe de ensayo ha sido autorizado por: ELVIS OTTOS DIAZ - Responsable del laboratorio del LABSAF PICHANAKI.

  
Ing. Hilda Flores Torres  
DIRECTORA

Directora de la Estacion Experimental Agraria Pichanaki  
FIN DE INFORME DE ENSAYO

LABSAF Pichanaki  
Dirección: Carretera Marginal Km 74 - Pichanaki - Chanchamayo  
labsafpichanaki@inia.gov.pe

Página 1 de 1 F-46 / Ver.03

## **INFORME DE ENSAYO** **N° 11231-22/FO/PICHANAKI**

### I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : ROJAS DIAZ XIOMARA ARASELI  
 Propietario / Productor : ROJAS DIAZ XIOMARA ARASELI  
 Dirección del cliente : AV. VENUS. LT 19. MZ L - SATELITE  
 Solicitado por : Nestor Francisco Arzapalo Quiroz  
 Muestreado por : Cliente (\*)  
 Número de muestra(s) : 6  
 Producto declarado : Almendra de cacao (FO)  
 Presentación de las muestras(s) : Bolsas de plástico oscura  
 Referencia del muestreo : Reservado por el Cliente (\*)  
 Procedencia de muestra(s) : Pichanaki-Chanchamayo- Junin  
 Fecha(s) de muestreo : 05.08.2022 (\*)  
 Fecha de recepción de muestra(s) : 19.09.2022  
 Lugar de ensayo : LABSAF Pichanaki  
 Fecha(s) de análisis : del 19/09/2022 al 04/10/2022  
 Cotización del servicio : 094-22-PI  
 Fecha de emisión : 14.11.2022

### II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6		
<b>Código de Laboratorio</b>	FO290-PI-22	FO291-PI-22	FO292-PI-22	FO293-PI-22	FO294-PI-22	FO295-PI-22		
<b>Matriz Analizada</b>	FOLIAR	FOLIAR	FOLIAR	FOLIAR	FOLIAR	FOLIAR		
<b>Fecha de Muestreo</b>	05.08.2022	05.08.2022	05.08.2022	05.08.2022	05.08.2022	05.08.2022		
<b>Hora de Inicio de Muestreo (h)</b>	No proporcionado por el cliente	No proporcionado por el cliente	No proporcionado por el cliente	No proporcionado por el cliente	No proporcionado por el cliente	No proporcionado por el cliente		
<b>Condición de la muestra</b>	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada		
<b>Código/Identificación de la Muestra por el Cliente</b>	CCN-51 - Muestra 01, Almendra de cacao	PORCELANA Muestra 01, Almendra de cacao	CCN-51 - Muestra 02, Almendra de cacao	PORCELANA Muestra 03, Almendra de cacao	PORCELANA Muestra 02, Almendra de cacao	CCN-51 - Muestra 03, Almendra de cacao		
<b>Ensayo</b>	<b>Unidad</b>	<b>LC</b>	<b>RESULTADOS</b>					
<b>Análisis de metales</b>								
Cadmio (Cd) total	mg/kg	--	0,954	0,969	1,005	0,985	0,995	1,015

### III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
Cadmio en cacao (granos de cacao)	Digestion via humedas y tecnica de absorcion atomica

### IV. CONSIDERACIONES

- Estado en las que ingreso la Muestras: Buenas Condiciones de almacenamiento
- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los Items sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
- (\*) Este dato ha sido proporcionado por el cliente, por lo que el laboratorio no es responsable de dicha información.

### V. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO

- El presente Informe de ensayo ha sido autorizado por: ELVIS OTTOS DIAZ - Responsable del laboratorio del LABSAF PICHANAKI.

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA  
 EEA - PICHANAKI  
  
 Ing. Itata MORALES TORRES  
 DIRECTORA

Directora de la Estacion Experimental Agraria Pichanaki  
**FIN DE INFORME DE ENSAYO**

## Apéndice 5

Resultados de análisis de concentración de cadmio en suelo y almendra durante el año 2021 en el laboratorio de la Universidad Nacional Agraria la Molina.

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</b> FACULTAD DE AGRONOMIA LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES															
<b>INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO</b>																
SOLICITANTE	:	ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGRARIA SANTA ANA JUNÍN														
PROCEDENCIA	:	JUNÍN/ CHANCHAMAYO/ PICHANAKI														
REFERENCIA	:	H.R. 75736														
FACTURA	:	8243														
FECHA	:	20/12/2021														
<table border="1"><thead><tr><th colspan="2">Número Muestra</th><th rowspan="2">Cd* ppm</th></tr><tr><th>Lab</th><th>Claves</th></tr></thead><tbody><tr><td>3026</td><td>Muestra M1 L3</td><td>0.11</td></tr><tr><td>3027</td><td>Muestra M2 L3</td><td>0.09</td></tr><tr><td>3028</td><td>Muestra M3 L3</td><td>0.08</td></tr></tbody></table>			Número Muestra		Cd* ppm	Lab	Claves	3026	Muestra M1 L3	0.11	3027	Muestra M2 L3	0.09	3028	Muestra M3 L3	0.08
Número Muestra		Cd* ppm														
Lab	Claves															
3026	Muestra M1 L3	0.11														
3027	Muestra M2 L3	0.09														
3028	Muestra M3 L3	0.08														
* Edta Titriplex 0.5 M pH 7																
		 Constantino Calderón Mendoza Jefe del Laboratorio														



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




## INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGRARIA SANTA ANA - JUNÍN  
PROCEDENCIA : JUNÍN/ CHANCHAMAYO/ PICHANAKI  
MUESTRA : GRANOS DE CACAO  
REFERENCIA : H.R. 75737  
FACTURA : 8243  
FECHA : 2/12/2021




N. Lab.	CLAVE DE CAMPO	Cd ppm
2550	CCN-51	0.47
2551	H-58	0.43
2552	PORCELA	0.31



  
Constantino Calderón Mendoza  
Jefe de Laboratorio

## Apéndice 6


Resultados de análisis de concentración de cadmio en suelo y almendra durante el año 2021.






**ANÁLISIS DE METALES PESADOS EN SUELO Y SEMILLAS DE CACAO**

Solicitante: EEA-Pichanali  
 Localidad: Luján  
 Departamento: Orión/Panamá  
 Provincia: Pichanali  
 Distrito: Pichanali

Codigo		Núcleo en núcleo de cacao (en table polifonal)	Grasa de cacao (mulsion sin leche) de la parcela polifonal	Detos de campo	
				Profundidad de muestreo	Altitud (masen)
Lab.	Campo	Cadmio extractable en EDTA 0.5 N, pH 7. Determinación por EAA	Digestion humada en acido nítrico : perclorico (3/1). Determinación por EAAP		
		Cd (ppm)	Cd (ppm)		
SC-145-2021	ICS-1: M1L1	0.132	--	--	--
SC-146-2021	ICS-1: M1L1	0.136	--	--	--
SC-147-2021	ICS-1: M2L1	0.144	--	--	--
SC-148-2021	ICS-1: M2L1	0.130	--	--	--
SC-149-2021	EET-228: M1L2	0.116	--	--	--
SC-180-2021	EET-228: M2L2	0.08	--	--	--
SC-181-2021	EET-228: M2L2	0.078	--	--	--
SC-192-2021	EET-228: M2L2	0.068	--	--	--
SC-193-2021	PORCELANA-M2L3	0.132	--	--	--
SC-194-2021	PORCELANA-M2L3	0.090	--	--	--
SC-195-2021	PORCELANA-M2L3	0.082	--	--	--
SC-196-2021	PORCELANA-M2L3	0.083	--	--	--
SC-197-2021	CCM-61	--	0.434	--	--
SC-198-2021	CCM-61	--	0.459	--	--
SC-199-2021	SC-8	--	0.359	--	--
SC-199-2021	H-50	--	0.234	--	--
SC-191-2021	H-50	--	0.218	--	--
SC-192-2021	M2C-47	--	0.509	--	--
SC-193-2021	ICS-60	--	0.472	--	--
SC-194-2021	T2H-98	--	0.486	--	--
SC-195-2021	IAC-1	--	0.486	--	--
SC-196-2021	ICS-1	--	0.487	--	--
SC-197-2021	SC-6	--	0.458	--	--
SC-198-2021	EET-228	--	0.334	--	--
SC-199-2021	PORCELANA	--	0.399	--	--
SC-170-2021	ICS-38	--	0.422	--	--



  
 Ing. M.Sc. Elio (Xim) Diaz



## Apéndice 7

Resultados de evaluación sensorial durante el año 2021.



PERÚ

Ministerio  
de la Producción



CITE agroindustrial

Oxapampa

### d) RESULTADOS DE LA EVALUACION SENSORIAL:

Los resultados de la Evaluación Sensorial fueron aplicados mediante la Ficha de Catación, detallando lo siguiente:


CATEGORIA	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4
CODIGO	CCN - 51 (11)	ICS - 60 (4)	SC - 6 (5)	ICS - 6 (1)
<b>Aroma</b>	Apenas detectable a chocolate	Apenas detectable a chocolate	Apenas detectable a chocolate	Apenas detectable a chocolate
<b>Acidez</b>	No presenta	No presenta	No presenta	Apenas detectable
<b>Amargor</b>	Amargo intenso (aspirina)	Amargo intenso (aspirina)	Amargo intenso (aspirina)	Amargo intenso (aspirina)
<b>Astringencia</b>	Presente	Presente	Dominante	Presente
<b>Defectos</b>	Crudo, tierra	Crudo	Crudo, tierra	Crudo, tierra
<b>Sabor</b>	Cacao, almendras	Cacao, almendras, nueces	Cacao, nueces, frutos secos	Cacao, nueces
<b>PUNTAJE final</b>	<b>42</b>	<b>56</b>	<b>56</b>	<b>49</b>
<b>Comentarios</b>	Muestras amargas, astringentes sin atributo particular. Con presencia de granos violetas y pizarros.	Muestras amargas, astringentes sin atributo particular. Con presencia de granos violetas y pizarros.	Muestras amargas, astringentes sin atributo particular. Con presencia de granos violetas y pizarros.	Muestras amargas, astringentes sin atributo particular. Con presencia de granos violetas y pizarros.



CATEGORIA	MUESTRA 5	MUESTRA 6	MUESTRA 7	MUESTRA 8
<b>CODIGO</b>	<b>IAC - 1</b> (14)	<b>PORCELANA</b> (15)	<b>EET - 228</b> (16)	<b>TSH - 565</b> (7)
<b>Aroma</b>	Ausente	Presente	Apenas detectable a chocolate	Presente
<b>Acidez</b>	No presenta	No presenta	No presenta	Apenas detectable
<b>Amargor</b>	Extremo	Extremo	Dominante (aspirina)	Característica de la muestra
<b>Astringencia</b>	Dominante	Presente	Presente	Presente
<b>Defectos</b>	Crudo, tierra	Crudo, tierra	Crudo, tierra	Crudo, tierra
<b>Sabor</b>	cacao	cacao	Cacao, nueces	Cacao, nueces, almendras
<b>PUNTAJE final</b>	<b>40</b>	<b>47</b>	<b>53</b>	<b>65</b>
<b>Comentarios</b>	Muestras amargas, astringentes sin atributo particular. Con presencia de granos violetas y pizarros.	Muestras amargas, astringentes sin atributo particular. Con presencia de granos violetas y pizarros.	Muestras amargas, astringentes sin atributo particular. Con presencia de granos violetas y pizarros.	Muestras con acidez apenas detectable, presencia de astringencia con sabor a nueces y almendras. Con presencia de granos violetas, granos mezclados (prueba de corte).

## Apéndice 8

Resultados de análisis de concentración de cadmio en suelo y almendra durante el año 2020.



# Laboratorio de Análisis de Suelos y Agua

## LASA TINGO MARÍA

---

**SOLICITANTE** : ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGRARIA – PICHANAKI

**REFERENCIA** : PROGRAMA NACIONAL DEL CAFÉ – CACAO – EEA-PICHANAKI

**RESPONSABLE** : Ing. ITNAN OSCCO MEDINA

**ANÁLISIS** : CARACTERIZACIÓN DE SUELOS Y CADMIO DISPONIBLE

**LUGAR** : PICHANAKI

**COD. LAB.** : 3386-3387


---

**INFORME DE ANÁLISIS DE CARÁCTERIZACIÓN DE SUELO Y CADMIO DISPONIBLE**


Código Laboratorio	ANÁLISIS MECÁNICO				pH	C.E.	CaCO <sub>3</sub>	M.O.	N	P	K	Cd	CIC	CATIONES CAMBIABLES						CICe	Bases Camb.	Acidez Camb.	Sat. Al
	Arcilla	Limo	Arena	Clase Textural										Ca	Mg	K	Na	Al	H				
	%	%	%											(meq/100g)									
3386	47	9	44	Franco	4.60	--	--	3.74	0.17	9.75	78	0.011	--	4.12	0.40	--	--	1.54	0.22	6.28	71.97	28.03	24.52
3387	55	7	38	Franco Arenoso	5.03	--	--	2.30	0.10	7.76	111	0.044	--	6.25	0.63	--	--	0.86	0.04	7.78	88.43	11.57	11.05


Muestreado por el interesado.

Tingo María, 20 de Octubre del 2020



**Dr. José Wilfredo Zavala Solórzano**  
JEFE DE LABORATORIO





**Ing. Agr. Daniel André Ariza Sabino**  
REPRESENTANTE LEGAL

Tingo María: Asunción Saldaña Lt 34  
 Teléfono de consultas: #999250084, #988094215  
 Correo: lasatingomaria@gmail.com



**LASA TINGO MARÍA**  
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUA

SOLICITANTE : ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGRARIA – PICHANAKI  
REFERENCIA : PROGRAMA NACIONAL DEL CAFÉ – CACAO – EEA-PICHANAKI  
RESPONSABLE : Ing. ITNAN OSCCO MEDINA

ANÁLISIS : CD EN GRANOS DE CACAO  
LUGAR : PICHANAKI

**INFORME DE ANÁLISIS DE CADMIO EN GRANOS DE CACAO**

CÓDIGO DE LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	RESULTADO	UNIDAD	TÉCNICA
3362	ICS-6	0.87	ppm	FAAS
3363	ICS-1	0.18	ppm	FAAS
3364	IMC-67	0.83	ppm	FAAS
3365	ICS-60	0.18	ppm	FAAS
3366	SC-6	0.14	ppm	FAAS
3367	ICS-39	0.10	ppm	FAAS
3368	TSH-565	0.13	ppm	FAAS
3369	EET-228	0.12	ppm	FAAS
3370	H-58	0.11	ppm	FAAS
3371	CCN-51	0.14	ppm	FAAS
3372	IAC-1	0.10	ppm	FAAS
3373	PORCELANA	0.06	ppm	FAAS

Muestreado por el interesado.

Tingo María, 20 de Octubre del 2020

DONDE:

ppm: mg/Kg

FAAS: Espectrometría de Absorción Atómica por Llama

Dr. José Wilfredo Zavala Solórzano  
JEFE DE LABORATORIO



Ing. Agr. Daniel André Ariza Sabino  
REPRESENTANTE LEGAL

Tingo María: Asunción Saldaña Lt 34  
Teléfono de consultas: #999250084, #988094215  
Correo: lasatingomaria@gmail.com

## Apéndice 9

Ficha de registro de información para muestreo de suelos cacaoteros (MINAGRI, 2019).



PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego

Dirección General Agrícola

### ANEXO FICHA DE REGISTRO DE INFORMACION DEL MUESTREO DE CADMIO EN SUELOS DE ZONAS CACAOTERAS

#### 1. Ubicación geográfica del predio de cacao

Departamento:	Coordenadas geográficas UTM	
Provincia	X:	Y:
Distrito	Relieve	
Comunidad	Erosión	
Altitud	drenaje	

#### 2. Datos de la muestra

Profundidad de muestreo	
Color	
Características organolépticas	
Textura	
Consistencia	
estructura	
Humedad	
Cantidad de muestra	
Área del predio a muestrear	
Número de puntos de muestreo por predio	
Numero de sub muestras	
Numero de muestras compuestas	



#### 3. Fecha

#### 4. Nombre del muestreador:

#### 5. Material cartográfico utilizado:

#### 6. Sistema de producción de cacao:

- Monocultivo..... variedad.....
- Sistema agroforestal: variedades de cacao.....
- Árboles del sistema agroforestal
- Cacao orgánico -----
- Cacao convencional.....
- Cacao nativo.....

#### 7. uso de fertilizantes:

#### 8. uso de enmiendas

#### 9. vías de acceso



Av. La Universidad N° 200 - La Molina - Lima  
T: (511) 209-8600  
www.minagri.gob.pe