

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA**



Efecto del abono orgánico en la absorción de cadmio en clones de cacao (*Theobroma cacao* L.), en la región San Martín

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

**AUTORA**

Roxana Jacqueline Ramos Huamán

**ASESOR**

Geomar Vallejos Torres

Rioja, Perú

2021

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 022 - 2021/UCSS/FIA/DI

Siendo las 04:00 p. m. del día 13 de julio de 2021 - Universidad Católica Sedes Sapientiae, el Jurado de Tesis, integrado por:

- |                                |                 |
|--------------------------------|-----------------|
| 1. José Luis Rodríguez Núñez   | presidente      |
| 2. Fredy Román Paredes Aguirre | primer Miembro  |
| 3. Alejandro Ruiz Janje        | segundo Miembro |
| 4. Geomar Vallejos Torres      | asesor          |

Se reunieron para la sustentación de la tesis titulada **Efecto del abono orgánico en la absorción de cadmio en clones de cacao (*Theobroma cacao* L.), en la región San Martín** que presenta la bachiller en Ciencias Ambientales, **Roxana Jacqueline Ramos Huamán** 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 Ingeniería Agraria, a fin de que se declare **EXPEDITA** para conferirle el **TÍTULO** de **INGENIERO AMBIENTAL**.

Lima, 13 de julio de 2021.



José Luis Rodríguez Núñez  
PRESIDENTE



Fredy Román Paredes Aguirre  
1° MIEMBRO



Alejandro Ruiz Janje  
2° MIEMBRO



Geomar Vallejos Torres  
ASESOR

## **Dedicatoria**

A mi mamá, hermano y toda mi familia, quiénes con su paciencia y dedicación me dieron las fuerzas y apoyo incondicional para cumplir con mis metas trazadas, y de la misma manera fueron mi soporte y motivo para seguir adelante.

A Richard con mucho amor y gratitud.

## **Agradecimiento**

La Universidad Católica Sedes Sapientiae reconoce el apoyo financiero del proyecto CONCYTEC – Banco Mundial “Mejoramiento y Ampliación de los Servicios del Sistema Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación Tecnológica” 8682-PE, a través de su unidad ejecutora FONDECYT, en el marco de las actividades del proyecto “Biorremediación con micorrizas arbusculares nativas en el control del cadmio de clones de *Theobroma cacao* como estrategia sostenible a la seguridad alimentaria ecológica en la amazonia peruana” con Contrato 105-2018-FONDECYT – BM – IADT – AV.

A mi asesor por su apoyo en las orientaciones científicas, dirección, monitoreo, seguimiento y revisiones al presente estudio de tesis.

# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Índice general .....	v
Índice de tablas .....	vii
Índice de figuras .....	viii
Índice de apéndice .....	x
Resumen .....	xii
Abstract.....	xiii
Introducción.....	1
Objetivos.....	2
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO .....	3
1.1. Antecedentes.....	3
1.1.1. Internacional.....	3
1.1.2. Nacional .....	5
1.1.3. Regional .....	8
1.2. Bases teóricas especializadas .....	8
1.2.1. Abono orgánico .....	8
1.2.2. Compost.....	10
1.2.3. Cadmio .....	11
1.2.4. El cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.).....	13
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS .....	16
2.1. Diseño de la investigación.....	16
2.2. Lugar y fecha.....	16
2.3. Descripción del experimento .....	18
2.4. Tratamientos .....	29
2.5. Unidades experimentales.....	30
2.6. Identificación de las variables y su mensuración .....	30
2.7. Diseño estadístico del experimento .....	31
2.8. Análisis estadístico de datos.....	32

2.9. Materiales .....	32
CAPÍTULO III: RESULTADOS .....	33
3.1. Características físico-químicas del suelo de las plantaciones de cacao, ICS y CCN..	33
3.1.1. Características físico-químicas del suelo antes de la aplicación del abono orgánico(compost).....	33
3.1.2. Características físico-químicas del suelo después de la aplicación del abono orgánico (compost).....	34
3.2. Concentración de cadmio en plantaciones de los clones ICS y CCN .....	34
3.2.1. Concentración de cadmio en hoja, suelo y fruto antes de la aplicación de abono orgánico en las plantaciones de CCN e ICS.....	35
3.2.2. Concentración de cadmio en hoja, suelo y grano después de la aplicación de abono orgánico en las plantaciones de CCN e ICS.....	366
3.3. Efecto de las dosis de abono orgánico y presencia del cadmio en clones de “cacao” ( <i>Theobroma cacao</i> L.).....	37
3.3.1. Concentración de cadmio en grano de cacao sin y con aplicación de compost (abono orgánico) en los clones CCN e ICS .....	37
3.3.2. Concentración de cadmio en suelos sin y con aplicación de compost (abono orgánico) en los clones CCN-51 e ICS-95.....	39
3.3.3. Concentración de cadmio en hojas de cacao sin y con aplicación de compost (abono orgánico) en los clones CCN e ICS .....	42
CAPÍTULO IV: DISCUSIONES .....	45
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES .....	50
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES .....	511
REFERENCIAS .....	522
TERMINOLOGÍA.....	599
APÉNDICES .....	611

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. <i>Zonificación clonal de acuerdo a la precipitación pluvial</i> .....	144
Tabla 2. <i>Métodos utilizados en laboratorio para realizar la caracterización</i> .....	296
Tabla 3. <i>Condiciones ambientales San Martín de Alao</i> .....	299
Tabla 4. <i>Condiciones ambientales Lamas</i> .....	299
Tabla 5. <i>Descripción de los tratamientos de estudio</i> .....	30
Tabla 6. <i>Distribución de tratamiento en el experimento</i> .....	311
Tabla 7. <i>Características físico-químicas del suelo antes de la aplicación del abono orgánico (compost)</i> .....	333
Tabla 8. <i>Características físico-químicas del suelo después de la aplicación del abono orgánico (compost)</i> .....	344
Tabla 9. <i>Concentración de cadmio en hoja, suelo y grano antes de la aplicación del abono orgánico (compost) en las plantaciones de CCN e ICS.</i> .....	355
Tabla 10. <i>Concentración de cadmio en hoja, suelo y grano después de la aplicación del abono orgánico (compost) en las plantaciones de CCN-51 e ICS-95</i> .....	366
Tabla 11. <i>Análisis de varianza de la concentración de cadmio en grano de cacao (ppm) después de la aplicación de compost en los clones ICS y CCN. Datos transformados Ln (x).</i> .....	377
Tabla 12. <i>Análisis de varianza para la concentración de cadmio en suelos (ppm) después de la aplicación de compost en los clones ICS-95 y CCN-51. Datos transformados Ln (x).</i> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 13. <i>Análisis de varianza para la concentración de cadmio en hojas de cacao (ppm) después de la aplicación de compost en los clones ICS y CCN Datos transformados Ln (x).</i> .....	422

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<i>Figura 1.</i> Mapa de ubicación geográfica del Centro Poblado San Juan de Talliquihui. .	177
<i>Figura 2.</i> Mapa de ubicación geográfica del centro poblado Pamashto. ....	188
<i>Figura 3.</i> Realizando el muestreo de suelo para determinar presencia de Cd en alguna de las parcelas. ....	199
<i>Figura 4.</i> Realizando el diagnóstico en la parcela de ICS-95. ....	199
<i>Figura 5.</i> A: Distribución de bloques y tratamientos parcela clon ICS-95, B: Etiquetado de los tratamientos, C: Distribución de bloques y tratamientos y etiquetado parcela clon CCN-51.....	20
<i>Figura 6.</i> Distribución de tratamientos y bloques de la parcela del Clon CCN-51.....	211
<i>Figura 7.</i> Distribución de tratamientos y bloques de la parcela del Clon ICS-95.....	211
<i>Figura 8.</i> Limpieza y poda de la parcela de CCN-51.....	222
<i>Figura 9.</i> Diagnóstico de producción (A: codificación del fruto, B: medida del tamaño del coco, C y D: medida del diámetro, E: conteo y peso en baba de la grano).....	22
	2
<i>Figura 10.</i> Muestreo foliar en la parcela del clon ICS-95.....	233
<i>Figura 11.</i> Proceso de muestreo de suelo: A) Cavado en “v”, B) Cortado y C) Codificado.....	244
<i>Figura 12.</i> Proceso en laboratorio: A) Homogenizado, B) Secado, C) Pesado y D) Codificado).....	244
<i>Figura 13.</i> A) Cosecha y codificado de la grano, B) Fermentación de la muestra y C) Secado de las muestras .....	266
<i>Figura 14.</i> A y B) Pesado de las dosis del abono orgánico (compost), C) Codificado del compost de acuerdo a la dosis.....	277
<i>Figura 15.</i> A y B) Aplicación del abono orgánico (compost) en cada planta de cada tratamiento del clon CCN-51, C y D) Aplicación del abono orgánico (compost) en cada planta de cada tratamiento del clon ICS-95.....	288
<i>Figura 16.</i> Prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ) para la concentración de Cd en grano de cacao (ppm) antes y después de la aplicación de compost en los clones ICS y CCN. ....	388

<i>Figura 17.</i> Prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ) para la concentración de Cd en suelos de cacao (ppm) antes y después de la aplicación de compost en los clones ICS y CCN.....	411
<i>Figura 18.</i> Prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ) para la concentración de Cd en hojas de cacao (ppm) antes y después de la aplicación de compost en los clones ICS y CCN.....	433

## ÍNDICE DE APÉNDICE

	<b>Pág.</b>
Apéndice 1. Análisis de suelo de las parcelas del clon ICS de la localidad de San Juan de Talliquihui para determinar si existe presencia de Cadmio.....	61
Apéndice 2. Análisis de suelo del del clon CCN de la localidad de Pamashto para determinar si existe presencia de Cadmio .....	62
Apéndice 3. Formato de diagnóstico de producción .....	633
Apéndice 4. Formato de consolidado de datos .....	644
Apéndice 5. Caracterización del suelo de la parcela del clon ICS antes de la aplicación del abono orgánico (compost) .....	655
Apéndice 6. Caracterización del suelo de la parcela del clon CCN antes de la aplicación del abono orgánico (compost) .....	666
Apéndice 7. Caracterización de suelo de la parcela del clon ICS después de la aplicación del abono orgánico (compost) .....	677
Apéndice 8. Caracterización de suelo de la parcela del clon CCN después de la aplicación del abono orgánico (compost).....	688
Apéndice 9. Análisis de cadmio en suelo de cada tratamiento antes de la aplicación del abono orgánico (compost) en la plantación de CCN.....	699
Apéndice 10. Análisis de cadmio en suelo de cada tratamiento antes de la aplicación del abono orgánico (compost) en la plantación de ICS.....	732
Apéndice 11. Análisis de cadmio en grano antes de la aplicación del abono orgánico (compost) en la plantación de CCN .....	776
Apéndice 12. Análisis de cadmio en grano de cada tratamiento antes de la aplicación del abono orgánico (compost) en la plantación de ICS.....	787
Apéndice 13. Análisis de cadmio en hoja de cada tratamiento antes de la aplicación del abono orgánico (compost) en la plantación de CCN.....	798
Apéndice 14. Análisis de cadmio en hoja de cada tratamiento antes de la aplicación del abono orgánico (compost) en la plantación de ICS.....	82
Apéndice 15. Análisis de cadmio en suelo de cada tratamiento después de la aplicación del abono orgánico (compost) en la plantación de CCN e ICS.....	876
Apéndice 16. Análisis de cadmio en hoja de cada tratamiento después de la aplicación del abono orgánico (compost) en la plantación de CCN e ICS.....	898

Apéndice 17. Análisis de cadmio en grano de cada tratamiento después de la aplicación del abono orgánico (compost) en la plantación de CCN e ICS .....	90
--	----

## RESUMEN

El cacao contaminado con cadmio (Cd) genera graves riesgos para la salud humana, esto ha causado la atención del mercado internacional, después de que la Unión Europea (UE) decidiera establecer valores tolerables para concentraciones de Cd en productos de cacao. En esta investigación se comprobó que la absorción de cadmio por el cacao no solo depende de una variedad de factores del suelo, sino también de factores de planta y manejo. Se evaluó la influencia del abono orgánico en la absorción de cadmio en clones de cacao en las provincias de Lamas y El Dorado, Perú, para cual se identificaron dos parcelas de cacao de los clones CCN (Colección Castro Naranjal) e ICS (Imperial College Selections) con presencia de cadmio. La investigación fue de tipo experimental con un diseño factorial de 4A X 2B, caracterizado por cuatro dosis de abono orgánico (compost) de 2000, 4000 y 6000 g y sin aplicación de compost (testigo) con clones de cacao (CCN y ISC). Asimismo, se realizó el análisis de varianza (ANOVA) al 5 % y una prueba de comparación de medias mediante la prueba de Tukey. Se evaluó el cadmio en el suelo, hojas y granos de cacao y las características fisicoquímicas del suelo después de la aplicación. Se tuvo el mejor resultado en el clon ICS, con aplicación de 4000 g de compost, obteniendo una reducción de cadmio de 24.32 % respecto al tratamiento control (testigo) y una reducción de 5.77 % para el clon CCN con aplicación de 6000 g de compost en comparación al testigo.

Las características fisicoquímicas, el clon y la dosis influyen de manera importante en la movilidad del Cadmio tanto en granos, hojas y suelo de las plantaciones cacaoteras. No obstante, las concentraciones no sobrepasan los límites máximos permisibles. Enfatizamos entonces que la aplicación de compost orgánico producido por los propios productores es la clave para la reducción del cadmio y la mejora del rendimiento de cacao en la región San Martín.

**Palabras clave:** cadmio, abono orgánico, cacao, compost.

## ABSTRACT

Cocoa contaminated with cadmium (Cd) generates serious risks for human health, this has caused the attention of the international market, after the European Union (EU) decided to establish tolerable values for concentrations of Cd in cocoa products. In this research it was found that the absorption of cadmium by cocoa not only depends on a variety of soil factors, but also on plant and management factors. The influence of organic fertilizer on the absorption of cadmium in cocoa clones in the provinces of Lamas and El Dorado, Peru, for which two cocoa plots of clones CCN (Castro Naranjal Collection) and ICS (Imperial Collage Selección) were identified with the presence of cadmium. The research was experimental with a factorial design of 4A X 2B, characterized by four doses of organic fertilizer (compost) of 2000, 4000 and 6000 g and without application of compost (control) with cocoa clones (CCN and ISC). Likewise, the analysis of variance (ANOVA) was performed at 5% and a test of comparison of means using the Tukey test. Cadmium in the soil, leaves and cocoa beans and the physicochemical characteristics of the soil after application were evaluated. The best result was obtained in the ICS clone, with the application of 4000 g of compost, obtaining a cadmium reduction of 24.32% compared to the control treatment (control) and a reduction of 5.77% for the CCN clone with the application of 6000 g of compost compared to the witness.

The physical-chemical characteristics, the clone and the dose have an important influence on the mobility of Cadmium both in grains, leaves and soil of cocoa plantations. However, the concentrations do not exceed the maximum permissible limits. We emphasize then that the application of organic compost produced by the producers themselves is the key to reducing cadmium and improving cocoa yield in the San Martín region.

Keywords: cadmium, organic fertilizer, cocoa, compos

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de cacao posee un papel socioeconómico importante a nivel del planeta tierra, ya que garantiza la subsistencia de muchas familias, debido a que este cultivo posee beneficios estéticos y alimenticios, lo cual ha generado el crecimiento de la demanda en el mercado internacional (TECHNOSERVE, 2015). Sin embargo, los principios respecto a los niveles de concentración de cadmio en granos de cacao, chocolate y derivados del cacao anunciados por la Unión Europea han causado una preocupación alarmante en los agricultores y consumidores (Comité del código de alimentación sobre contaminantes de los alimentos [CODEX], 2018).

El Cadmio es un elemento químico de origen natural y antrópico, y es considerado un metal pesado peligroso, debido a las afectaciones que produce en la salud y en el ambiente. Además, este metal ha cobrado importancia por presencia en los cultivos agrícolas, siendo uno de ellos el cultivo de cacao (Arrieta *et al.*, 2016). Una vez en el suelo, el cadmio puede ser absorbido por la planta concentrándose principalmente en las raíces, granos, hojas y brotes. Sin embargo, la distribución y acumulación de este metal en la planta es variable según las características del lugar (Augstburger *et al.*, 2000; Rascio y Navari, 2011, citado por Arévalo-Gardini *et al.*, 2017).

El Perú y la región San Martín no son ajenos a este problema, ya que en su gran mayoría los cultivos de cacao son manejados con agroquímicos, debido al desconocimiento de los agricultores o falta de ayuda técnica. Por otro lado, el cultivo de cacao es de gran importancia económica, cultural y científica para la región. Por todo lo mencionado, es que se planteó la investigación con el objetivo de evaluar la influencia del abono orgánico en la absorción de cadmio en clones de cacao (CCN e ICS) en la región San Martín, con el fin de ayudar a las organizaciones agrarias y autoridades en la toma correcta de decisiones en cuanto a propuestas de nuevas estrategias, métodos sostenibles y económicos para garantizar la salud alimentaria y mejorar el estado del cultivo del cacao y producción de sus derivados en la región San Martín y en el mundo.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Evaluar la influencia del abono orgánico en la absorción de cadmio en clones de “cacao” (*Theobroma cacao* L.) ICS y CCN en la Región San Martín.

### **Objetivos específicos**

- Determinar las propiedades fisicoquímicas del suelo de las plantaciones de dos clones de “cacao” (*Theobroma cacao* L.) ICS y CCN, en la región San Martín.
- Cuantificar la concentración de cadmio en plantaciones de dos clones de “cacao” (*Theobroma cacao* L.) ICS y CCN en la región San Martín.
- Determinar el efecto de tres dosis de abono orgánico sobre la presencia del cadmio en clones de “cacao” (*Theobroma cacao* L.) ICS y CCN en la región San Martín.

## CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

### 1.1. Antecedentes

#### 1.1.1. Internacional

Cedeño (2020) realizó la investigación “Remoción de cadmio en almendras de cacao en el proceso poscosecha, lavado y presecado”, llevado a cabo en Manabí, Ecuador. La investigación tuvo como objetivo determinar los métodos para disminuir los niveles de cadmio en granos de cacao mediante métodos acidificantes y quelantes durante la poscosecha, lavado y presecado. La investigación fue de tipo experimental con un enfoque descriptivo. Utilizó el Diseño Completamente al Azar (DCA) conformado por ocho tratamientos y tres repeticiones. La variable independiente fue: métodos de remoción de cadmio en almendras de cacao y las variables dependientes fueron: a) niveles de cadmio, b) características físicas del grano y c) características organolépticas. La metodología consistió en la aplicación de soluciones ácidas y quelantes, también con pre-secado y lavado de la muestra, fermentación y secado del fruto de cacao. Realizó el Análisis de Varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey al 5 %. Los resultados indicaron que en la concentración de cadmio no existió relación entre el sabor y dulce de cacao con el porcentaje de fermentación, sin embargo, entre frutal y dulce la relación fue significativa, al igual que el dulce con el cacao y entre el cacao y el frutal. Por otro lado, la concentración de cadmio en grano disminuyó en un promedio de 49.2 % y 28.6 % a comparación del testigo, esto principalmente debido al lavado y pre-secado. Finalmente, el autor concluyó que no hay efecto significativo en la disminución de cadmio con el uso de quelantes y la acidificación.

Díaz *et al.* (2018) en su trabajo de investigación “Determinación de cadmio (Cd) y plomo (Pb) en almendras de “cacao” (*Theobroma cacao* L.) en fincas de productores orgánicos”, llevada a cabo en el Cantón Vinces, Ecuador. Tuvo como objetivo determinar el nivel de cadmio y plomo en granos de cacao en fincas con certificación orgánica. La investigación

tuvo un diseño de tipo no experimental con enfoque descriptivo. La población del ensayo estuvo conformada por 100 fincas, de las cuales seleccionaron una muestra representativa de 25 fincas. La metodología consistió en la recolección, fermentación y secado de las muestras, las que fueron enviadas al laboratorio para ser analizadas mediante la técnica de espectrofotometría de absorción atómica (aplicando en testa y granos de cacao). Para el análisis estadístico utilizaron estadística no paramétrica, desviación estándar y coeficiente de variación. Los resultados mostraron que la mayor concentración de Pb en grano fue 5.44 y 5.39 ppm, y en testa de cacao 7.57 y 7.01 ppm. En cambio, la menor concentración de cadmio en grano fue 0.099 ppm y el mayor valor 0.98 ppm, asimismo, en testa 6.14 ppm fue la mayor concentración y 0.081 ppm la menor concentración. El trabajo de investigación concluyó que la mayor concentración de Cd y Pb estuvieron presentes en la testa de cacao, asimismo el nivel de Cd en granos estuvo por debajo de los niveles permisibles por la Unión Europea (1 ppm) y en cuanto a la concentración de Pb en granos, hubo nueve fincas con niveles más altos que los niveles permisibles de la Unión Europea, teniendo niveles de 3 ppm.

Niño (2015) desarrolló el trabajo de investigación “Cuantificación de cadmio en cacao proveniente del occidente de Boyacá por la técnica analítica de voltamperometría”, llevado a cabo en Tunja, Colombia. El objetivo fue cuantificar la concentración de cadmio en fruto de cacao mediante el proceso de voltamperometría. La investigación fue de tipo experimental con un enfoque analítico. Aplicó un diseño completamente al azar (DCA). La población del estudio fue *Theobroma cacao* L. seleccionado y la muestra fue el grano del cacao. La metodología consistió en la preparación de la muestra (digestión ácida con una mezcla de ácidos concentrados), preparación de la curva de calibración (preparó un testigo y diferentes concentraciones de soluciones de Cd para graficar la intensidad y concentración) y cuantificación de cadmio en el cacao (mediante el procesamiento de datos obtenidos). Las variables fueron: (a) contenido de cadmio en ppm de la muestra y (b) técnica de voltamperometría con electrodo sólido y voltamperometría de redisolución anódica. Realizó un análisis de varianza (ANOVA), para comparación de medias al 95 %, luego aplicó el test a posteriori de Fisher y diagrama de caja. Concluyeron que la técnica más efectiva fue la voltamperometría con electrodo de mercurio, donde el clon E.E.T.8 obtuvo 1535 y 1585 ppm de concentración de cadmio, mientras que el clon CCN-51 obtuvo concentraciones de 2848 y 2968 ppm. Los contenidos de cadmio que sobrepasaron los límites máximos

permisibles de 1500 ppm para “cacao” en polvo, establecido por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO] y la Organización Mundial de la Salud [OMS] en este tipo de alimentos.

### **1.1.2. Nacional**

Sabino (2020), realizó el estudio “Determinación de los niveles de enmiendas para la remediación de suelos contaminados con cadmio en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.)”, realizada en Pucallpa. El objetivo fue determinar las enmiendas para la remediación de suelos contaminados con Cd en el cultivo de cacao. El tipo de investigación fue experimental. Utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con ocho tratamientos, cuatro bloques y 32 unidades experimentales. La metodología que utilizaron fue el reconocimiento de las parcelas, aplicación de los tratamientos y enmiendas, manejo agronómico, recolección de muestras y análisis de datos. Las variables fueron: a) niveles de enmienda, b) contenido de Cd en suelo y en hojas. Utilizó el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Duncan al 0.05 nivel de significación para la comparación de medias entre tratamientos y sus interacciones. El resultado fue que la cascarilla de arroz carbonizada en una cantidad de 1 t/ha disminuyó la concentración de cadmio de 0.86 mg/kg hasta 0.69 mg/kg, pero en cambio la dolomita aumentó el nivel de cadmio, probablemente debido al incremento del calcio. Asimismo, donde aplicaron más altos niveles de dolomita disminuyó la concentración inicial de cadmio a nivel foliar de 2.09 mg/kg hasta 0.61 mg/kg, esto posiblemente a que; al haber mayor cantidad de calcio y magnesio en el suelo se almacenaron fácilmente en las hojas. El investigador concluyó que el nivel óptimo de cascarilla de arroz carbonizada y de dolomita para la remediación de suelos contaminados con Cd fue 1 t/ha.

López *et al.* (2018) ejecutaron la investigación “Determinación del contenido de cadmio (Cd) en granos de Cacao (*Theobroma cacao* L.) bajo tres sistemas de manejo”, desarrollada en San Alejandro, Ucayali. El objetivo fue determinar el contenido de Cd en granos de cacao. Este trabajo tuvo un diseño de tipo experimental. Tuvo un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con arreglo factorial, tres repeticiones por cada sistema y nueve tratamientos. El análisis estadístico fue descriptivo, presentándolo en tablas y figuras, realizadas en Microsoft Excel. La metodología consistió en la selección de 9 parcelas (3 por cada sistema), donde colectaron 500 g de grano en baba, las cuales fueron puestas a una

estufa a 80 °C por 24 horas, molidas y codificadas para su respectivo análisis en laboratorio. Los resultados demostraron que no hubo diferencia significativa en la concentración de cadmio en grano de los diferentes sistemas de cultivo (0.54, 0.75 y 071 ppm) pero; si sobrepasaron los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS). La investigación concluyó en que existe una interrelación entre el pH del suelo y del grano de cacao con la concentración de cadmio del suelo y del grano.

Florida *et al* (2018) desarrollaron la investigación “Comportamiento del cadmio y otros indicadores en suelo y granos de cacao (*Theobroma cacao* L.), con la aplicación de compost y NPK”, desarrollada en Ucayali. El objetivo fue evaluar el efecto del compost y NPK en el contenido de cadmio en suelo, grano y su relación con otros indicadores del suelo, en plantación de cacao de clon CCN-51 (*Theobroma cacao* L.). El estudio tubo un diseño de tipo experimental. Utilizaron un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. La metodología consistió en la aplicación de tres dosis de abonos, cada tres meses, para luego extraer muestras compuestas de suelo por cada tratamiento y muestras de grano para ser evaluadas en laboratorio. Los datos fueron analizados con ANOVA y la prueba Ducan para determinar la homogeneidad. Los resultados mostraron que los granos de cacao tuvieron una concentración de Cadmio ( $Cd^{2+}$ ), de 0.31 a 0.43  $\mu\text{g/g}$  y el suelo 0.17 a 0.23  $\mu\text{g/g}$ , además el suelo tuvo 2.32 % a 4.41 % de materia orgánica (MO), un pH entre 4.11 a 4.42, una capacidad de intercambio catiónico de 7.87 a 9.45  $\text{Cmol/kg}$  y de 8.5 a 22 % de arcilla. El autor concluyó que en granos de cacao la aplicación de NPK y compost tuvieron un significativo efecto en los indicadores MO, pH, capacidad de intercambio catiónico (CICe) y  $Cd^{2+}$ , con una afinidad significativa entre magnesio ( $Mg^{2+}$ ) y  $Cd^{2+}$  en suelo; MO, CICe y  $Cd^{2+}$  en grano y muy significativa entre la CICe y  $Cd^{2+}$  en suelo.

Huaynates (2013) realizó la investigación “Efecto de la materia orgánica en la absorción de cadmio en el suelo”, desarrollada en la localidad de Supte, Huánuco. El objetivo fue evaluar el efecto de la materia orgánica en la disminución de cadmio en el suelo. La Investigación tuvo un diseño de tipo experimental. Utilizó un diseño bloques completamente al azar (DBCA) con arreglo factorial de dos factores a) Compost y b) Guano de isla por cuatro niveles cada uno. La metodología consistió en limpieza, podas manuales, demarcación y

muestreo del suelo de las parcelas, encalado (aplicación de dolomita 2.5 kg/planta al voleo), aplicación de tratamientos y el muestreo final del suelo. Las variables fueron: (a) volumen de materia orgánica (compost, guano de isla) y (b) concentración de cadmio ppm, mg/kg. Para el análisis de datos utilizaron el ANVA y la prueba de Duncan con una significancia 0.05 para las diferencias de medias, esto para determinar la diferencia significativa entre bloques y tratamientos. Los resultados indicaron que en cuanto a la absorción de cadmio en el suelo el compost y el guano de isla presentaron diferencias altamente significativas a nivel de tratamientos, y en cuanto al efecto del compost y guano de isla en la disminución de cadmio en el suelo mostraron que hubo diferencia significativa con la dosis de 500 g siendo 1.125 ppm y 1.3583 ppm los valores más bajos respectivamente. El autor concluyó que la materia orgánica tiene una sinergia y un efecto positivo en la disminución de cadmio en el suelo. Además, determinaron que las concentraciones de compost cercanas a 500 g/planta y de guano de isla en el rango de 500 a 1500 g/planta fueron las más adecuadas y efectivas en la disminución de cadmio en suelos con presencia de este metal pesado.

Cárdenas (2012) ejecutó el estudio “Presencia de cadmio en parcelas de cacao orgánico en una cooperativa agraria industrial”, realizado en Tingo María. El objetivo principal fue identificar y evaluar la presencia de cadmio en el cultivo de cacao orgánico. El estudio fue de tipo experimental. Utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con un análisis de correlación con el uso del programa SPSS 15. La metodología consistió en delimitar el área de muestreo, evaluación y análisis de suelo, evaluación foliar, evaluación de almendras y cascarillas y evaluación de Cd total a nivel foliar, grano y cascarilla. Los resultados demostraron que la concentración promedio de Cd en el suelo fue 0.66 ppm, a nivel foliar fue 2.84 ppm, a nivel de granos y cascarilla la concentración promedio fue 1.55 ppm y 2.04 ppm. En la investigación concluyeron que los suelos evidenciaron buenas condiciones fisicoquímica y biológica el cual permite una relación positiva entre el contenido de cadmio y la respiración microbiana del suelo y que el nivel promedio de cadmio en suelo está por debajo de los límites permisibles, en cambio los niveles de cadmio en hoja, granos y cascarillas estuvieron por encima de los límites permisibles.

### **1.1.3. Regional**

Chupillón (2017) realizó la investigación “Determinación de la absorción de cadmio y plomo en genotipos de “cacao” (*Theobroma cacao* L.) para el establecimiento de plantaciones comerciales”, llevada a cabo en Tarapoto. El objetivo fue determinar genotipos de cacao con baja absorción de cadmio y plomo para la producción de plántones de cacao. Este trabajo tuvo un diseño de tipo experimental. Utilizó el diseño estadístico de bloques completamente al azar (DBCA), con arreglo factorial de 2x2x6, con cinco repeticiones por tratamiento. La metodología consistió en la preparación del sustrato, recolección de mazorcas, siembra de genotipos, aplicación de Cd y Pb, riego de los plántones, control de insectos y fertilización. Las variables fueron (a) características biométricas (altura, diámetro y número de hojas) y (b) características biológicas y químicas (crecimiento foliar y radicular, materia seca y aérea de la raíz y análisis de cadmio y plomo en raíces). Los datos fueron analizados por ANOVA y la prueba de Scott-Knott, utilizando el software estadístico R. Los resultados probaron que el cadmio y plomo no afectaron en las características biométricas, área foliar y radicular, materia seca de la raíz y parte aérea de la planta, pero presentaron diferencia en la absorción de cadmio y plomo por parte de los genotipos. El investigador concluyó indicando que los genotipos de cacao IMC-67, POUND-12 han tenido baja capacidad de absorción de cadmio y plomo con un rango de 8 µg/planta y el cacao común con un rango más bajo de 5,4 µg/planta.

## **1.2. Bases teóricas especializadas**

### **1.2.1. Abono orgánico**

El abono orgánico es el producto que se obtiene de la degradación de material orgánico (residuos orgánicos de fuente domiciliar, residuos de áreas verdes, entre otros) que se aplican al suelo con el fin de mejorar sus propiedades fisicoquímicas (Garro, 2016).

#### **a. Influencia del abono orgánico en las propiedades del suelo**

Según el Manual para elaborar y aplicar abonos orgánicos y plaguicidas orgánicos del Fondo para la Protección del Agua [FONAG] (2010), el abono orgánico actúa de manera benéfica en las siguientes propiedades del suelo:

– **Propiedades físicas**

El abono orgánico ayuda en la permeabilidad del suelo, debido a su drenaje y aireación de este, por lo tanto, mejora la retención del agua y disminuye la erosión del suelo. También, por su color oscuro atrae las radiaciones del sol, el cual va a aumentar la T del suelo, el cual influye en la facilidad de absorción de nutrientes al suelo, por consiguiente, para las plantas.

– **Propiedades químicas**

Los abonos orgánicos disminuyen las variaciones del pH del suelo, asimismo, ayuda a optimizar la capacidad de intercambio catiónico de nutrientes y mejora la absorción, en consecuencia, mejora la fertilidad del suelo.

– **Propiedades biológicas**

Los abonos orgánicos por sus propiedades físicas (porosidad y permeabilidad) favorecen la oxigenación del suelo, causando una mayor actividad microbiana y radicular, lo cual es beneficioso, ya que ayudan en el desarrollo de microorganismos benéficos, los cuales cumplirán un rol importante en la degradación de la materia orgánica del suelo como para el desarrollo del cultivo.

**b. Tipos de abonos orgánicos**

De acuerdo con el Manual de Utilización de Residuos Orgánicos en la Agricultura (Restrepo *et al*, 2014) existen diferentes tipos de abonos orgánicos, como son:

– **Biol**

Es un producto líquido, que se da a partir de la fermentación de residuos orgánicos, agua y material lácteos, en recipientes cerrados en condiciones anaeróbicas (sin aireación). Este abono se puede aplicar directamente al suelo o de manera foliar.

– **Bocashi**

Este abono se produce en un período de 15 a 30 días, mediante la descomposición de residuos orgánicos, en condiciones aeróbicas y temperaturas controladas, a través de la actividad microbiana. Este proceso no forma gases tóxicos ni malos olores, debido a la oxigenación de los residuos.

- **Humus por lombricultura**

Este abono se obtiene mediante el proceso de transformación de los residuos sólidos a humus que realiza la “lombriz californiana” *Eisenia foetida*. El humus es característico por su color muy oscuro. Para obtener el humus es necesario la constante oxigenación de la pila de residuos orgánicos, para poder regular la temperatura.

- **Compost**

El compost es un abono que se obtiene a partir de la descomposición biológica de residuos orgánicos, que se realiza en condiciones aerobias. Asimismo, se puede adicionar microorganismos de montaña o microorganismos eficientes, los cuales aceleran la descomposición.

### **1.2.2. Compost**

Cabrera y Rossi (2016) indican que los beneficios y el uso del compost son:

**a) Beneficios del compost**

- Mejoramiento de la compactación del suelo, evitando las erosiones
- Retención y el almacenamiento de agua del suelo
- Favorece la aparición de microorganismos benéficos para el suelo y para el cultivo
- Gestión de residuos orgánicos de manera ambientalmente correcta, ya que se reduce el volumen de los residuos, para darle un fin adecuado
- Contiene una reserva de nutrientes
- Secuestro del carbono en el suelo, evitando la emisión de gases

- Reducción del volumen de residuos

## **b) Uso del compost**

- **Compost fresco**

Se utiliza como protección a cambios de temperatura y de humedad del suelo. Asimismo, ayuda a disminuir la aparición de malas hierbas y mejora las características del suelo.

- **Compost maduro**

Su uso es como fertilizante principalmente, debido a la aportación de nutrientes especialmente nitrógeno, fósforo, potasio, además de favorecer la capacidad de retención de agua.

### **1.2.3. Cadmio**

El Cadmio es un metal pesado de color, plateado, flexible y resistente a la corrosión, se encuentra de forma natural principalmente en la corteza terrestre y se presenta en combinación con el zinc, el oxígeno, el cloro o el sulfuro (Ministerio de Salud [MINSA], 2015).

De igual manera Martínez *et al.* (2013), definen al cadmio como un metal que se localiza principalmente en la corteza terrestre y continuamente interactúa con el zinc, asimismo, el cadmio es de gran importancia en la industria, ya que debido a la extracción del zinc, cobre y hierro es liberado como subproducto de estos elementos al ambiente.

#### **a. Fuentes de contaminación del cadmio**

##### **Fuentes naturales del cadmio**

Para el MINSA (2015), el cadmio proviene naturalmente de: (a) erosión de las rocas y suelos eventualmente asociado con el zinc, plomo, cromo y las minas de cobre; (b) formación de

sales marinas; (c) incendios forestales y (d) la actividad volcánica siendo la mayor fuente de liberación de cadmio a la atmósfera.

### **Fuentes antrópicas del cadmio**

Sánchez (2016) señala que la industrialización inició las principales fuentes de cadmio, las cuales son: (a) Minería y metalurgia, (b) Producción de baterías recargables, cables, celdas solares, plástico, aditivos y colorantes, soldadura entre otros productos metalúrgicos (c) Elaboración y uso de fertilizantes organofosforados, (d) Incineración de residuos de ramas y plásticos, cambio físico de combustible fósil, producción de cementos y almacenamiento de residuos en terraplenes.

#### **b. Cadmio en el cacao**

El Cadmio es un metal que es absorbido con facilidad por las raíces de las plantas que se distribuye y concentra rápidamente por todo el sistema biológico de la planta. No obstante, la bioacumulación de este metal en la planta depende de los factores físicos, químicos y biológicos del suelo el cual se transforma en un elemento esencial y no esencial (Gonza *et al.*, 2018).

La planta de cacao por naturaleza absorbe el cadmio presente en los suelos de los diferentes territorios donde se encuentra concentrándose en los granos. Sin embargo, las concentraciones de cadmio u otros metales pesados en el cacao son diferentes debido a las características y componentes del suelo de cada lugar (Florida *et al.*, 2012).

#### **c. Cadmio en granos**

La contaminación con cadmio en los granos de cacao puede realizarse a través del suelo durante el abonamiento con fertilizantes y plaguicidas que están conformados principalmente con zinc y calcio, los cuales liberan cadmio y otros factores importantes asociados a otras actividades antropogénicas (Barón, 2016).

Según los estudios y análisis realizados por la FAO y la OMS los límites máximos permisibles de metales pesados como el cadmio y plomo en el chocolate, en granos de cacao y en otros cereales son de 0.2 mg/kg y 0.1 mg/kg (Gonzales, 2016).

#### **d. Cadmio en la hoja**

El cadmio es capturado y acumulado en las células de las raíces y solo una mínima parte es trasladada por intercambio iónico a ramas, frutos y hojas (parte aérea de la planta) del cacao (Rodríguez *et al.*, 2008, citado por Tantaleán, 2017, p. 25).

#### **1.2.4. El cacao (*Theobroma cacao* L.)**

El cacao es un árbol que mide entre 4 a 8 metros de altura. Sus granos están cubiertos de una pulpa blanca agrídulce, además su fruto mide de 20 a 40 cm y contiene entre 30 a 40 granos (Quintero y Díaz, 2004).

Asimismo, el cacao es una planta del género *Theobroma* y de la familia Malvaceae. Existen muchas variedades genéticas nativas del cacao que se desarrollan principalmente en climas templados y con un equilibrio de agua, es decir, sin escasez, pero tampoco anegado de este recurso, por lo que necesita de suelos provistos de un buen drenaje muy ricos en materia orgánica, profundos, de tipo franco arcillosos y con topografía regular para su cultivo y producción (Asociación Nacional del Café [ANACAFE], 2016).

#### **Condiciones edafoclimáticas para el cultivo de cacao**

Según Paredes (2003), el crecimiento y la producción de cacao están relacionada a las siguientes condiciones:

##### **a. Precipitación**

La planta de cacao durante todo el año requiere un suministro de agua entre 1600 mm a 2500 mm, lo cual es la cantidad óptima para que pueda realizar sus procesos metabólicos (Tabla 1).

**Tabla 1***Zonificación clonal de acuerdo con la precipitación pluvial*

<b>Región/ Provincia/ Zona</b>	<b>PP pluvial (mm)</b>	<b>Clones e híbridos</b>
Huánuco/ Leoncio Prado/ Tingo María	3300-3700	CCN-51, ICS-95, IMC-67, colecciones locales
Ucayali/Padre Abad/San Alejandro	3200-3700	CCN-51, ICS-95, IMC-67, ICS-6-P-7, EET-400, SCA-6, P-12, Híbridos
San Martín/ Tocache/ Tocache	2400	CCN-51, ICS-95, IMC-67, THS-566, IAC-1, U-10, Híbridos y colecciones locales
Ucayali/ coronel Portillo/ Curimaná	1700-2400	CCN-51, ICS-1, SCS-6, P-7, IMC-67, EET-400, SCA-6, UF613, P-12, Híbridos
San Martín/ Mariscal Cáceres/ Juanjui	1500	CCN-51, ICS-1, IMC-67, THS-565, IAC-1, U-10, Híbridos y colecciones locales
Ayacucho- Cusco/Huanca, La Mar- La Convención/VRAE	1400-2500	CCN-51, ICS-1, 39, 95, IMC-67, Pound-7, ETT-400, Híbridos y colecciones locales
Cajamarca/Jaén/ Jaén	700	CCN-51, ICS-1, 6, 95, IMC-67, ETT-228, U-10, IAC-1, TSH-565, Híbridos y colecciones locales
Amazonas/Bagua/ Bagua	700	CCN-51, ICS-1, 6, 95, IMC-67, ETT-228, U-10, IAC-1, TSH-565, Híbridos y colecciones locales

*Fuente:* Ministerio de Agricultura [MINAGRI] (2003).**b. Temperatura**

Este factor es muy influyente en el desarrollo del cultivo de cacao, debido a que la absorción de nutrientes y agua de las raíces depende de la temperatura, y esta debe encontrarse entre mínimo 23 °C y máximo 32 °C, siendo la temperatura óptima 25 °C.

**c. Viento**

Es una condición muy importante, ya que de este depende la velocidad de evapotranspiración del suelo y del árbol, para el cual se recomienda una velocidad de 1 m/seg, para que no sufra de defoliaciones prematuras.

#### **d. Altitud**

La altitud es un factor determinante en el cultivo de cacao, y es recomendable que este se encuentre alrededor de 800 m.s.n.m. hasta 1400 m.s.n.m. dependiendo de la zona o el lugar.

#### **e. Luminosidad**

La luz es muy importante, ya que de ella depende la fotosíntesis en las plantas de cacao. Cabe recalcar que este cultivo necesita de mucha luminosidad, para el cual se recomienda no sembrar árboles grandes que impidan que los rayos solares lleguen directamente a las plantas.

#### **Variedades de cacao**

CCN-51. Clon CNN cuyas siglas significan Colección Castro Naranjal, sus frutos son rojizos, es característico por su calidad y alto rendimiento productivo, asimismo es muy resistente a enfermedades frecuentes y es utilizado para la industria de semielaborados (Gómez, 2017).

ICS-95. Es un clon cuyas siglas significan Imperial College Selection, de tipo híbrido oriundo de Trinidad y Tobago, con el más alto porcentaje de cascarilla que de los demás clones, además es consistente en la franja altitudinal de los 200 a 1200 m.s.n.m. (García *et al.*, 2015).

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

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

La investigación fue de tipo experimental. Uday (2017) indica que el método experimental consiste en la manipulación de una variable para determinar su efecto en otra variable. Asimismo, se utilizó un enfoque cuantitativo. El enfoque cuantitativo recopila y analiza datos sobre las variables en estudio (Monje, 2011). En este contexto, se manipulo la variable independiente (dosis de compost) para observar el efecto en la variable dependiente (concentración de cadmio en dos clones de cacao).

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

El trabajo de investigación se ejecutó en dos provincias de la región San Martín, en el centro poblado San Juan de Talliquihui, distrito de Santa Rosa, provincia de El Dorado, donde se ubicó la parcela de cacao ICS-95 (Figura 1) y en el centro poblado Pamashto, distrito de San Roque de Cumbaza, provincia de Lamas, donde se ubicó la parcela CCN-51 (Figura 2).

El clima es tropical y templado lo cual va variando dependientemente de la altitud, con temperatura media anual de 23.9 °C, y con precipitaciones todo el año de alrededor de 1478 mm, su geomorfología es accidentada ubicada en la zona morfoestructural llamada faja Subandina (Selva Alta).

San Juan de Talliquihui, distrito de Santa Rosa, limita al norte con el distrito de San José de Sisa y la provincia de Lamas, al este con las provincias de Lamas y Picota, al sur con la provincia de Bellavista y al oeste con el distrito de Agua Blanca. La accesibilidad desde Tarapoto es a través de la carretera Fernando Belaunde Terry por la carretera Tarapoto-San

José de Sisa, a una distancia de 45 km aproximadamente con una duración de viaje de 50 minutos.

Pamashto, se encuentra ubicado aproximadamente a 15 km del distrito de Lamas, con un tiempo de viaje de 20 minutos. La accesibilidad desde Tarapoto es por el distrito de Lamas, por vía asfaltada a través de la carretera Fernando Belaúnde Terry con una duración de viaje de 30 minutos a una distancia aproximada de 21 km.

El trabajo inició a partir del mes de octubre del 2019 y culminó en el mes de marzo de 2020.

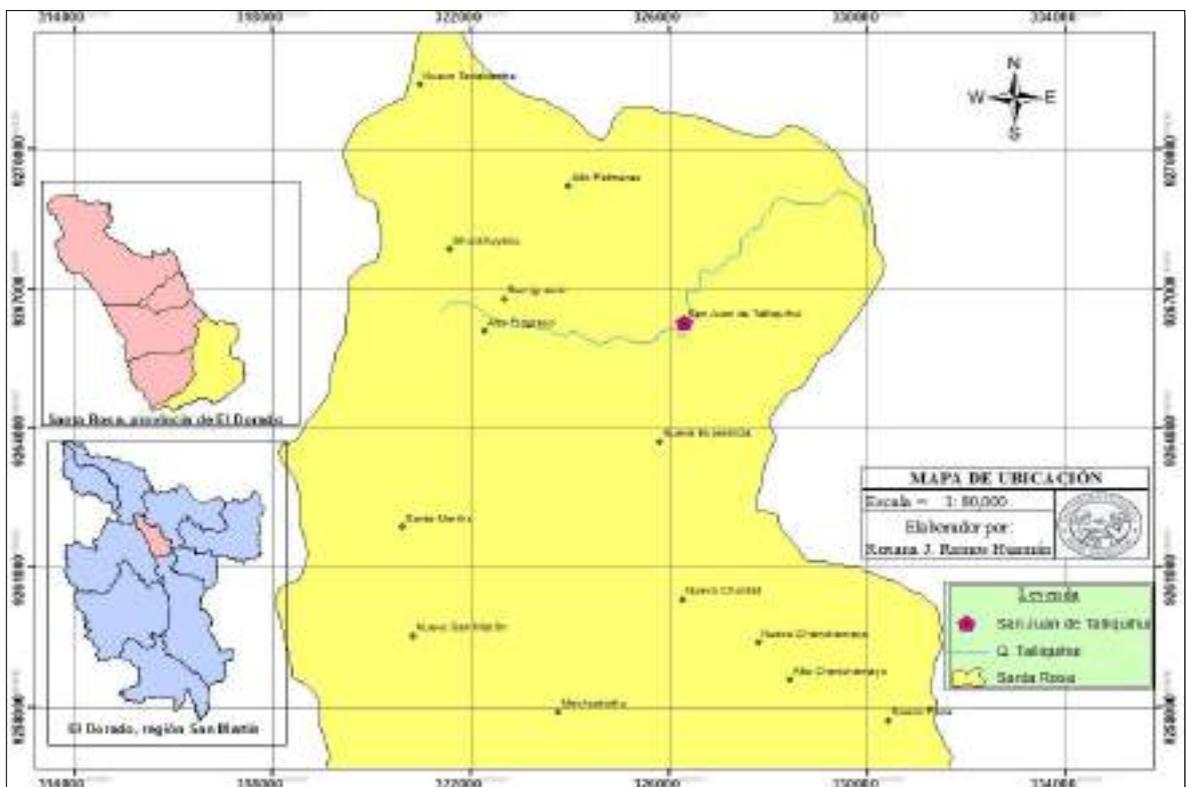


Figura 1. Mapa de ubicación geográfica del Centro Poblado San Juan de Talliquihui. Fuente: Elaboración propia

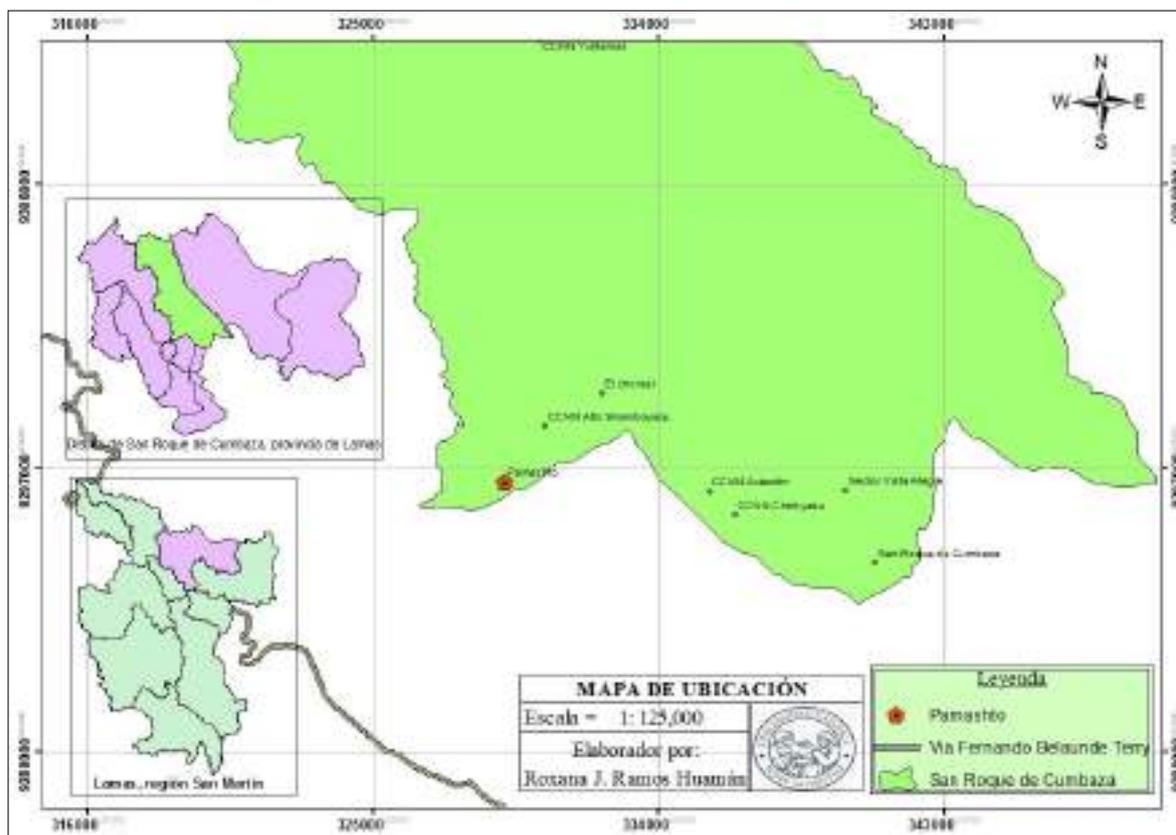


Figura 2. Mapa de ubicación geográfica del centro poblado Pamashto. Fuente: Elaboración propia

### 2.3. Descripción del experimento

#### 2.3.1. Descripción de la investigación en campo

##### a. Identificación de las parcelas de cacao

Se identificaron y georreferenciaron las fincas de cacao, entre 6 a 12 años establecidas entre las altitudes de 700 a 950 m.s.n.m. de la región San Martín. Luego, se siguió la metodología de Cárdenas (2012), se realizó un muestro de suelo en zigzag cubriendo toda la parcela, seguidamente se obtuvo una muestra representativa que se envió al laboratorio para su análisis y determinar la presencia de cadmio (Figura 3). Se determinó presencia de Cd en dos parcelas, en la parcela del clon ICS, San Juan de Talliquihui con 0.30 ppm (ver Apéndice 1) y la parcela del clon CCN, Pamashto con 0.28 ppm (ver Apéndice 2).



*Figura 3.* Realizando el muestreo de suelo para determinar presencia de Cd en alguna de las parcelas. *Fuente:* Elaboración propia

#### **b. Selección de las plantas de cacao para el estudio**

Una vez que se identificaron las parcelas, se seleccionaron las mejores plantas de cacao para el estudio, mediante un diagnóstico de sanidad, el cual es un formato de recopilación de datos que fue facilitado por los asesores (ver Apéndice 3) donde se evaluó la sanidad, producción y edad de la planta (Figura 4). Este proceso se realizó de acuerdo con la metodología seguida por Quiñones *et al.* (2018).



*Figura 4.* Realizando el diagnóstico en la parcela de ICS-95. *Fuente:* Elaboración propia

### c. Consolidado de datos

Este proceso se basó en reunir datos generales de cada parcela por clon de cacao, tales como: ubicación, propietario, edad del cultivo, tipo y número de especies forestales, altitud, cultivo anterior, entre otros, los cuales nos servirán para la discusión y análisis de los resultados finales (ver Apéndice 4). Este consolidado se elaboró según la metodología de Avendaño *et al* (2011).

### d. Etiquetado y Distribución de tratamientos y bloques

Este proceso se realizó según la metodología usada por Quiñones *et al.* (2018). Se identificó las plantas y se distribuyó en tratamientos y bloques (Figura 5), cada parcela constó de 12 unidades experimentales (UE), cuatro tratamientos y tres bloques, donde cada UE estuvo constituida por cuatro plantas de cacao y se distribuyó como lo indica la Figura 6 y la Figura 7.



Figura 5. A: Distribución de bloques y tratamientos parcela clon ICS-95, B: Etiquetado de los tratamientos, C: Distribución de bloques y tratamientos y etiquetado parcela clon CCN-51. Fuente: Elaboración propia.

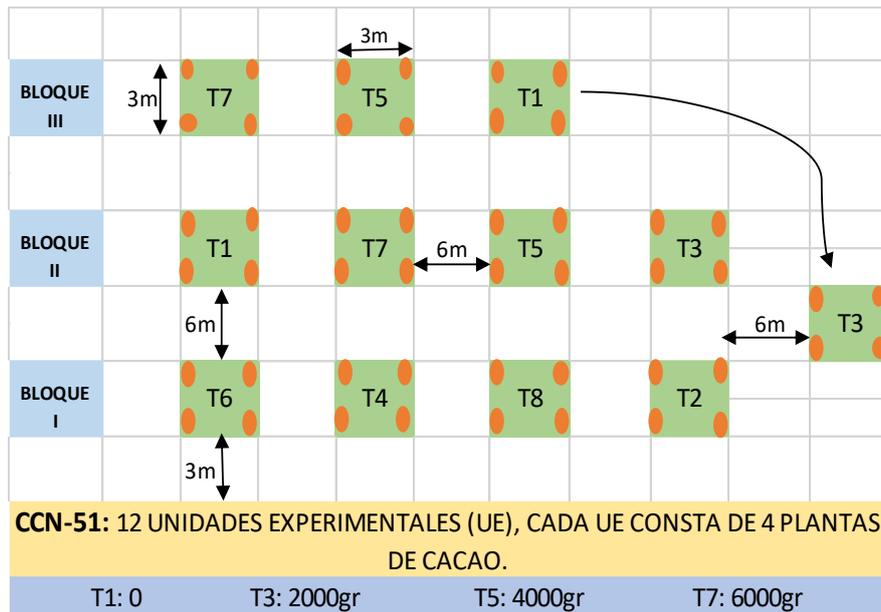


Figura 6. Distribución de tratamientos y bloques de la parcela del Clon CCN-51.  
Fuente: Elaboración propia.

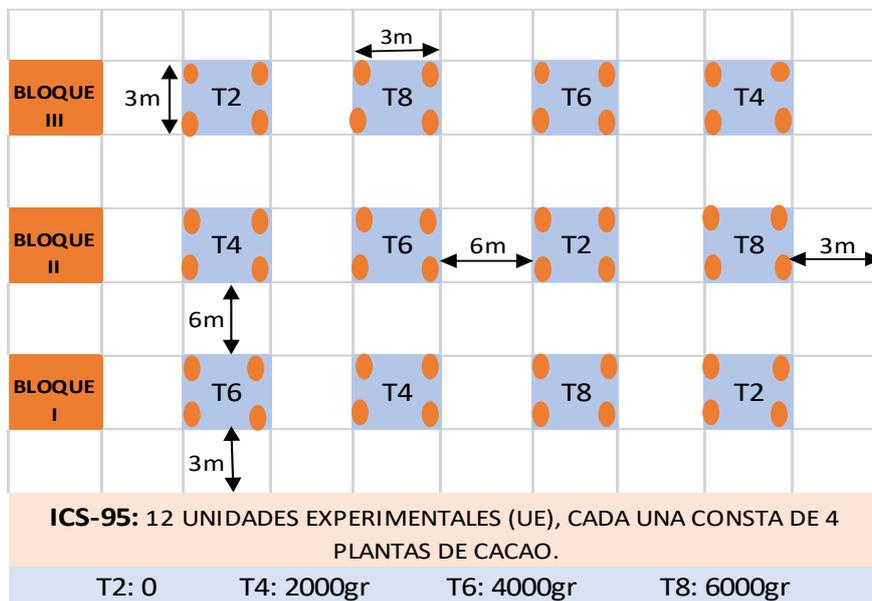


Figura 7. Distribución de tratamientos y bloques de la parcela del Clon ICS-95.  
Fuente: Elaboración propia.

### e. Limpieza y poda de la parcela

Esta actividad se realizó en las dos parcelas, con el fin de minimizar las plagas y enfermedades con las que se encontraron las plantas; asimismo, para dar mantenimiento y limpieza a las parcelas ICS y CCN (Figura 8). Esta actividad se efectuó de acuerdo con la

metodología de Gutiérrez-Brito *et al.* (2019). Se realizó la o poda de altura y expulsión de ramas secundarias y terciarias que eran infructíferas e innecesarias para la planta.



Figura 5. Limpieza y poda de la parcela de CCN-51. Fuente: Elaboración propia.

#### f. Diagnóstico de producción

En la parcela del clon ICS y del clon CCN se realizó el diagnóstico de producción de manera mensual de acuerdo con el criterio del asesor de tesis y asesor externo del proyecto (Figura 9).

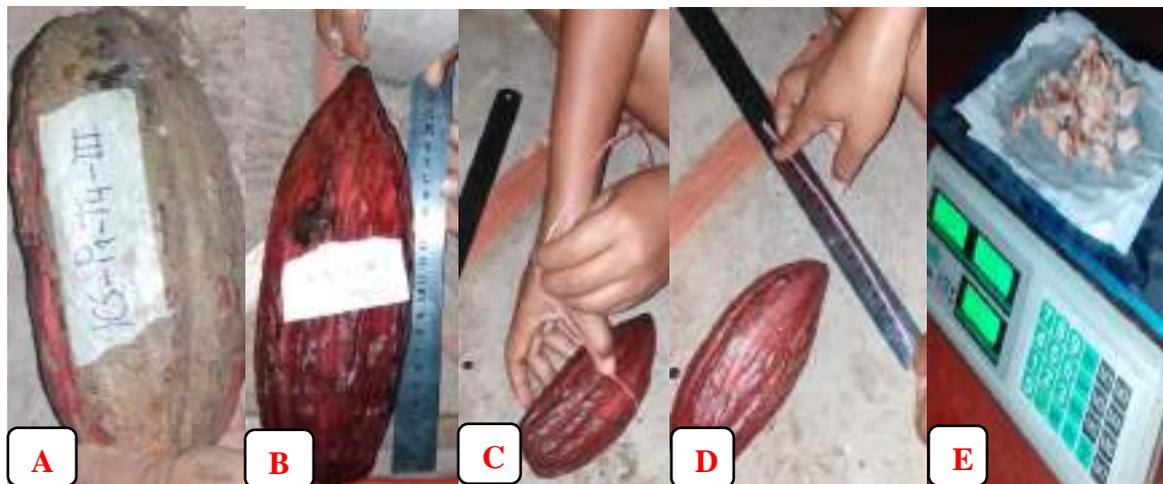


Figura 6. Diagnóstico de producción (A: codificación del fruto, B: medida del tamaño del coco, C y D: medida del diámetro, E: conteo y peso en baba del fruto). Fuente: Elaboración propia.

#### **g. Muestreo foliar**

Se realizaron dos muestreos antes de instalado el estudio y al final del estudio (180 días), consistió en coleccionar 4 hojas por cada planta de la parte intermedia de la copa en cuatro puntos cardinales; haciendo una muestra compuesta homogénea de 16 hojas por cada tratamiento, esta operación se repitió por bloque y tratamiento. Al final se obtuvo una muestra por cada tratamiento, es decir 4 muestras por cada parcela lo que suma 8 muestras las que fueron codificadas y enviadas al laboratorio de suelo, plantas, agua, fertilizantes y alimento del Instituto de Cultivos Tropicales (ICT)-Tarapoto (ver Apéndice 13, 14 y 16), para analizar la presencia de cadmio (Figura 10). Para realizar el muestreo foliar se siguió la metodología de Mite *et al.* (2010).



*Figura 7. Muestreo foliar en la parcela del clon ICS-95. Fuente: Elaboración propia*

#### **h. Muestreo de suelo**

Para el muestreo de suelo antes de la aplicación del compost se cavó tres hoyos en forma de “v” en dirección de la copa de cada planta para obtener una muestra por planta de cada tratamiento, donde al final se consiguió 12 muestras por parcela, las cuales fueron mezcladas para obtener una sola muestra bien homogénea y representativa por tratamiento. Este muestreo se realizó antes y después de la aplicación del compost (ver Apéndice 9 y 10). Para el muestreo se utilizó la técnica de muestra compuesta (Figura 11), siguiendo los pasos de

acuerdo con la Guía técnica para el muestreo de suelos del Ministerio del Ambiente [MINAM] (2014):

- Se desinfectó la pala y se marcó a una altura de 20 cm, que sirva como referencia de la profundidad.
- Se cabo un hoyo en forma de “V” y se retiró una capa de suelo de 2 cm a 3 cm de espesor, el cuál fue cortado en los laterales y la parte superior, para eliminar las malezas o se pueda contaminar
- Estos suelos fueron depositados en bolsas de plásticos debidamente codificados.
- Luego se llevó al laboratorio, donde se homogenizó y se dejó secar para poder pesar, ser codificadas y enviadas al laboratorio (Figura 12).

Al finalizar, se obtuvo 8 muestras representativas, es decir, una muestra por cada tratamiento, lo cual es cuatro muestras por cada parcela, las que fueron codificadas y enviadas al laboratorio del ICT-Tarapoto, para el descarte de presencia de cadmio.



*Figura 8.* Proceso de muestreo de suelo: A) Cavado en “v”, B) Cortado y C) Codificado. *Fuente:* Elaboración propia.



*Figura 9.* Proceso en laboratorio: A) Homogenizado, B) Secado, C) Pesado y D) Codificado). *Fuente:* Elaboración propia.

Para el muestro final se realizó los mismos procedimientos, pero esta vez se eligió dos muestras de cada tratamiento de acuerdo con el criterio de producción, donde al final se obtuvo 8 muestras de suelo de la parcela del clon ICS-95 y 8 muestras de suelo de la parcela CCN-51, las cuales fueron enviados a laboratorio del Instituto de Cultivos Tropicales (ver Apéndice 15).

#### **i. Muestreo de granos de cacao**

El muestreo de granos se realizó según la metodología de Mite *et al* (2010). Se colectaron 12 frutos de cacao por bloque/ tratamiento, cuales fueron mezcladas para obtener una sola muestra bien homogénea y representativa por tratamiento. Seguidamente se realizó los siguientes pasos:

- Se colectó un fruto de cada planta de cada tratamiento, es total 12 frutos (muestras) a estos se les sacó los granos y fueron mezcladas para obtener una sola muestra representativa y homogénea de granos por tratamiento.
- Luego se depositó en bolsas plásticas escogidas bajo criterio que no puedan contaminar con otros metales pesados a las muestras, están fueron amarradas y se realizó 3 huecos a cada bolsa (muestra) y se dejó fermentar por tres días.
- Después se puso a secar bajo sombra en un ambiente cerrado donde las muestras no se puedan contaminar y finalmente fueron puestas en sobres de papel, codificadas y enviadas al laboratorio del ICT para el respectivo análisis de cadmio (Figura 13).

En el primer muestreo (antes de la aplicación del compost) se obtuvo cinco muestras, una muestra de la parcela del clon CCN-51 (ver Apéndice 11) como línea base, ya que no había fruto y cuatro muestras de la parcela del clon ICS-95 (ver Apéndice 11). Al final (después de la aplicación del compost) se obtuvo ocho muestras de granos de la parcela del clon ICS-95 y ocho muestras de granos de la parcela CCN-51, pues se eligió dos muestras de cada tratamiento de acuerdo al criterio de producción del tratamiento (ver Apéndice 17). Este muestreo se realizó antes y después de la aplicación del compost.



Figura 10. A) Cosecha y codificado del fruto, B) Fermentación de la muestra y C) Secado de las muestras. Fuente: Elaboración propia.

#### j. Muestra de caracterización de suelo

Después de haber hecho el muestreo de suelo por tratamiento, se aprovechó en separar una muestra representativa de suelo por parcela, la cual fue codificada y enviada para su respectiva caracterización de nutrientes. En total se obtuvo dos muestras, una de la parcela del clon CCN y otra de la parcela del clon ICS. Este proceso se realizó antes (ver Apéndice 5 y 6) y después del ensayo (ver Apéndice 7 y 8). Los métodos utilizados para la caracterización el suelo lo indica la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Métodos utilizados en laboratorio para realizar la caracterización del suelo*

<b>Descripción</b>	<b>Método</b>
Textura	Hidrómetro
pH	Potenciómetro suspensión suelo-agua-relación 1:2.5
Conductividad eléctrica	Conductímetro suspensión suelo-agua 1:2.5
Carbonatos	Gas-volumétrico
Fósforo disponible	OLSEN modificado EXTRACT. Na HCO <sub>3</sub> =0.5M, pH 8.5
Potasio y Sodio intercambiable	(NH <sub>4</sub> ) CH <sub>3</sub> -COOH=1N, pH 7, absorción atómica

(Continuación)

Materia Orgánica	WALKLEY y BLACK
Calcio y Magnesio intercambiable	EXTRACT. KCl=0.1N ó (NH <sub>4</sub> ) CH <sub>3</sub> -COOH=1N, pH 7. Absorción atómica
Acidez intercambiable	EXTRACT. KCl 0.1N, Volumetría
Acidez potencial CIC pH 7.0	WOODRUF modificado Acidez potencial + suma de bases
Fe, Cu, Zn y Mn	OLSEN modificado EXTRAC. Na HCO <sub>3</sub> =0.5M, pH 8.5. Absorción Atómica
Boro	Extracción/ espectrometría UV-Vis ( $\lambda=555$ nm)
Azufre	Extracción/ Turbidimetría ( $\lambda=555$ nm)
Metales pesados	EPA 3050B

Fuente: Elaboración propia.

#### k. Aplicación de abono orgánico (compost)

La aplicación del abono orgánico se efectuó de acuerdo con la metodología utilizadas por Dávila (2019), se aplicó el abono orgánico (compost) a cada planta de cada tratamiento haciendo un círculo a la altura de la copa del árbol. El compost fue pesado en dosis de 2000, 4000, 6000 g y un testigo (Figura 14). El suelo de cada planta de cada tratamiento fue limpiado de esa manera se añadió el compost en forma circular alrededor de la planta de cacao, luego fue tapado con hojarascas para evitar el deslizamiento por la lluvia y de esa manera el compost sea mejor asimilado por la planta (Figura 15).



Figura 11. A y B) Pesado de las dosis del abono orgánico (compost), C) Codificado del compost de acuerdo con la dosis. Fuente: Elaboración propia.



Figura 12. A y B) Aplicación del abono orgánico (compost) en cada planta de cada tratamiento del clon CCN-51, C y D) Aplicación del abono orgánico (compost) en cada planta de cada tratamiento del clon ICS-95. Fuente: Elaboración propia.

## I. Ordenamiento y análisis de datos

Se realizó el ordenamiento de los datos, búsqueda de información y análisis, tabulación y procesamiento de los datos recolectados. Para el análisis estadístico de datos se utilizó el análisis de varianza (ANOVA), los cuales fueron sometidos a la prueba Tukey con un nivel de significancia de  $p < 0.05$ , para garantizar su confiabilidad. Finalmente se pasó a redactar el informe final.

### m. Climatología

Se solicitaron los datos al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) de las estaciones de San Martín de Alao (Tabla 3) por la cercanía a la parcela de San Juan de Talliquihui del clon ICS y de la estación de Lamas (Tabla 4) por la cercanía a la parcela de Pamashto del clon CCN.

**Tabla 3***Condiciones ambientales San Martín de Alao*

<b>Año</b>	<b>Mes</b>	<b>Precipitación mensual (mm)</b>	<b>T máxima</b>	<b>T mínima</b>	<b>T Húmedo</b>
2019	septiembre	118.8	36.8	18.2	25.0
2019	octubre	264.4	35.2	19.4	24.8
2019	noviembre	223.2	35.2	19.4	25.0
2019	diciembre	141.4	35.2	19.8	25.0
2020	enero	84.6	36.6	20.6	25.6
2020	febrero	56.0	36.5	20.0	26.8

*Fuente:* Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI] (2020).**Tabla 4***Condiciones ambientales Lamas*

<b>Año</b>	<b>Mes</b>	<b>Precipitación mensual (mm)</b>	<b>T máxima</b>	<b>T mínima</b>	<b>T Húmedo</b>
2019	septiembre	218.3	31.8	17.8	23.4
2019	octubre	295.3	30.8	18.6	22.8
2019	noviembre	192.6	32.4	18.0	24.4
2019	diciembre	165.6	30.6	18.0	23.0
2020	enero	87.6	32.2	18.0	23.4
2020	febrero	88.8	31.4	18.0	25.4

*Fuente:* SENAMHI (2020).

## 2.4. Tratamientos

El estudio de investigación constó de ocho tratamientos con tres repeticiones el cual se muestra en la Tabla 5. La parcela del clon CCN estuvo conformada por los tratamientos T1, T3, T5 y T7 mientras que la parcela del clon ICS estuvo conformada por los tratamientos T2, T4, T6 y T8.

**Tabla 5***Descripción de los tratamientos de estudio*

N° Tratamiento	Clon de cacao	Abono orgánico (g/planta)
T1	CCN	0
T3	CCN	2000
T5	CCN	4000
T7	CCN	6000
T2	ICS	0
T4	ICS	2000
T6	ICS	4000
T8	ICS	6000

*Fuente:* Elaboración propia.

## **2.5. Unidades experimentales**

En el trabajo de investigación se utilizó 24 unidades experimentales (12 por cada parcela), y cada una de ellas estuvo conformada por cuatro plantas de cacao en el campo definitivo. Asimismo, el trabajo de investigación contó con tres bloques.

## **2.6. Identificación de las variables y su mensuración**

### **2.6.1. Evaluación del cadmio en suelo de plantaciones de cacao**

Para la evaluación se obtuvieron muestras de suelo en zigzag y con la técnica del cuarteo se obtuvo una muestra representativa en cada unidad experimental; estas fueron llevadas al laboratorio de suelos del Instituto de Cultivos Tropicales - Tarapoto, cuyas concentraciones fueron medidas en ppm. Además, se solicitó la determinación de las propiedades físicas y químicas de las muestras de suelo, donde los resultados fueron comparados con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) del suelo.

### **2.6.2. Evaluación del cadmio en hojas de plantaciones de cacao**

Este proceso se realizó mediante el diagnóstico foliar para determinar los niveles de concentración de cadmio en las hojas del cacao en unidades de ppm, respectivamente

siguiendo los lineamientos de muestreo para la determinación de niveles de cadmio en suelos, hojas, granos y productos derivados del cacao del Ministerio de Agricultura y Riego.

### 2.6.3. Evaluación del cadmio en granos de cacao

Para la evaluación en granos de cacao se realizó a base a la metodología establecida por el SENASA en los procedimientos para la toma de muestras de alimentos agropecuarios primarios (PRO-SIAG-07) para la determinación de concentración de metales pesados.

### 2.7. Diseño estadístico del experimento

Se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con arreglo bifactorial: 2A (clones de cacao) x 4B (Dosis de abono) con 3 bloques, 8 tratamientos y 3 repeticiones con 04 plantas evaluadas por tratamiento haciendo un total de 48 plantas por cada clon de cacao (Tabla 6).

**Tabla 6**

*Distribución de tratamiento en el experimento*

Dosis de compost (g)	Clon de cacao	Bloque	Tratamientos
0	CCN	B1	T1
0	CCN	B2	T1
0	CCN	B3	T1
0	ICS	B1	T2
0	ICS	B2	T2
0	ICS	B3	T2
2000	CCN	B1	T3
2000	CCN	B2	T3
2000	CCN	B3	T3
2000	ICS	B1	T4
2000	ICS	B2	T4
2000	ICS	B3	T4
4000	CCN	B1	T5
4000	CCN	B2	T5
4000	CCN	B3	T5
4000	ICS	B1	T6
4000	ICS	B2	T6
4000	ICS	B3	T6

(Continuación)

6000	CCN	B1	T7
6000	CCN	B2	T7
6000	CCN	B3	T7
6000	ICS	B1	T8
6000	ICS	B2	T8
6000	ICS	B3	T8

*Fuente:* Elaboración propia.

## **2.8. Análisis estadístico de datos**

Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de comparación de medias (Tukey,  $P < 0,05$ ) (Snedecor y Cochran, 1980) con probabilidad de error para determinar la naturaleza de las diferencias entre tratamientos (Padrón, 1996). Luego se hizo la comparación de normalidad de datos, mediante la prueba de Shapiro-Wilks y finalmente se realizó la prueba de homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene.

## **2.9. Materiales**

- GPS
- Cámara fotográfica
- Palana
- Bolsas transparentes
- Balanza
- Compost
- Tijera de podar
- Machete
- Tablero
- Papel bond
- Sobres manila
- Bandejas de secado

## CAPÍTULO III: RESULTADOS

### 3.1. Características fisicoquímicas del suelo de las plantaciones de cacao, ICS y CCN

#### 3.1.1. Características fisicoquímicas del suelo antes de la aplicación del abono orgánico (compost)

De acuerdo a la Tabla 7, la caracterización fisicoquímica del suelo antes del ensayo determinó que las dos parcelas de plantaciones de los clones CCN e ICS presentan una clase textural de tipo franco arcilloso con un pH de suelo para ambas parcelas de 6.28 y 6.44, lo que significa que son suelos ligeramente ácidos, según la interpretación del ICT (ver Apéndice 5). Con respecto al contenido de materia orgánica en el suelo de la plantación de CCN-51, tiene un valor de 5.74 % lo que expresa un alto contenido de MO y el suelo del clon ICS-95, consta de un valor de 3.02 % lo que expresa un contenido medio de MO. Asimismo, cuentan con una alta capacidad de intercambio catiónico (CIC). En el caso del nitrógeno, fósforo y potasio, según la tabla de interpretación de análisis de suelo, la concentración de estos elementos en el suelo de las dos plantaciones de cacao es bajo.

**Tabla 7**

*Características fisicoquímicas del suelo antes de la aplicación del abono orgánico (compost)*

Clon	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase text.	CE (dS/m)	pH	MO (%)	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	CaCO <sub>3</sub> (%)	CIC
CCN	28.24	36	35.76	Fra-arc	0.11	6.28	5.74	0.26	13.6	101	<0.3	15.09
ICS	40.24	32	27.76	Fra-arc	0.22	6.44	3.02	0.14	11.69	35	<0.3	8.95

*Fuente:* Reporte de análisis de suelo-caracterización del ICT.

### 3.1.2. Características fisicoquímicas del suelo después de la aplicación del abono orgánico (compost)

En la Tabla 8, muestra los resultados de la caracterización fisicoquímica del suelo de las plantaciones de cacao CCN-51 y ICS-95 después de la aplicación de abono orgánico al suelo. Se determinó que el pH de ambos suelos de las plantaciones de cacao disminuyó con respecto a la primera evaluación, obteniendo un valor de 5.76 y 5.63 respectivamente (ver Apéndice 6), convirtiéndose en suelos moderadamente ácidos. En cuanto al contenido de MO, el suelo del clon CCN-51 tiene un valor medio, mientras que el suelo de la plantación de ICS-95 contiene un valor alto, así mismo, la CIC sigue siendo alta e influyente con el contenido moderado  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ . Sin embargo, las concentraciones de nitrógeno, potasio y fósforo en los suelos de ambos clones de cacao siguen siendo bajos.

**Tabla 8**

*Características fisicoquímicas del suelo después de la aplicación del abono orgánico (compost)*

Clon	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	CE (dS/m)	pH	MO (%)	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	CaCO <sub>3</sub> (%)	CIC
CCN	27.52	24	48.48	0.06	5.76	2.35	0.11	2.5	38	<0.3	13.16
ICS	13.52	34	52.48	0.32	5.63	4.43	0.2	5.38	1.29	<0.3	37.20

Fuente: Reporte de análisis de suelo-caracterización del ICT.

### 3.2. Concentración de cadmio en plantaciones de los clones ICS y CCN

Para la cuantificación de concentración de Cd en hojas, suelos y fruto de las plantaciones de cacao de los clones CCN-51 e ICS-95, se realizó el muestreo al inicio (antes de la aplicación de compost) y al final (después de la aplicación del compost), las cuales fueron enviadas al laboratorio para su respectivo análisis, donde se obtuvo lo siguiente:

### 3.2.1. Concentración de cadmio en hoja, suelo y fruto antes de la aplicación de abono orgánico en las plantaciones de CCN e ICS

La Tabla 9, muestra que el menor contenido de cadmio en hoja lo presentó el clon CCN-51; con 1.94 ppm y la mayor concentración fue de 3.12 ppm. Asimismo, la concentración de cadmio en granos de cacao mostró un máximo valor de 1.7 ppm y en suelo la máxima concentración fue 0.52 ppm con una concentración mínima de 0.28 ppm.

Resultados similares se obtuvo para el clon ICS-95, donde obtuvo concentraciones de cadmio en hoja entre de 1.60 y 2 ppm. Además, la mayor concentración de cadmio en granos fue de 1.11 ppm y la concentración mínima fue de < 0.1 ppm, siendo la concentración de cadmio en suelo de < 0.1 ppm para todos los tratamientos.

**Tabla 9**

*Concentración de cadmio en hoja, suelo y granos antes de la aplicación del abono orgánico (compost) en las plantaciones de CCN e ICS*

Clon	Trat.	Dosis de abono (g)	Concentración de Cadmio Inicial		
			Hoja (ppm)	Suelo (ppm)	granos (ppm)
CCN-51	T1	0	2.67	0.28	1.70
CCN-51	T3	2000	3.12	0.52	1.70
CCN-51	T5	4000	2.55	0.34	1.70
CCN-51	T7	6000	1.94	0.48	1.70
ICS-95	T2	0	1.97	< 0.1	1.11
ICS-95	T4	2000	1.60	< 0.1	< 0.1
ICS-95	T6	4000	1.75	< 0.1	< 0.1
ICS-95	T8	6000	2.00	< 0.1	0.28

*Fuente:* Reporte de análisis de concentración de cadmio del ICT-Tarapoto.

### 3.2.2. Concentración de cadmio en hoja, suelo y granos después de la aplicación de abono orgánico en las plantaciones de CCN e ICS

La concentración de cadmio en hojas, suelo y granos de cacao después de aplicación de compost (Tabla 10), indica menores contenidos de cadmio en hojas para el T6 (ICS-95 con 4000 gramos de compost) y el mayor contenido en cadmio el T3 (CCN-51 con 2000 gramos de cadmio) con 4.60 ppm. En cuanto al cadmio en suelos, el menor valor en cadmio lo obtuvo el T2 (ICS-95 sin aplicación de compost) con 0.46 ppm y el contenido más alto lo muestra el T7 (CCN-51 6000 g compost) con 0.52 ppm. Respecto al cadmio en granos, el menor valor en cadmio lo obtuvo el T6 (ICS-95 con aplicación de 4000 g de compost) con 0.28 ppm y el contenido más alto lo muestra el clon CCN-51 con 0.52 ppm.

**Tabla 10**

*Concentración de cadmio en hoja, suelo y granos después de la aplicación del abono orgánico (compost) en las plantaciones de CCN-51 e ICS-95*

Clon	Trat.	Dosis de abono (g)	Concentración de Cadmio final		
			Hoja (ppm)	Suelo (ppm)	Granos (ppm)
CCN-51	T1	0	2.62	0.61	0.52
CCN-51	T3	2000	4.60	0.72	0.49
CCN-51	T5	4000	2.74	0.73	0.50
CCN-51	T7	6000	2.96	0.71	0.49
ICS-95	T2	0	2.54	0.39	0.37
ICS-95	T4	2000	3.05	0.49	0.30
ICS-95	T6	4000	2.26	0.46	0.28
ICS-95	T8	6000	2.62	0.50	0.39

*Fuente:* Reporte de análisis de concentración de cadmio del ICT.

### 3.3. Efecto de las dosis de abono orgánico sobre la presencia del cadmio en clones de “cacao” *Theobroma cacao* L.

#### 3.3.1. Concentración de cadmio en grano de cacao sin y con aplicación de compost (abono orgánico) en los clones CCN e ICS

El análisis de varianza (Tabla 11) para la concentración de cadmio en granos de cacao después de la aplicación de compost (abono orgánico) en los ocho tratamientos en estudio, indica que existen diferencias altamente significativas solo en los clones de cacao (ICS-95 y CCN-51). Aceptándose por tanto que el contenido de cadmio en granos de cacao depende entre otras condiciones, de la aplicación compost y clones de cacao. Se obtuvieron un coeficiente de correlación ( $R^2$ ) de 88 %, un coeficiente de variación (CV) de 10.9 % y un promedio de cadmio en granos de cacao de 1.07 ppm.

**Tabla 11**

*Análisis de varianza de la concentración de cadmio en grano de cacao (ppm) después de la aplicación de compost en los clones ICS y CCN. Datos transformados  $\ln(x)$*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Dosis de compost	0.02	3	0.01	0.26	0.8557 <i>ns</i>
Clon de cacao	0.33	1	0.33	14.42	0.0003**
Bloque	0.02	2	0.01	0.41	0.6655 <i>ns</i>
Dosis de compost*Clon de cacao	0.02	3	0.01	0.34	0.7932 <i>ns</i>
Dosis de compost*Bloque	0.17	6	0.03	1.24	0.2959*
Clon de cacao*Bloque	0.04	2	0.02	0.89	0.4143*
Dosis de compost*Clon de cacao*Bloque	0.05	6	0.01	0.38	0.8879 <i>ns</i>
Error	1.66	72	0.02		
Total	2.32		95		

*ns*= no significativo con  $p > 0.05$ , \* = Significativo con  $p < 0.05$  y \*\* = Altamente Significativo con  $p < 0.01$ .

$$R^2 = 28 \%$$

$$CV = 24.2 \%$$

$$\bar{X} = 0.42$$

*Fuente:* Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos con el programa SPSS (Statistical Package for Social Sciences)

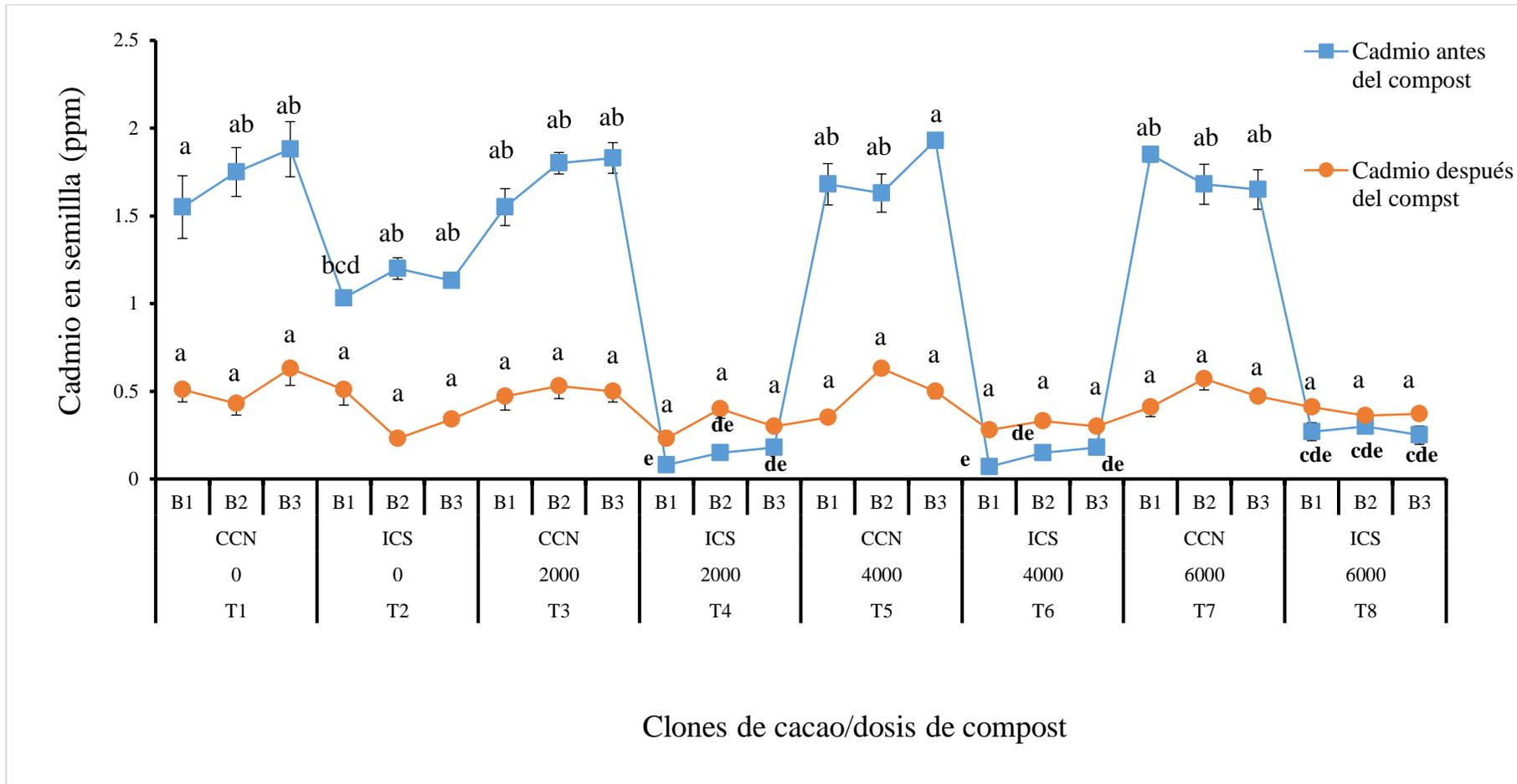


Figura 13. Prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ) para la concentración de Cd en granos de cacao (ppm) antes y después de la aplicación de compost en los clones ICS y CCN. Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos con el programa SPSS.

Según la prueba de Tukey (Figura 16) para la concentración de cadmio en granos de cacao, sin aplicación de compost (abono orgánico) muestra diferencias significativas entre los clones; tal es así que en el clon CCN se determinó valores entre de 1.73 y 1.74 ppm y en el ICS promedios de 1.12, 0.27 y 0.13 ppm. Respecto a la concentración de cadmio en granos de cacao con aplicación de compost (abono orgánico), se trabajó con los tratamientos T1 (CCN sin compost), T2 (ICS sin compost), T3 (CCN con 2000 g compost), T4 (ICS con 2000 g compost), T5 (CCN con 4000 g compost), T6 (ICS con 4000 g compost), T7 (CCN con 6000 g compost) y T8 (ICS con 6000 g compost), donde se pudo evidenciar que no muestra diferencias significativas en ninguno de los tratamientos, con valores promedios entre 0.30 a 0.52 ppm respectivamente. Se observó que el T6 (Clon ICS con 4000 g de cadmio) obtuvo una menor concentración de cadmio.

### 3.3.2. Concentración de cadmio en suelos sin y con aplicación de compost (abono orgánico) en los clones CCN-51 e ICS-95

En la Tabla 12, el análisis de varianza para la concentración de cadmio en el suelo después de la aplicación de compost (abono orgánico), solo en los clones de cacao (ICS-95 y CCN-51), indicaron que existen diferencias altamente significativas en los ocho tratamientos en estudio. Esto confirmó que el contenido de cadmio en el suelo de las plantaciones de cacao depende entre otras condiciones, de la aplicación del compost. Se obtuvieron un coeficiente de correlación ( $R^2$ ) de 28 %, un coeficiente de variación (CV) de 24.2 % y un promedio de cadmio en el suelo de cacao de 0.42 ppm.

**Tabla 12**

*Análisis de varianza para la concentración de cadmio en suelo (ppm) después de la aplicación de compost en los clones ICS y CCN Datos transformados Ln (x)*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Dosis de compost	0.11	3	0.04	9.01	<0.0001**
Clon de cacao	0.58	1	0.58	145.52	<0.0001**
Bloque	0.00068	2	0.00034	0.09	0.918ns
Dosis de compost*Clon de cacao	0.01	3	0.00033	0.83	0.4813ns
Dosis de compost*Bloque	0.01	6	0.00021	0.53	0.7809ns
Clon de cacao*Bloque	0.00037	2	0.00018	0.47	0.6297ns
Dosis de compost*Clon de cacao*Bloque	0.04	6	0.01	1.65	0.1467ns
Error	0.29	72	0.0004		
Total	1.04	95			

ns= no significativo con  $p>0.05$ , \* = Significativo con  $p<0.05$  y \*\*= Altamente Significativo con  $p<0.01$ .

$$R^2 = 81 \%$$

$$CV = 8.36 \%$$

$$\bar{x} = 0.75$$

*Fuente:* Elaboración propia.

Según la prueba de Tukey (Figura 17) para la concentración de cadmio en suelo de cacao, sin aplicación de compost (abono orgánico) muestra diferencias significativas entre los clones; con una concentración promedio entre 0.13 a 0.14 ppm en el clon ICS, y de 0.29 a 0.53 ppm en el clon CCN. En cuanto a la concentración de cadmio en suelo con aplicación de compost (abono orgánico), de acuerdo con los tratamientos T1 (CCN sin compost), T2 (ICS sin compost), T3 (CCN con 2000 g compost), T4 (ICS 2000 g compost), T5 (CCN con 4000 g compost) T6 (ICS 4000 g compost), T7 (CCN con 6000 g compost) y T8 (ICS con 6000 g compost), se obtuvo valores promedio entre 0.62 a 0.73 ppm para el clon CCN, y de 0.37 ppm y 0.52 ppm respectivamente. Sin embargo, se pudo observar una menor concentración de cadmio en el T3 clon ICS con 2000 g de compost.

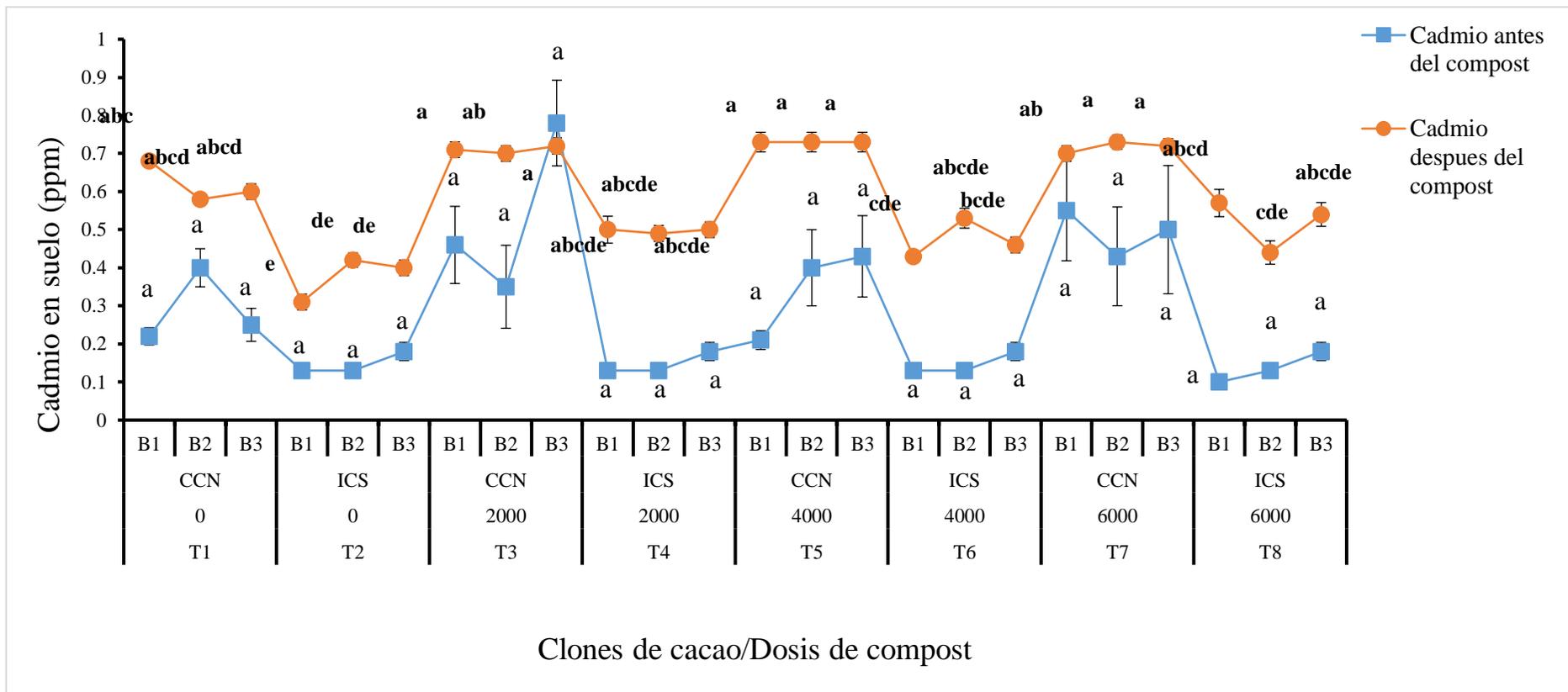


Figura 14. Prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ) para la concentración de Cd en suelos de cacao (ppm) antes y después de la aplicación de compost en los clones ICS y CCN. Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos con el programa SPSS.

### 3.3.3. Concentración de cadmio en hojas de cacao sin y con aplicación de compost (abono orgánico) en los clones CCN e ICS

El análisis de varianza (Tabla 13) para la concentración de cadmio en hoja después de la aplicación de compost en los ocho tratamientos en estudio, indica que existen diferencias altamente significativas solo en los clones de cacao (ICS-95 y CCN-51). Por lo tanto, el contenido de cadmio en hoja de cacao depende entre otras condiciones, de la aplicación compost y clones de cacao. Se obtuvieron un coeficiente de correlación ( $R^2$ ) de 28 %, un coeficiente de variación (CV) de 24.2 % y un promedio de cadmio en hojas de 0.42 ppm.

**Tabla 13**

*Análisis de varianza para la concentración de cadmio en hojas de cacao (ppm) después de la aplicación de compost en los clones ICS y CCN Datos transformados Ln (x)*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Dosis de compost	1.87	3	0.62	40.07	<0.0001**
Clon de cacao	0.57	1	0.57	36.66	<0.0001**
Bloque	0.56	2	0.28	17.92	<0.0001**
Dosis de compost*Clon de cacao	0.37	3	0.12	7.98	0.0001**
Dosis de compost*Bloque	2.48	6	0.41	26.6	<0.0001**
Clon de cacao*Bloque	0.06	2	0.03	2.07	0.1338 <i>ns</i>
Dosis de compost*Clon de cacao*Bloque	0.59	6	0.1	6.35	<0.0001**
Error	1.12	72	0.02		
Total	7.62	95			

ns= no significativo con  $p>0.05$ , \* = Significativo con  $p<0.05$  y \*\*= Altamente Significativo con  $p<0.01$ .

$$R^2 = 85 \%$$

$$CV = 7.38\%$$

$$\bar{x} = 1.69$$

*Fuente:* Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos con el programa SPSS.

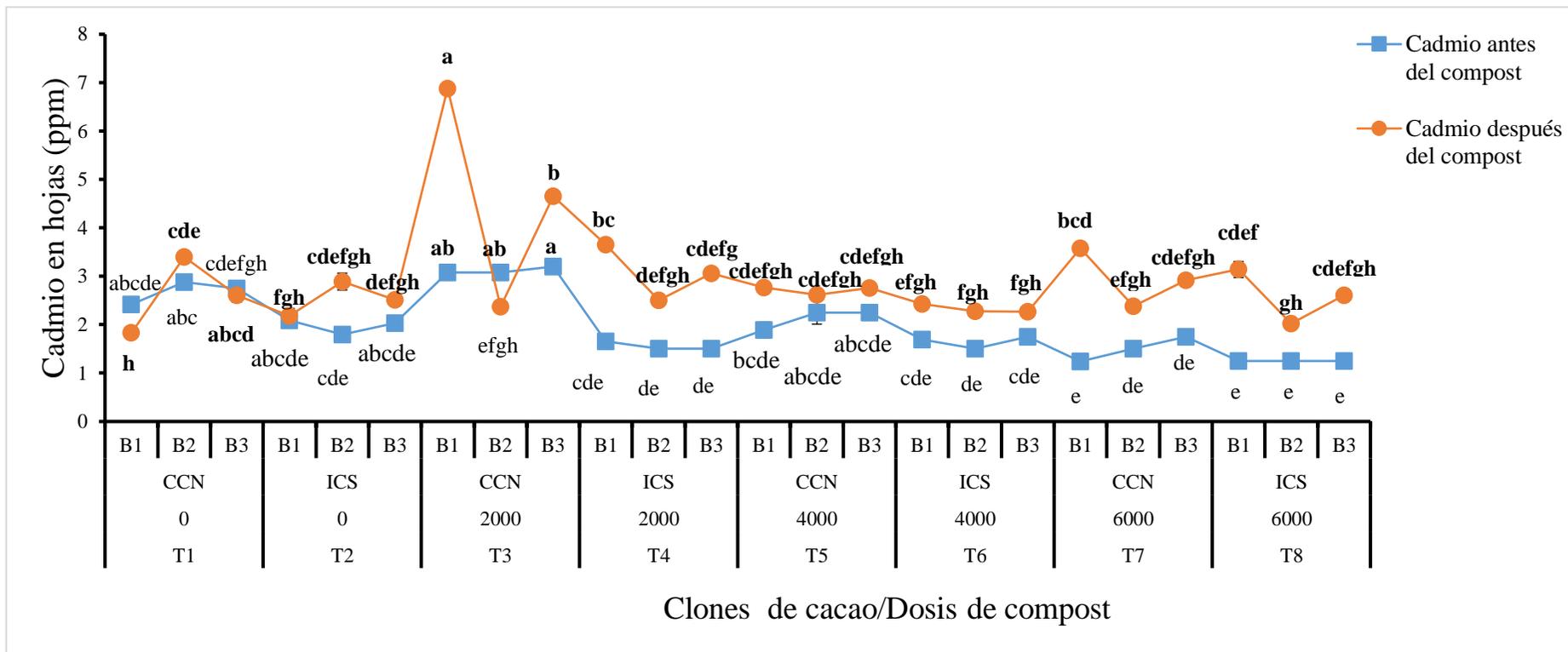


Figura 15. Prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ) para la concentración de Cd en hojas de cacao (ppm) antes y después de la aplicación de compost en los clones ICS y CCN. Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos con el programa SPSS.

Respecto a la concentración de cadmio en granos de cacao con aplicación de compost (abono orgánico) no muestra diferencias significativas en ninguno de los tratamientos.

Según la prueba de Tukey (Figura 18) para la concentración de cadmio en hoja de cacao, sin aplicación de compost (abono orgánico) no muestra diferencia significativa entre los clones; con una concentración promedio entre 1.25 a 1.97 ppm en el clon ICS, y de 1.49 a 3.12 ppm en el clon CCN. Con respecto a la concentración de cadmio en hoja con aplicación de compost (abono orgánico), de acuerdo con los tratamientos T1 (CCN sin compost), T2 (ICS sin compost), T3 (CCN con 2000 g compost), T4 (ICS 2000 g compost), T5 (CCN con 4000 g compost) T6 (ICS 4000 g compost), T7 (CCN con 6000 g compost) y T8 (ICS con 6000 g compost), se obtuvo valores promedio entre 2.61 a 4.63 ppm para el clon CCN, y de 2.32 a 3.07 ppm, los cuales no muestran diferencia significativa. Sin embargo, se pudo observar que el T6 del clon ICS con 4000 g obtuvo menor de concentración de cadmio.

## CAPÍTULO IV: DISCUSIONES

### 4.1. Caracterización fisicoquímica del suelo

Las Tablas 6 y 7 muestran las diferencias en las características físicas y químicas de los suelos con clase textural franco arcilloso y un pH entre 5.63 a 6.44 lo que indica que son moderadamente ácidos, con un porcentaje de nitrógeno entre 0.11 a 0.26 %, considerado como una concentración baja, de 2.5 ppm a 13.6 ppm de fósforo y potasio entre 1.29 a 101 ppm. Este resultado es similar al obtenido por Vera *et al.* (2000), cuando realizó la caracterización en suelos cacaoteros, donde obtuvo un pH entre 4.17 y 6.80, contenido de MO entre 1.10 y 41.8 g/kg, entre 0.02 y 1.90 g/kg de nitrógeno, 1.05 a 112 g/kg de fósforo, 0.03 a 0.17 g/kg de potasio y con una CIC de 0.75 a 13.5 Cmol/kg. Esto lo corrobora Arévalo-Gardini *et al.* (2017) quién obtuvo un pH entre 5.3 a 8.29, MO de 1.66 a 4.41 %, y un NPK muy bajo. Asimismo, menciona que los suelos con pH entre 5 y 6 tienden a contener una ligera contaminación de metales pesados, en efecto el suelo tiende a disminuir su pH, y por ende a incrementarse la concentración de metales pesados en el suelo. Asimismo, López *et al.* (2018), en su investigación concluyó que existe una interrelación entre el pH del suelo y del fruto de cacao con la concentración de cadmio del suelo y del fruto.

El contenido de MO obtenida en las parcelas de los clones de cacao CCN e ICS, mostraron valores entre 2.35 y 5.74 % y una CIC de 0.75 a 37.2 Cmol/kg, quien probablemente haya favorecido la generación de la actividad microbiana, transformando la MO a humus, liberando dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y ácido carbónico y este al acidificarse haya liberado el cadmio y ser absorbido por la planta. Esto podría atribuirse a lo señalado por Estévez *et al.* (2000), donde indican que los suelos con alto contenido de MO, de textura arcillosa, con baja saturación de aluminio y con capacidad de intercambio catiónico efectivo, son los suelos con mayor retención de cadmio. La parcela de cacao del clon ICS, después de su aplicación del compost (Tabla 7), muestra alto contenido de MO con 4.43 %, esto probablemente sea un indicador de una mejor calidad para el suelo; por lo tanto, redundando en menor movilidad,

previniendo la contaminación de aguas subterráneas y por ende la toxicidad por bioacumulación; asimismo, se observa una reducción del pH a valores menores a 6 considerado como fuertemente ácido a moderadamente ácido. Lo mismo, hace referencia Bravo *et al.* (2014) cuando expresa que los suelos ácidos facilitan la polución y la toxicidad por acumulación de Cd en organismos vivos. Esta afirmación es respaldada por Florida *et al.* (2018) donde indica que en granos de cacao la aplicación de NPK y compost tuvieron un significativo efecto en los indicadores MO, pH, capacidad de intercambio catiónico (CICe) y Cd<sup>2+</sup>.

#### **4.2. Concentración de cadmio en hojas, suelo y granos**

La menor concentración de cadmio en hojas de cacao del clon CCN, antes de la aplicación del abono orgánico (compost) lo presentó el T7 con 1.94 ppm y la mayor concentración lo presentó el T3 con 3.12 ppm. En cuanto a la concentración de cadmio en granos el máximo valor fue 1.7 ppm y en suelo la máxima concentración la obtuvo el T3 con 0.52 ppm y la mínima el T1 con 0.28 ppm. De igual manera, la menor concentración de cadmio en hoja en el clon ICS lo obtuvo el T4 con 1.60 ppm y la mayor concentración el T8 con 2 ppm; en cuanto a la concentración de cadmio en granos el T2 con 1.11 ppm fue la máxima concentración, y la mínima fue para el T4 y T6 con < 0.1 ppm, finalmente la concentración de cadmio en suelo < 0.1 ppm fue el valor para todos los tratamientos. Por tanto, según el Reglamento (UE) N°488/2014- reglamento del contenido máximo de cadmio en los productos alimenticios, el nivel máximo permisible de concentración de cadmio en granos es 0.60 ppm y en hojas 1 ppm para plantaciones de cacao.

De acuerdo con la Resolución Ministerial N°307-2012-MINAM, que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo, estima que el nivel máximo de concentración de cadmio en suelo es de 1.4 ppm. Según los resultados obtenidos con el ensayo de investigación, nos reporta que las concentraciones de cadmio en hoja de plantaciones de cacao en los clones ICS y CCN sobrepasan los límites establecidos, caso contrario sucede en los granos de cacao, específicamente en los tratamientos T4, T6 y T8 donde se observa que las concentraciones de Cd no superan los límites establecidos, mientras que todos los tratamientos del clon CCN y el tratamiento T2 del clon ICS en granos si exceden los valores

establecidos en dicho reglamento, finalmente en suelo las concentraciones de cadmio no sobrepasan los niveles establecidos en el ECA suelo.

Sin embargo, en los resultados finales se determinó que la menor concentración de cadmio en suelo fue 0.39 ppm y la mayor fue 0.73 ppm, asimismo, las concentraciones de cadmio en los granos de cacao fueron 0.28 ppm la mínima y 0.52 ppm la máxima, resultados similares consiguieron Florida *et al.* (2018) donde determinaron el comportamiento del cadmio en suelo y granos de cacao al aplicar compost y NPK donde comprobaron que 0.36 µg/g fue la menor concentración de cadmio en granos de cacao y 0.25 µg/g la menor concentración en el suelo al utilizar el compost, atribuyendo entonces que el compost tuvo mejor resultado que el NPK (componente químico) en la reducción del cadmio tanto en suelo como en granos de cacao. Esto lo reafirma Sabino (2020) al aplicar enmiendas orgánicas en suelos cacaoteros contaminados con cadmio, siendo 0.69 mg/kg la menor concentración y 0.85 mg/kg la mayor concentración de cadmio en suelo demostrando así que la aplicación de enmiendas si disminuye la concentración de cadmio en el suelo. En cuanto a la concentración de cadmio en hoja se determinó que 2.26 ppm fue la concentración mínima de cadmio y 4.60 ppm la máxima concentración, de tal modo Guzmán (2019) en la investigación sobre el efecto de la materia orgánica en la reducción de cadmio en suelo y planta de cacao a nivel de vivero obtuvo 2.09 ppm como concentración mínima de cadmio en hoja y 6.01 la máxima concentración al aplicar 1.07 % de materia orgánica al suelo de la planta en estudio, deduciendo que la aplicación de materia orgánica tuvo un efecto positivo en la reducción de cadmio tanto en suelo como en las hojas.

De acuerdo con el Reglamento (UE) N°488/2014, tanto en suelo y granos del clon CCN y del clon ICS no sobrepasan los límites establecidos en dicha norma, pero en hoja si excede dichos valores establecidos en el ECA. Estos resultados son similares a los obtenidos por García (2019), donde consiguió resultados favorables en su primer muestreo, ya que la concentración de cadmio en hojas, grano y suelo de plantaciones de cacao del distrito de San Martín de Alao fue 1.23, 0.065 y 0.45 ppm respectivamente; y en el distrito de Hiucungo fue 2.12 ppm en hoja, 0.12 ppm en grano y 0.63 en suelo, los cuales estaban dentro de los límites de la normativa vigente, sin embargo, en su segundo muestreo obtuvo 0.455, 1.25 y 1.42 ppm en granos, hoja y suelo del distrito de San Martín de Alao, mientras que en el distrito

de Huicungo fue 0.81, 2.09 y 1.426 tanto en granos, hoja y suelo respectivamente, donde la concentración de Cd en suelo superaban la normativa vigente.

#### **4.3. Efecto de las tres dosis de abono orgánico (compost) sobre la presencia de cadmio en clones de “cacao” *Theobroma cacao* L.**

En la investigación realizada se determinó que las concentraciones de Cd en el suelo después de haber realizado el ensayo de investigación, en comparación con el resultado inicial no disminuyeron, posiblemente debido a factores como el pH moderadamente ácido, tipo de clase textural, deficiencia de NPK y principalmente a la concentración de MO del suelo. Esto lo corrobora Huaynates (2013), donde indica que los suelos con alto porcentaje de MO, se relaciona con la mineralización generando elementos con alta capacidad de adsorción de cadmio.

En cuanto a la concentración de cadmio en granos de cacao en los clones ICS y CCN no sobrepasan los límites máximos permisibles. Sin embargo, la concentración de cadmio en hoja de ambos clones se ha incrementado en comparación con el primer resultado, y sobrepasan los valores establecidos por el Reglamento (UE) N°488/2014.

La movilidad y disponibilidad del cadmio depende de la humedad, MO, aplicación de fertilizantes, cantidad de arcilla y pH, es por esta razón que la MO no siempre ayudará a la reducción de Cd, ya que influirá en la disponibilidad del Cd para las plantas, las cuales las absorben como alimento (Sánchez, 2016). La presencia de clones en la movilización del cadmio es muy visible, pues los clones ICS, presentan valores menores en la acumulación de Cd tanto en suelos, hojas como en granos de cacao. Esto cumple con lo que indica Arévalo-Gardini *et al.* (2017), cuando señala que el clon ICS podría convertirse en un clon prometedor con una producción segura de cacao en suelos contaminados de cadmio. Estos resultados son corroborados por Díaz *et al.* (2017) donde indica que en sus resultados el nivel de Cd en granos estuvo por debajo de los niveles permisibles por la Unión Europea (1 ppm). Asimismo, estos resultados son respaldados por Huaynates (2013), donde hace

mención que la materia orgánica tiene una sinergia y un efecto positivo en la disminución de cadmio en el suelo.

Haciendo una síntesis de los resultados estadísticos se observa que, el análisis de varianza (Tabla 11) para la concentración de cadmio en granos de cacao (ppm) con aplicación de compost en clones de ICS y CCN, mostraron que existió diferencias significativas para los clones de cacao, e interacciones entre bloques con dosis de compost y clones de cacao. Asimismo, según los análisis iniciales de cadmio en granos de cacao (Figura 16) las plantaciones del clon ICS tuvieron los menores valores en cadmio por debajo de 0.3 ppm, sin embargo, cuando se aplica 4000 g de compost las concentraciones de cadmio se redujeron en un 24.32 % para el clon ICS y un 5.7 % para el clon CCN cuando se aplicó 2000 g de compost.

Por otro lado, el análisis de varianza (Tabla 12) para la concentración de cadmio en el suelo (ppm) con aplicación de compost en clones de ICS y CCN, indicaron que había diferencias significativas entre la dosis de compost y clones de cacao y entre la interacción dosis de compost y clones de cacao, además según los análisis iniciales de cadmio en granos de cacao (Figura 17), las plantaciones del clon ICS y CCN mostraron los menores valores en cadmio cuando no se aplican compost.

Finalmente, el análisis de varianza (Tabla 13) para la concentración de cadmio en hojas (ppm) con aplicación de compost en clones de ICS y CCN, señaló que tuvo diferencias significativas para la dosis de compost, clones de cacao y la interacción de ambos factores. Según los análisis iniciales de cadmio en granos de cacao (Figura 18), las plantaciones del clon ICS muestran los menores valores en cadmio cuando se aplica 4000 g. de compost las concentraciones de cadmio se reducen en un 11.02 % para el clon ICS.

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

- En cuanto a las características fisicoquímicas del suelo en las plantaciones de cacao de los clones ICS y CCN presentan suelos de tipo franco arcilloso, con un contenido alto de materia orgánica y un pH ácido, los cuales sumado a las condiciones climáticas han influido en la movilización del cadmio tanto en suelo, hoja y grano, causando el incremento de la concentración de dicho elemento.
- La menor concentración de cadmio en granos de cacao en comparación al testigo lo obtuvo el T6 (4000 g compost) del clon ICS y el T7 (6000 g compost) con respecto al clon CCN. Sin embargo, a pesar de obtener resultados favorables en la reducción de cadmio en granos, se ha observado que las características fisicoquímicas, el clon y la dosis influyen de manera importante en la movilidad del Cadmio tanto en granos, hojas y suelo de las plantaciones cacaoteras. No obstante, las concentraciones no sobrepasan los límites máximos permisibles.
- En cuanto al efecto del abono orgánico (compost), se determinó que el mejor resultado con relación a la reducción de cadmio en grano de cacao lo obtuvo el clon ICS con aplicación de 4000 g de compost con una reducción de cadmio de 24.32 % respecto al tratamiento testigo y una reducción de 5.77 % para el clon CCN con aplicación de 6000 g de compost en comparación al testigo.

## **CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES**

- Realizar por lo menos de tres a más análisis de suelo, pertinentes a las características fisicoquímicas antes de instalar el ensayo, ya que estas influyen de gran manera en la acción de la materia orgánica y movilidad del cadmio.
  
- Incentivar a las universidades a realizar más estudios de identificación y cuantificación de Cadmio en los cultivos de cacao de la región San Martín, con el fin de generar una línea base y georreferenciación de estos cultivos contaminados, el cual facilite a futuro su identificación para investigaciones científicas.
  
- A los agricultores, antes de hacer uso de abonos orgánicos, realizar análisis de suelo a sus parcelas, con la finalidad de que el abono tenga un mayor efecto, y evitar que el suelo se sobrealimente de elementos y ocasione resultados contrarios a los esperados. Asimismo, deben realizar la limpieza y poda de sus cultivos para evitar la propagación de plagas y enfermedades, así como evitar el uso de fertilizantes químicos, los cuales aumentan la concentración de cadmio.

## REFERENCIAS

- Agrobanco (2013). Guía Técnica de Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades en el Cultivo de Kiwicha. Recuperado de [https://www.agrobanco.com.pe/wp-content/uploads/2017/07/021-a-kiwicha\\_MIPE\\_.pdf](https://www.agrobanco.com.pe/wp-content/uploads/2017/07/021-a-kiwicha_MIPE_.pdf)
- Arévalo-Gardini E., Arévalo-Hernández, C.O., Baligar VC, He ZL. (2017). Heavy metal accumulation in leaves and beans of cacao (*Theobroma cacao* L.) in major cacao growing regions in Peru. *El Sierver*. 605-606 (1), 792-800. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.122
- Arrieta, A., Granados, C., Lara, J., Tejada, C. y Villabona, A. (2016). Adsorción de plomo y cadmio en sistema continuo de lecho fijo sobre residuos de cacao. *Revista ION*. 29(2), 113-124. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.18273/revion.v29n2-2016009>
- Aprueban Contenido máximo de cadmio en los productos alimenticios. Reglamento (UE) N°488/2014 de La Comisión. Diario Oficial de la Unión Europea, 12 de mayo de 2014, pp. 75-138.
- Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo. Resolución Ministerial 307-2012-MINAM. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 07 de noviembre de 2012, pp. 9-10
- Asociación Nacional del Café (2016). *Cultivo de cacao*. Recuperado de <http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2016/05/Cultivo-de-Cacao.pdf> [ANACAFE]
- Avendaño, A. C. H., López, A. M., Méndez, R. A. G., Medina, J. F. A., Rojas, E. C., Sandoval, E. A, Villarreal, F. J. M., y Zaragoza, S. E. (2011). Diagnóstico del cacao en México. Recuperado de [http://www.fec-chiapas.com.mx/sistema/biblioteca\\_digital/diagnostico-del-cacao-en-mexico.pdf](http://www.fec-chiapas.com.mx/sistema/biblioteca_digital/diagnostico-del-cacao-en-mexico.pdf)
- Barón, L. M. (2016). *Perfil del riesgo en inocuidad asociado a la presencia de residuos de cadmio en cacao (Theobroma cacao L.)*. (Tesis de grado). Universidad de la Salle. Recuperado de [http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/21262/43112010\\_2016.pdf?squence=1&isAllowed=y](http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/21262/43112010_2016.pdf?squence=1&isAllowed=y)

- Bautista, F., Rivas, H., Durán, C. y Palacio, G. (1998). Caracterización y clasificación de suelos con fines productivos en Córdoba, Veracruz, México. *Scielo*. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n36/n36a3.pdf>
- Bravo, I.; Arboleda, C. A. y Martín, F. J. (2014). Efecto de la calidad de la materia orgánica asociada con el uso y manejo de suelos en la retención de cadmio, en sistemas altoandinos de Colombia. *Acta Agronómica*. 63 (2), 164-174. doi.org/10.15446/acag.v63n2.39569
- Cárdenas, A. A. (2012). *Presencia de cadmio en algunas parcelas de cacao orgánico en la cooperativa agraria industrial Naranjillo - Tingo María – Perú*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria de la Selva. Recuperado de <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/153/AGR-596.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cabrera, V. C. y Rossi, M. G. (2016). *Propuesta para la elaboración de compost a partir de los residuos vegetales provenientes del mantenimiento de las áreas verdes públicas del distrito de Miraflores*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria La Molina. Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2251/Q70-C32-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cedeño, W. P. (2020). *Remoción de cadmio en almendras de cacao en proceso poscosecha con agentes quelantes, medios ácidos, lavado y presecado*. (Tesis de maestría). Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Recuperado de <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1344/1/TTMAI02D.pdf>
- Comité del código de alimentación sobre contaminantes de los alimentos (2018). *Anteproyecto de niveles máximos para el cadmio en el chocolate y los productos derivados del cacao*. Recuperado de [http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FMeetings%252FCX-735%2012%252FWD%252Fcf12\\_06s.pdf](http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FMeetings%252FCX-735%2012%252FWD%252Fcf12_06s.pdf) [CODEX]
- Chupillón, J. W. (2017). *Determinación de la absorción de cadmio y plomo en genotipos de cacao (Theobroma cacao l.), para el establecimiento de plantaciones comerciales*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de San Martín. Recuperado de <http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/UNSM/2473/INFORME%20DE%20TESIS%20-%20Jimmy%20W.%20Chupillon%20Cubas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Dávila, Z. E. C. (2019). *Uso de enmiendas en la reducción del contenido de cadmio en el suelo y en los granos del cacao (Theobroma cacao L.) clon ccn-51*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria de la Selva. Recuperado de [http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1623/TS\\_ECDZ\\_2019.pdf?sequence=4&isAllowed=y](http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1623/TS_ECDZ_2019.pdf?sequence=4&isAllowed=y)
- Díaz, L.E., Domínguez, N., Bravo, M. y Mendoza, E. (2018). Determinación de Cadmio y Plomo en almendras de cacao (*Theobroma cacao L.*), proveniente de fincas de productores orgánicos del cantón Vinces. *Espirales revistas multidisciplinaria de investigación*. 2 (15). Recuperado de <http://revistaespirales.com/index.php/es/article/view/213/160>
- Estévez, J., Andrade, M. L., Marcet, P. y Montero, M. J. (2000). Fijación y movilidad de cadmio y zinc en tres tipos de suelos ácidos de Galicia, España. Recuperado de [http://suelos.org.ar/publicaciones/vol\\_18n1/estevez\\_28-35.pdf](http://suelos.org.ar/publicaciones/vol_18n1/estevez_28-35.pdf)
- Florida, N., Huamaní, H.A., Huauya, M.A., Mansilla, L.G., y Neira, G. M. (2012). Presencia de metales pesados en cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*) orgánico. *Acta agronómica*. 61(4), 339-344. Recuperado de [https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta\\_agronomica/article/view/38134/40307](https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/38134/40307)
- Florida, R. N., Jacobo, S. S. y Gonzales, T. F. (2018). Comportamiento del cadmio y otros indicadores en suelo y almendra de cacao (*Theobroma cacao L.*), bajo aplicación de compost y NPK. *Amazónica*. 27 (2), 193-202. doi.org/10.24841/fa.v27i2.461
- Fondo para la Protección del Agua [FONAG] (2010). Manual de Abonos orgánicos y plaguicidas orgánicos. Recuperado de [https://issuu.com/frederys1712doc/docs/abonos\\_org\\_\\_nicos\\_-\\_protegen\\_el\\_sue](https://issuu.com/frederys1712doc/docs/abonos_org__nicos_-_protegen_el_sue)
- García, A., Gómez, S., Martínez, N. y Quintana, L. F. (2015). Caracterización de tres índices de cosecha de cacao de los clones CCN-51, ICS-60 e ICS-95, en la montaña santandereana. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*. 6(1). Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5590928.pdf>
- García, J. N. (2019). *Comparación de la concentración de Cadmio en Plantaciones de Cacao en los distritos de Huicungo y San Martín de Alao*. (Tesis de grado). Universidad César Vallejos. Recuperado de [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/39344/Garc%C3%ADa\\_RJN.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/39344/Garc%C3%ADa_RJN.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Garro, A. J. E. (2016). El suelo y los abonos orgánicos. Recuperado de <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/f04-10872.pdf>

- Gonzales, C. E. (2016). *Evaluación de la concentración mínima aceptable e identificación de metales pesados presentes en el grano de cacao del ecuador*. (Tesis de grado) Universidad Técnica de Machala. Recuperado de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/7789/1/Gonzalez.pdf>
- Gómez, L. P. (2017). *Diseño de plan de producción de cacao CCN-51 sector Las Piedras-Los Ríos para exportar*. (Tesis de grado) Universidad de Guayaquil. Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/23568/1/Dise%C3%B1o%20de%20plan%20de%20producci%C3%B3n%20de%20cacao%20CCN-51%20sector%20las%20piedras-%20Los%20Rios%20para%20exportar.pdf>
- Gonza, C. J., Guzmán, W., LLantence, W.O. y Pariente, E. (2018). Bioacumulación de cadmio en el cacao (*Theobroma cacao*) en la Comunidad Nativa de Pakun, Perú. *Revista Forestal del Perú*. 33 (1), 63 – 75. Recuperado de [revistas.lamolina.edu.pe/index.php/rfp/article/download/1156/pdf\\_29](http://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/rfp/article/download/1156/pdf_29)
- Gutiérrez-Brito, E. E., Leiva-Rojas, E. I y Ramírez-Pisco, R., (2019). La poda y su efecto en la calidad del grano de cacao (*Theobroma cacao* L. *SciELO*. 43(2), 167-176. Recuperado de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/ac/v43n2/0377-9424-ac-43-02-167.pdf>
- Guzmán, Ñ, J. J. (2019). Efecto de la materia orgánica en la reducción del cadmio en el suelo y en plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en vivero. (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria de la Selva. Recuperado de [http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1574/JJCN\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1574/JJCN_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Huaynates, J. L. (2013). *Efecto de la materia orgánica en la absorción de cadmio por el suelo, en la localidad de Supte*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria de la Selva. Recuperado de <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/451/T.CSA-84.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Jaramillo, D. F. (2002). *Introducción a la ciencia del suelo*. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/2242/1/70060838.2002.pdf>
- López, A., Hoyos, J. y Coronado, E. (2018). Determinación del contenido de cadmio (cd) en almendras de cacao (*Theobroma cacao* L.) cultivado bajo tres sistemas de manejo en San Alejandro-Ucayali. *Repositorio digital de la Universidad nacional de Ucayali*. Recuperado de [http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3926/UNU\\_AGRONOMIA\\_2016\\_AC\\_LOPEZA\\_HOYOSJ\\_CORONADOE.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3926/UNU_AGRONOMIA_2016_AC_LOPEZA_HOYOSJ_CORONADOE.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Martínez, K., Souza, V., Bucio, L., Gómez, L.E. y Gutiérrez, M.C., (2013). Cadmio: efectos sobre la salud. Respuesta celular y molecular. *Acta Toxicológica*. 21 (1), 33-49. Recuperado de <http://www.scielo.org.ar/pdf/ata/v21n1/v21n1a04.pdf>
- Martínez, M.L., Di Sapio, O.A., Cargo, J.C., Scandizzi., A.L., Taleb, L.D. y Campagna, M.N. (2016). *Principios de Botánica Sistemática*. Universidad Nacional de Rosario, Argentina. Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas. Recuperado de <https://www.fbioyf.unr.edu.ar/textos/botanica/botanicasist.pdf>
- Méndez, A. (2010). *Concepto de solubilidad*. Recuperado de <https://quimica.laguia2000.com/conceptos-basicos/concepto-de-solubilidad>
- Ministerio de Salud [MINSA] (2015). *Guía de práctica clínica para el diagnóstico y tratamiento de la intoxicación por cadmio Resolución Ministerial N°757-2013/MINSA*. Recuperado de <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/3244.pdf> [MINSA]
- Ministerio de Agricultura [MINAGRI] (2003). Manual de cultivo del cacao. Recuperado de <https://www.coursehero.com/file/53489347/manual-cultivo-cacao-2003pdf/>
- Ministerio del Ambiente [MINAM] (2014). Guía para el muestreo de suelos. Recuperado de <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/GUIA-PARA-EL-MUESTREO-DE-SUELOS-final.pdf>
- Mite, F., Carrillo, M. y Durango, W. (2010). Avances del monitoreo de presencia de cadmio en almendras de cacao, suelos y aguas en Ecuador. In *XII congreso Ecuatoriano de la Ciencia del suelo* (Vol. 1, pp. 1-21). Recuperado de <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/6.-Francisco-Mite.-Cadmio.-INIAP.pdf>
- Monje, A. C. A. (2011). Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa. Recuperado de <https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/Guia-didactica-metodologia-de-la-investigacion.pdf>
- Niño, I. D. (2015). *Cuantificación de cadmio en cacao proveniente del occidente de Boyacá por la técnica analítica de voltamperometría*. (Tesis de grado). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Recuperado de <http://repositorio.uptc.edu.co/jspui/handle/001/1425>

- Oficina Nacional de Semillas [ONS] (2018). *Certificación de semillas de cacao*. Recuperado de <http://ofinase.go.cr/certificacion-de-semillas/certificacion-de-semilla-de-cacao/clones/>
- Padrón C. E. (1996). *Diseños experimentales con aplicación a la agricultura y la ganadería*. (1th ed.) México: Trillas.
- Paredes, (2003). *Manual de cultivo del cacao*. Recuperado de [http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/manuales-boletines/cacao/manual\\_cultivo\\_cacao\\_2003.pdf](http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/manuales-boletines/cacao/manual_cultivo_cacao_2003.pdf)
- Peris, M. (2006). *Estudio de metales pesados en suelos bajo cultivos hortícolas de la provincia de Castellón, España*. (Tesis doctoral). Universidad de Valencia. Recuperado de <https://www.tesisenred.net/handle/10803/9504;jsessionid=17A7A9B77720BD1404A9AD8B2C0C8D53#page=1>
- Quintero, M. L. y Díaz, K. M. (2004). El mercado mundial del cacao. *Scielo*. 9 (18). Recuperado de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1316-03542004000100004](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-03542004000100004)
- Quiñones, M., Espinoza, E., Yovera, F., Cuchilla, Y. y Castro, D. (2018). Identificación, georreferenciación y caracterización morfológica de árboles superiores de *Theobroma cacao* L. cultivar cacao blanco de Piura, Perú. *The Biologist*, 16(1). Recuperado de <http://revistas.unfv.edu.pe/index.php/rtb/article/view/225/219>
- Román, P., Martínez, M. M. y Pantoja, A. (2013). Manual de compostaje del agricultor. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>
- Restrepo, J.M., Gómez, J. y Escobar, R. (2014). Manual de Utilización de Residuos Orgánicos en la Agricultura. Recuperado de [https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/56825/Residuos\\_Organicos\\_Agricultura\\_FIDAR.pdf?sequence=1](https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/56825/Residuos_Organicos_Agricultura_FIDAR.pdf?sequence=1)
- Sabino, D. C. (2020). *Determinación de niveles de enmiendas para la remediación de suelos contaminados con cadmio (cd) en el cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) distrito de San Alejandro, Ucayali, Perú*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Ucayali. Recuperado de [http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4340/UNU\\_MAESTRIA\\_2020\\_TM\\_DAVID-CAMILO-SABINO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4340/UNU_MAESTRIA_2020_TM_DAVID-CAMILO-SABINO.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Sánchez, G. (2016). *Ecotoxicología del cadmio*. (Trabajo de grado). Universidad Complutense, Madrid, España. Recuperado de <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/GARA%20SANCHEZ%20BARRON.pdf>
- Snedecor, G. W. y W. G. Cochran (1980). «Statistical methods, 7th edn. Iowa State University Press, Iowa».
- Tantaleán, E. (2017). *Distribución del contenido de cadmio en los diferentes órganos del cacao ccn-51 en suelo aluvial y residual*. (Tesis de grado). Universidad nacional agraria de la selva. Recuperado de [http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1242/TPE\\_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1242/TPE_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- TECHNOSERVE (2015). *Construcción de un modelo de agricultura competitiva en Colombia*. Recuperado de <https://imgcdn.larepublica.co/cms/2015/08/28153649/Presentaci%C3%B3n%20Master%20Modelo%20Agricultura%20Competitiva%202015.pdf>
- Uday, V. (2017). Conceptos básicos del diseño experimental. Recuperado de <https://es.slideshare.net/VinicioUday/conceptos-bsicos-de-diseo-experimental>
- Vera, M., Rosales, H. y Ureña, N. (2000). Caracterización físico-química de algunos suelos cacaoteros de la zona sur del lago de Maracaibo, Venezuela. *Geográfica Venezolana* 41(2), 257-270. Recuperado de <http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/24532/articulo41-2-4.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

## TERMINOLOGÍA

**Cultivares.** Son las variaciones que aparecen por cultivo, por hibridación (cruzamiento sexual o injertación) (Martínez *et al.*, 2016).

**Solubilidad.** Es la capacidad que tiene una sustancia para poder disolverse en otra y formar soluciones con otras sin importar el estado de agregación de sus moléculas, esta capacidad puede ser expresada en moles por litro, gramos por litro o también en porcentaje del soluto (Méndez, 2010).

**Clon.** Es un material genéticamente idénticas, procedente de un solo individuo y reproducidas en forma asexual a través de la injertación, por enraizamiento de estacas y ramillas o por acodos, que se propaga por medios vegetativos (Oficina Nacional de Semillas, 2018).

**Metales pesados.** Los metales pesados se encuentran de manera natural en mínimas concentraciones que son asimiladas por los ecosistemas, y de forma antropogénica, estos son originadas por las industrias, minería, entre otros y; forman complejos solubles con otros agentes fisicoquímicos para ser incorporados al suelo, agua, granos, hojas y plantas (Peris, 2006)

**Cadmio.** Es un metal pesado muy tóxico, con capacidad acumulable en el medio ambiente (seres vivos y ecosistemas), este además se encuentra también se genera de manera antrópica (Sánchez, 2016).

**Suelo.** Es la capa superficial terrestre y está compuesta por nutrientes y materia orgánica que son aprovechadas por las plantas y otros seres vivos, además tiene la capacidad de retención hídrica (Sociedad Americana de la Ciencia del Suelo, 1984, citado por Jaramillo, 2002).

**Compost.** Es el producto de la transformación de residuos orgánicos, que se da por un proceso biológico en condiciones aeróbicas, además está constituido por nutrientes que son benéficas para las plantas (Román *et al.*, 2013).

**Enfermedad.** Es de causa principalmente fúngica (hongos), pero también son por causa de otros microorganismos como bacterias, viroides, virus y micoplasmas (Agrobanco, 2013).

**Plaga.** La plaga es un conjunto de seres vivos tales como insectos, ácaros, nematodos, caracoles, aves y roedores que se dañan directamente a la planta ó frutos ocasionando la pérdida económicas y pérdida de los cultivos (Agrobanco, 2013).

**Caracterización del suelo.** Es la determinación de las sustancias químicas y físicas del suelo como el tipo de suelo (% de arcilla, arena, limo), contenido de NPK, pH, densidad, cantidad de aluminio, la capacidad de intercambio catiónico, % de materia orgánica, humedad, entre otros que conforman la estructura del suelo (Bautista *et al.*, 1998).

## APÉNDICES

**Apéndice 1. Análisis de suelo de las parcelas del clon ICS de la localidad de San Juan de Talliquihui para determinar si existe presencia de Cadmio.**



**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**

INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGROPECUARIA PARA EL DESARROLLO DE LA SIERRA NOROCCIDENTAL  
CENTRO REGIONAL DE INVESTIGACIÓN Nº 0007/1183

**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS**

### REPORTE DE ANÁLISIS DE SUELOS

Nº SOLICITUD : AS0127-05-19  
 SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE  
 PROCEDENCIA : SAN MARTIN - EL DORADO - SAN JOSE DE SISA - TALLIQUIHUI  
 CULTIVO : CACAO  
 PROPIETARIO : MELCHOR SANGAMA

FECHA DE MUESTREO : 21/09/2019  
 FECHA DE RECEP. LAB : 26/09/2019  
 FECHA DE REPORTE : 30/09/2019

Item	Número de la muestra				CADMIO (ppm)
	Lab.			Campo	
01	19	09	1050	ED-SR-T-ICS-MS	0.30

MÉTODO:	
METALES PESADOS :	EPA 3060B

Nota: El laboratorio no es responsable por la metodología aplicada para la toma de la muestra del presente reporte.

La Banda de Shilcayo, 30 de Setiembre del 2019

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES  
 TARIAPOTO - PERU  
  
 Cesar O. Arévalo-Ramírez, MSc  
 JEFE DE CPTO. DE SUELOS

**Apéndice 2. Análisis de suelo del del clon CCN de la localidad de Pamashto para determinar si existe presencia de Cadmio**



**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**

INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMAZONÍA PERUANA

CERTIFICADO INDECOPI N° 00073183

**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS**

**REPORTE DE ANÁLISIS DE SUELOS**

N° SOLICITUD : AS0160-07-19  
 SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE  
 PROCEDENCIA : LAMAS - LAMAS-PAMASHTO MEDIO  
 CULTIVO : CACAO  
 PROPIETARIO : DILMER SANGAMA

FECHA DE MUESTREO : 04/09/2019  
 FECHA DE RECEP. LAB : 21/11/2019  
 FECHA DE REPORTE : 25/11/2019

Item	Número de la muestra				CADMIO (ppm)
	Lab.		Campo		
01	19	11	1393	L-L-P-CCN-DG-T1-S	0.28

MÉTODOS:  
 METALES PESADOS : EPA 3050B

Nota: El laboratorio no se responsabiliza por la metodología aplicada para la toma de la muestra del presente reporte.

La Banda de Shilcayo, 25 de Noviembre del 2019

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES  
 TARAPACÓ - PERÚ  
  
 Cesar O. Arevalo Hernandez, MSc  
 JEFE DE DPTO. DE SUELOS





## Apéndice 5. Caracterización del suelo de la parcela del clon ICS antes de la aplicación del abono orgánico (compost)



### INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES

INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMAZONIA PERUANA

CERTIFICADO INDECOPI N° 0072183

### LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS

## REPORTE DE ANÁLISIS DE SUELOS – CARACTERIZACIÓN

N° SOLICITUD : AS0060-02-20  
 SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE  
 PROCEDENCIA : SAN MARTIN- EL DORADO - SANTA ROSA  
 CULTIVO : CACAO  
 PROPIETARIO : MELCHOR SANGAMA

FECHA DE MUESTREO : 01/07/2020  
 FECHA DE RECEP. LAB : 22/07/2020  
 FECHA DE REPORTE : 26/07/2020

Sem	Número de la muestra					pH	C.E dS/m	CaCO <sub>3</sub> (%)	M.O (%)	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	ANÁLISIS MECÁNICO			CLASE TEXTURAL	CIC pH 7.0	CATIONES CAMBIABLES					Suma de bases	% Sat. de bases	% Sat. de Al <sup>3+</sup>
	Lab.		Campo										Arena	Limo	Arcilla			Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup> +H <sup>+</sup>			
													%					cmol/kg							
01	20	07	0298	ED-SR-T-ICS-MS-FQ		6.44	0.22	<0.3	3.02	0.14	11.89	35	40.24	32.00	27.76	Fra-Arc	8.95	7.40	1.28	0.09	0.18	0.00	8.95	100.00	0.00

MÉTODOS	REFERENCIAS
TEXTURA	PIETROTTI
pH	POTENCIOMETRO SUSPENSION SUELO-AGUA RELACION 1:1
CONDUCT. ELECTRICA	CONDUCTIVIMETRO SUSPENSION SUELO-AGUA 1:2.5
CARBONATOS	SAL. VOLUMETRICO
FOSFORO DISPONIBLE	OLSEN MODIFICADO EXTRACT. NaHCO <sub>3</sub> +0.5M. pH 8.5 Aquecida 30min
POTASIO Y SODIO INTERCAMBIABLES	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> +0.5M. pH 7. Aquecida 30min
WATER-EXTRACTABLE	BRALLEY y BLACK
CALCIO Y MAGNESIO INTERCAMBIABLES	EXTRACT. KNO <sub>3</sub> 1N + (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> +0.5M. pH 7. Aquecida 30min
ACIDEZ ACIDA	EXTRACT. KCl 1N VOLUMETRICO
ACIDEZ POTENCIAL	WOODRUFF MODIFICADO
OC pH 7.2	ACIDEZ POTENCIAL-SUMA DE BASES
Ta, Cu, Zn y Mn	OLSEN Modificado-extract. NaHCO <sub>3</sub> +0.5M. pH 8.5 Aquecida 30min
BOROS	Extracción / Espectrometría (A/Vis) (H+0.5M)
AZUFRE	Extracción / Turbidimetrica (H+0.5M)
MÉTODOS RESERVADOS	EPN 30008

Nota: El laboratorio no es responsable por la metodología aplicada para la toma de la muestra de la presente reporte.

La Banda de Shilcayo, 25 Julio del 2020

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES  
 TARAMPOCO, PERU  
 Cesar Q. Arévalo Hernández, MSc  
 JEFE DE DPTO. DE SUELOS



Apéndice 7. Caracterización de suelo de la parcela del clon ICS después de la aplicación del abono orgánico (compost)



**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**

INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMAZONÍA PERUANA

CERTIFICADO INDECOPI N° 00072183

**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS**

**REPORTE DE ANÁLISIS DE SUELOS – CARACTERIZACIÓN**

N° SOLICITUD : A50040-01-20  
 SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE  
 PROCEDENCIA : SAN MARTIN - EL DORADO - SANTA ROSA  
 CULTIVO : CACAO  
 PROPIETARIO : MELCHOR SANGAMA

FECHA DE MUESTREO : 26/06/2020  
 FECHA DE RECEP. LAB : 17/06/2020  
 FECHA DE REPORTE : 01/07/2020

Item	Número de la muestra				pH	C.E (dS/m)	CaCO <sub>3</sub> (%)	M.O (%)	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	ANÁLISIS MECÁNICO			CLASE TEXTURAL	CIC pH 7.0	CATIONES CAMBIABLES					Suma de bases	% Sat. de bases	% Sat. de Al <sup>3+</sup>
	Lab.		Campo									Arena	Limo	Arcilla			Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup> +H <sup>+</sup>			
	%											cmol/kg												
01	20	06	0187	L-L.P-CCN-DG-FQ	5.63	0.32	<0.3	4.43	0.20	5.38	129	13.52	34.00	52.48	Arc	37.20	30.07	2.69	0.33	0.11	0.00	33.20	89.25	0.00

MÉTODOS	ISOACRÓMICO
TEXTURA	HIDRÓMETRO
pH	POTENCIOMETRO SUSPENSIÓN SUELO-AGUA RELACION 1:2.5
CONDUCT. ELÉCTRICA	CONDUCTIVIMETRO SUSPENSIÓN SUELO-AGUA 1:2.5
CARBONITOS	SAS - VOLUMÉTRICO
FOSFORO DISPONIBLE	OLSEN MODIFICADO EXTRACT. SARECO, HCl 0.5M, pH 8.3 Sol. vs
POTASIO Y SODIO INTERCAMBIABLE	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> -HCl, pH 7, Absorb. Atómica
MATERIA ORGÁNICA	VALLEY y BLAKE
SALDO Y BARRIDO INTERCAMBIABLE	EXTRACT. SO <sub>4</sub> -H <sub>2</sub> O y (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> -HCl, pH 7, Absorb. Atómica
ACIDEZ INTERC.	EXTRACT. HCl 1% VOLUMÉTRICA
ACIDEZ POTENCIAL	MODIFICADO MODIFICADO
CIC pH 7.0	ACIDEZ POTENCIAL, SUMA DE BASES
P, S, D, Zn y Mn	OLSEN Modificado extra. SARECO-HCl 0.5M, pH 8.3 Absorb. Atómica
BORO	Extracción / Espectrometría UV-Vis (HSE met)
ALUMINO	Extracción / Espectrometría (HCl) 1M
METALES PESADOS	Zn, Cu, Pb

Nota: El laboratorio no se responsabiliza por la metodología aplicada para la toma de la muestra del presente reporte

La Banda de Shilcayo, 01 Julio del 2020

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES  
 TARPOTO - PERU  
 César Gerardo Hernandez, MSc  
 JEFE DE DPTO. DE SUELOS

Apéndice 8. Caracterización de suelo de la parcela del clon CCN después de la aplicación del abono orgánico (compost)



**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**

INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMAZONIA PERUANA

CERTIFICADO INDECOPI N° 00072183

**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS**

**REPORTE DE ANÁLISIS DE SUELOS – CARACTERIZACIÓN**

N° SOLICITUD : AS0049-02-20  
 SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE  
 PROCEDENCIA : SAN MARTIN - LAMAS-PAMASHTO  
 CULTIVO : CACAO  
 PROPIETARIO : DILBER SANGAMA

FECHA DE MUESTREO : 26/05/2020  
 FECHA DE RECEP. LAB : 17/06/2020  
 FECHA DE REPORTE : 01/07/2020

Item	Número de la muestra				pH	C.E dS/m	CaCO <sub>3</sub> (%)	M.O (%)	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	ANÁLISIS MECÁNICO			CLASE TEXTURAL	CIC pH 7.0	CATIONES CAMBIABLES					Suma de bases	% Sat. de bases	% Sat. de Al <sup>3+</sup>
	Lab.	0188	06	ED-SR-T-ICS-MS-FQ								Arena	Limo	Arcilla			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup> +H <sup>+</sup>			
												%												
01	20	06	0188	ED-SR-T-ICS-MS-FQ	5.76	0.06	<0.3	2.35	0.11	2.50	38	27.52	24.00	48.48	Arc	13.16	7.49	1.46	0.10	0.12	0.00	9.16	69.51	0.00

MÉTODOS:	MÉTODOS:
TEXTURA	HABOMETRO
pH	POTENCIOMETRO - SUSPENSION SUELO-AGUA RELACION 1:2.5
CONDUC. ELÉCTRICA	CONDUCTIVIMETRO - SUSPENSION SUELO-AGUA 1:2.5
CARBONATOS	GAO - VOLUMETRICO
FOSFORO DISPONIBLE	SUBSTR. MODIFICADO EXTRACTO NaHCO <sub>3</sub> +0.5M pH 8.3 Eq. 1/6
FOFOSFO Y BORO INTERCAMBIABLE	ANEXO-COOR-N. pH 7. Alexander Adams
MATERIA ORGÁNICA	WALKLEY y BLACK
CALDO Y BORO INTERCAMBIABLE	EXTRACTO EDCA IN FUMIGACION COOR-N. pH 7 Alexander Adams
ACIDEZ NITRO	EXTRACTO ED. IN VOLUMETRICA
ACIDEZ POTENCIAL	INDICADOR MODIFICADO
OC pH 7.2	ACIDEZ POTENCIAL + SUMA DE BASES
N, CL, P y B	SUBSTR. MODIFICADO ANAL. NPKCO +0.5M. pH 8.3 Alexander Adams
BORO	Espectro / Espectrometría (A/UV) (1-100 nm)
AZUFRE	Espectro / Espectrometría (A/UV) (1-100 nm)
METALES PESADOS	Espectro / Espectrometría (A/UV) (1-100 nm)

Nota: El laboratorio no se responsabiliza por la metodología aplicada para la toma de la muestra de la presente reporte.

La Banda de Shilcayo, 01 Julio del 2020

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES  
 TARAPOTO, PERU  
  
 Cesar O. Alvarez Fernandez, MSc  
 JEFE DE DPTO. DE SUELOS

**Apéndice 9. Análisis de cadmio en suelo de cada tratamiento antes de la aplicación del abono orgánico (compost) en la plantación de CCN.**

Análisis del Tratamiento 1 (T1) de la parcela CCN



**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**

INSTITUCIÓN Y ENTIDAD ASOCIADA PARA EL DESARROLLO DE LA AGRICULTURA PERUANA

REGISTRO NACIONAL DE ORGANISMOS DE CONTROL

**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS**

**REPORTE DE ANÁLISIS DE SUELOS**

Nº SOLICITUD : AS0160-07-18  
 SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPRENTIAE  
 PROCEDENCIA : LAMAS - LAMAS PAMASHIRO MEDIO  
 CULTIVO : CACAO  
 PROPIETARIO : DILMER SANGAMA

FECHA DE MUESTREO : 04/09/2018  
 FECHA DE RECEP. LAB : 21/11/2019  
 FECHA DE REPORTE : 29/11/2019

Item	Número de la muestra				CADMIO (ppm)
	Lab.		Campo		
D1	19	11	1393	L-L-P-CCN-DG-T1-S	0.28

METODOS :  
 METALES PESADOS : EPA 3008

La Banda de Shilcayo, 25 de Noviembre del 2019

Nota: El laboratorio no es responsable por la veracidad de los datos por la forma de la muestra del paciente reporto.

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES  
 TAMPICO - PERU  
  
 Cesar O. Alvarez Hernandez, MSc  
 JEFE DE DPTO. DE SUELOS

Análisis del Tratamiento 3 (T3) de la parcela CCN



**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**

INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMAZONÍA PERUANA

CERTIFICADO INDECOPI N° 00072183

**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS**

**REPORTE DE ANÁLISIS DE SUELOS**

N° SOLICITUD : AS0160-08-19  
 SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE  
 PROCEDENCIA : LAMAS - LAMAS-PAMASHTO MEDIO  
 CULTIVO : CACAO  
 PROPIETARIO : DILMER SANGAMA

FECHA DE MUESTREO : 04/09/2019  
 FECHA DE RECEP. LAB : 21/11/2019  
 FECHA DE REPORTE : 25/11/2019

Item	Número de la muestra				CADMIO (ppm)
	Lab.		Campo		
01	19	11	1394	L-L-P-CCN-DG-T3-S	0.52

MÉTODOS :  
 METALES PESADOS : EPA 3050B

Nota: El laboratorio no se responsabiliza por la metodología aplicada para la toma de la muestra del presente reporte.

La Banda de Shilcayo, 25 de Noviembre del 2019

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES  
 TARAPOTO - PERÚ  
  
 Cesar O. Arvelo Hernandez, MSc  
 JEFE DE DPTO. DE SUELOS

Análisis del Tratamiento 5 (T5) de la parcela CCN



**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**

INSTITUTO VINCULADO A LA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU

CERTIFICADO INOCENTE Nº 00072103

**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS**

**REPORTE DE ANÁLISIS DE SUELOS**

Nº SOLICITUD : ASD160-09-10  
 SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE  
 PROCEDENCIA : LAMAS - LAMAS-PAMASHTO MEDIO  
 CULTIVO : CACAO  
 PROPIETARIO : OILMER SANGAMA

FECHA DE MUESTREO : 04/09/2019  
 FECHA DE RECEP. LAB : 21/11/2019  
 FECHA DE REPORTE : 25/11/2019

Item	Número de la muestra			CADMIO (ppm)	
	Lab.	Campo			
01	19	11	1395	L-L-P-CCN-DG-T5-S	0.34

MÉTODOS  
 METALES PESADOS : EPA 3000B

La Banda de Shilcayo, 25 de Noviembre del 2019

Nota: El laboratorio no es responsable por la metodología utilizada para la toma de la muestra del presente reporte

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES  
 ICAVPCO-PERU  
  
 Cesar D. Arivolo Hernandez, MSc  
 JEFE DE OPTO. DE SUELOS

Análisis del Tratamiento 7 (T7) de la parcela CCN



**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**

INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMAZONÍA PERUANA

CERTIFICADO INDECOPE N° 00672183

**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS**

**REPORTE DE ANÁLISIS DE SUELOS**

N° SOLICITUD : AS0160-10-19  
 SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE  
 PROCEDENCIA : LAMAS - LAMAS-PAMASHTO MEDIO  
 CULTIVO : CACAO  
 PROPIETARIO : DILMER SANGAMA

FECHA DE MUESTREO : 04/09/2019  
 FECHA DE RECEP. LAB : 21/11/2019  
 FECHA DE REPORTE : 25/11/2019

Item	Número de la muestra			CADMIO (ppm)	
	Lab.		Campo		
01	19	11	1396	L-L-P-CCN-DG-T7-S	0.48

MÉTODOS:  
 METALES PESADOS : EPA 3050B

La Banda de Shilcayo, 25 de Noviembre del 2019

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES  
 TARAPO, PERU  
  
 Cesar O. Frieva Hernandez, MSc  
 JEFE DE DPTO. DE SUELOS

**Apéndice 10. Análisis de cadmio en suelo de cada tratamiento antes de la aplicación del abono orgánico (compost) en la plantación de ICS**

Análisis del tratamiento 2 (T2) de la parcela ICS



**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**

INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMBAZONA PERUANA

CERTIFICADO INECCOPE Nº 00571142

**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS**

**REPORTE DE ANÁLISIS DE SUELOS**

Nº SOLICITUD  
SOLICITANTE  
PROCEDENCIA  
CULTIVO  
PROPIETARIO

: AS0160-11-19  
: UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE  
: EL DORADO-SANTA ROSA- TALLIQUIHUI  
: CACAO  
: MELCHOR SANGAMA

FECHA DE MUESTREO  
FECHA DE RECEP. LAB.  
FECHA DE REPORTE

: 09/09/2019  
: 21/11/2019  
: 25/11/2019

Item	Número de la muestra			CADMIO (ppm)	
	Lab.	Campo			
01	19	11	1397	ED-SR-T-ICS-MS-T2-S	<0.1

WE1008  
METALES PESADOS : EPA 3068

La Banda de Shilcayo, 25 de Noviembre del 2019

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES  
TARAPOTO - PERU  
César O. Alvarado Jarama DEL INIA  
JEFE DE DPTO. DE SUELOS

Nota: El laboratorio no se responsabiliza por la metodología aplicada para la toma de la muestra y el proceso de análisis.

Análisis del tratamiento 4 (T4) de la parcela ICS



**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**

INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMAZONIA PERUANA

CERTIFICADO EN DECORE Nº 00872188

**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS**

**REPORTE DE ANÁLISIS DE SUELOS**

Nº SOLICITUD : AS0160-12-19  
 SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE  
 PROCEDENCIA : EL DORADO -SANTA ROSA- TALLIQUIHUI  
 CULTIVO : CACAO  
 PROPIETARIO : MELCHOR SANGAMA

FECHA DE MUESTREO : 05/09/2019  
 FECHA DE RECEP. LAB : 21/11/2019  
 FECHA DE REPORTE : 25/11/2019

Item	Número de la muestra				CADMIO (ppm)
	Lab.		Campo		
01	19	11	1398	ED-SR-T-ICS-MS-T4-S	<0.1

MÉTODOS:  
 METALES PESADOS : EPA 3050B

La Banda de Shilcayo, 25 de Noviembre del 2019

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES  
 TARAPO - O - PERU  
  
 Cesar O. Arévalo Hernández, MSc  
 JEFE DE DPTO. DE SUELOS

Análisis del tratamiento 6 (T6) de la parcela ICS



**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**

INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMAZONIA PERUANA

CERTIFICADO INDECOP Nº 00072193

**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS**

**REPORTE DE ANÁLISIS DE SUELOS**

Nº SOLICITUD : AS0160-13-19  
 SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE  
 PROCEDENCIA : EL DORADO -SANTA ROSA- TALLIQUIHUI  
 CULTIVO : CACAO  
 PROPIETARIO : MELCHOR SANGAMA

FECHA DE MUESTREO : 05/09/2019  
 FECHA DE RECEP. LAB : 21/11/2019  
 FECHA DE REPORTE : 25/11/2019

Item	Número de la muestra			CADMIO (ppm)
	Lab.		Campo	
01	19	11 1399	ED-SR-T-ICS-MS-T6-S	<0.1

Método:  
 METALES PESADOS : EPA 3050B

Nota: El laboratorio no se responsabiliza por la metodología aplicada para la toma de la muestra del presente reporte.

La Banda de Shilcayo, 25 de Noviembre del 2019

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES  
 TARAPOTO - PERU  
  
 Cesar O. Arroyave Hernández, MSc  
 JEFE DE DPTO. DE SUELOS

Análisis del tratamiento 8 (T8) de la parcela ICS



**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**

INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMAZONIA PERUANA

CERTIFICADO INDECOPE N° 66072183

**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS**

**REPORTE DE ANÁLISIS DE SUELOS**

N° SOLICITUD : AS0160-14-19  
 SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE  
 PROCEDENCIA : EL DORADO -SANTA ROSA- TALLIQUIHUI  
 CULTIVO : CACAO  
 PROPIETARIO : MELCHOR SANGAMA

FECHA DE MUESTREO : 05/09/2019  
 FECHA DE RECEP. LAB : 21/11/2019  
 FECHA DE REPORTE : 25/11/2019

Item	Número de la muestra				CADMIO (ppm)
	Lab.		Campo		
01	19	11	1400	ED-SR-T-ICS-MS-T8-S	<0.1

MÉTODOS:	
METALES PESADOS :	EPA 3050B

Nota: El laboratorio no se responsabiliza por la metodología aplicada para la toma de la muestra del presente reporte.

La Banda de Shilcayo, 25 de Noviembre del 2019

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES  
 TARPATO - PERU  
  
 Cesar O. Arévalo Hernández, MSc  
 JEFE DE DPTO. DE SUELOS

**Apéndice 11. Análisis de cadmio en granos antes de la aplicación del abono orgánico (compost) en la plantación de CCN**



**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**

INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA SIERRA PERUANA

CERTIFICADO ENFOCOP1 N° 00072183

**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS**

**REPORTE DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS**

N° SOLICITUD : AA049-01-19  
 SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE  
 PROCEDENCIA : LAMAS - LAMAS - PAMASHTO  
 ALIMENTO : GRANO DE CACAO  
 PRODUCTOR : DILBER SANGAMA

FECHA DE MUESTREO : 09/11/2019  
 FECHA DE RECEP. LAB : 08/12/2019  
 FECHA DE REPORTE : 12/12/2019

Item	Número de Muestra			CADMIO ppm	
	Laboratorio		Usuario		
01	19	12	0435	L-L-P-CCN-DS-M1-S	1.70

**METODOS:**  
 CADMIO : Digestión HNO<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (2:1) / Espectr. Absorción Atómica

Nota: El laboratorio no se responsabiliza por la metodología utilizada en el muestreo.

La Banda de Shilcayo, 12 de Diciembre del 2019

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES  
 TAMPOTO - PERU  
 Cesar O. Avendaño Heredia, MSc  
 JEFE DE DPTO. DE SUELOS

**Apéndice 12. Análisis de cadmio en granos de cada tratamiento antes de la aplicación del abono orgánico (compost) en la plantación de ICS**



**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**

INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMAZONÍA PERUANA

CERTIFICADO INDECOPI N° 09072183

**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS**

**REPORTE DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS**

N° SOLICITUD : AA049-02-19  
 SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE  
 PROCEDENCIA : EL DORADO - SANTA ROSA- TALLIQUIHUI  
 ALIMENTO : GRANO DE CACAO  
 PRODUCTOR : MELCHOR SANGAMA

FECHA DE MUESTREO : 09/11/2019  
 FECHA DE RECEP. LAB : 06/12/2019  
 FECHA DE REPORTE : 12/12/2019

Item	Número de Muestra				CADMIO
	Laboratorio			Usuario	ppm
01	19	12	0436	ED-SR-T-ICS-MS-T2-S	1.11
02	19	12	0437	ED-SR-T-ICS-MS-T4-S	<0.1
03	19	12	0438	ED-SR-T-ICS-MS-T6-S	<0.1
04	19	12	0439	ED-SR-T-ICS-MS-T8-S	0.28

**MÉTODOS:**

CADMIO : Digestion HNO3:H2O2 (2:1) / Espectr. Absorción Atómica

Nota: El laboratorio no se responsabiliza por la metodología utilizada en el muestreo.

La Banda de Shilcayo, 12 de Diciembre del 2019

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES  
 TARAPO - PERU  
  
 Cesar Augusto Fernandez, MSc  
 JEFE DE DEPTO. DE SUELOS

**Apéndice 13. Análisis de cadmio en hoja de cada tratamiento antes de la aplicación del abono orgánico (compost) en la plantación de CCN**

Análisis de cadmio en hoja del tratamiento 1 (T1)



**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**  
INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMAZONÍA PERUANA  
CERTIFICADO INDECOPRI N° 00072183

**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS**

**REPORTE DE ANÁLISIS DE FOLIAR**

N° SOLICITUD : AF017-01-19  
 SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE  
 PROCEDENCIA : LAMAS - LAMAS - PAMASTHO MEDIO  
 TEJIDO VEGETAL : HOJAS SECAS DE CACAO  
 PROPIETARIO : DILBER SANGAMA

FECHA DE MUESTREO : 04/09/2019  
 FECHA DE RECEP. LAB : 21/11/2019  
 FECHA DE REPORTE : 26/11/2019

ITEM	Número de Muestra				CADMIO ppm
	Laboratorio		Campo		
01	19	11	0550	L-L-P-CCN-DG-T1-H	2.67

**METODOLOGIA:**  
 CADMIO : Digestion HNO3 / Espectr. Absorción Atómica

Nota: el laboratorio no se responsabiliza por la metodología aplicada para la toma de la muestra del presente reporte.  
 \*Los Calculos estan en base a materia seca.

La Banda de Shilcayo, 26 de Noviembre del 2019



**Cesar O. Alvarez de la Cruz, MSc**  
 JEFE DE DPTO. DE SUELOS

Análisis de cadmio en hoja del tratamiento 3 (T3)



**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**

INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMAZONIA PERUANA

CERTIFICADO DE Acreditación Nº 08072188

**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS**

**REPORTE DE ANÁLISIS DE FOLIAR**

Nº SOLICITUD : AF017-02-19  
 SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE  
 PROCEDENCIA : LAMAS - LAMAS - PAMASTHO MEDIO  
 TEJIDO VEGETAL : HOJAS SECAS DE CACAO  
 PROPIETARIO : DILBER SANGAMA

FECHA DE MUESTREO : 04/09/2019  
 FECHA DE RECEP. LAB : 21/11/2019  
 FECHA DE REPORTE : 26/11/2019

ITEM	Número de Muestra			CADMIO
	Laboratorio		Campo	
01	19	11 0551	L-L-P-CCN-DG-T3-H	3.12

METODOLOGIA:  
 CADMIO : Digestión HNO3 / Espectr. Absorción Atómica

Nota: el laboratorio no se responsabiliza por la metodología aplicada para la toma de la muestra del presente reporte.  
 \*Los Calculos están en base a materia seca.

La Banda de Shilcayo, 26 de Noviembre del 2019

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES  
 TARAMOTO - PERU  
  
 César O. Arevalo Hernández, MSc  
 JEFE DE OPTO. DE SUELOS

Análisis de cadmio en hoja del tratamiento 5 (T5)



## INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES

INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMAZONÍA PERUANA

CERTIFICADO INDECOPI N° 90072183

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS

### REPORTE DE ANÁLISIS DE FOLIAR

N° SOLICITUD : AF017-03-19  
SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE  
PROCEDENCIA : LAMAS - LAMAS - PAMASTHO MEDIO  
TEJIDO VEGETAL : HOJAS SECAS DE CACAO  
PROPIETARIO : DILBER SANGAMA

FECHA DE MUESTREO : 04/09/2019  
FECHA DE RECEP. LAB : 21/11/2019  
FECHA DE REPORTE : 26/11/2019

ITEM	Número de Muestra			CADMIO ppm
	Laboratorio		Campo	
01	19	11 0552	L-L-P-CCN-DG-T5-H	2.55

METODOLOGIA:  
CADMIO : Digestión HNO<sub>3</sub> / Espectr. Absorción Atómica

Nota: el laboratorio no se responsabiliza por la metodología aplicada para la toma de la muestra del presente reporte.  
\*Los Cálculos estan en base a materia seca.

La Banda de Shilcayo, 26 de Noviembre del 2019

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES  
TARAPOTO - PERU  
  
Cesar Q. Arévalo Hernández, MSc  
JEFE DE DPTO. DE SUELOS

Análisis de cadmio en hoja del tratamiento 7 (T7)



**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**

INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMAZONÍA PERUANA

CERTIFICADO INHOCOP1 N° 00072183

**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS**

**REPORTE DE ANÁLISIS DE FOLIAR**

N° SOLICITUD : AF017-04-19  
SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE  
PROCEDENCIA : LAMAS - LAMAS - PAMASTHO MEDIO  
TEJIDO VEGETAL : HOJAS SECAS DE CACAO  
PROPIETARIO : DILBER SANGAMA

FECHA DE MUESTREO : 04/09/2019  
FECHA DE RECEP. LAB : 21/11/2019  
FECHA DE REPORTE : 26/11/2019

ITEM	Número de Muestra			CADMIO	
	Laboratorio		Campo		ppm
01	19	11	0553	L-L-P-CCN-DG-T7-H	1.94

METODOLOGIA:  
CADMIO : Digestión HNO3 / Espectr. Absorción Atómica

La Banda de Shilcayo, 26 de Noviembre del 2019

Nota: el laboratorio no se responsabiliza por la metodología aplicada para la toma de la muestra del presente reporte.  
\*Los Calculos estan en base a materia seca.

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES  
TARAPOTO - PERU

Cesar Q. Anívalo Hernandez, MSc  
JEFE DE DPTO. DE SUELOS

## Apéndice 14. Análisis de cadmio en hoja de cada tratamiento antes de la aplicación del abono orgánico (compost) en la plantación de ICS

Análisis de cadmio en hoja del tratamiento 2 (T2)



**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**

INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRICOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AGRICULTURA PERUANA

CERTIFICADO INDECERT N° 00071100

**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS**

### REPORTE DE ANÁLISIS DE FOLIAR

N° SOLICITUD : AF017-05-19  
 SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE  
 PROCEDENCIA : EL DORADO - SANTA ROSA - TALLIQUIHUI  
 TEJIDO VEGETAL : HOJAS SECAS DE CACAO  
 PROPIETARIO : MELCHOR SANGAMA

FECHA DE MUESTREO : 05/09/2019  
 FECHA DE RECEP. LAB : 21/11/2019  
 FECHA DE REPORTE : 26/11/2019

ITEM	Número de Muestra				CADMIO ppm
	Laboratorio		Campo		
01	19	11	0554	ED-SR-T-ICS-MS-T2-H	1.97

METODOLOGIA:  
 CADMIO : Digestión HNO<sub>3</sub> / Espectr. Absorción Atómica

Nota: el laboratorio no se responsabiliza por la metodología aplicada para la toma de la muestra del presente reporte.  
 \*Los Cálculos están en base a materia seca.

La Banda de Shilcayo, 26 de Noviembre del 2019

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES  
 TAPAPOTO - PERU  
  
 Cesar Q. Arango, MSc  
 JEFE DE DPTO. DE SUELOS

Análisis de cadmio en hoja del tratamiento 4 (T4)



**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**

INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMAZONÍA PERUANA

CERTIFICADO INDECOPE N° 00672183

**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS**

**REPORTE DE ANÁLISIS DE FOLIAR**

N° SOLICITUD : AF017-06-19  
SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE  
PROCEDENCIA : EL DORADO - SANTA ROSA - TALLIQUIHUI  
TEJIDO VEGETAL : HOJAS SECAS DE CACAO  
PROPIETARIO : MELCHOR SANGAMA

FECHA DE MUESTREO : 05/09/2019  
FECHA DE RECEP. LAB : 21/11/2019  
FECHA DE REPORTE : 26/11/2019

ITEM	Número de Muestra			CADMIO ppm
	Laboratorio		Campo	
01	19	11 0555	ED-SR-T-ICS-MS-T4-H	1.60

METODOLOGIA:  
CADMIO : Digestion HNO3 / Espectr. Absorción Atómica

Nota: el laboratorio no se responsabiliza por la metodología aplicada para la toma de la muestra del presente reporte.  
\*Los Cálculos estan en base a materia seca.

La Banda de Shilcayo, 26 de Noviembre del 2019

INSTRUTO DE CULTIVOS TROPICALES  
TARAPOTO - PERU

Cesar O. Arévalo Hernandez, MSc  
JEFE DE DPTO. DE SUELOS

Análisis de cadmio en hoja del tratamiento 6 (T6)



**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**

INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMAZONÍA PERUANA

CERTIFICADO INDECOPI N° 00072183

**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS**

**REPORTE DE ANÁLISIS DE FOLIAR**

N° SOLICITUD : AF017-07-19  
 SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE  
 PROCEDENCIA : EL DORADO - SANTA ROSA - TALLIQUIHUI  
 TEJIDO VEGETAL : HOJAS SECAS DE CACAO  
 PROPIETARIO : MELCHOR SANGAMA

FECHA DE MUESTREO : 05/09/2019  
 FECHA DE RECEP. LAB : 21/11/2019  
 FECHA DE REPORTE : 26/11/2019

ITEM	Número de Muestra			CADMIO ppm	
	Laboratorio		Campo		
01	19	11	0556	ED-SR-T-ICS-MS-T6-H	1.75

METODOLOGIA:  
 CADMIO : Digestión HNO3 / Espectr. Absorción Atómica

Nota: el laboratorio no se responsabiliza por la metodología aplicada para la toma de la muestra del presente reporte.  
 \*Los Cálculos estan en base a materia seca.

La Banda de Shilcayo, 26 de Noviembre del 2019

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES  
 TARAPOTO - PERÚ  
  
 Cesar O. Arevalo Hernandez, MSc  
 JEFE DE DPTO. DE SUELOS

Análisis de cadmio en hoja del tratamiento 8 (T8)



**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**

INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMAZONÍA PERUANA  
 CERTIFICADO INDECOPÍ N° 00072183

**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS**

**REPORTE DE ANÁLISIS DE FOLIAR**

N° SOLICITUD : AF017-08-19  
 SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE  
 PROCEDENCIA : EL DORADO - SANTA ROSA - TALLIQUIHUI  
 TEJIDO VEGETAL : HOJAS SECAS DE CACAO  
 PROPIETARIO : MELCHOR SANGAMA

FECHA DE MUESTREO : 05/09/2019  
 FECHA DE RECEP. LAB : 21/11/2019  
 FECHA DE REPORTE : 26/11/2019

ITEM	Número de Muestra				CADMIO
	Laboratorio			Campo	ppm
01	19	11	0557	ED-SR-T-ICS-MS-T8-H	2.00

METODOLOGIA:  
 CADMIO : Digestion HNO3 / Espectr. Absorción Atómica

La Banda de Shilcayo, 26 de Noviembre del 2019

Nota: el laboratorio no se responsabiliza por la metodología aplicada para la toma de la muestra del presente reporte.  
 \*Los Cálculos estan en base a materia seca.

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES  
 TARAPOTO - PERU

Cesar O. Arévalo Hernández, MSc  
 JEFE DE DPTO. DE SUELOS



Análisis de cadmio en suelo de los tratamientos T2, T4, T6 y T8 del clon ICS



**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**

INSTITUCIÓN Y ENTIDAD AJUDA PARA EL DESARROLLO DE LA AMAZONIA PERUANA

CERTIFICADO ORGANISMO Nº 0071183

**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS**

**REPORTE DE ANÁLISIS DE SUELOS – CADMIO**

Nº SOLICITUD : AS0039-03-20  
 SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE  
 PROCEDENCIA : SAN MARTIN - EL DORADO-SANTA ROSA - TALLIQUIHUI  
 CULTIVO : CACAO  
 PROPIETARIO : MELCHOR SANGAMA

FECHA DE MUESTREO : 26/05/2020  
 FECHA DE RECEP. LAB : 17/06/2020  
 FECHA DE REPORTE : 01/07/2020

Item	Número de la muestra				Cd (ppm)
	Lab.		Campo		
01	20	06	0179	ED-SR-T-ICS-MS-T2-BII-S	0.33
02	20	06	0180	ED-SR-T-ICS-MS-T2-BIII-S	0.40
03	20	06	0181	ED-SR-T-ICS-MS-T4-BI-S	0.51
04	20	06	0182	ED-SR-T-ICS-MS-T4-BIII-S	0.46
05	20	06	0183	ED-SR-T-ICS-MS-T6-BI-S	0.42
06	20	06	0184	ED-SR-T-ICS-MS-T6-BII-S	0.50
07	20	06	0185	ED-SR-T-ICS-MS-T8-BII-S	0.56
08	20	06	0186	ED-SR-T-ICS-MS-T8-BIII-S	0.44

MÉTODOS:	
OCMO	EPH 2010

Nota: El laboratorio no se responsabiliza por la metodología aplicada para la toma de la muestra del presente reporte.

La Banda de Shilcayo, 01 Julio del 2020

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES  
 TALLIQUIHUI - PERU

Cesar O. Arévalo Hernández, MSc  
 JEFE DE DPTO. DE SUELOS

**Apéndice 166. Análisis de cadmio en hoja de cada tratamiento después de la aplicación del abono orgánico (compost) en la plantación de CCN e ICS**

Análisis de cadmio en hoja de los tratamientos T1, T3, T5 y T7 del clon CCN



**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**

INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMÉRICA PERUANA

CERTIFICADO INEACORP Nº 00672183

**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS**

**REPORTE DE ANÁLISIS FOLIAR - CADMIO**

Nº SOLICITUD : AF0005-01-20  
 SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPENTIAE  
 PROCEDENCIA : SAN MARTIN - LAMAS - PAMASHTO  
 TEJIDO VEGETAL : HOJAS SECAS DE CACAO  
 PROPIETARIO : DILBER SANGANA

FECHA DE MUESTREO : 26/06/2020  
 FECHA DE RECEP. LAB : 17/06/2020  
 FECHA DE REPORTE : 01/07/2020

ITEM	Número de Muestra				CADMIO ppm
	Laboratorio		Campo		
01	20	06	0036	L-L-P-CCN-DG-T1-BII-H	1.82
02	20	06	0037	L-L-P-CCN-DG-T1-BIII-H	3.41
03	20	06	0038	L-L-P-CCN-DG-T3-BI-H	6.83
04	20	06	0039	L-L-P-CCN-DG-T3-BII-H	2.36
05	20	06	0040	L-L-P-CCN-DG-T5-BI-H	2.78
06	20	06	0041	L-L-P-CCN-DG-T5-BIII-H	2.69
07	20	06	0042	L-L-P-CCN-DG-T7-BII-H	3.60
08	20	06	0043	L-L-P-CCN-DG-T7-BIII-H	2.31

METODOLOGIA : Digestión HNO3 / Espectr. Absorción Atómica  
 CADMIO

Nota: el laboratorio no es responsable por la metodología aplicada para la toma de la muestra del presente reporte.  
 \*Los Cálculos están en base a materia seca.

La Banda de Shilcayo, 01 de Julio del 2020

**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES  
 TARIAPOTO - PERU**  
  
 Cesar O. Arévalo Hernández, MSc  
 JEFE DE DPTO. DE SUELOS

Análisis de cadmio en hoja de los tratamientos T2, T4, T6 y T8 del clon ICS



**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**

INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMAZONIA PERUANA

CERTIFICADO IMDCOPE N° 00072183

**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS**

**REPORTE DE ANÁLISIS FOLIAR - CADMIO**

N° SOLICITUD : AF0005-02-20  
 SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE  
 PROCEDENCIA : SAN MARTIN - EL DORADO- SANTA ROSA  
 TEJIDO VEGETAL : HOJAS SECAS DE CACAO  
 PROPIETARIO : MELCHOR SANGAMA

FECHA DE MUESTREO : 26/05/2020  
 FECHA DE RECEP. LAB : 17/06/2020  
 FECHA DE REPORTE : 01/07/2020

ITEM	Número de Muestra				CADMIO ppm
	Laboratorio		Campo		
01	20	06	0044	ED-SR-T-ICS-MS-T2-BII-H	2.22
02	20	06	0045	ED-SR-T-ICS-MS-T2-BIII-H	2.86
03	20	06	0046	ED-SR-T-ICS-MS-T4-BI-H	3.60
04	20	06	0047	ED-SR-T-ICS-MS-T4-BIII-H	2.50
05	20	06	0048	ED-SR-T-ICS-MS-T6-BI-H	2.41
06	20	06	0049	ED-SR-T-ICS-MS-T6-BII-H	2.11
07	20	06	0050	ED-SR-T-ICS-MS-T8-BII-H	3.15
08	20	06	0051	ED-SR-T-ICS-MS-T8-BIII-H	2.08

METODOLOGIA:  
 CADMIO : Digestión HNO3 / Espectr. Absorción Atómica

Nota: el laboratorio no se responsabiliza por la metodología aplicada para la toma de la muestra del presente reporte.  
 \*Los Cálculos están en base a materia seca.

La Banda de Shilcayo, 01 de Julio del 2020

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES  
 TARAMPOCO - PERU  
  
 Cesar D. Alvarez Paredes, MSc  
 JEFE DE OPSIG. DE SUELOS

**Apéndice 17. Análisis de cadmio en granos de cada tratamiento después de la aplicación del abono orgánico (compost) en la plantación de CCN e ICS**

Análisis de cadmio en granos de los tratamientos T1, T3, T5 y T7 del clon CCN



**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**

INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN ACADÉMICA PARA EL DESARROLLO DE LA AGRICULTURA PERUANA

CERTIFICADO INDECOPI Nº 00072189

**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS**

**REPORTE DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS - CADMIO**

Nº SOLICITUD : AA0001-01-20  
 SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE  
 PROCEDENCIA : SAN MARTIN - LAMAS- PAMASHTO  
 ALIMENTO : GRANO DE CACAO  
 PROPIETARIO : DILBER SANGAMA

FECHA DE MUESTREO : 26/05/2020  
 FECHA DE RECEP. LAB : 17/06/2020  
 FECHA DE REPORTE : 08/07/2020

Item	Número de Muestra				CADMIO
	Laboratorio			Usuario	ppm
01	20	06	0001	L-L-P-CCN-DG-T1-BII-F	0.42
02	20	06	0002	L-L-P-CCN-DG-T1-BIII-F	0.62
03	20	06	0003	L-L-P-CCN-DG-T3-BI-F	0.47
04	20	06	0004	L-L-P-CCN-DG-T3-BII-F	0.51
05	20	06	0005	L-L-P-CCN-DG-T5-BI-F	0.39
06	20	06	0006	L-L-P-CCN-DG-T5-BIII-F	0.60
07	20	06	0007	L-L-P-CCN-DG-T7-BII-F	0.42
08	20	06	0008	L-L-P-CCN-DG-T7-BIII-F	0.56

**MÉTODOS:**  
 CADMIO : Digestión HNO<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (2:1) / Espectr. Absorción Atómica

*Nota: El laboratorio no se responsabiliza por la metodología utilizada en el muestreo.*

La Banda de Shilcayo, 08 de Julio del 2020

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES  
 TARIAPATO - PERU  
  
 Cesar O. Arroyo Hernandez, MSc  
 JEFE DE OPTO. DE SUELOS

Análisis de cadmio en granos de cacao de los tratamientos T2, T4, T6 y T8 del clon ICS



**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**

INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMAZONIA PERUANA  
CERTIFICADO INDOCEPE Nº 00013383

**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS**

**REPORTE DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS - CADMIO**

Nº SOLICITUD : AA0001-02-20  
SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE  
PROCEDENCIA : SAN MARTIN - EL DORADO - SANTA ROSA  
ALIMENTO : GRANO DE CACAO  
PROPIETARIO : MELCHOR SANGAMA

FECHA DE MUESTREO : 26/05/2020  
FECHA DE RECEP. LAB : 17/06/2020  
FECHA DE REPORTE : 08/07/2020

Item	Número de Muestra				CADMIO
	Laboratorio		Usuario		ppm
01	20	06	0009	ED-SR-T-ICS-MS-T2-BII-F	0.52
02	20	06	0010	ED-SR-T-ICS-MS-T2-BIII-F	0.22
03	20	06	0011	ED-SR-T-ICS-MS-T4-BI-F	0.20
04	20	06	0012	ED-SR-T-ICS-MS-T4-BIII-F	0.40
05	20	06	0013	ED-SR-T-ICS-MS-T6-BI-F	0.22
06	20	06	0014	ED-SR-T-ICS-MS-T6-BII-F	0.33
07	20	06	0015	ED-SR-T-ICS-MS-T8-BII-F	0.43
08	20	06	0016	ED-SR-T-ICS-MS-T8-BIII-F	0.35

**MÉTODOS:**  
CADMIO : Digestión HNO<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (2:1) / Espectr. Absorción Atómica

Nota: El laboratorio no se responsabiliza por la metodología utilizada en el muestreo.

La Banda de Shilcayo, 08 de Julio del 2020

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES  
TAMAYO-S/PERU  
*Cesar O. Arévalo Fernández, MSc*  
JEFE DE OFICINA DE SUELOS