

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS  
ALIMENTARIAS**



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE JAÉN**

**DETERMINACIÓN DE CADMIO EN ALMENDRAS DE  
CACAO FORASTERO (*Theobroma cacao* L.) EN  
PLANTACIONES DE TRES EDADES DIFERENTES EN  
BALSAHUAYCO, DISTRITO DE JAÉN**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**Autor**      Bach. Kely Julca Gonzales

**Asesor**     Mg. Segundo Alipio Cruz Hoyos

**JAÉN-PERÚ, FEBRERO, 2020**

**FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN**

En la ciudad de Jaén, el día 19 de enero del año 2020, siendo las 11:20 am horas, se reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente: M.Cs. Eliana Milagros Cabrejos Barrios

Secretario: Mg. Hans Himbler Minchán Velayarce

Vocal: Mg. Noly Cristóbal Vilchez Parra

para evaluar la Sustentación del Informe Final:

( ) Trabajo de Investigación

( X ) Tesis

( ) Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: **DETERMINACIÓN DE CADMIO EN ALMENDRAS DE CACAO FORASTERO (*Theobroma cacao* L.) EN PLANTACIONES DE TRES EDADES DIFERENTES EN BALSABUAYCO, DISTRITO DE JAÉN**, presentado por la Bachiller KELY JULCA GONZALES de la Carrera Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

( X ) Aprobar ( ) Desaprobar

( X ) Unanimidad ( ) Mayoría

Con la siguiente mención:

- |                |            |        |
|----------------|------------|--------|
| a) Excelente   | 18, 19, 20 | ( )    |
| b) Muy bueno   | 16, 17     | ( 16 ) |
| c) Bueno       | 14, 15     | ( )    |
| d) Regular     | 13         | ( )    |
| e) Desaprobado | 12 ò menos | ( )    |

Siendo las 12:15 am horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.



Mg. Hans Himbler Minchán  
Velayarce  
Secretario del Jurado Evaluador



M.Cs. Eliana Milagros Cabrejos Barrios  
Presidenta del Jurado Evaluador



Mg. Noly Cristóbal Vilchez Parra  
Vocal del Jurado Evaluador

## ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	7
II. OBJETIVOS.....	9
2.1. Objetivo general .....	9
2.2. Objetivos específicos.....	9
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	10
3.1. Métodos, técnicas, procedimientos e instrumentos de recolección de datos.....	10
3.1.1. Ubicación de la ejecución. ....	10
3.1.2. Tipo y diseño de investigación.....	10
3.1.3. Población y muestra. ....	10
3.1.4. Métodos, técnicas y procedimientos. ....	11
3.1.5. Análisis estadístico.....	14
IV. RESULTADOS .....	15
4.1. Contenido de cadmio en almendras de cacao forastero de las plantaciones de ocho años de edad según punto de muestreo. ....	15
4.1.1. ANOVA para el contenido de cadmio en almendras de cacao forastero de las plantaciones de ocho años de edad según punto de muestreo.....	16
4.2. Contenido de cadmio en almendras de cacao forastero en plantaciones de doce años de edad según punto de muestreo.....	16
4.2.1. ANOVA para el contenido de cadmio en almendras de cacao forastero de las plantaciones de doce años de edad según punto de muestreo. ....	17
4.3. Contenido de cadmio en almendras de cacao forastero en plantaciones de quince años de edad según punto de muestreo. ....	18
4.3.1. ANOVA para el contenido de cadmio en almendras de cacao forastero de las plantaciones de quince años de edad según punto de muestreo. ....	19
4.4. Contenido de cadmio en almendras de cacao forastero según edad de las plantaciones.....	20
4.4.1. ANOVA para el contenido de cadmio en almendras de cacao forastero para las edades de ocho, doce y quince años de edad de las plantaciones .....	20
4.5. Contenido de cadmio en suelo de plantaciones de cacao forastero.....	21
V. DISCUSIÓN.....	23
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	25
6.1. Conclusiones .....	25
6.2. Recomendaciones.....	25
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	26

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Contenido de cadmio en almendras de cacao forastero de plantación de ocho años de edad.....	15
Tabla 2. Análisis de varianza (ANOVA) para el contenido de cadmio en almendras de cacao en plantaciones de ocho años de edad según puntos de muestreo.....	16
Tabla 3. Contenido de cadmio en almendras de cacao forastero de doce años de edad según punto de muestreo.....	17
Tabla 4. Análisis de varianza (ANOVA) para el contenido de cadmio en almendras de cacao en plantaciones de 12 años de edad. ....	18
Tabla 5. Contenido de cadmio en almendras de cacao de quince años de edad .....	18
Tabla 6. Análisis de varianza (ANOVA) para el contenido de cadmio en almendras de cacao forastero en plantaciones de 15 años de edad según punto de muestreo.....	19
Tabla 7. Análisis de varianza (ANOVA) para el cadmio en almendras de cacao en plantaciones de 8, 12 y 15 años de edad. ....	20
Tabla 8. Prueba de Tukey al 5 % de probabilidad para el cadmio en almendras de cacao en plantaciones de 8, 12 y 15 años de edad. ....	21
Tabla 9. Contenido de cadmio en suelos de plantaciones de cacao en estudio .....	21
Tabla 10. Contenido de cadmio en Almendras de cacao en plantaciones de ocho años de edad según punto. ....	36
Tabla 11. Contenido de cadmio en Almendras de cacao en plantaciones de doce años de edad según punto. ....	36
Tabla 12. Contenido de cadmio en Almendras de cacao en plantaciones de quince años de edad según punto.....	37
Tabla 13. Contenido de cadmio en Almendras de cacao forastero según edad de la plantación.....	37

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Flujograma para determinación de cadmio en almendras de cacao. ....	12
Figura 2. Promedio del contenido de cadmio en almendras de cacao en plantaciones de 8 años de edad según puntos de muestreo. ....	15
Figura 3. Contenido de cadmio en almendras de cacao en plantaciones de 12 años de edad. ....	17
Figura 4. Contenido de cadmio en almendras de cacao en plantaciones de 15 años de edad. ....	19
Figura 5. Contenido de cadmio en almendras de cacao en plantaciones de 8, 12 y 15 años de edad. ....	20
Figura 6. Contenido de cadmio (ppm) en suelo de plantaciones de cacao de ocho, doce y quince años de edad. ....	22
Figura 7. Reporte de análisis de cadmio almendras de cacao (muestra) .....	31
Figura 8. Reporte análisis cadmio en suelo de las plantaciones en estudio .....	32
Figura 9. Encuesta a propietario de parcela de doce años .....	33
Figura 10. Encuesta a propietario de parcela de 8 años .....	34
Figura 11. Encuesta a propietario de parcela de 15 años .....	35
Figura 12. Mazorca de cacao de 8 años de edad .....	38
Figura 13. Mazorca de cacao 15 años de edad .....	38
Figura 14. Obtención de sub muestras de suelo 15 años .....	38
Figura 15. Sub muestras de suelo plantación 8 años .....	38
Figura 16. Despepitado de almendras de cacao .....	38
Figura 17. Obtención de almendras de cacao .....	38
Figura 18. Sub muestras de suelo 8 años .....	38
Figura 19. Muestras de suelo 15 años .....	38
Figura 20. Muestras secas de almendras de cacao .....	38
Figura 21. Recepción de muestras .....	38
Figura 22. Lectura en el espectrofotómetro de almendras de cacao .....	38
Figura 23. Triturado de muestras 15 años .....	38

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue determinar el contenido de cadmio en almendras de cacao forastero (*Teobroma cacao* L.) IMC-67 en plantaciones de ocho, doce y quince años de edad, en tres hectáreas (Ha) de productores cacaoteros del caserío de Balsahuayco distrito y provincia de Jaén, departamento de Cajamarca. Es un estudio de campo con diseño de bloques completamente al azar (BCA). Se recolectaron 20 mazorcas de cacao en óptimo estado de madurez, sin presencia de plagas o enfermedades; así mismo se consideró estudiar el suelo obteniendo nueve muestras por cada Ha. El método utilizado para determinar cadmio en almendras de cacao fue el de digestión  $\text{HNO}_3:\text{H}_2\text{O}_2$  y método EPA 3050B para suelo. Ambos se llevaron a lectura por espectrofotometría de absorción atómica de llama. Para determinar si hay diferencia significativa se realizó ANOVA y Tukey ( $p < 0.05$ ). Las cantidades de cadmio encontradas fueron 0.07 ppm, 0.054 ppm y 0.053 ppm para ocho, doce y quince años de edad respectivamente. Estadísticamente se encontró que la mayor concentración de cadmio lo presentan las almendras de plantas más jóvenes (ocho años) al igual que el suelo (0.57 mg/Kg). Aunque se encontró presencia de cadmio tanto en almendras como en suelos ambos no superan los límites máximos permisibles tanto por la Unión Europea (0.6 ppm) y el MINAGRI (1.4mg/Kg).

**Palabras clave:** cacao forastero, cadmio, suelo, almendras.

## ABSTRACT

The aim of this investigation was to determine the content of cadmium in cocoa forastero almonds (*Theobroma cacao* L.) IMC-67 in plantations of 8, 12 y 15 years of age, in three hectares (Ha) from cocoa producers in the hamlet of Balsahuayco district and province of Jaén, department of Cajamarca. It was a study with design completely random blocks. Nine soil samples 20 cocoa pods in optimum state of maturity, without the presence of pests or diseases; likewise, it was considered to study the soil obtaining nine samples for each Ha. The method used to determine cadmium in cocoa almonds was digestion  $\text{HNO}_3:\text{H}_2\text{O}_2$  and EPA 3050B method for soil. Both were read by flame atomic absorption spectrophotometry. To determine if there is a significant difference, ANOVA and Tukey were performed ( $p < 0.05$ ). The amounts of cadmium found were 0.07 ppm, 0.054 ppm and 0.053 ppm for eight, twelve and fifteen years of age respectively. Statistically it was found that the highest concentration of cadmium is presented by the almonds of younger plants (eight years) as well as the soil (0.57 mg/Kg). Although the presence of cadmium was found in both almonds and soils, both do not exceed the maximum permissible limits for both the European Union (0.6 ppm) and the MINAGRI (1.4mg / Kg).

**Key words:** cocoa forastero, cadmium, soil, almonds.

## I. INTRODUCCIÓN

El cacao es un producto de mucha importancia económica y estratégica en nuestro país, que permite mejorar la calidad de vida de las familias productoras. El Perú ha sido clasificado por la Organización Internacional del Cacao (ICCO) como un país en donde se produce y se exporta un cacao fino y de aroma, logrando el 36% de la producción mundial de este tipo. En el año 2012, el cacao fue declarado Patrimonio Nacional de la Nación, reconociéndose como uno de los cultivos más importantes del Perú, y en octubre del 2013, fue declarado producto bandera (Barrueta, 2013).

La producción nacional en grano de cacao viene incrementándose sostenidamente desde hace 10 años, creciendo a una tasa de 16.5 % promedio anual. En el año 2018 se ha producido 135,3 mil toneladas de cacao en grano con un incremento de 11,0 % respecto al mismo periodo de 2017 (121.8 mil toneladas); situación explicada por mayores cosecha principalmente en las regiones de Piura, Pasco, Ucayali y Cajamarca. (Ministerio de Agricultura y Riego, 2019), dicha producción se ve amenazada por indicios de contaminación de metales pesados como el cadmio (Cd) en las almendras de cacao (Muñoz, 2019).

El cadmio es uno de los metales pesados más tóxicos, pequeñas concentraciones podrían provocar grandes problemas al ambiente y a la salud del ser humano (Oc Lactace *et al.*, 2018); su presencia en el ambiente y alimentos se da por vía natural y antropogénica, debido a que se movilizan en matrices de agua, suelo y aire (Reyes et al, 2016).

Los metales pesados del suelo una vez disponibles, pueden ser absorbidos por las plantas; pero, su distribución y su acumulación es variable. Huamaní et al. (2012) han indicado que los suelos y granos en áreas de cultivo de cacao podrían presentar altos niveles de metales pesados, lo que podría llevar a problemas de consumo y exportación de este producto en el futuro y difícilmente el Perú podría seguir exportándolo. Los genotipos de cacao cumplen un rol muy importante para la absorción de cadmio (Arevalo-Gardini et al., 2016).

La presencia de cadmio en el cacao se localiza en las almendras consecuentemente su transmisión directa al chocolate de consumo humano (Ramirez, 2018). Las plantas de cacao más jóvenes absorben mayor cantidad de cadmio que las plantas más antiguas. (Argüello et al., 2019) y Alianza Cacao (no publicado) citado por (Meter et al., 2019).

Según el reglamento (Reglamento de la comisión (UE) N°488/2014. Diario Oficial de la Unión Europea, 2014), que entró en vigencia el primero de enero del 2019, la Unión Europea, regula el nivel de cadmio presente en los alimentos, siendo los niveles más bajos que los anteriores lo que tendrá un fuerte impacto negativo sobre la cadena de cacao en nuestro país, además de preocupantes repercusiones económicas y sociales; mientras que en Perú existe la Norma Técnica para los requisitos fisicoquímicos, microbiológicos y técnicos que deben cumplir el cacao y sus derivados, sin embargo, no menciona exigencias alrededor de metales pesados (Comisión de los Reglamentos técnicos y Comerciales - INDECOPI, 2007)

Teniendo en cuenta que la producción de cacao proviene por lo general de pequeños productores y el rechazo del producto en el mercado internacional debido a los riesgos para la salud humana que implican los altos contenidos de cadmio en almendras de cacao, considerado producto bandera, el presente trabajo permitirá determinar el contenido de cadmio en almendras de cacao forastero del genotipo IMC-67 en plantaciones de ocho, doce y quince años de edad.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Determinar el contenido de cadmio en almendras de cacao (*Theobroma cacao* L.) forastero IMC-67 en plantaciones de ocho, doce y quince años de edad.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Identificar la plantación con mayor presencia de cadmio.
- Cuantificar el contenido de cadmio presente en almendras de cacao forastero en plantaciones de ocho, doce y quince años de edad.
- Determinar el contenido de cadmio presente en el suelo en plantaciones de cacao forastero de ocho, doce y quince años de edad.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Métodos, técnicas, procedimientos e instrumentos de recolección de datos**

##### **3.1.1. Ubicación de la ejecución.**

La investigación se llevó a cabo en dos fases: *campo* en tres hectáreas (Ha) de tres agricultores de cultivos de cacao variedad forastero IMC-67 con sistema de cultivo orgánico entre ocho y quince años de edad, localizados en el caserío de Balsahuyco distrito de Jaén, ubicado en la carretera Fernando Belaunde Terry a 10 minutos de la ciudad de Jaén, con una altitud de 799 m.s.n.m y en el *Laboratorio* de suelos, plantas, aguas, fertilizantes y alimentos del Instituto de Cultivos Tropicales, con certificación INDECOPI N°00072183; de la ciudad de Tarapoto.

##### **3.1.2. Tipo y diseño de investigación.**

Se trató de una investigación tipo de campo con un diseño experimental de bloques completamente al azar (BCA) con tres repeticiones por parcela. Los análisis se realizaron en las almendras de cacao y suelo; y la variable de respuesta fue la concentración de cadmio. Por cada Ha de terreno se tomaron tres puntos de muestreo.

P1: entrada de la Ha de plantación.

P2: centro de la Ha de plantación.

P3: salida de la Ha de plantación.

Una vez identificados los puntos se recolectaron 20 mazorcas en óptimo estado de madurez en zigzag de 20 plantas.

##### **3.1.3. Población y muestra.**

La población estuvo conformada por plantaciones de cacao de ocho, doce y quince años de edad de la variedad forastero IMC-67 en el caserío de Balsahuyco distrito de Jaén.

Se recolectaron 20 mazorcas de cacao en óptimo estado de madurez y sin presencia de plagas o enfermedades y nueve muestras de suelo (100 g de Ha de plantación en estudio)

La toma de muestras se efectuó el 30 de octubre de 2019.

### **3.1.4. Métodos, técnicas y procedimientos.**

Previamente, se procedió a visitar a los dueños de las plantaciones para informarles el objetivo de la investigación y solicitarles la colaboración para su desarrollo. Así mismo, se les realizó una serie de preguntas para obtener información de dichas plantaciones (ANEXO 3).

#### **Recolección de muestra de almendras de cacao**

Una vez identificados los tres puntos de muestreo mencionados anteriormente, se recolectaron 20 mazorcas de cacao (900 g) de cada uno de ellos, en óptimo estado de madurez y sin presencia de plagas o enfermedades, en zigzag, provenientes de 20 plantas por cada punto identificado según metodología de Barrueta, 2013. Posteriormente, se realizó el quebrado de las mazorcas con ayuda de un cuchillo de acero inoxidable, haciendo un corte horizontal y se extrajeron las almendras se colocaron en bolsas plásticas ziploc, se rotularon y fueron trasladadas al Laboratorio Tecnológico de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Jaén, manteniendo la cadena de frío. Este procedimiento se desarrolló en las tres parcelas en estudio. La muestra total fue 2.700 Kg por cada Ha de plantación.

#### **Recolección de muestras de suelo**

La toma de muestra de suelos se realizó según metodología de Barrueta, 2013 de cada Ha se identificaron nueve plantas. Las muestras de suelo usadas para este estudio fueron colectadas a 20 cm de profundidad, obteniéndose nueve muestras de 100 g (por cada Ha de plantación en estudio) en cada profundidad, en forma de barrido empezando de la capa más profunda, tomada de una calicata en forma de V distribuidas al azar, en forma de zigzag dentro de cada plantación. La hojarasca superficial de cada punto de muestreo fue removida previamente a la colecta de las muestras. Estas después de su obtención se almacenaron en bolsas ziploc herméticamente selladas para su posterior rotulado y etiquetado. Finalmente se procedió a cerrar las calicatas. La muestra de suelos total fue 900 g para cada Ha de plantación.

#### **Acondicionamiento de almendras de cacao**

Del total (2.700 Kg) por Ha, se separaron 900 g de cada punto y se realizaron tres repeticiones por cada punto las cuales se colocaron en bolsas plásticas Ziploc con cierre hermético y se rotularon para su identificación y fueron ubicadas posteriormente en una

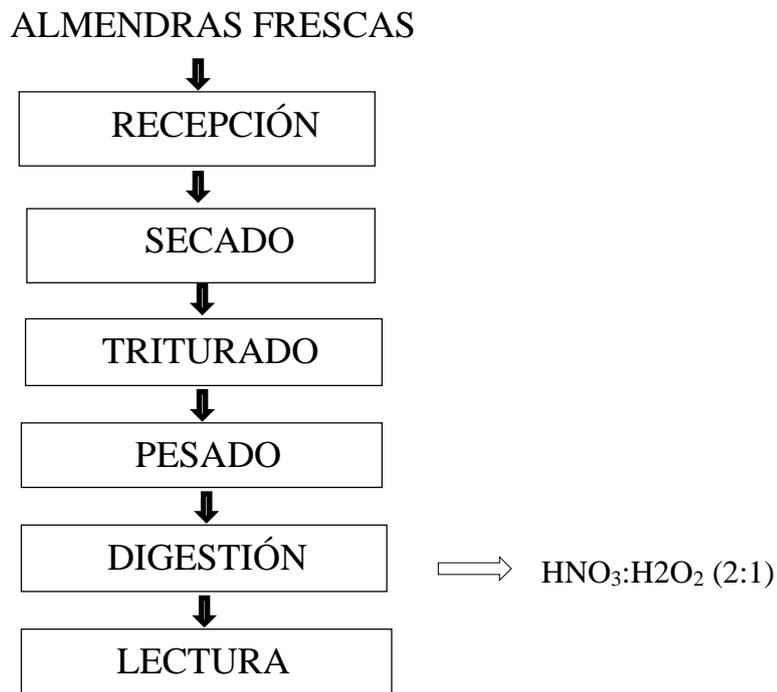
nevera de hielo y trasladadas al laboratorio del Instituto de Cultivos Tropicales (ICT) en Tarapoto. Se enviaron nueve muestras de almendras de cacao con tres repeticiones.

### **Acondicionamiento de muestras de suelo**

Las muestras fueron transportadas al Laboratorio de suelos, plantas, aguas, fertilizantes y alimentos del Instituto de Cultivos Tropical, para la determinación de cadmio en el suelo, donde fueron secadas al aire, molidas y pasadas por un tamiz de 2 mm de diámetro y almacenado a temperatura ambiente. La muestra total de suelo (900 g) obtenidas de cada hectárea de la plantación en estudio se homogenizaron, para obtener una sola muestra de 500 g por cada plantación. Se repitió el procedimiento para las tres plantaciones de cacao en estudio.

### **Análisis de cadmio en almendras de cacao.**

En la Figura 1 se presenta el flujograma para la determinación de cadmio en almendras de cacao mediante digestión húmeda con solución ácida nítrico perclórico. El extracto, ha sido leído en un equipo de espectrofotometría de Absorción Atómica.



*Figura 1.* Flujograma para determinación de cadmio en almendras de cacao.

*Descripción del proceso.*

- PESADO: una vez recepcionadas las muestras se procedió a pesar 300g de la muestra en una balanza.

- SECADO: las muestras fueron secadas en una estufa a 60 °C por un periodo de 12 horas hasta lograr tener las muestras en un 8 % de humedad.
- TRITURADO: una vez que las muestras alcanzaron el porcentaje de humedad se trituraron en un mortero previamente esterilizado, con la finalidad de obtener partículas uniformes.
- DIGESTIÓN: se pesó 1 g de la muestra triturada y se vertió en un tubo de ensayo adicionándoles 8 ml de HNO<sub>3</sub> + HClO<sub>4</sub> (2 ml), se tapó con una luna de reloj, para luego someterla a mineralización nítrico perclórica por 1 hora. Se colocó la mezcla en una placa calentadora a 180 °C por 90 min hasta la digestión total; la cual se completó cuando apareció el humo blanco y el líquido se tornó incoloro. Luego, completada la digestión se filtró la muestra en fiolas de 50 ml y se agregó 10 ml de agua desionizada.
- LECTURA: se realizó la lectura en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica de Llama registrando los resultados.

#### **Análisis de cadmio en suelos**

- Para determinar el contenido de cadmio en suelos se utilizó el método de Digestión ácida de sedimentos, fangos y suelos. EPA 3050B. A continuación describimos el procedimiento.
- Se pesó 1g de sedimento seco en un matraz Erlenmeyer, adicionándole 10 ml de 8.5M de HNO<sub>3</sub>. La solución se calentó en una placa de calentamiento a 95 °C durante 15 minutos, sin hervir. Luego se enfrió a menos de 70 °C y se agregó 5 ml de 17 M HNO<sub>3</sub> y la muestra se reflujo por 30 minutos a 95 °C, sin hervir. Este paso se repitió dos veces. Posteriormente, la muestra se evaporó a 5 ml, sin hervir. Se enfrió a menos de 70 °C, se añadieron 2 ml de agua seguido por la adición lenta de 3 ml de 8.8M H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. La solución se calentó hasta que disminuyó la efervescencia. Más tarde, 8 ml 8.8M H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> en alícuotas de 1 ml se adicionaron hasta que la solución reflujo. Después, se enfrió a menos de 70 °C, se agregaron 10 ml de 12 M HCl y la muestra se reflujo por 15 min sin hervir. Después se dejó enfriar a temperatura ambiente y se filtró y diluyó con 100 ml de agua doblemente destilada (desionizada). Una vez realizada la determinación, el resultado se leyó en un espectrofotómetro de absorción atómica marca Elker Perkin.

### **3.1.5. Análisis estadístico.**

Los datos obtenidos en el experimento se procesaron en el programa estadístico SPSS versión 20.0, aplicando el análisis de varianza (ANOVA) y Tukey para determinar si existen diferencias significativas de contenidos de cadmio en las almendras de cacao entre las plantaciones de ocho, doce y quince años de edad. El nivel de significancia estadístico fue  $p < 0,05$ .

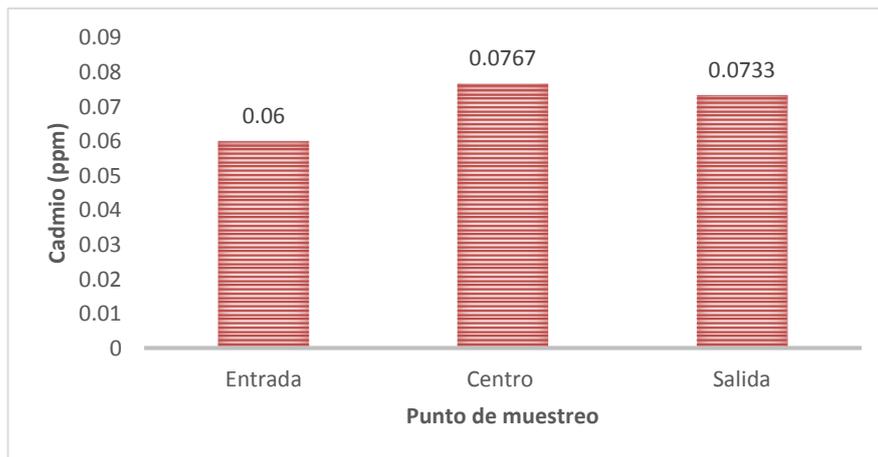
## IV. RESULTADOS

### 4.1. Contenido de cadmio en almendras de cacao forastero de las plantaciones de ocho años de edad según punto de muestreo.

El promedio del contenido de cadmio en almendras de cacao forastero para las plantaciones de ocho años de edad según punto de muestreo fue para la entrada 0.06 ppm, para el centro 0.0757 ppm y para la salida 0.0733 ppm. Según estos resultados la mayor concentración de cadmio en almendras de cacao se obtuvo del centro de la parcela como se muestra en la tabla 1 y figura 2.

*Tabla 1.* Contenido de cadmio en almendras de cacao forastero de plantación de ocho años de edad

Puntos de muestreo	Contenido de cadmio (ppm)	Promedio (ppm)
Entrada de la parcela	0.06	0.06
	0.08	
	0.04	
Centro de la parcela	0.07	0.0757
	0.07	
	0.09	
Salida de la parcela	0.06	0.0733
	0.09	
	0.07	



*Figura 2.* Promedio del contenido de cadmio en almendras de cacao en plantaciones de 8 años de edad según puntos de muestreo.

#### 4.1.1. ANOVA para el contenido de cadmio en almendras de cacao forastero de las plantaciones de ocho años de edad según punto de muestreo.

En la Tabla 2 se observan los resultados del análisis de varianza (ANOVA), para el contenido de cadmio en almendras de cacao en plantaciones de ocho años de edad según puntos de muestreo. No hubo diferencia significativa según punto de muestreo, dado que el valor de significación estadística (p-valor =0.4506) es mayor al 0.05 (5 %). Este resultado indica que, las concentraciones de cadmio obtenidas en los diferentes puntos de muestreo (entrada, centro y salida) de la Ha de plantación de ocho años de edad no se diferencian, es decir, que la concentración de cadmio no está influenciado por el punto de muestreo para la edad de ocho años.

Tabla 2. Análisis de varianza (ANOVA) para el contenido de cadmio en almendras de cacao en plantaciones de ocho años de edad según puntos de muestreo.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	p - valor
Punto de muestreo	2	0.0005	0.0002	0.913*	0.4506
Error	6	0.0015	0.0003		
Total	8	0.002			

\*No significativo

#### 4.2. Contenido de cadmio en almendras de cacao forastero en plantaciones de doce años de edad según punto de muestreo.

El promedio del contenido de cadmio en almendras de cacao forastero para las plantaciones de doce años de edad según punto de muestreo fue para la entrada 0.0567 ppm, para el centro 0.06 ppm y para la salida 0.0467 ppm. Según estos resultados la mayor concentración de cadmio en almendras de cacao se obtuvo del centro de la parcela como se muestra en la tabla y figura 3.

Tabla 3. Contenido de cadmio en almendras de cacao forastero de doce años de edad según punto de muestreo.

Puntos de muestreo	Contenido de cadmio (ppm)	Promedio contenido de cadmio (ppm)
Entrada de la parcela	0.06	0.0567
	0.05	
	0.06	
Centro de la parcela	0.08	0.06
	0.04	
	0.06	
Salida de la parcela	0.05	0.0467
	0.05	
	0.04	

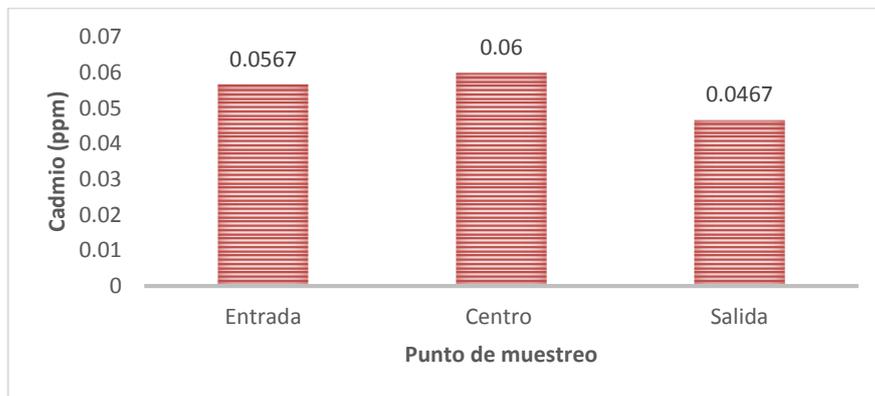


Figura 3. Contenido de cadmio en almendras de cacao en plantaciones de 12 años de edad.

#### 4.2.1. ANOVA para el contenido de cadmio en almendras de cacao forastero de las plantaciones de doce años de edad según punto de muestreo.

En la Tabla 4, se muestran los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para las almendras de cacao de doce años de edad de la plantación, en los cuales se observa que no existe significación estadística por cada punto de muestreo, dado que el valor de significación ( $p$ -valor = 0.4453) es mayor al 0.05 (5 %). Este resultado indica que, las concentraciones de cadmio en almendras de cacao obtenidas en los diferentes puntos de muestreo (entrada, centro y salida) de la Ha de plantación de doce años de edad no se diferencian; es decir, que la concentración de cadmio para esta edad no está influenciado por el punto de muestreo.

*Tabla 4.* Análisis de varianza (ANOVA) para el contenido de cadmio en almendras de cacao en plantaciones de 12 años de edad.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	p - valor
Muestra	2	0.0003	0.0001	0.9286*	0.4453
Error	6	0.0009	0.0002		
Total	8	0.0012			

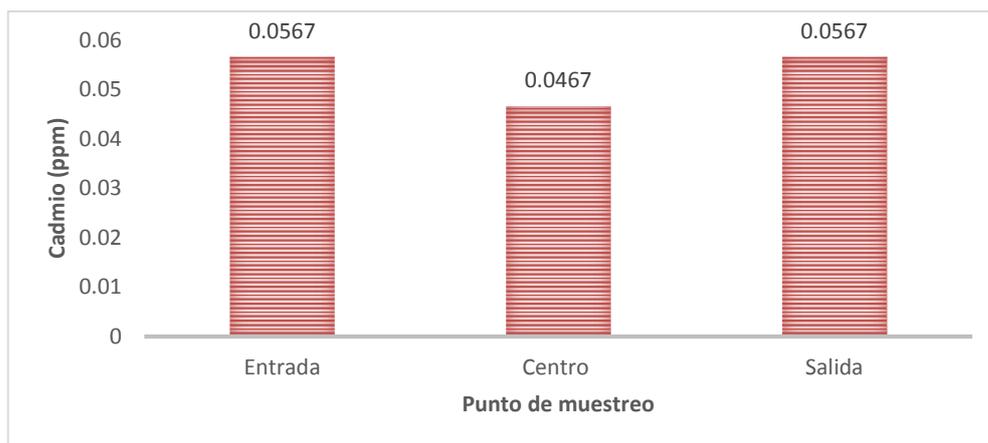
\*No significativo

#### **4.3. Contenido de cadmio en almendras de cacao forastero en plantaciones de quince años de edad según punto de muestreo.**

El promedio del contenido de cadmio en almendras de cacao forastero para las plantaciones de quince años de edad según punto de muestreo fue para la entrada 0.0567 ppm, para el centro 0.0467 ppm y para la salida 0.0567 ppm. Según estos resultados la mayor concentración de cadmio en almendras de cacao se obtuvo de la entrada y la salida de la parcela como se muestra en la tabla 5 y figura 4.

*Tabla 5.* Contenido de cadmio en almendras de cacao de quince años de edad

Puntos de muestreo	Contenido de cadmio (ppm)	Promedio contenido de cadmio (ppm)
Entrada de la parcela	0.05	0.0567
	0.08	
	0.04	
Centro de la parcela	0.04	0.0467
	0.04	
	0.05	
Salida de la parcela	0.06	0.0567
	0.04	
	0.07	



*Figura 4.* Contenido de cadmio en almendras de cacao en plantaciones de 15 años de edad.

#### 4.3.1. ANOVA para el contenido de cadmio en almendras de cacao forastero de las plantaciones de quince años de edad según punto de muestreo.

En la Tabla 6, se muestran los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para las almendras de cacao forastero para las plantaciones de quince años de edad, en los cuales se observa que no existe significación estadística el punto de muestreo, dado que el valor de significación (p-valor =0.6699) es mayor al 0.05 (5 %). Este resultado indica que, las concentraciones de cadmio obtenidas en los diferentes puntos de muestreo (entrada, centro y salida) para las plantaciones de quince años de edad no se diferencian, es decir, que la concentración de cadmio en las almendras no está influenciado por el punto de muestreo.

*Tabla 6.* Análisis de varianza (ANOVA) para el contenido de cadmio en almendras de cacao forastero en plantaciones de 15 años de edad según punto de muestreo.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	p - valor
Muestra	2	0.0002	0.0001	0.4286*	0.6699
Error	6	0.0014	0.0002		
Total	8	0.0016			

\*No significativo

#### 4.4. Contenido de cadmio en almendras de cacao forastero según edad de las plantaciones

El promedio del contenido de cadmio en almendras de cacao para las edades de ocho, doce y quince años de edad fue 0.07 ppm, 0.054 ppm y 0.053 ppm respectivamente como se muestra en la figura 5.

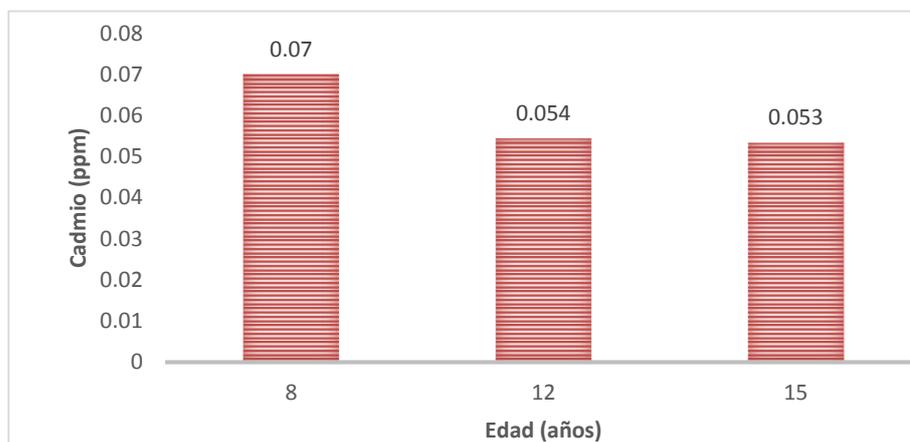


Figura 5. Contenido de cadmio en almendras de cacao en plantaciones de 8, 12 y 15 años de edad.

#### 4.4.1. ANOVA para el contenido de cadmio en almendras de cacao forastero para las edades de ocho, doce y quince años de edad de las plantaciones

Los análisis de varianza (ANOVA) para el contenido de cadmio en almendras de cacao en relación a la edad de la plantación muestran que existe significación estadística con respecto a las edades, dado que el valor de significación (p-valor =0.0344) es menor al 0.05 (5 %). Este resultado indica que, las concentraciones de cadmio obtenidas en las plantas de una edad difieren de las concentraciones en las almendras de las plantaciones de las otras edades tal como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7. Análisis de varianza (ANOVA) para el cadmio en almendras de cacao en plantaciones de 8, 12 y 15 años de edad.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	p - valor
Edad	2	0.00156	0.00078	3.8894*	0.0344
Error	24	0.00482	0.0002		
Total	26	0.00639			

\* Significativo

La prueba de rango múltiple de Tukey indica que, la mayor concentración de cadmio en almendras de cacao se obtuvo en las plantaciones de ocho años de edad, cuyo valor fue de 0.07 ppm siendo este resultado significativamente diferente y mayor a los obtenidos en las plantaciones de doce y quince años con las cuales se obtuvieron 0.054 ppm y 0.053 ppm, respectivamente como se observa en la tabla 8; además, el cadmio presenta una relación inversamente proporcional con respecto a las edades de las plantas, es decir que las plantas más jóvenes presentan mayor concentración de cadmio.

*Tabla 8.* Prueba de Tukey al 5 % de probabilidad para el cadmio en almendras de cacao en plantaciones de 8, 12 y 15 años de edad.

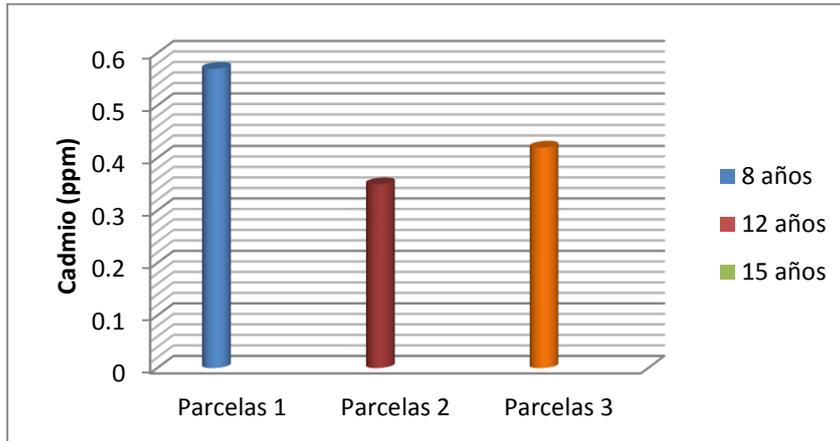
Edad (años)	Cadmio (ppm)	Significación al 5 %
8	0.07	a
12	0.054	b
15	0.053	b

#### 4.5. Contenido de cadmio en suelo de plantaciones de cacao forastero

El contenido de cadmio presente en suelos de las plantaciones de cacao forastero fueron para ocho años 0.57 mg/Kg; doce años 0.35 mg/Kg y quince años 0.42 mg/Kg y el valor promedio del contenido de cadmio de la muestra total fue 0,48 mg/Kg, encontrándose que el mayor contenido de cadmio en el suelo es para las plantación de ocho años de edad es para suelos de ocho años como se observa en la tabla 1 y figura 2.

*Tabla 9.* Contenido de cadmio en suelos de plantaciones de cacao en estudio

Número de Muestras	Muestras de suelo				Contenido de cadmio mg/Kg
	Laboratorio		Plantación		
1	19	10	1223	T1- 8 años	0.57
2	19	10	1224	T2- 12 años	0.35
3	19	10	1225	T3- 15 años	0.42



*Figura 6.* Contenido de cadmio (mg/Kg) en suelo de plantaciones de cacao de ocho, doce y quince años de edad.

## V. DISCUSIÓN

Herrera (2011), citado por Oc Llatance et al. (2018) indica que el contenido de cadmio sigue una secuencia descendente en las estructuras (raíz, tallo, hoja y fruto) del cacao. En este estudio solo se determinó la cantidad de cadmio en el fruto (almendras), Los valores de cadmio en las almendras de esta investigación (0,058 ppm) fueron menores a los mostrados por Oc Llatance (0.411 mg kg<sup>-1</sup>) para este especie *Theobroma cacao* L. y a los encontrados por Hoyos (2018) que determinó el contenido de cadmio en almendras de cacao (*Theobroma cacao*, L.) cultivado bajo tres sistemas de producción del cultivo 0.75; 0.71 y 0.54 ppm respectivamente y a los de Florida et al. (2018) el cual fue 0.98 µg. g<sup>-1</sup>.

Condezo & Huaraca (2018) determinaron plomo, cadmio y arsénico en granos de cacao *Theobroma cacao* L. y café *coffea arábica* L. de la zona de Jaén, Cajamarca, cuyas muestras fueron obtenidas de los caseríos Rumipite, La Palma y San Felipe, mostrando una concentración promedio de cadmio en el cacao de 0,07µg/g; con una concentración mínima de 0,04 µg/g y una concentración máxima de 0,11µg/g. Estos resultados se encuentran dentro del rango de este estudio, pudiendo inferirse que es por tratarse de la misma zona tomada como muestra.

Los valores promedio de concentración de Cd en las diferentes fases de postcosecha de cacao 0,89 mg.kg-1 para el mucilago, 0,73 mg.kg-1 para el fermentado y 0,95 mg.kg-1 para la almendra seca. En este estudio no se usó el cacao bajo el proceso de fermentación y secado natural, ya que ocasionan que las paredes celulares se destruyan, permitiendo que los contenidos de la semilla estén expuestas a otros constituyentes químicos que afectan sus propiedades organolépticas (Perea, 2010) citado por (Álvarez, 2018).

Los valores promedios de cadmio en las almendras de cacao de esta investigación (0,058 ppm) demuestran que el contenido de cadmio es ínfimo resultados que pueden atribuirse a lo dicho por Arevalo-Gardini et al. (2016) donde demuestra que el clon IMC-67, presenta el menor contenido de cadmio tanto en la parte aérea como en la raíz, con diferencias significativas con respecto a otros clones.

La edad de un árbol puede influir en la absorción de cadmio. Al comparar el contenido de cadmio en las almendras de cacao según la edad de las plantaciones, se observó que las de 8 años tuvieron mayor cantidad de cadmio, este valor fue menor que el estudio de Florida et al. (2018), en el cual determinó cadmio en plantaciones de 7 años en Huánuco, obteniendo un promedio de  $0.98 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , diferencia posiblemente atribuida a otras características del suelo como nivel de materia orgánica, cantidad de arcilla presente (variables que no fueron objeto de estudio en esta investigación).

Por otra parte, Argüello et al. (2019) y Alianza Cacao (no publicado) citado por (Meter et al., 2019) indicaron que las plantas jóvenes de cacao absorben más cadmio que las antiguas, tal vez debido a que los árboles más viejos tienen raíces más profundas (aprovechando el subsuelo que contiene menos cadmio que la capa superior del suelo), las plantaciones más antiguas tienen un mayor contenido de calcio en la capa superior del suelo, bloqueando la absorción de cadmio, mientras los árboles más jóvenes crecen más rápido y la alta biomasa de los árboles más viejos reduce la concentración de cadmio a través de la dilución (Meter et al., 2019).

El resultado del análisis de varianza (ANOVA) y la prueba Tukey en esta muestra corroboraron con lo descrito en la literatura mencionado anteriormente en relación a que las plantaciones jóvenes tienen más contenido de cadmio, debido a que hubo diferencia estadísticamente significativa con relación a las demás edades.

Los resultados de esta investigación mostraron que el valor promedio del contenido de cadmio en suelo de plantaciones de cacao forastero de 8, 12 y 15 años fue  $0,48 \text{ mg/Kg}$ , menor a lo reportado por Oc Llatance et al, 2018 en Pakúm, Perú el cual fue  $0,54 \text{ ppm}$ , diferencia que pudiera ser atribuido a que el suelo donde se obtuvo esta muestra, es semi inundable, es decir, el agua llega en menor cantidad, pero permanece más tiempo retenida; mientras que en el presente estudio, hay mayor cantidad de riego; así mismo, fueron superiores a los de Florida et al., 2018 quienes determinaron el cadmio disponible en el suelo de plantaciones de cacao de 7 años de producción en Huánuco, obteniendo un valor de  $0.32 \mu\text{g g}^{-1}$ . Sin embargo, los resultados obtenidos en esta investigación estuvieron por debajo del límite máximo permisible ( $1.4\text{mg/Kg}$ ) según (MINAGRI, 2018).

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. Conclusiones

- La plantación de ocho años de edad de cacao forastero IMC-67, presentó mayor contenido de cadmio (0.07ppm) en las almendras.
- El contenido de cadmio en las almendras de cacao fue 0.07ppm, 0.054 ppm y 0.053 ppm para las edades de ocho, doce y quince años respectivamente, resultados muy bajos que no superan el límite máximo (0.6 ppm) permisibles por el reglamento N° 448/2014 de la Unión Europea.
- Los suelos de las tres plantaciones de cacao forastero (*Theobroma cacao* L.), de ocho, doce y quince años de edad presentaron contenidos de cadmio 0.57 mg/Kg, 0.35 mg/Kg y 0.42 mg/Kg respectivamente, que no superan el límite máximo permisible (1.6 mg/Kg) según la Resolución Ministerial N° 0451-2018-MINAGRI.

### 6.2. Recomendaciones

- Realizar estudios para determinar la presencia de otros metales pesados en almendras de cacao en la zona de Jaén
- Se recomienda realizar estudios sobre el uso de fertilizantes fosforados en las tierras de cultivo de esta zona.
- Realizar trabajos similares con mayor número de muestras y diversas variedades de cacao para la detección de metales pesados.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- United States Environmental Protection Agency (USEPA). (2002). *Supplemental guidance for developing soil screening levels for superfund sites Available from*. Obtenido de [www.epa.gov/superfund/health/conmedia/soil/index.htm](http://www.epa.gov/superfund/health/conmedia/soil/index.htm).
- Álvarez, E. (2018). *Acumulación de metales pesados (Pb y Cd) en almendras de cacao durante el proceso de fermentación y secado*. Trabajo de Maestría. Instituto Politécnico de Leira., Escola Superior de Turismo e Tecnología do Mar. Peniche, Portugal., Peniche, Portugal.
- Arevalo-Gardini, E., Obando-Cerpa, M., Zuñiga-Cernades, L., Arevalo-Hernández, C., Baligar, V., & Zhenli, H. (2016). Metales pesados en suelos de plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en tres regiones del Perú. *Ecología Aplicada*, 15(2), 81-89.
- Argüello, D. C., Lauryssen, F., Vanderschueren, R., Smolders, E., & Montalvo, D. (2019). Soil properties and agronomic factors affecting cadmium concentrations in cacao beans : A nationwide. *Science of the Total Environment*, 120-127.
- Barrueta, S. V. (2013). *Guía Metodológica para el muestreo y detección de cadmio en suelos, agua, fertilizantes, almendras de cacao y productos derivados*. Lima.
- Condezo, N. S., & Huaraca, M. C. (2018). “Cuantificación de plomo, cadmio y arsénico en granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) y café *coffea arábica* L. de la zona de Jaen - Cajamarca durante el periodo febrero – julio 2018”. Lima, Peru.
- Florida, N., Claudio, S. L., & Gomez, R. (2018). El pH y la absorción de cadmio en las almendras de cacao orgánico (*Theobroma cacao* L.) en Leoncio Prado, Huánuco, Perú. *Folia Amazónica*, 27(1), 1-8. doi:<https://doi.org/10.24841/fa.v27i1.458>
- Hoyos, J. (2018). *Determinación del contenido de cadmio en almendras en almendras de cacao (*Theobroma cacao*, L.) cultivado bajo tres sistemas de producción en San Alejandro-Ucayali*. Tesis, Universidad Nacional de Ucayali, Ucayali.

- Huamaní, H. A., Huahuaya, M. Á., Mansill, L. G., Florida, N., & Neira, G. M. (10 de 11 de 2012). Presencia de metales pesados en cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) orgánico. (D. A. Carabali, Ed.) *Acta Agronomica*, 61(4), 339-344.
- INDECOPI. (2007). Cacao Y Chocolate, Cacao En Polvo (Cocoa) y Mezclas Secas De Cacao Y Azúcar. *Comisión de los Reglamentos Tecnicos y Comerciales*.
- Meter, A., Atkinson, R., & Laliberte, B. (2019). Cadmio en el cacao de América Latina y el Caribe: Análisis de la investigación y soluciones potenciales para la mitigación. *Bioversity International*, 77.
- MINAGRI. (2018). *Resolución Ministerial N°0451-2018*. Perú.
- Muñoz, M. A. (2019). *Comportamiento del Cacao Colombia, Ecuador y Perú del año 2007 al 2018 y sus futuros*. Universidad de América, Bogotá.
- Oc Lactace, W., Gonza, C. J., Gusmán, W., & Pariente, E. (2018). Bioacumulación de cadmio en el cacao (*Theobroma Cacao* L.) en la comunidad Nativa de Pakun, Perú. *Revista Forestal del Perú*, 33(1), 63-75. doi: <http://dx.doi.org/10.21704/rfp.v33i1.1156>
- Perea, J. (2010). *Caracterización fisicoquímica de materiales regionales de cacao colombiano*. Trabajo de investigacion., Colombia.
- Ramirez, C. D. (2018). Determinacion de niveles de concentracion de cadmio (Cd) en hojas de cacao(*Theobroma cacao* L.) cultivado bajo tres sistemas de manejo en san Alejandro - distrito de Irazola - Provincia de Padre Abad - Departamento de Ucayali. *TESIS*. Pucallpa, Perú.
- Reglamento de la comisión (UE) N°488/2014. Diario Oficial de la Unión Europea. (12 de 05 de 2014). Unión Europea.
- Reyes, Y., Vergara , I., Torres, O., Díaz, M., & Gonzáles, E. (Julio-Diciembre de 2016). Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad. *Ingenieria, Investigación y Dessarrollo*, 16(2), 66-77.
- Saavedra., C. J., Llatance., W. O., Castillo., W. G., & Mondragón, E. P. (2018). Bioacumulación de cadmio en el cacao (*Theobroma cacao*) en la Comunidad Nativa de Pakun, Perú. 63 - 75.
- Sánchez, G. (2016). *Ecotoxicología del cadmio. Riesgo para la salud de la utilización de suelos ricos en cadmio*. . Trabajo fin de Grado, Facultad de Farmacia Universidad Complutense, Madrid, España.

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco infinitamente a Dios por regalarme la vida, darme salud y poder lograr todos mis objetivos trazados.*

*A mi alma mater la Universidad Nacional de Jaén a mis profesores por brindarme su formación y prepararme para el éxito.*

*Al Mg. Segundo Alipio Cruz Hoyos por su asesoría y apoyo incondicional.*

*A mis padres y hermanos por que juntos hemos logrado y seguiremos logrando muchas metas más.*

*A mi amiga Odilma por toda su paciencia y apoyo durante todo este tiempo, gracias por no dejarme sola cuando más lo necesite.*

## **DEDICATORIA**

*A Dios, porque nada se puede sin él; a mi hermosa hija Camila por que ha sido tu mi niña el motor para seguir adelante, para poder lograr todo lo que me he propuesto y juntas lo seguiremos logrando; a mis padres Pascuala y Ricardo a Elvin por que confiaron en mí; a mis hermanos en especial a Luz por demostrarme siempre su apoyo y amor incondicional.*

## **ANEXOS**

## ANEXO 2. Reporte de análisis de Cadmio en almendras de cacao ITC-Tarapoto



**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**

### **REPORTE DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS**

Nº SOLICITUD : AA046-01-19  
 SOLICITANTE : KELY JULCA GONZALES  
 PROCEDENCIA : CAJAMARCA - JAEN- JAEN- BALSABUAYCO  
 ALIMENTO : ALMENDRA DE CACAO CON MUCILAGO

Ítem	Nº de muestra de Laboratorio			Cod Usuario	Cd ppm
1	19	10	395	M1-8 años-1	0.06
2	19	10	396	M1-8 años-2	0.08
3	19	10	397	M1-8 años-3	0.04
4	19	10	398	M1-12 años-1	0.06
5	19	10	399	M1-12 años-2	0.05
6	19	10	400	M1-12 años-3	0.06
7	19	10	401	M1-15 años-1	0.05
8	19	10	402	M1-15 años-2	0.08
9	19	10	403	M1-15 años-3	0.04
10	19	10	404	M2-8 años-1	0.07
11	19	10	405	M2-8 años-2	0.07
12	19	10	406	M2-8 años-3	0.09
13	19	10	407	M2-12 años-1	0.08
14	19	10	408	M2-12 años-2	0.04
15	19	10	409	M2-12 años-3	0.06
16	19	10	410	M2-15 años-1	0.04
17	19	10	411	M2-15 años-2	0.05
18	19	10	412	M2-15 años-3	0.05
19	19	10	413	M3-8 años-1	0.06
20	19	10	414	M3-8 años-2	0.09
21	19	10	415	M3-8 años-3	0.07
22	19	10	416	M3-12 años-1	0.05
23	19	10	417	M3-12 años-2	0.05
24	19	10	418	M3-12 años-3	0.04
25	19	10	419	M3-15 años-1	0.06
26	19	10	420	M3-15 años-2	0.04
27	19	10	421	M3-15 años-3	0.07

La banda del Shilcayo, 28 de diciembre de 2019

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES  
 TARAPOTO - PERU  
 Cesar O. Arevalo Hernandez, MSc  
 JEFE DE DEPTO. DE SUELOS

Figura 7. Reporte de análisis de cadmio almendras de cacao (muestra)

**ANEXO 2. Reporte de análisis de Cadmio en suelos ITC-Tarapoto.**



**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 : AS0152-19  
 SOLICITANTE : KELLY JULCA GONZALES  
 PROCEDENCIA : CAJAMARCA- JAEN - JAEN - BALSAMUAYCO  
 CULTIVO : CACAO FORASTERO

FECHA DE MUESTREO : 30/10/2019  
 FECHA DE RECEP. LAB : 31/10/2019  
 FECHA DE REPORTE : 05/11/2019

Item	Número de la muestra				CADMIO (ppm)
	Lab.		Campo		
01	19	10	1223	M1-8 AÑOS	0.57
02	19	10	1224	M2-12 AÑOS	0.35
03	19	10	1225	M3-15 AÑOS	0.42

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, 05 de Noviembre del 2019

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES  
 TARAPOTO - PERÚ

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

Figura 8. Reporte análisis cadmio en suelo de las plantaciones en estudio

### ANEXO 3. Encuesta a propietarios de parcelas

#### ENCUESTA A PROPIETARIOS DE LAS PARCELAS

##### I. Datos personales

1.1. Nombre del propietario

JOSE RAIMUNDO MELCHOR ECHEVERRÉ

1.2. DNI: 27672229

1.3. Edad: 70 años

1.4. Género.

Masculino  Femenino ( )

1.5. Nivel educativo: SECUNDARIA

##### II. Información de la parcela

2.1. Su terreno de cultivo es:

Propio ( ) Alquilado ( ) Familia ( )

2.2. Edad de la plantación: 12 años

2.3. Área que comprende la parcela: 1.5 hectareas

2.4. Utiliza fertilizante: NO

2.5. Formas y tipo de riego: 1 VEZ CADA 3 MESES CON AGUA DE LA QUEBRADA BALSATUAYCO

2.6. Finalidad del producto.



Figura 9. Encuesta a propietario de parcela de doce años

ENCUESTA A PROPIETARIOS DE LAS PARCELAS

I. Datos personales

1.1. Nombre del propietario

HUALBERTO DIAZ DIAZ

1.2. DNI:

1.3. Edad. 49 AÑOS

1.4. Género.

Masculino  Femenino ( )

1.5. Nivel educativo: PRIMARIA

II. Información de la parcela

2.1. Su terreno de cultivo es:

Propio  Alquilado ( ) Familia ( )

2.2. Edad de la plantacion... 8 AÑOS

2.3. Área que comprende la parcela... 2.5 HECTAREAS

2.4. Utiliza fertilizante. NO

2.5. Agua y formas de riego. AGUA DE LA OVEBADA BALAJAYLO  
SE RIEGA 1 VEZ CADA 3 MESES

2.6. Finalidad del producto.

VENTA A COMERCIANTES DE JAEN

Figura 10. Encuesta a propietario de parcela de 8 años

## ENCUESTA A PROPIETARIOS DE LAS PARCELAS

### I. Datos personales

1.1 . Nombre del propietario

RONULO LORENZO BERNA RAMOS

1.2 . DNI: 78 AÑOS

1.3 . Edad. 27662033

1.4 . Género.

Masculino (X) Femenino ( )

1.5 . Nivel educativo: NO TIENE

### II. Información de la parcela

2.1. Su terreno de cultivo es:

Propio (X) Alquilado ( ) Familia ( )

2.2. Edad de la plantacion... 15 AÑOS

2.3. Área que comprende la parcela... 4 HECTAREAS

2.4. Utiliza fertilizante. ... NO... DE NINGUN TIPO

2.5. Agua y formas de riego... RIEGO CON AGUA DE LA QUEBRADA  
BALSABUAYCO 3 VECES AL AÑO

2.6. Finalidad del producto.

VENTA A COMERCIANTES DE JAÉN



Figura 11. Encuesta a propietario de parcela de 15 años

**ANEXO 4. Tabulación de datos para ANOVA según puntos de muestreo para cada edad de la plantación:**

*Tabla 10.* Contenido de cadmio en Almendras de cacao en plantaciones de ocho años de edad según punto.

Puntos de muestreo	Muestra	Cadmio (ppm)
Entrada	M <sub>1</sub>	0.06
Entrada	M <sub>1</sub>	0.08
Entrada	M <sub>1</sub>	0.04
Centro	M <sub>2</sub>	0.07
Centro	M <sub>2</sub>	0.07
Centro	M <sub>2</sub>	0.09
Salida	M <sub>3</sub>	0.06
Salida	M <sub>3</sub>	0.09
Salida	M <sub>3</sub>	0.07

*Tabla 11.* Contenido de cadmio en Almendras de cacao en plantaciones de doce años de edad según punto.

Puntos de muestreo	Muestra	Cadmio (ppm)
Entrada	M <sub>1</sub>	0.06
Entrada	M <sub>1</sub>	0.05
Entrada	M <sub>1</sub>	0.06
Centro	M <sub>2</sub>	0.08
Centro	M <sub>2</sub>	0.04
Centro	M <sub>2</sub>	0.06
Salida	M <sub>3</sub>	0.05
Salida	M <sub>3</sub>	0.05
Salida	M <sub>3</sub>	0.04

*Tabla 12.* Contenido de cadmio en Almendras de cacao en plantaciones de quince años de edad según punto.

Puntos de muestreo	Muestra	Cadmio (ppm)
Entrada	M <sub>1</sub>	0.05
Entrada	M <sub>1</sub>	0.08
Entrada	M <sub>1</sub>	0.04
Centro	M <sub>2</sub>	0.04
Centro	M <sub>2</sub>	0.05
Centro	M <sub>2</sub>	0.05
Salida	M <sub>3</sub>	0.06
Salida	M <sub>3</sub>	0.04
Salida	M <sub>3</sub>	0.07

**ANEXO 5. Tabulación de datos para ANOVA según edad de la plantación:**

*Tabla 13.* Contenido de cadmio en Almendras de cacao forastero según edad de la plantación

Almendras de cacao de plantaciones de 8 años	Almendras de cacao de plantaciones de 12 años	Almendras de cacao de plantaciones de 15 años
Cadmio (ppm)	Cadmio (ppm)	Cadmio (ppm)
0.06	0.06	0.05
0.08	0.05	0.08
0.04	0.06	0.04
0.07	0.08	0.04
0.07	0.04	0.05
0.09	0.06	0.05
0.06	0.05	0.06
0.09	0.05	0.04
0.07	0.04	0.07

## ANEXO 6. Fotografías

### - Recolección de muestras



*Figura 12.* Mazorca de cacao de 8 años de edad



*Figura 13.* Mazorca de cacao 15 años de edad



*Figura 14.* Obtención de sub muestras de suelo 15 años



*Figura 15.* Sub muestras de suelo plantación 8 años

- **Acondicionamiento de las muestras**



*Figura 16.* Despepitado de almendras de cacao



*Figura 17.* Obtención de almendras de cacao



*Figura 19.* Muestras de suelo 15 años



*Figura 18.* Sub muestras de suelo 8 años

- **Determinación de cadmio mediante espectrometría de absorción atómica de llama**



*Figura 21.* Recepción de muestras



*Figura 20.* Muestras secas de almendras de cacao



*Figura 23.* Triturado de muestras 15 años



*Figura 22.* Lectura en el espectrofotómetro de almendras de cacao