

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**TESIS:**

**Niveles de cadmio y plomo en las almendras de cacao  
(*Theobroma cacao*) procedente del Valle de los Ríos Apurímac,  
Ene y Mantaro (VRAEM)**

Para optar el título profesional de:  
**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

PRESENTADO POR:  
**Bach. Rodmel RIVEROS JAVIER**

ASESOR:  
**Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA**

**AYACUCHO - PERÚ**

**2025**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por permitirme salud y vida, gracias por estos momentos de satisfacción en mi formación profesional.

A mi familia que por ellos soy lo que soy. A mis padres, Herminio Riveros Suarez y Carmen Rosa Javier Pomasoncco por su apoyo, consejos, comprensión y amor, en todo este proceso, y proveer de los requerimientos necesarios para realizar mis estudios. Todo ello me ha permitido alcanzar mis metas con éxito.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi alma Mater, la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, y de manera especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, por haber constituido no solo un espacio para mi formación profesional, sino también, un segundo hogar donde forjé amistades entrañables, compartí experiencias inolvidables y crecí como persona.

De manera especial, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mi asesor el Dr. Agustín Julián Portuguez Maurtua, que con su atinada orientación y apoyo decisivo se logró culminar el presente trabajo de investigación.

## RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo la determinación del contenido de metales pesados tóxicos de cadmio (Cd) y plomo (Pb), en las almendras de 4 variedades de cacao procedente del VRAEM especialmente de los distritos Villa Virgen y Anco, estos análisis se efectuaron en las 4 diferentes variedades del cacao, es decir se verifico los niveles de cadmio y plomo que se encuentran o no dentro de los estándares de calidad, en función de los niveles máximos permisibles (NMP). Dada la importancia de esta materia prima que tiene como principal destino el consumidor final y la industria.

El análisis de las muestras fue realizado en el Laboratorio de Certificaciones Nacionales de Alimentos SAC (CENASAC) de dos repeticiones de cada muestra, de las almendras de cacao de las 4 variedades diferentes.

Se caracterizó físicamente y químicamente las 4 variedades de cacao (Chuncho, CCN-51, Criollo y VRAEM-15), procedentes de los distritos de Villa Virgen y Anco, las cual fueron objeto de estudio en el presente trabajo.

Considerando las 4 variedades, con mayor concentración de cadmio, fue la variedad del cacao criollo que sobrepaso los límites permisibles teniendo como resultado promedio de 0.53 ppm superior a los 0.5 ppm permitidos por unión europea.

Así mismo el desarrollo de la investigación permitió identificar las variedades comerciales de cacao los cuales son (cacao chuncho, cacao CCN-51, cacao Criollo y el cacao VRAEM-15 y se cuantifico la concentración de cadmio y plomo mediante el análisis por absorción atómica por el Método de Determinación de Metales Pesados (AOAC: 999.11). Posteriormente se interpretó los resultados y se compararán con los límites máximos permisibles para determinar la calidad de las muestras.

Por último, se identificó la variedad con mayor concentración de cadmio y plomo con el análisis estadístico y de acuerdo al ANVA de los dos metales pesados el p-valor  $<0.05$ , podemos decir que existe diferencia significativa entre las 4 variedades del cacao (Chuncho, CCN-51, Criollo y VRAEM-15), es decir, por lo menos la concentración del cadmio y plomo de una variedad es diferente de las otras variedades.

**Palabras claves:** Metales pesados tóxicos, almendras de cacao.

## ABSTRACT

The present study aimed to determine the content of toxic heavy metals cadmium (Cd) and lead (Pb) in the almonds of four varieties of cocoa from the VRAEM, especially from the districts of Villa Virgen and Anco. These analyses were carried out on the four different varieties of cocoa, that is, the levels of cadmium and lead that are or are not within the quality standards were verified, based on the maximum permissible levels (MPL). Given the importance of this raw material, whose main destination is the final consumer and the industry.

The analysis of the samples was carried out in the National Food Certification Laboratory SAC (CENASAC) of two repetitions of each sample, of the cocoa almonds of the 4 different varieties.

The four cocoa varieties (Chuncho, CCN-51, Criollo and VRAEM-15) from the districts of Villa Virgen and Anco, which were the subject of study in this work, were physically and chemically characterized.

Considering the four varieties with the highest concentration of cadmium, it was the Criollo cocoa variety that exceeded the permissible limits, with an average result of 0.53 ppm compared to the European Union, which is 0.5 ppm.

Likewise, the development of the research allowed to identify the commercial varieties of cocoa which are (chuncho cocoa, CCN-51 cocoa, Criollo cocoa and VRAEM-15 cocoa and the concentration of cadmium and lead was quantified by atomic absorption analysis by the Heavy Metal Determination Method (AOAC: 999.11). Subsequently, the results were interpreted and compared with the maximum permissible limits to determine the quality of the samples.

Finally, the variety with the highest concentration of cadmium and lead was identified with the statistical analysis and according to the ANVA of the two heavy metals, the p-value  $<0.05$ , we can say that there is a significant difference between the 4 varieties of cocoa (Chuncho, CCN-51, Criollo and VRAEM-15), that is, at least the concentration of cadmium and lead in one variety is different from the other varieties.

**Keywords:** Toxic heavy metals, cocoa kernels.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I.....	4
ASPECTOS GENERALES.....	4
1.1 Título de la tesis.....	4
1.2 Autor y Asesor.....	4
1.3 Descripción de la realidad problemática .....	4
1.4 Formulación del problema.....	6
1.4.1 Problema general .....	6
1.4.2 Problemas específicos.....	6
1.5 Objetivos.....	6
1.5.1 Objetivo general .....	6
1.5.2 Objetivos específicos.....	6
1.6 Hipótesis.....	7
1.6.1 Hipótesis general .....	7
1.6.2 Hipótesis específicas.....	7
CAPITULO II.....	8
MARCO TEÓRICO .....	8
2.1 Antecedentes de la investigación.....	8
2.1.1 Antecedentes internacionales .....	8
2.1.2 Antecedentes nacionales .....	9
2.1.3 Antecedentes regionales .....	10
2.2 Origen del cacao .....	11
2.3 Clasificación taxonómica .....	11
2.4 Descripción de la mazorca.....	12
2.5 Descripción morfológica de frutos de cacao .....	12
2.6 Composición química del cacao .....	14
2.7 Beneficio del cacao.....	15
2.8 Composición del cacao con Cadmio y Plomo .....	18
2.9 Evaluación de metales tóxicos en alimentos .....	19
2.10 Riesgos para la salud por efectos tóxicos de metales pesados .....	20
2.11 Normas internacionales que restringen los niveles más altos para el Cadmio y Plomo en cacao .....	21
CAPITULO III .....	24
MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
3.1 Tipo de investigación .....	24
3.2 Nivel de investigación .....	24

3.3 Variables e indicadores.....	24
3.3.1 Variable Independiente.....	24
3.3.2 Variable Dependiente .....	24
3.4 Población y muestra .....	25
3.5 Materia prima, equipos, materiales y reactivos .....	25
3.5.1 Materia prima .....	25
3.5.2 Equipos de laboratorio.....	25
3.5.3 Materiales de vidrio .....	26
3.5.4 Otros materiales .....	26
3.5.5 Reactivos y solventes.....	26
3.6 Procedimientos de investigación .....	26
3.7 Procedimiento experimental .....	27
3.7.1 Acondicionamiento de la muestra .....	27
3.7.2 Evaluación del porcentaje humedad en granos secos .....	27
3.7.3 Evaluación de porcentaje de ceniza en granos secos de cacao.....	27
3.7.4 Evaluación de porcentaje de acidez en granos de cacao .....	28
3.7.5 Evaluación de porcentaje de proteínas en granos secos .....	28
3.7.6 Evaluación de metales tóxicos cadmio y plomo por el método de espectroscopia de absorción atómica de llama (FAAS).....	29
3.8 Diseño experimental .....	29
3.8.1 Diseño Estadístico .....	30
3.8.2 Modelo estadístico.....	30
3.9 Métodos y herramientas de recopilación de datos.....	31
CAPITULO IV .....	32
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	32
4.1 Caracterización físicas y químicas de las variedades de cacao procedentes del VRAEM.....	32
4.1.1 Características físicas y químicas del cacao chuncho .....	32
4.1.2 Características físicas y químicas del cacao CCN-51 .....	34
4.1.3 Características físicas y químicas del cacao criollo .....	36
4.1.4 Características físicas y químicas del cacao VRAEM-15 .....	38
4.2 Cuantificación de los niveles de Cadmio y Plomo en las almendras de cacao, de las variedades comerciales procedentes del VRAEM.....	39
4.2.1 Resultado del análisis de metales pesados de la variedad de Cacao Chuncho.....	40
4.2.2 Resultado del Análisis de Metales Pesados de la Variedad de Cacao CCN-51.....	41
4.2.3 Resultado del análisis de metales pesados de la variedad de cacao Criollo.....	42

4.2.4 Resultado del análisis de metales pesados de la variedad de cacao VRAEM-15.....	42
4.3 Identificación de las variedades de cacao con mayor contenido de Cadmio y Plomo.....	43
4.3.1 Concentracion de Cadmio en las almendras de 4 variedades .....	43
4.3.2 Contenido de Plomo en almendras de cacao .....	45
4.3.3 Análisis estadístico de la concentración de plomo y cadmio en las 4 variedades del cacao procedentes del VRAEM.....	48
CONCLUSIONES.....	52
RECOMENDACIONES .....	53
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	54
ANEXOS .....	59

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Estructura química en 100 gramos de cacao en base seca.....	15
Tabla 2 Contenido máximo admisible de metales pesados en productos nutricionales en humanos según la Unión Europea .....	21
Tabla 3 Proposición de niveles altos de cadmio en productos elaborados a base de cacao y chocolate.....	22
Tabla 4 Método y herramientas .....	31
Tabla 5 características físicas de la variedad cacao chuncho .....	32
Tabla 6 características químicas de la variedad cacao chuncho .....	33
Tabla 7 características físicas de la variedad cacao CCN-51 .....	34
Tabla 8 características químicas de la variedad cacao CCN-51 .....	35
Tabla 9 características físicas de la variedad cacao criollo .....	36
Tabla 10 características químicas de la variedad cacao criollo .....	37
Tabla 11 características físicas de la variedad cacao VRAEM-15.....	38
Tabla 12 características químicas de la variedad cacao VRAEM-15.....	39
Tabla 13 Variedades de cacao comercial, cantidad a utilizar y procedencia .....	40
Tabla 14 Resultados del análisis de cadmio y plomo del cacao chuncho .....	40
Tabla 15 Resultados del análisis de cadmio y plomo del cacao CCN-51 .....	41
Tabla 16 Resultados del análisis de cadmio y plomo del cacao criollo .....	42
Tabla 17 Resultados del análisis de cadmio y plomo del cacao VRAEM-15.....	42
Tabla 18 Resultados del análisis del Cadmio de las 4 variedades de cacao.....	43
Tabla 19 Contenido ppm del Plomo de las 4 variedades.....	45
Tabla 20 Análisis estadístico descriptivo del plomo de las 4 variedades .....	48
Tabla 21 Análisis de varianza ANOVA .....	48
Tabla 22 Pruebas post hoc y comparaciones múltiples .....	49
Tabla 23 Prueba de tukey (Subconjuntos homogéneos).....	49
Tabla 24 Análisis estadístico Descriptivo del cadmio de las 4 variedades .....	50
Tabla 25 Análisis de varianza ANOVA .....	50
Tabla 26 Pruebas post hoc Comparaciones múltiples .....	51
Tabla 27 Prueba de tukey (subconjuntos homogéneos) .....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Color de fruto inmaduro.....	12
Figura 2 Color de fruto maduro.....	12
Figura 3 Ápice del fruto y Constricción basal del fruto .....	12
Figura 4 Forma del fruto y profundidad de surcos .....	13
Figura 5 Rugosidad del fruto .....	13
Figura 6 Forma de la semilla sección longitudinal y transversal .....	14
Figura 7 Diagrama de flujo del beneficio del cacao.....	17
Figura 8 Diseño experimental.....	30
Figura 9 Fruto del cacao chuncho .....	33
Figura 10 Semilla del cacao chuncho .....	33
Figura 11 Fruto del cacao CCN-51 .....	35
Figura 12 Semilla del cacao CCN-51 .....	35
Figura 13 Fruto del cacao criollo.....	37
Figura 14 Semilla del cacao criollo .....	37
Figura 15 Fruto del cacao VRAEM-15 .....	39
Figura 16 Semilla del cacao VRAEM-15.....	39
Figura 17 Contenido ppm del Cadmio de las 4 variedades .....	44
Figura 18 Contenido ppm del Plomo de las 4 variedades .....	46

## INTRODUCCIÓN

Entre los cultivos tropicales que sobresalen y de gran importancia económica en el ámbito regional, nacional y global tenemos al cacao (*Theobroma cacao* L.). La producción en una mayor proporción sirve de materia prima para la industria chocolatera, cuyos productos tienen una gran aceptación por su calidad y presentación. La industria chocolatería y actividades relacionadas con el transporte, almacenamiento y comercialización son fuentes generadoras de empleos directos e indirectos, situación que representa un gran movimiento económico. El producto final (chocolate de mesa) producido por la industria chocolatera nacional, forma parte de las compras por parte de los consumidores internos. Se ha detectado que un volumen importante es exportado como materia prima, el acabado y valor agregado lo realizan las industrias de los países importadores. La planta del cacao constituye la flora forestal de importancia económica para los pobladores de las zonas productoras, mencionado recurso forestal se desarrolla en forma equilibrada con otras especies de flora y fauna silvestre. También se puede decir que la planta de cacao es amigable con la biodiversidad, ello es importante para salvaguardar la conservación de este recurso.

Los mercados de los países europeos son muy exigentes en los límites permisibles de metales tales como el cadmio y plomo. En orden de importancia tenemos a los diferentes países importadores: Holanda, Suiza, Bélgica, Francia, Italia, Alemania, Estados Unidos, Japón y otros. Los países importadores han establecido altas exigencias para que los productos puedan ingresar a sus mercados. La presencia de metales pesados que superan los límites máximos permitidos significa que el lote de productos es rechazado y devuelto al país de origen, implicando grandes pérdidas económicas y en muchos casos puede significar el cierre de las empresas exportadoras.

La existencia de metales tóxicos que superan los límites máximos permitidos es perjudicial en el proceso de comercialización del cacao. Ello implica el rechazo y devolución de los contenedores con productos que tienen alta concentración de metales pesados, significando una gran pérdida económica e inestabilidad en la operación de las empresas exportadoras. Los análisis de las variedades de cacao comerciales reportan la presencia de metales pesados tales como el cadmio y plomo en cacao. La presencia se

mantiene también en sus productos derivados tales como el chocolate demandado a nivel nacional e internacional. Como consecuencia tenemos que los productos derivados no son inocuos para los consumidores, su presencia genera un deficiente funcionamiento del organismo humano poniendo en riesgo la salud de los consumidores.

Nuestro país se caracteriza por ser un importante productor de cacao de excelente calidad; en el ranking mundial de exportación ocupa el segundo lugar según el volumen comercializado. Es de vital importancia la producción y comercialización del cacao orgánico en grano con certificación orgánica. La comercialización en la modalidad de comercio justo ha impactado positivamente en beneficio de los productores. Además, en el VRAEM y otras zonas productoras la producción de cacao es considerado como un cultivo alternativo en la sustitución de la producción del cultivo ilícito como la coca.

Existe una relación directa entre la cantidad de metales tóxicos por encima de los límites permisibles y el riesgo alto en la salud de los consumidores y también por el contacto permanente en la actividad laboral y el aspecto ambiental. La presencia del cadmio y plomo son considerados como altamente peligrosos para la salud del ser humano. En los seres humanos las principales fuentes de contacto son mediante la alimentación y la exposición al humo de los cigarrillos. La toxicidad de los metales pesados mencionados se manifiesta en las personas que tienen bajas concentraciones de hierro. La toxicidad del cadmio se presenta especialmente en los huesos, riñones y las personas consideradas como vulnerables por tener bajas reservas de hierro.

El Pb es un elemento de alta toxicidad que interfiere con los sistemas enzimáticos y tiene efectos nocivos en los sistemas neurológicos central y periférico (SNC), el sistema renal y el tracto gastrointestinal. La dieta permanece una fuente principal de manifestación, a pesar de que los esfuerzos para minimizar las emisiones han reducido considerablemente los niveles de Pb en los alimentos. Por ello, se están tomando medidas para garantizar que la población cumpla con la ISTP (Ingesta Semanal Tolerable Provisional) de 25  $\mu\text{g}$  de Pb/kg/semana constituida por del Comité Mixto (FAO/OMS).

Los elementos de alta toxicidad presentes en los alimentos pueden provenir de distintas fuentes; en el caso del cacao, la contaminación probablemente ocurre durante las etapas de producción, procesamiento y cultivo. Dado que el cuerpo solo puede eliminar una parte de estas sustancias, es posible que se acumulen y tengan efectos nocivos. Dado que pueden ser perjudiciales incluso en la dieta en niveles inferiores a 50 mg/kg, los metales se denominan oligoelementos.

La venta de cacao procedente de zonas contaminadas puede dificultar su obtención en mercados extranjeros. Es bien sabido que la seguridad de los productos procedentes de regiones con controles de calidad se encuentra bajo una presión cada vez mayor.

# **CAPITULO I**

## **ASPECTOS GENERALES**

### **1.1 Título de la tesis**

Niveles de cadmio y plomo en las almendras de cacao (*Theobroma cacao*) procedente del Valle de los Ríos Apurímac, Ene y Mantaro (VRAEM).

### **1.2 Autor y Asesor**

Autor: Bach. RIVEROS JAVIER, Rodmel

ASESOR: Dr. PORTUGUÉZ MAURTUA, Agustín Julián

### **1.3 Descripción de la realidad problemática**

El cacao (*Theobroma cacao*) es uno de los cultivos tropicales de mayor importancia, tanto en el ámbito nacional como internacional. La industria chocolatera es la que consume un gran volumen de producción de materia prima. La producción, el procesamiento agroindustrial, transporte y comercializaciones son fuentes generadoras de empleos directos e indirectos y el respectivo efecto multiplicador que dinamiza la economía local, regional y nacional. Sobresale por el volumen de materia prima que utiliza el chocolate de mesa producido por la industria chocolatera nacional, y las actividades de exportación en un considerable porcentaje de la producción nacional. La plantación de cacao es considerado parte del sistema agroforestal que constituye junto con la gran diversidad de flora y fauna un ecosistema equilibrado. Su conservación es fundamental por constituir una especie amigable con el medio ambiente.

Actualmente se está investigando la relación entre los metales pesados y productos muy comercializados como el cacao. Estudios recientes han revelado que el cacao y los productos elaborados con él contienen plomo y cadmio. Dados los antecedentes de estos

metales, podemos suponer que el alimento no es inocuo y supone un alto peligro para la salud humana debido a las deficiencias en los procesos metabólicos del organismo.

Mite (2013), menciona que existen indicios de contaminación por metales tóxicos en los granos de cacao, específicamente cadmio (Cd) y plomo (Pb), en niveles elevados autorizados por el Reglamento Alimentario de la Comunidad Europea (NACE) de 1 y 3 ppm, respectivamente, lo que representa una amenaza para el cacao de sabor excepcional ecuatoriano exportado, en especial a los mercados europeos. Se cree que las principales fuentes de contaminación por Cd y Pb son las erupciones volcánicas naturales, la mineralización del material parental, las actividades antropogénicas (causadas por el ser humano), las operaciones mineras, la quema de desechos, el uso de residuos sólidos en la agricultura, los agroquímicos, los gases industriales, la combustión de combustibles fósiles, incluido el carbón, la transmisión por derivados del petróleo durante el secado del cacao en carreteras y los fertilizantes orgánicos.

Perez y Azcona (2012), menciona que los metales tóxicos conforman un peligro grande para la salud debido al continuo contacto ocupacional y ecológico. El Pb y el Cd se encuentran entre los más peligrosos. Las dos principales vías de exposición al cadmio, que suele ser prevalente, son los alimentos y el tabaco. La intoxicación por cadmio afecta principalmente a los riñones y los huesos, y quienes tienen deficiencias en hierro son especialmente susceptibles a estas consecuencias mortales.

El cultivo de cacao se desarrolla principalmente en los departamentos de Huánuco con un 6%, Ucayali con un 8%, Cusco con un 9%, Junín con un 18% y San Martín con un 43%, lo que en conjunto representa el 84% de la producción a nivel nacional. Además, la plantación de cacao orgánico es una de las labores socioeconómicas más relevantes en el Valle del Ríos Apurímac Ene y Mantaro (VRAEM), particularmente en el distrito de Kimbiri, ubicado en el departamento del Cusco. Este cultivo tiene una gran demanda en mercados europeos como Francia, Inglaterra y Bélgica, así como en Estados Unidos. Sin embargo, los metales pesados, como el cadmio y el plomo, se encuentran de forma natural en el suelo y pueden ser absorbidos por las plantas, siendo estos consumidos por los seres humanos, lo que puede tener consecuencias negativas para la salud, especialmente dado que la planta de cacao tiende a absorber el cadmio y el plomo del suelo, concentrándolos en las almendras de cacao.

En tal sentido se ha visto por conveniente a evaluar los niveles de los niveles de cadmio y plomo en las almendras de cacao de las variedades Chunchu, CCN-51, Criollo, VRAEM-15, para ello se determinó en el laboratorio por un análisis por el Método de Determinación de Metales Pesados (AOAC: 999.11), por Espectrofotometría de absorción atómica lo cual se utiliza para medir la cantidad de metales pesados en una muestra. Por otro lado, este trabajo servirá de base para futuras investigaciones, ya que se contará con los resultados del análisis de los metales pesados de cadmio y plomo donde pueden tener efectos negativos sobre la salud humana.

## **1.4 Formulación del problema**

### ***1.4.1 Problema general***

¿De qué manera se evaluarán los niveles de cadmio y plomo en las almendras de cacao (*Theobroma cacao*) procedente del Valle de los Ríos Apurímac, Ene y Mantaro (VRAEM)?

### ***1.4.2 Problemas específicos***

¿Cuáles serán las características químicas de las almendras de cacao procedentes del VRAEM?

¿Cuáles serán los niveles de cadmio y plomo en almendras de cacao, en las variedades comerciales procedentes del VRAEM?

¿De qué manera se identificarán las variedades de cacao con mayor concentración de cadmio y plomo?

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo general**

Evaluar los niveles de cadmio y plomo en las almendras de cacao (*Theobroma cacao*) procedente del Valle de los Ríos Apurímac, Ene y Mantaro (VRAEM).

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- ❖ Caracterizar químicamente las almendras de cacao procedentes del VRAEM con la finalidad de comercialización y exportación.
- ❖ Cuantificar la concentración de Cadmio y Plomo en almendras de cacao, de las variedades comerciales procedentes del VRAEM
- ❖ Identificar las variedades de cacao con mayor concentración de cadmio y plomo.

## **1.6 Hipótesis**

### **1.6.1 Hipótesis general**

Los niveles de cadmio y plomo en las almendras de cacao (*Theobroma cacao*) procedente del Valle de los Ríos Apurímac, Ene y Mantaro (VRAEM) superan los LMP.

### **1.6.2 Hipótesis específicas**

- ❖ Las características químicas de las almendras de cacao procedentes del VRAEM se encuentran dentro del rango promedio reportado.
- ❖ La concentración de cadmio y plomo en almendras de cacao, de las variedades comerciales procedentes del Valle de los Ríos Apurímac, Ene y Mantaro (VRAEM) se encuentran por encima de los LMP.
- ❖ Las variedades de cacao con mayor concentración de cadmio y plomo son las que se cultivan en el VRAEM.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes de la investigación**

##### **2.1.1 Antecedentes internacionales**

Díaz et al. (2018), en su trabajo de investigación “Determinación de Cadmio y Plomo en almendras de cacao (*Theobroma cacao*), proveniente de fincas de productores orgánicos del cantón Vinces” indica que el líder mundial en producción de cacao fino y de aroma es Ecuador produciendo más del 60 % a nivel internacional, destinado en un nivel alto de calidad en la fabricación de chocolates y de tipo gastronómico; hoy en día las exportaciones del cacao fino de aroma es destinado a los mercados Europeos, son afectados por presencia de metales tóxicos como el cadmio y el plomo en las almendras de cacao para su exportación, es superior a los límites máximos aceptados por la Normativa Alimentaria de la Comunidad Europea (NACE). La finalidad principal para esta investigación fue definir el nivel de cadmio y plomo en las almendras de cacao originarios de las parcelas de productores ecológicos del cantón Vinces. Primero se seleccionaron 25 parcelas como objetos de estudio para poner en marcha el proyecto. Para el análisis estadístico de los datos recopilados, se utilizó la estadística no paramétrica. Según los resultados de la iglesia Antonio Sotomayor en la parcela APO Vinces NN10 se obtuvo un mayor valor en Cd con 0,98 ppm y el menor es en la parcela APO Vinces – 115 con un valor de 0,099 ppm; con respecto en testa se registró en la parcela APO Vinces - NN9 en la iglesia Antonio Sotomayor, con 6,14 ppm y el menor valor se encontró en la parcela APO Vinces – 21 con un valor de 0,081 ppm de Cd. Con respecto al Pb el mayor valor en almendras se registró en las parcelas APO Vinces - NN8 y APO Vinces - NN10

con 5,44 y 5,39 ppm respectivamente, mientras que en 5 parcelas no se registró la presencia de Pb en la testa, y de valor mayor de concentración de Pb se encontraron en las parcelas de APO Vines - NN11 y APO Vines - NN8 con 7,57 y 7,01 ppm de respectivamente.

### **2.1.2 Antecedentes nacionales**

Alvares (2018), en su trabajo de investigación “Acumulación de metales pesados (Pb y Cd) en almendras de cacao durante el proceso de fermentación y sacado” indica que la contaminación por metales tóxicos en especial cadmio y plomo, es una preocupación para los agricultores y exportadores de cacao, así como para su almacenamiento. Del grupo de productores de cacao Fortaleza del Valle se tomaron muestras que fueron las almendras de cacao, en las condiciones de fresco, fermentado y secado. Se observaron valores fisicoquímicos concorde a principios de cualidad de las almendras de cacao y se empleó el Diseño Completamente al Azar (DCA), repetido cinco veces. Los valores estudiados se compararon con el análisis de varianza al 95 % de nivel de significancia y se ha obtenido un valor para la humedad que es de 6,33 %; el pH es 6,24; el nivel de acidez 1,17 %, la evaluación de la tasa de germanización 1,32; la evaluación del índice de fruto 21,94; la cantidad de almendras por fruto 40,43; la evaluación del peso de 100 almendras 136,34 y la evaluación del nivel de cascarilla 19,12 %. Los niveles de la cantidad promedio de cadmio en las distintas etapas de postcosecha de cacao fueron 0,89 ppm para el mucílago, 0,73 ppm en la fermentación y 0,95 ppm para el fruto seco y la cantidad de plomo en distintas etapas de postcosecha para el mucílago 0,38 ppm; en la fermentación 0,37 ppm y para el fruto seco 0,60 ppm. Finalmente, estos valores sobrepaso lo establecido por el Reglamento (CE) N° 1881/2006.

Del Aguila (2017), en su trabajo de investigación “Determinación de cadmio y plomo en granos de cacao, frescos, secos y en licor de cacao (*Theobroma cacao*)” determinó el nivel de cadmio y plomo en semillas recientes, en frutos secos y en licor de cacao (*Theobroma cacao*), ideal en la economía de la Amazonia peruana. Los granos y el licor de cacao se caracterizaron químicamente, se evaluaron la acumulación de cadmio y plomo por el método de Espectrofotometría de Absorción Atómica de Llama. El análisis estadístico se realizó mediante el Diseño Completamente al Azar (DCA), se realizó la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ), se utilizó el software STATGRAPHICS Centurión XVII. Respecto a los granos frescos su composición química fue variada. El mayor porcentaje

de acidez (4,16 %) fue en Tingo María, el mayor contenido de humedad de 49,45 % y proteína de 14,32 % fue en la localidad de San Martín de Pangoa y el mayor contenido de cenizas de 4,36 % fue en Pucallpa. Respecto a los granos secos su composición química es distinto, el grano seco de la localidad de San Martín de Pangoa con alta humedad de 49,45 % y acidez de 1,22 % y el de Pucallpa con un valor mayor porcentaje de cenizas de 4,65 % y proteína de 14,25 %. Respecto del licor de cacao de Sol de Oro de la COOPAIN su composición química presentó un valor alto de porcentaje de cenizas de 4,28 % y la empresa de Oro de ACOPAGRO con un valor alto de humedad de 1,85 %, acidez de 1,62 % y de grasa 57,39 %. En Pucallpa se encontró mayor contenido de cadmio de 0,08 ppm en granos frescos y 0,11 ppm en granos secos. En la empresa de Oro de ACOPAGRO se encontró la concentración de mayor contenido de cadmio con un valor de 0,11 ppm. Se encontró mayor contenido de plomo de 9,02 ppm en las semillas frescas de la ciudad de Pucallpa y San Martín de Pangoa en semillas secas con 7,62%. En la empresa de Cacao Peruano de Cooperativa Agraria Cafetalera Pangoa se registró mayor contenido de plomo de 7,45 ppm.

### **2.1.3 Antecedentes regionales**

Cossio (2015), en el trabajo de investigación “Contaminación por plomo y cadmio del río Apurímac – VRAE”, menciona que el Río Apurímac es actualmente un receptor de una serie de efluentes, al juntarse con el río Mantaro y formar el Río Ene.

La existencia de metales tóxicos como el plomo en las aguas del río Apurímac se debe a los insumos químicos que emplea el narcotraficante, a los plaguicidas, a los desechos que generan los hogares especialmente las pilas, a los restos o depósitos de residuos producidos por operaciones mineras o canteras mineras, etc.

La finalidad principal del trabajo de investigación fue resolver el grado de contaminación del Río Apurímac expuesto a metales tóxicos como el plomo y el cadmio. En la presente investigación se determinó la concentración del plomo y cadmio en las aguas del río Apurímac y su relación con el límite máximo permisible constituidos por los niveles de calidad del agua a nivel nacional e internacional. A lo largo del Río Apurímac se tomaron diferentes muestras en 3 estaciones de monitoreo de agua, el muestreo se desarrolló por fecha. Mediante del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) cada punto de muestreo fue geo referenciado.

Para el análisis del grado de concentración de plomo y cadmio de las muestras de agua del río Apurímac se empleó el procedimiento de espectroscopia por absorción atómica. Las muestras fueron tomadas de diciembre del 2013 a setiembre del 2014, con el objetivo de evaluar los cambios del nivel de concentración de plomo y cadmio. La concentración media del plomo en el año 2014 fue de 0,0107 mg/L, con una cantidad mínima de 0,001 ppm y un valor elevado de 0,031 ppm. Para el cadmio la concentración fue inferior a 0.001 ppm. El grado de contaminación del plomo y cadmio en el agua del río Apurímac en el tiempo evaluado, es parcialmente menor y ninguna muestra excede a los valores máximos admisibles constituido para el plomo y el cadmio según el Estándar Nacional de calidad ambiental para agua en nivel 3 con valores de 0,05 ppm para el Plomo y de 0,005 ppm para el Cadmio. La contaminación de la calidad del agua del río Apurímac no es representativo y no hay peligros de su uso considerando como agua de nivel 3 en cuanto a la existencia de Plomo y Cadmio.

## **2.2 Origen del cacao**

Según Hernandez (2010), “es originario de Centroamérica y de la selva tropical de Sudamérica exactamente de las cuencas hidrográficas de la Amazonia y Orinoco al este de los Andes, en territorios que hoy pertenecen a los países como Colombia, Ecuador, Perú, Brasil, Venezuela y las Guayanas”.

Sandoval (2009), indica que “los frutos son de tamaño y forma muy variable, regularmente de 30 cm de largo y 10 cm de diámetro. Tiene forma elíptica y son de diferentes colores al madurar (rojo, amarillo, morado y café); tienen entre 20 y 30 semillas lo cual están cubiertas de una pulpa mucilaginoso de color blanco, cuyos cotiledones pueden ser de color blanco y/o violetas”.

## **2.3 Clasificación taxonómica**

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Malvales

Familia: Sterculiaceae

Género: Theobroma

Especie: cacao

## 2.4 Descripción de la mazorca

**Figura 1**

*Color de fruto inmaduro*



**Figura 2**

*Color de fruto maduro*



## 2.5 Descripción morfológica de frutos de cacao

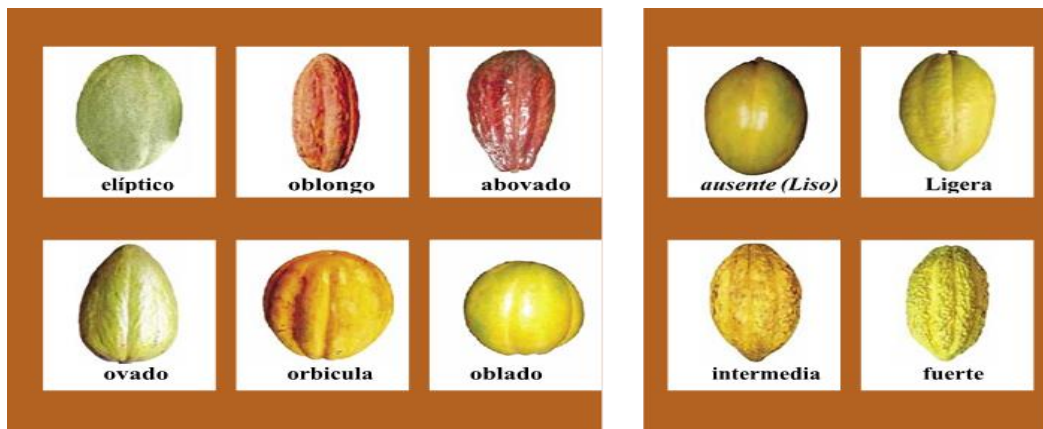
**Figura 3**

*Ápice del fruto y Constricción basal del fruto*



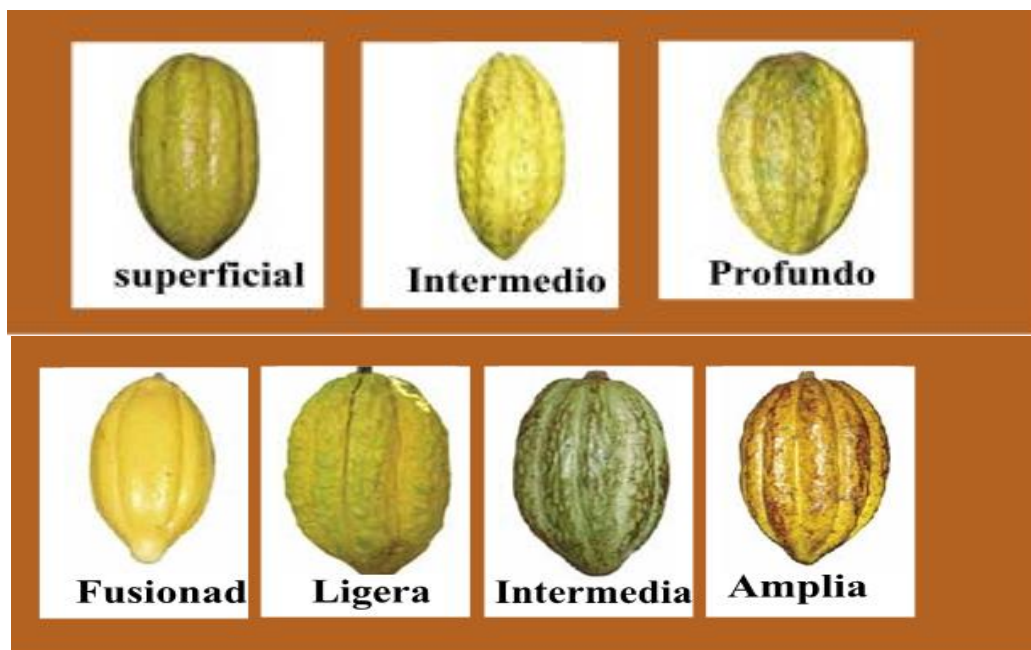
**Figura 4**

*Forma del fruto y profundidad de surcos*



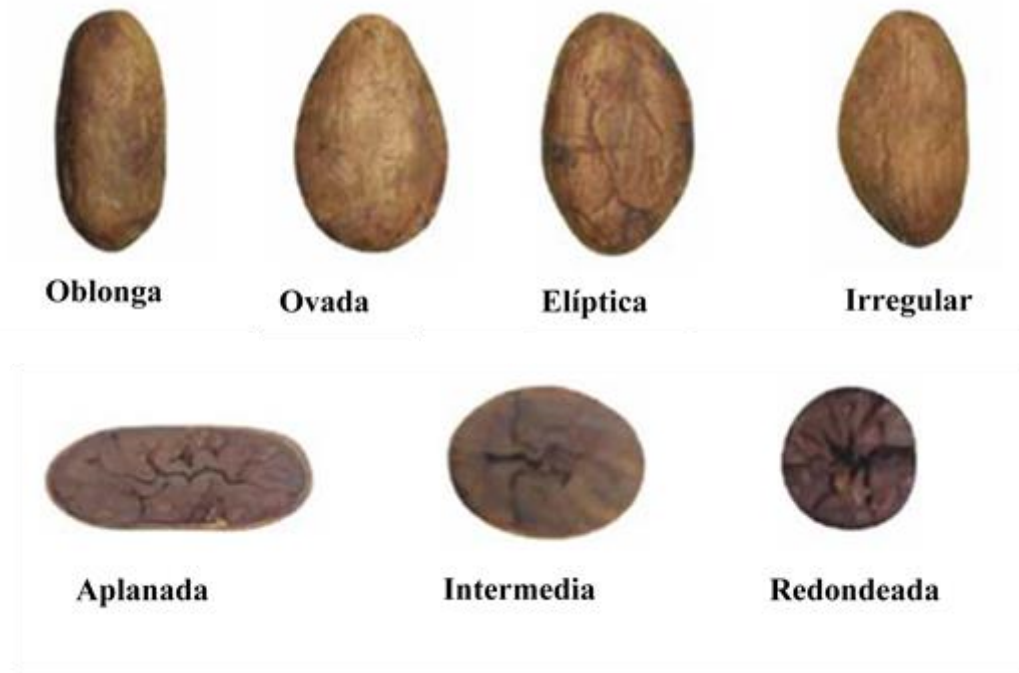
**Figura 5**

*Rugosidad del fruto*



## Figura 6

*Forma de la semilla sección longitudinal y transversal*



### 2.6 Composición química del cacao

Gil (2012), indica que la adquisición de productos derivados del cacao, especialmente el chocolate, no ha estado estimado como hábitos saludables por su alto valor calórico; a pesar de ello, siendo consecuentes con los nuevos desarrollos del mercado de alimentos, investigaciones actuales recomiendan que el cacao y sus derivados además de tener la gran aprobación por los consumidores, nos presenta varios beneficios para la salud debido a que son alimentos con abundante contenido de polifenoles, experto en estructurar eventos oxidativos asociados con el inicio de enfermedades cardio y cerebrovasculares. En la Tabla 1, se presenta los elementos químicos del cacao.

**Tabla 1**

*Estructura química en 100 g de cacao en base seca*

COMPONENTE	CONTENIDO	COMPONENTE	CONTENIDO
Calorías	456 kcal	Fósforo	537 mg
Agua	3,6 ml	Calcio	106 mg
Proteína	12 g	Tiamina	0,17 - 0,24 mg
Grasa	46,3 g	Riboflamina	0,14 - 0,41 mg
Carbohidratos	34,7 g	Niacina	1,7 mg
Fibra	8,6 g	Ácido ascórbico	3,0 mg
Glucosa	8 - 13 g	Piridina	0,9 mg
Sucrosa	0,4 - 0,9 g	Hierro	3,6 mg

Nota: Naranjo (2011).

## **2.7 Beneficio del cacao**

Amores (2012), menciona el beneficio del cacao, se refiere a la preparación de las almendras como paso previo para su comercialización e industrialización. Con este propósito, se ejecutan una serie de operaciones ordenadas que se comienza con la recolección de las mazorcas en el punto de maduración adecuado para extraer las almendras, seguida por la fermentación concluyendo con el secado del grano. Las almendras fermentadas y secas representan un producto de mejor calidad cuyo transporte y almacenamiento es más fácil.

Federacion Nacional de Cacaoteros - Fondo Nacional del Cacao (2004), señalan las particularidades organolépticas pueden ser mejoradas a través de un correcto beneficio, pues este contribuye a generar los procesos fisicoquímicos encargados de originar los compuestos precursores de la esencia y el sabor del chocolate, atributos sobresalientes en relación con la materia prima. Las etapas del fruto del cacao implican la quiebra o apertura del fruto, fermentación, secado y almacenamiento. Las cuales se explican continuación:

### **Quiebra y desgrane**

Sanchez (2007), para efectuar la quiebra se puede emplear machetes pequeños acondicionados; realizar un corte longitudinal con mucho cuidado para evitar el corte de las almendras del cacao que permanecen unidas a la placenta, la quiebra debe hacerse antes de los 5 días después de la cosecha y más pronto se haga la separación de los granos es más fácil.

Navia y Pazmiño ( 2012), señala que “el desgrane consta de separar los granos de la placenta para colocarlos y posteriormente fermentarlo, comúnmente se realiza manualmente revisando que estén extensos de placenta o granos de frutos enfermos, cáscaras u otra materia extraña”.

### **Fermentación**

Portillo et al. (2005), indica que la fermentación es el proceso principal de aprovechamiento de las cualidades del cacao. Proceso para el desarrollo de la esencia del cacao, para esta formación los azúcares de la pulpa, debido a los microorganismos (levaduras y bacterias) y procesos metabólicos de oxidación generan ácidos que entran en el cotiledón, produciendo la muerte del embrión, y así formar el rico aroma.

Según Rohsius C.(2006), en el momento de la fermentación, se produce ácido acético que se impregna en los cotiledones y reduce el pH de 6,4 a 4,5 a temperaturas mayores a 45°C, esta acidificación deshace los compartimientos de la célula y su muerte.

Amores (2012), indica que los tiempos prolongados de fermentación con el propósito de obtener altos porcentajes de almendras de cacao fermentadas, puede llevar a un exceso de fermentación del cacao, ocasionando sabores y olores tipo jamón o podrido, que generan imperfecciones para la industria. La esencia del cacao se desarrolla y se manifiestan habitualmente en el tiempo de fermentación y secado que son regularizados para regiones y variedades de cacao, las investigaciones previas influyen a la formación de aminoácidos libres y péptidos a partir de las proteínas, creación de azúcares reductores, hidrólisis de antocianinas y oxidación enzimática de los polifenoles, los cuales son indispensables para obtener el sabor y aroma peculiar del cacao en el momento del tostado.

Portillo y Cros (2006), señala que el tiempo de fermentación se relaciona con la proporción de pigmentos de color púrpura presentes en los granos frescos y que cuanto más intenso es dicho color más tiempo debe ser la fermentación, las variedades de cacao forasteros y trinitarios es necesario fermentar 6 a 7 días.

### a. Secado

Según Sanchez (2007), el secado tiene como objetivo de quitar la humedad y acidez de las almendras recién fermentadas más o menos de 55 % al 7 %, como seguridad para luego ser almacenado y comercializado.

Para el gusto y esencia del cacao es fundamental que la humedad reduzca paulatinamente, en un intervalo de 5 a 7 días, para beneficiar que se concluyan los cambios químicos (reacciones de oxidación), de lo contrario pone en peligro de inactivar a las enzimas antes de que se haya terminado los cambios químicos principales, esto sucede por altas temperaturas mayores a 65 °C y la baja humedad, por otro lado un secado rápido provoca el aplanamiento de las almendras, proporcionando granos duros y de cutículas arrugada, elemental para la buena calidad del producto.

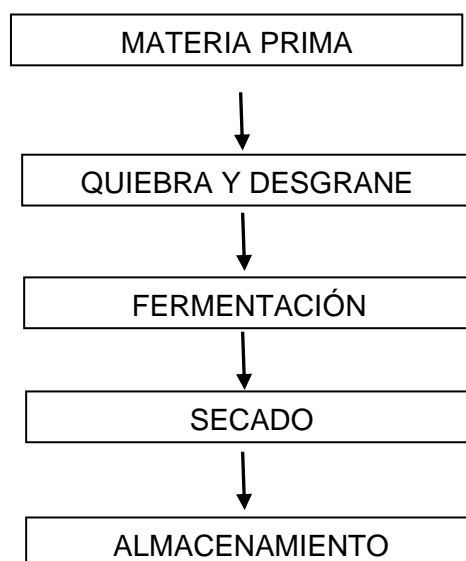
### b. Almacenamiento

Según Arevalo et al. (2004), el almacenamiento de los granos secos se debe realizar en sacos de yute y en ambientes techados, secos, blancos y de colores claros, bien ventilados, acomodados y apilados sobre parihuelas de madera, alejado de productos que emanen olores fuertes.

INDECOPI (2008), señala que se debe controlar frecuentemente el porcentaje de humedad mientras el proceso de almacenamiento, con métodos de medición precisos.

## Figura 7

### Diagrama de flujo del beneficio del cacao



## 2.8 Composición del cacao con Cadmio y Plomo

Agency for toxic substances & disease registry (2008), menciona que el cadmio es una sustancia química metálico (número atómico, 48; masa atómica, 112,414), se encuentra de forma habitual en el suelo y en el agua del océano. Se dispersa al medio ambiente por medio de actos naturales y humanas. Los bienes ambientales de cadmio abarcan actividad volcánica, la degradación de las rocas que integran cadmio, la espuma del mar y la incorporación de cadmio acumuladas en superficies, sedimentos, basureros, etc. Las fuentes de actividad humana de cadmio engloban la explotación y fusión de minerales que contienen zinc, la quema de hidrocarburos fósiles, la quema de residuos y emisiones de origen de desechos de baterías o basureros.

Reglamento (CE) 466/2001 de la Comisión señala que, en la última década, los niveles de plomo de los productos alimentarios han disminuido significativamente gracias a las mejoras en control de calidad de los análisis químicos, a los esfuerzos por reducir las emisiones de plomo en origen y a una mayor concienciación sobre el problema sanitario que puede presentar el plomo. La cantidad media de plomo en las comidas no aparece alarmante, deben tomarse medidas a largo plazo con la finalidad de disminuir progresivamente la concentración promedio de plomo en los alimentos. Por ello, los niveles deben ser lo más bajos posible.

Organización mundial de la salud (OMS) (2000), mencionan que estas fuentes influyen en la cantidad de cadmio en la superficie y en los sedimentos. El cadmio puede entrar en la cadena alimentaria por absorción foliar o radicular si se libera en las plantas y el suelo, ya sea húmedo o seco. Numerosas variables, como las tasas de deposición, los tipos de plantas y suelos, el pH de la superficie, materia orgánica, la calidad del suelo, mejoramiento del suelo, la meteorización y la existencia de otros componentes como el zinc, afectan a la tasa de transferencia del cadmio.

Según Huamani et al. (2012), el tipo de terreno es muy influyente en la absorción de cadmio de la planta de cacao. El cadmio total en el tejido foliar y el suelo mostraron una correlación significativa y positiva ( $P < 0,05$ ) en el análisis de correlación de Pearson de este estudio entre el cadmio accesible en el suelo y algunas características foliares. Por otra parte, existía una relación fuerte pero negativa entre la cantidad de calcio y

magnesio en el suelo y la cantidad de cadmio. La absorción de cadmio a nivel de las raíces hay una competencia continua con diferentes elementos como el Ca, K, Mg, Fe, Cu, Mn, ZN, debido a su facilidad de ser absorbidos por los mismos portadores de proteínas.

Mite (2013), menciona que, desde una década, el Instituto de Investigaciones Agropecuarias del país de Ecuador se está estudiando la existencia de metales tóxicos en las tierras de cultivo, el agua y los productos de exportación, especialmente el cacao. En esta investigación se utilizaron diversas muestras de suelo, agua y estructuras vegetales del cacao. Desde esta perspectiva, se estableció que la raíz, el tallo, las hojas, la cáscara o testa y el grano de cacao son el orden en que se acumula este elemento en los tejidos del cacao. Es decir que el grano de cacao presenta el porcentaje más bajo de cadmio en comparación con la estructura vegetal de la planta.

Codex Alimentarius (2015), indica que puede haber importantes variaciones regionales, nacionales e incluso internacionales en las cantidades de cadmio en las semillas de cacao. Mientras que las semillas de cacao de otros lugares, como Sudamérica, tienen naturalmente concentraciones elevadas de cadmio, en África Occidental el chocolate tiene la menor concentración de cadmio. Lo más probable es que los altos niveles de cadmio en estas naciones se deban al uso de fertilizantes, a la contaminación del suelo o a otros procesos industriales como la minería o la contaminación ambiental.

## **2.9 Evaluación de metales tóxicos en alimentos**

Según Pocięcha y Lestan (2009), existen varios procedimientos para la estimación de metales tóxicos en alimentos, principalmente fundamentadas en procedimientos electroquímicos y espectroscópicos. Las técnicas más conocidas y ampliamente más utilizadas son la Espectroscopia de Absorción Atómica con Vapor Frío (CVAAS), Espectroscopía de Absorción Atómica con Atomización Electrotérmica (ETAAS), Espectroscopía de Absorción Atómica por Generación de Hidruros (HGAAS), Espectroscopía de Absorción Atómica de Llama (FAAS), Espectroscopía de Masas con Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP-MS), Espectroscopía de Emisión Atómica con Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP-AES), Espectroscopía de Absorción Atómica con Descomposición Térmica – Amalgamación.

Mehmet y Durak (2005), compararon los métodos de digestión en seco, húmedo y horno microondas en la cuantificación de aluminio, cinc y hierro en yogur por AAS estableciéndose que la digestión de microondas es el mejor método para cuantificar porque registró óptimos resultados, como aluminio 46 mg/kg, cinc 2 mg/kg y hierro de 3,5 mg/kg.

## **2.10 Riesgos para la salud por efectos tóxicos de metales pesados**

Gemma et al. (2008), menciona que algunos metales, como el Co, el Cr, el Fe, Mn y el Zn, son esenciales para las reacciones biológicas porque forman parte de metaloenzimas, mientras que otros, como el As, el Cd, el Hg y el Pb, no tienen efectos positivos ni mecanismos conocidos de homeostasis en los seres humanos.

Sebahat et al (2007), señala que, en los seres humanos, el exceso o la escasez de un oligoelemento puede afectar al modo en que se absorben, distribuyen, metabolizan y eliminan otros elementos. Por ejemplo, la anemia hipocrómica, una afección causada por la carencia de hierro, incrementa la absorción de plomo y cadmio en el aparato digestivo.

Crowe y Morgan (1997), señalan que la absorción de cadmio por las plantas en suelos contaminados y su ingreso al ciclo alimenticio, es de gran importancia en este momento, a causa de este elemento puede desequilibrar los procesos metabólicos compitiendo con el hierro, el cobre, el cinc, el manganeso y el selenio por ligantes en los sistemas biológicos. Incluso ( $Cd^{2+}$ ) se reduce considerablemente la asimilación de absorción intestinal de hierro en el organismo.

Cruces y Marint (1996), mencionan que cuando se consume un alimento afectado con cadmio el metal se acumula en los riñones donde su tiempo de vida promedio es de 18 a 30 años, lo cual indica la baja eliminación del cadmio del cuerpo. En cuanto al contenido de cadmio en cacao, se han registrado concentraciones de 1,8 ppm en almendras tostadas desgrasadas en España. Otros resultados señalan niveles de 0,07 a 0,36 ppm en almendras de cacao de tipo forastero, trinitario y amazónico originario del país de Nigeria.

Según Mounicou et al. (2005), el plomo puede dañar el cerebro y los nervios periféricos, encargados de transmitir la información sensorial (dolor, tacto) del cuerpo al sistema nervioso central a través de la médula espinal, causando problemas en el desarrollo del sistema nervioso central del feto en los recién nacidos. La reducción del cociente intelectual, los problemas de aprendizaje, el retraso del crecimiento, el comportamiento hiperactivo y antisocial y las deficiencias auditivas se han relacionado con la exposición al plomo en los niños. Es usual que el plomo puede causar daño a los riñones, al hígado y al sistema reproductivo también puede afectar las funciones elementales de la célula y las funciones cerebrales.

## 2.11 Normas internacionales que restringen los niveles más altos para el Cadmio y Plomo en cacao

Los niveles más altos de metales tóxicos aceptables en productos alimenticios y en particular, en las almendras de cacao, se muestran en la Tabla 2. Estos niveles pueden cambiar por países, Hungría es el más estricto.

Múltiples facetas fueron estimadas en el Reglamento de la Comisión (UE) N° 488/2014 del 12 de mayo de 2014.

En las regiones cacaoteras, la concentración de cadmio en la superficie pueden ser naturalmente altos, por tal razón, los datos de ocurrencia en productos de cacao y chocolate aportados por países con alta concentración de cadmio en la superficie, deben ser considerados al establecer el alto grado de concentración de concentración de cadmio.

**Tabla 2**

*Contenido máximo admisible de metales pesados en productos nutricionales en humanos según la Unión Europea*

METAL PESADO	UNIÓN EUROPEA (UE)		CODEX ALIMENTARIUS
	Productos alimenticios (ppm)	Almendras de cacao (ppm)	Almendras de cacao (ppm)
Cadmio (Cd)	1,0	0,5	...
Cobre (Cu)	350,0	50,0	30,0
Níquel (Ni)	40,0	...	...
Plomo (Pb)	5,0	2,00	2,00
Zinc (Zn)	500,0	...	...
Mercurio (Hg)	1,0	0,02	0,02
Cromo (Cr)	45,0	...	...
Selenio (Se)	0,5	...	...

Nota: Dand (1999).

Dand (1999), los datos sobre la presencia de diversos tipos de chocolate y cacao en polvo vendidos al comprador necesitan tener en consideración el momento de constituir los niveles máximos de cadmio. Es preferible establecer contenidos altos de cadmio distintos para productos con porcentajes variables de cacao, porque la concentración de cadmio en los derivados de cacao está correlacionada con los contenidos de cacao. Esto asegura que los chocolates con alto porcentaje de cacao también pueden lograr un límite superior. La Unión Europea el 1 de enero de 2019 aplicó los siguientes límites de cadmio para productos elaborados a base de cacao y chocolate:

**Tabla 3**

*Proposición de niveles altos de cadmio en productos elaborados a base de cacao y chocolate*

<b>PRODUCTOS</b>	<b>NIVEL MÁXIMO DE CADMIO (mg/kg)</b>
Chocolate con leche, materia seca total de cacao < 30%	0,20
Chocolate, materia seca total de cacao < 50%; chocolate con leche, materia seca total de cacao ≥ 30%	0,60
Chocolate, materia seca total de cacao ≥ 50%	2,0
Cacao en polvo vendido al consumidor final o como ingrediente en cacao en polvo edulcorado vendido al consumidor final (chocolate para beber)	1,5

Nota: Codex Alimentarius (2015).

Rankin et al. (2005), señala que existen diferentes normas y reglamentos para los niveles aceptables de metales pesados en el cacao en grano y los productos elaborados del cacao, dependiendo de la región y el mercado. La Comisión del Codex Alimentarius (CAC) ha sugerido recientemente que el nivel máximo admisible (NMA) de plomo en la manteca de cacao, un componente crucial del chocolate, sea de 0,1 mg/kg, mientras que el nivel máximo admisible (NMA) para la pasta de cacao y el cacao en polvo debería ser de 1,0 mg/kg. La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha sugerido provisionalmente que el consumo semanal aceptable de plomo y cadmio es de 7 a 25 µg/kg por semana de peso corporal. Pero en la India, el chocolate tiene 1,92 mg/kg de plomo, que es aproximadamente el doble de la MGA en manteca y polvo de cacao.

Del Aguila (2017), señala que el 16 de septiembre de 2013, la Unión Europea notificó al Comité de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias de la Organización Mundial del Comercio (OMC) la modificación del Reglamento europeo n.º 1881/2006, que establece niveles máximos (NM) de cadmio para el chocolate y los productos del cacao. Estos NM fueron aplicados el 1 de enero de 2019, siendo de 0,1 a 0,8 mg/kg los niveles máximos de cadmio en diversos productos de cacao.

Según FAO/WHO (2009), “los niveles permisibles admitidos por la legislación internacional de residuos de plaguicidas en productos vegetales, es 1 ppm para Cd y 3 ppm para Pb en almendras de cacao”.

Villalobos y Sangronis (2009), menciona que, en el año 2000, la Comisión Reguladora de la Unión Europea presentó un valor alto de 0,8 ppm contenido de cadmio en el chocolate y 0,1 ppm de plomo. Estos datos muestran un problema para algunos países cacaoteros de Latinoamérica. Un análisis de muestras en laboratorio señaló que el cacao originario de distintos países presenta mayor contaminación con metales tóxicos, en el caso del Ecuador se hallaron valores de 0,18 – 1,76 ppm de cadmio y 0,07 – 1,3 ppm de plomo.

En la actualidad se encuentran en evaluación en Europa los contenidos máximos permisibles de metales tóxicos en productos alimenticios, con respecto al cadmio es de 0,1 a 0,3 ppm en chocolate.

## **CAPITULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

La parte experimental se desarrolló en el laboratorio de Procesos Agroindustriales y laboratorio de Biotecnología industrial de la Escuela Profesional Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia. Las muestras de cacao se obtuvieron de las plantaciones ubicadas en los distritos de Villa Virgen y Anco de provincia La Convención y La Mar respectivamente.

#### **3.1 Tipo de investigación**

La investigación fue de tipo básica

#### **3.2 Nivel de investigación**

El nivel de investigación fue explicativa .

#### **3.3 Variables e indicadores**

##### **3.3.1 *Variable Independiente***

- X<sub>1</sub>: Variedades de cacao

##### **Indicadores**

- X<sub>11</sub>: Variedad 1 (Chuncho)
- X<sub>12</sub>: Variedad 2 (CCN-51)
- X<sub>13</sub>: Variedad 3 (Criollo)
- X<sub>14</sub>: Variedad 4 (VRAEM-15)

##### **3.3.2 *Variable Dependiente***

- Y<sub>1</sub>: Nivel de cadmio
- Y<sub>2</sub>: Nivel de plomo

## **Indicadores**

- $Y_{11}$ : Concentración de cadmio (ppm)
- $Y_{21}$ : Concentración de plomo (ppm)

### **3.4 Población y muestra**

**Población.** - Cacao de todas las variedades.

**Muestra.** - Representativa de Cacao de las variedades: Chuncho, CCN-51, Criollo y VRAEM-15 Ganzo.

**Muestreo.** - Aleatorio simple.

### **3.5 Materia prima, equipos, materiales y reactivos**

#### **3.5.1 *Materia prima***

Se utilizaron muestras de 4 variedades de cacao (Chuncho, CCN-51, Criollo y VRAEM-15 Ganzo), procedente del VRAEM diversos materiales y reactivos para los análisis físicos y químicos.

#### **3.5.2 *Equipos de laboratorio***

- Mufla.
- Balanza analítica modelo ESJ-210-4 (Digital precisión).
- Estufa modelo ODH6- 9240A (TOMOS Heating Drying Oven).
- Desionizador modelo D 7035 (Barnstead).
- Agitador magnético modelo 625 standard.
- Baño maría modelo YCW-010E (Associated With Cannic, Inc, USA).
- Refrigeradora
- Espectrofotómetro de absorción atómica de llama modelo spectrAA 55B.
- Campana de extracción.
- Plancha calentadora.
- Cocina eléctrica.
- Equipo Soxhlet
- Bureta.
- Destilador.
- Digestor.

### **3.5.3 *Materiales de vidrio***

- Matraz Erlenmeyer de 100, 125, 25 ml
- Vasos precipitados de 80, 100 y 250 ml
- Pipeta graduada de 5 y 10 ml
- Tubo de ensayo de 50 ml
- Placas Petri de Cristal
- Fiolas de vidrio de 125 y 500 ml
- Probetas graduadas de vidrio de 25, 100 y 250 ml

### **3.5.4 *Otros materiales***

- Cisoles de porcelana
- Pinza de metal
- Espátula
- Gradillas para tubos de ensayo
- Envases plásticos
- Papel filtro de 70 mm

### **3.5.5 *Reactivos y solventes***

- Ácido clorhídrico concentrado (HCl) Merck.
- Hidróxido de sodio (NaOH) %pureza: 99,5
- Ácido nítrico concentrado (HNO<sub>3</sub>)
- Ácido sulfúrico concentrado (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)
- Ácido perclórico concentrado (HClO<sub>4</sub>)
- Agua destilada
- Etanol % pureza: 99,99%

## **3.6 *Procedimientos de investigación***

- Evaluación del porcentaje humedad (AOAC 13.0001/98).
- Evaluación de porcentaje de cenizas (AOAC 13.005/98.).
- Evaluación de porcentaje de acidez (AOAC 942.15.2000).
- Evaluación de porcentaje de proteínas (AOAC 920.152:2005).
- Determinación de cadmio y plomo en almendras de cacao y derivados (AOAC 999.11: 2000).

### 3.7 Procedimiento experimental

#### 3.7.1 Acondicionamiento de la muestra

Las muestras fueron recolectadas en mazorcas de los cacaoteros del VRAEM, 2 muestras del distrito de Villa Virgen y 2 muestras del distrito de Anco. Para preservar la integridad de las muestras durante su transporte al laboratorio, cada una de ellas se guardó en un congelador icopor con hielo seco. Tras la extracción, los granos se etiquetaron, se introdujeron en bolsas herméticamente cerradas y se conservaron en un congelador a -4°C. Se utilizaron los mismos métodos para conservar los granos secos de los mismos lugares que los granos frescos.

#### 3.7.2 Evaluación del porcentaje humedad en granos secos

Se pesaron cinco gramos de la muestra en placas de Petri secas que se habían enfriado en un desecador antes de ser horneadas durante cinco horas a 105°C. A continuación, se trasladaron a un desecador y se pesaron de nuevo. El proceso se realizó tres veces. Se utilizó la ecuación 1 para determinar el porcentaje de humedad en función de la pérdida de peso (AOAC 13.0001/98).

$$\%Humedad = \frac{\text{peso.muestra.humeda} - \text{peso.muestra.seca}}{\text{peso.muestra.humeda}} * 100 \quad (1)$$

#### 3.7.3 Evaluación de porcentaje de ceniza en granos secos de cacao

La cantidad de minerales en el grano de cacao está correlacionada con su nivel de cenizas. “Este análisis consiste en la pérdida por ignición de todos los componentes orgánicos hasta obtener un residuo mineral”, según el método AOAC 940.26 (AOAC 2005). Para ello, primero se quemaron, enfriaron y pesaron los crisoles vacíos. A continuación, se pesaron dos gramos de muestras dentro de los crisoles, se quemaron en una mufla a 550 C durante cinco horas para producir cenizas, se enfriaron en un desecador y, por último, se pesaron. Todas las muestras se sometieron al mismo proceso por triplicado. Para calcular la cantidad de cenizas se utiliza la ecuación 2:

$$\%Ceniza.base.seca = \frac{\text{peso.de.ceniza}}{\text{peso.de.la.muestra}} * 100 \quad (2)$$

### 3.7.4 Evaluación de porcentaje de acidez en granos de cacao

Se pesaron 10 gramos de granos de cacao, se disolvieron en 250 mililitros de agua caliente sin CO<sub>2</sub> a 80 grados Celsius y se filtraron con papel de filtro del número 40. Con una pipeta volumétrica se obtuvieron 25 mililitros de la dispersión producida, que se colocaron en un matraz frío, seco y limpio. Utilizando una pipeta volumétrica, se obtuvieron 25 mililitros de la dispersión producida y se colocaron en un matraz frío, seco y limpio. Se aplicó fenoltaleína al 1% P/V en tres gotas. Se tituló con hidróxido sódico 0,1 M hasta conseguir un tono rosado persistente. La cantidad se expresó en mililitros de álcali 0,1 M por 100 gramos o 100 mililitros de fruta. Para cada muestra, el proceso se realizó tres veces. La proporción de ácido cítrico se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de acidez} = \frac{\text{ml de NaOH gastados} \cdot M \text{ NaOH real} \cdot \text{meq ácido} \cdot 100}{\text{cantidad de muestra (ml)} \cdot M \text{ NaOH teórico}} \quad (3)$$

### 3.7.5 Evaluación de porcentaje de proteínas en granos secos

Los granos se secaron y luego se realizó la delgada molienda. Pesó 0.1 gramos de muestras, agregando 0.1 gramos de catalizador de oxidación (mezcla de sulfato de potasio y sulfato de cobre) para acelerar la reacción a la conversión de nitrógeno orgánico a iones de amonio, digestión, que se sometió a 3,5 ml de muestras de ácido sulfúrico expuestas a tres horas; La digestión de la destilación terminó cuando el contenido de la pelota tenía una transparencia, agregó 5 ml de hidróxido de sodio al 50% y se colocó en Erlenmeyer, que contiene 10 ml de ácido bórico más indicadores para recibir destilado conectado al vapor para destilarse la destilación de los destilados y destilados 5 minutos después del color y la evaluación. El procedimiento se realizó en tres copias en cada muestra. El contenido de nitrógeno se calculó de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\% \text{Nitrogeno} = \frac{\text{mL de HCl} \cdot \text{Normalidad HCl} \cdot \text{Miliequivalentes de N}}{\text{Peso de la muestra}} * 100 \quad (4)$$

Finalmente se calculó el contenido de proteína a partir de la cantidad de amoníaco producido, utilizando un factor de conversión de nitrógeno a proteína de 6,25.

### **3.7.6 Evaluación de metales tóxicos cadmio y plomo por el método de espectroscopia de absorción atómica de llama (FAAS)**

Antes de realizar la fermentación de las muestras, se eliminó el mucílago del cacao recién cosechado, luego se deshidrató en una estufa a una temperatura de 75 °C durante cinco horas. A partir de las almendras de cacao deshidratado obtenidas de los puntos de recolección, se retiró la cáscara. Para las muestras de licor de cacao, se llevó de forma directa a la fase siguiente del procedimiento.

Para realizar la asimilación húmeda de las muestras, primero son molidas usando un mortero de cerámica para prevenir la contaminación por metales. Se pesaron 2g de muestra en un matraz de 125 mililitros y se añadió un compuesto de 12 mililitros de HNO<sub>3</sub> y 3 mililitros de HClO<sub>4</sub>. Se colocaron embudos para facilitar el reflujo y se llevó a cabo el efecto de mineralizar con HNO<sub>3</sub> y perclórico. Las muestras se pusieron en una placa calefactora a 180 °C durante 90 minutos hasta que la digestión se completó por completo. La digestión se consideró finalizada cuando comenzó a liberar un humo blanco y se formó un líquido transparente. Los extractos se filtraron en frascos de 100 mililitros y se ajustó el volumen con agua desionizada. Posteriormente, se conservaron en envases plásticos de 50 mililitros para su análisis posterior. Este mismo procedimiento se repitió tres veces para cada muestra. (AOAC 999. 11: 2000).

La cuantificación de metales tóxicos se llevó a cabo con un espectrofotómetro de absorción atómica. Se utilizó una mezcla de aire y acetileno como gas de combustión, con una presión inicial de 2,5 Pa y un flujo de 1L/min. La asimilación de las muestras se midió directamente a longitudes de onda de 228,8 nm para el cadmio y de 283,3 nm para el plomo. Partiendo de un estándar certificado de cadmio y plomo a 1000 mg/L luego se elaboraron la curva de estándar de 1, 2 y 3 ppm para cadmio y de 5, 10 y 15 ppm para plomo, con evaluaciones también realizadas en tres copias.

Por último, se comenzó a analizar las muestras listas y se registraron las absorbancias observadas.

### **3.8 Diseño experimental**

En la Figura 8, se presenta el diseño experimental del presente trabajo de investigación.

### 3.8.1 Diseño Estadístico

Los resultados serán analizados mediante el diseño completamente al azar (DCA) y en los niveles donde existió significación estadística se aplicará la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ).

### 3.8.2 Modelo estadístico

Modelo lineal

$$Y_{ij} = U + C_i + E_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Observación Individual

$U$  = Media General

$C_i$  = tratamiento en estudio

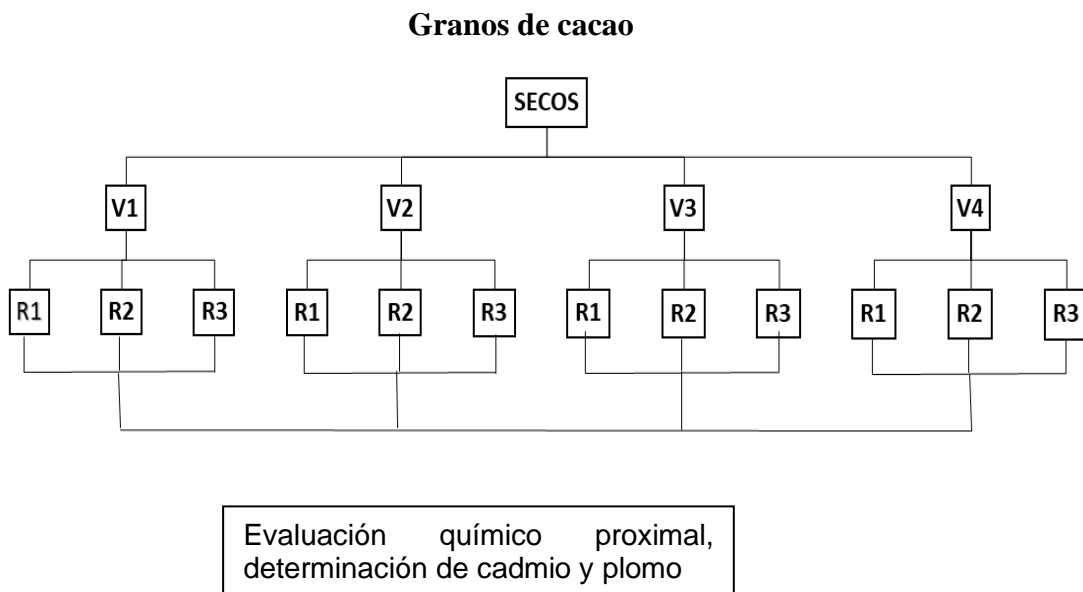
$E_{ij}$  = Efecto del error experimental

El análisis de varianza (ANVA) se desarrollará para estudiar las diferencias de los tratamientos utilizados, posteriormente se efectuará la prueba de comparación de Tukey.

Se utilizará un nivel de significancia de 5%.

### Figura 8

*Diseño experimental*



Donde:

V<sub>1</sub>: Variedad 1; V<sub>2</sub>: Variedad 2; V<sub>3</sub>: Variedad 3; V<sub>4</sub>: Variedad

R<sub>1</sub>: Repetición 1; R<sub>2</sub>: Repetición 2; R<sub>3</sub>: Repetición 3

### 3.9 Métodos y herramientas de recopilación de datos

En la Tabla 3, se presenta los métodos y herramientas que se utilizó en la siguiente investigación.

**Tabla 4**

*Métodos y herramientas*

<b>Método</b>	<b>Tipo</b>	<b>Herramientas</b>
Observación	No participante	Matriz de análisis
Experimento	No participante	Ficha de registro de análisis de las muestras

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Caracterización físicas y químicas de las variedades de cacao procedentes del VRAEM

Se trabajó con 4 variedades: el cacao chuncho, el cacao CCN-51, el cacao criollo y el cacao VRAEM-15 cuya procedencia fue de los distritos de Villa Virgen y Anco lo cual se muestra lo siguiente:

##### 4.1.1 Características físicas y químicas del cacao chuncho

**Tabla 5**

*Características físicas de la variedad cacao chuncho*

<b>Descripción de identidad</b>	grupo genético	Forastero Alto Amazonas
	país de origen	Perú
<b>Descripción morfológica de la flor</b>	Color del pedúnculo	verde, verde pigmentado
	antocianina en la lígula del pétalo	ausente; presente
	Antocianina en el filamento estaminal	presente, ausente
	Antocianina en la parte superior del ovario	presente, ausente
	N° óvulos por ovario	33 - 49
<b>Descripción morfológica del fruto</b>	Color al estado inmaduro	verde y verde pigmentado
	Forma básica	elíptica, esférica, u oblonga
	Forma del ápice	obtuso, agudo,
<b>Descripción morfológica de la semilla</b>	Forma en sección longitudinal	elíptica, oblonga, ovada
	Forma en sección transversal	aplanada, intermedia
	Color de cotiledones	morado, violeta; blanco
<b>Descripción agronómica de productividad</b>	Tamaño del fruto	intermedio o pequeño
	N° de semillas por fruto	25 - 43 (x: 34)
	Tamaño de semilla	pequeña o intermedia
	Peso seco de semilla	0.7 - 1.3 g (x: 1.0 g)
	Índice de mazorca	29
	Rendimiento estimado	(517 - 1,552 kg/ha)

	Compatibilidad	autoincompatible; autocompatible
<b>Descripción de sanidad</b>	Pudrición parda	moderadamente susceptible
	Escoba de bruja	moderadamente resistente
<b>Descripción de sabor</b>	Básicos y específicos de pulpa	Dulzura (media) y acidez (baja)
		Astringencia (muy baja) Amargor de almendra (medio)

**Tabla 6**

*Características químicas de la variedad cacao chuncho*

Composición	Unidad	Contenido
Agua	%	5.2
Grasa	%	58.4
Proteína	%	13.4
Carbohidratos	%	21.8
Fibra	%	3.2
Cenizas	%	3.2

**Figura 9**

*Fruto del cacao chuncho*



**Figura 10**

*Semilla del cacao chuncho*



#### 4.1.2 Características físicas y químicas del cacao CCN-51

**Tabla 7**

*Características físicas de la variedad cacao CCN-51*

<b>Descripción de identidad</b>	Grupo genético	Forastero
	País de origen	Ecuador
<b>Descripción morfológica de la flor</b>	Color del pedúnculo	rojo
	Antocianina en la lígula del pétalo	ausente
	Antocianina en el filamento estaminal	ausente
	Antocianina en la parte superior del ovario	presente
	N° óvulos por ovario	57
<b>Descripción morfológica del fruto</b>	Color al estado inmaduro	rojo
	Forma básica	oblonga
	Forma del ápice	atenuado
<b>Descripción morfológica de la semilla</b>	Forma en sección longitudinal	elíptica
	Forma en sección transversal	intermedia
	Color de cotiledones	morado
<b>Descripción agronómica de productividad</b>	Tamaño del fruto	muy grande
	N° de semillas por fruto	44
	Tamaño de semilla	intermedia
	Peso seco de semilla	1.4 g
	Índice de mazorca	16
	Rendimiento estimado	(937- 2,812 kg/há)
	Compatibilidad	autocompatible
<b>Descripción de sanidad</b>	Pudrición parda	susceptible
	Escoba de bruja	moderadamente resistente
<b>Descripción de sabor</b>		Dulzura (media) y acidez (media)
	Básicos y específicos de pulpa	Astringencia (media) Amargor de almendra (medio)

**Tabla 8**

*Características químicas de la variedad cacao CCN-51*

<b>Composición</b>	<b>Unidad</b>	<b>Contenido</b>
Agua	%	6
Grasa	%	59.6
Proteína	%	11.6
Carbohidratos	%	16.02
Fibra	%	3.1
Cenizas	%	2.22

**Figura 11**

*Fruto del cacao CCN-51*



**Figura 12**

*Semilla del cacao CCN-51*



### 4.1.3 Características físicas y químicas del cacao criollo

**Tabla 9**

*Características físicas de la variedad cacao criollo*

<b>Descripción de identidad</b>	grupo genético	Criollo
	país de origen	Venezuela
	Color del pedúnculo	verde
<b>Descripción morfológica de la flor</b>	antocianina en la lígula del pétalo	ausente
	Antocianina en el filamento estaminal	ausente
	Antocianina en la parte superior del ovario	ausente
	Color al estado inmaduro	rojo
<b>Descripción morfológica del fruto</b>	Forma básica	elíptica, oblonga
	Forma del ápice	obtuso y punta
	Forma en sección	elíptica
<b>Descripción morfológica de la semilla</b>	longitudinal	
	Forma en sección transversal	intermedia
	Color de cotiledones	blanco, violeta pálido
<b>Descripción agronómica de productividad</b>	Tamaño del fruto	pequeño-grande
	Tamaño de semilla	intermedia
	Peso seco de semilla	1.4-1.6 g
	Índice de mazorca	16
	Compatibilidad	autocompatible
<b>Descripción de sanidad</b>	Pudrición parda	resistente
	Escoba de bruja	susceptible
<b>Descripción de sabor</b>		Dulzura (media) y acidez (media)
	Básicos y específicos de pulpa	Astringencia (media)
		Amargor de almendra (medio)

**Tabla 10**

*Características químicas de la variedad cacao criollo*

<b>Composición</b>	<b>Unidad</b>	<b>Contenido</b>
Agua	%	5.49
Grasa	%	45.28
Proteína	%	15.58
Carbohidratos	%	31.24
Fibra	%	5.74
Cenizas	%	2.42

**Figura 13**

*Fruto del cacao criollo*



**Figura 14**

*Semilla del cacao criollo*



#### 4.1.4 Características físicas y químicas del cacao VRAEM-15

**Tabla 11**

*Características físicas de la variedad cacao VRAEM-15*

<b>Descripción de identidad</b>	grupo genético	VRAE-15 cultivar
	país de origen	Perú
	Color del pedúnculo	verde
<b>Descripción morfológica de la flor</b>	antocianina en la lígula del pétalo	ausente
	Antocianina en el filamento estaminal	ausente
	Antocianina en la parte superior del ovario	ausente
	<b>Descripción morfológica del fruto</b>	Color al estado inmaduro
<b>Descripción morfológica de la semilla</b>	color fruto maduro	amarillo naranja
	Forma básica	abovado
	Forma del ápice	atenuado
	sección longitudinal	irregular
	sección transversal	intermedia
	Color de semilla	morado
<b>Descripción agronómica de productividad</b>	Tamaño del fruto	pequeño-grande
	Tamaño de semilla	intermedia
	Peso seco de semilla	1.3 g
	Índice de mazorca	15
	Rendimiento estimado	1,060-3190 kg/ha
	Compatibilidad	autocompatible
	<b>Descripción de sanidad</b>	Pudrición parda
Escoba de bruja		susceptible
<b>Descripción de sabor</b>		Básicos y específicos de pulpa
	Astringencia (media)	
	Amargor de almendra (medio)	

**Tabla 12**

*Características químicas de la variedad cacao VRAEM-15*

<b>Composición</b>	<b>Unidad</b>	<b>Contenido</b>
Agua	%	5.5
Grasa	%	45
Proteína	%	15.58
Carbohidratos	%	56
Fibra	%	3.5
Cenizas	%	2.3

**Figura 15**

*Fruto del cacao VRAEM-15*



**Figura 16**

*Semilla del cacao VRAEM-15*



#### **4.2 Cuantificación de los niveles de Cadmio y Plomo en las almendras de cacao, de las variedades comerciales procedentes del VRAEM.**

Para la cuantificación de los metales pesados del Cadmio y Plomo se tomaron 4 muestras procedentes de dos diferentes zonas del VRAEM lo cual lo detallamos en la tabla:

**Tabla 13***Variedades de cacao comercial, cantidad a utilizar y procedencia*

Variedad	Cantidad(kg)	Procedencia	
		Provincia	Distrito
Cacao Chuncho	0,5	La Convención	Villa Virgen
Cacao CCN-51	0,5	La Convención	Villa Virgen
Cacao Criollo	0,5	La Mar	Anco
Cacao VRAEM-15	0,5	La Mar	Anco

Se recolectaron 4 muestras de semilla de cacao de las zonas de plantación de dos distritos del VRAEM (Villa Virgen y Anco), en buenas condiciones, se empaquetó en una bolsa y se selló cada uno, luego es llevado al laboratorio, para su análisis y cuantificación de los metales pesados, lo cual se determinó por un análisis en laboratorio por el Método de Determinación de Metales Pesados (AOAC: 999.11), por Espectrofotometría de absorción atómica lo cual se utiliza para medir la cantidad de metales pesados en una muestra.

Los resultados se han organizado en tablas para facilitar la comprensión, en donde se detalla la cantidad de metales de cadmio y plomo en las almendras de cacao de cuatro diferentes variedades originarios del VRAEM.

#### **4.2.1 Resultado del análisis de metales pesados de la variedad de cacao Chuncho**

En la Tabla 14 se presenta los resultados del análisis de cadmio y plomo.

**Tabla 14***Resultados del análisis de cadmio y plomo del cacao chuncho*

Análisis	Unidad	Resultado 1	Resultado 2	Promedio
Plomo(Pb)	mg/kg	0,86	0,80	0,83
Cadmio(Cd)	mg/kg	0,31	0,33	0,32

Nota. Realizado por el laboratorio Certificaciones Nacionales de Alimentos S.A.C (CENASAC), fecha: 29/08/24.

En la tabla 14 se presentan los datos obtenidos del análisis de los elementos pesados de la variedad de cacao Chuncho con un resultado promedio del contenido del plomo de 0.83 mg/kg y del contenido de cadmio de 0.32 mg/kg, lo cual están debajo del nivel más alto autorizados por la unión europea.

Según SENASA-MINAGRI (2017) “Cacao Chuncho del Cuzco”, se establece el valor 0.10 mg/kg plomo total y 0.11 mg/kg de cadmio en pasta de cacao de la variedad chuncho, fueron muy bajos o estuvieron debajo de los límites permisibles según la Unión Europea.

#### 4.2.2 Resultado del análisis de metales pesados de la variedad de cacao CCN-51

**Tabla 15**

*Resultados del análisis de cadmio y plomo del cacao CCN-51*

<b>Análisis</b>	<b>Resultado 1</b>	<b>Resultado 2</b>	<b>Unidad</b>
Plomo(Pb)	1.06	1.08	mg/kg
Cadmio(Cd)	0.33	0.32	mg/kg

Nota. Realizado por el laboratorio Certificaciones Nacionales de Alimentos S.A.C (CENASAC), fecha: 29/08/24

En la tabla 15 se muestra los datos obtenidos de la investigación de los elementos pesados de la variedad de cacao CCN-51 con un resultado promedio del contenido del plomo de 1.07 mg/kg y del contenido de cadmio de 0.325 mg/kg, lo cual están por debajo de los límites máximos permitidos por la unión europea.

Según el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (2018), absorción de cadmio en granos de cacao ecológico, el promedio de cadmio en las muestras de granos de cacao es de 0,98 ppm, que excede el límite establecido por la Unión Europea. El elevado contenido de cadmio en los granos no se asocia con el pH en el contexto de este análisis. Por lo tanto, atribuimos principalmente esta notable concentración de cadmio a otras características del suelo, específicamente a la cantidad de arcilla y materia orgánica presentes.

#### 4.2.3 Resultado del análisis de metales pesados de la variedad de cacao Criollo

**Tabla 16**

*Resultados del análisis de cadmio y plomo del cacao criollo*

<b>Análisis</b>	<b>Resultado 1</b>	<b>Resultado 2</b>	<b>Unidad</b>
Plomo(Pb)	1.31	1.34	mg/kg
Cadmio(Cd)	0.52	0.54	mg/kg

Nota. Realizado por el laboratorio Certificaciones Nacionales de Alimentos S.A.C (CENASAC), fecha: 29/08/24.

En la tabla 16 se muestra los datos obtenidos de los elementos pesados de la variedad de cacao Criollo, con un resultado promedio del contenido del plomo de 1.33 mg/kg y del contenido de cadmio de 0.53 mg/kg, lo cual nos muestra el contenido promedio de plomo están por debajo de los límites máximos permisibles según la unión europea y concentración del plomo sobre paso los límites máximos permisibles.

#### 4.2.4 Resultado del análisis de metales pesados de la variedad de cacao VRAEM-15

**Tabla 17**

*Resultados del análisis de cadmio y plomo del cacao VRAEM-15*

<b>Análisis</b>	<b>Resultado 1</b>	<b>Resultado 2</b>	<b>Unidad</b>
Plomo(Pb)(mg/kg)	1.08	1.11	mg/kg
Cadmio(Cd)(mg/kg)	0.41	0.42	mg/kg

Nota. Realizado por el laboratorio Certificaciones Nacionales de Alimentos S.A.C (CENASAC), fecha: 29/08/24.

En la tabla 17 se muestra los resultados del análisis de los elementos pesados de la variedad de cacao VREM-15, con un resultado promedio del contenido del plomo de 1.01 mg/kg y del contenido de cadmio de 0.415 mg/kg, lo cual están dentro de los límites máximos permitidos de la unión europea.

### 4.3 Identificación de las variedades de cacao con mayor contenido de Cadmio y Plomo.

Los resultados de los ensayos nos permitieron identificar la variedad con mayor concentración de los metales pesados, a continuación, definimos y comparamos con otros estudios realizados respecto al contenido de cadmio y plomo en las almendras del cacao.

#### 4.3.1 Concentración de Cadmio en las almendras de 4 variedades

Se llevó a un análisis de laboratorio de 4 muestras diferentes de 250g con dos repeticiones cada uno lo cual se muestra en siguiente tabla y figura:

**Tabla 18**

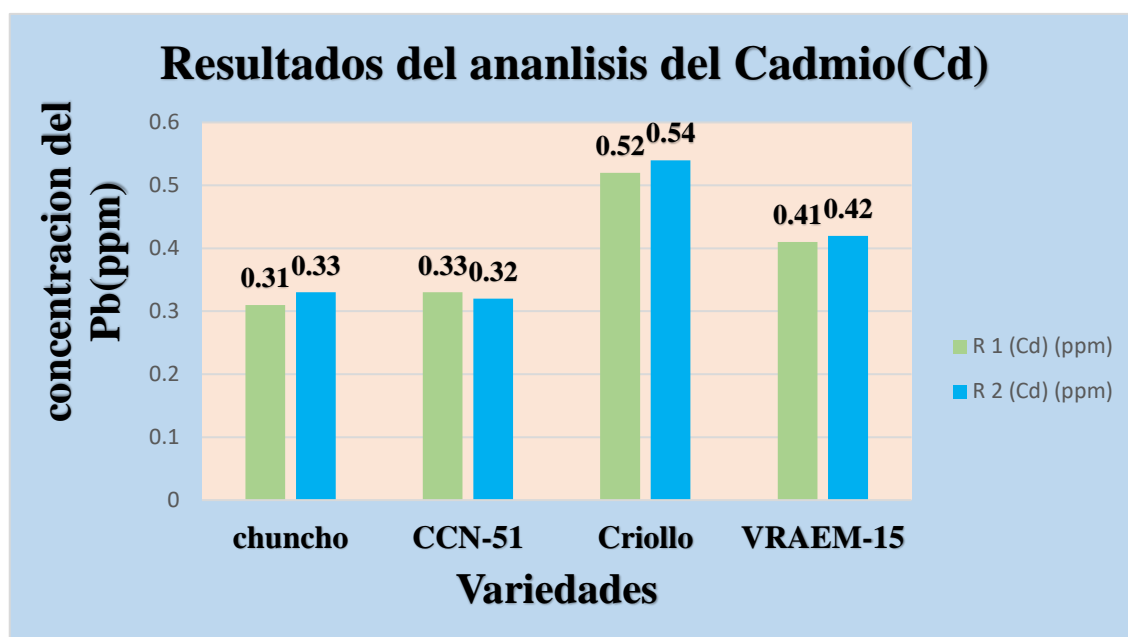
*Resultados del análisis del Cadmio de las 4 variedades de cacao*

variedades	RESULTADOS	
	R 1 (Cd) (ppm)	R 2 (Cd) (ppm)
Chuncho	0.31	0.33
CCN-51	0.33	0.32
Criollo	0.52	0.54
VRAEM-15	0.41	0.42

Una vez ordenado los resultados se verá el análisis estadístico:

**Figura 17**

*Contenido ppm del Cadmio de las 4 variedades*



Se determino que existe diferencia significativa entre las 4 variedades, resultando el mayor contenido de cadmio en la variedad del cacao criollo con un promedio de 0.53 ppm que sobrepaso los límites máximos permisibles según la Unión Europea que es de 0.50 ppm.

También se identificó la menor concentración del Cadmio que esta entre la variedad del Chuncho y CCN-51 con un promedio de 0.32 ppm.

A continuación, veremos algunos estudios realizados con respecto a la concentración del Cadmio y comparamos con nuestros resultados.

Según la investigación de López (2016), determinación del contenido de cadmio (Cd) en almendras de cacao, producido bajo 3 métodos de operación en la región de Ucayali de la localidad de San Alejandro, la investigación se realizó en conjunto con la Asociación de Cacaoteros Tecnificados de Padre Abad (ACATPA) ubicada en la localidad de San Alejandro, Padre Abad, Ucayali.

Los resultados demuestran que entre los sistemas orgánico, químico y tradicional no evidencian diferencias significativas en el contenido de cadmio total en almendras

frescas, con valor promedio de 0,75; 0,71 y 0,54 mg/kg, respectivamente, lo cual supera los niveles constituidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) los límites más altos que permite de cadmio en almendras de cacao es de 0,50 ppm.

Según Crozier (2012), el taller internacional sobre posibles regulaciones de la UE sobre cadmio en productos de cacao y chocolate se realizó en relación con los metales. Se reporta la evaluación de 84 granos de cacao en Perú, donde se determinaron niveles altos de cadmio entre 0,03 % y 2,51 %/kg. Además, se menciona que el centro y el norte del país registraron las concentraciones más altas. MINAGRI (2018), “por medio del SENASA realizó un estudio para la ver los niveles de Cd en grano de cacao, en 50 muestras evaluadas de las zonas de San Martín, Cajamarca, Piura y Cusco, obteniendo niveles de Cd entre los 0.051 ppm a 1.151 ppm.

#### 4.3.2 Contenido de Plomo en almendras de cacao

Para realizar la identificación del plomo se llevó a un análisis de laboratorio de 4 muestras diferentes de 250 g cada uno con dos repeticiones lo cual se muestra en siguiente tabla y figura:

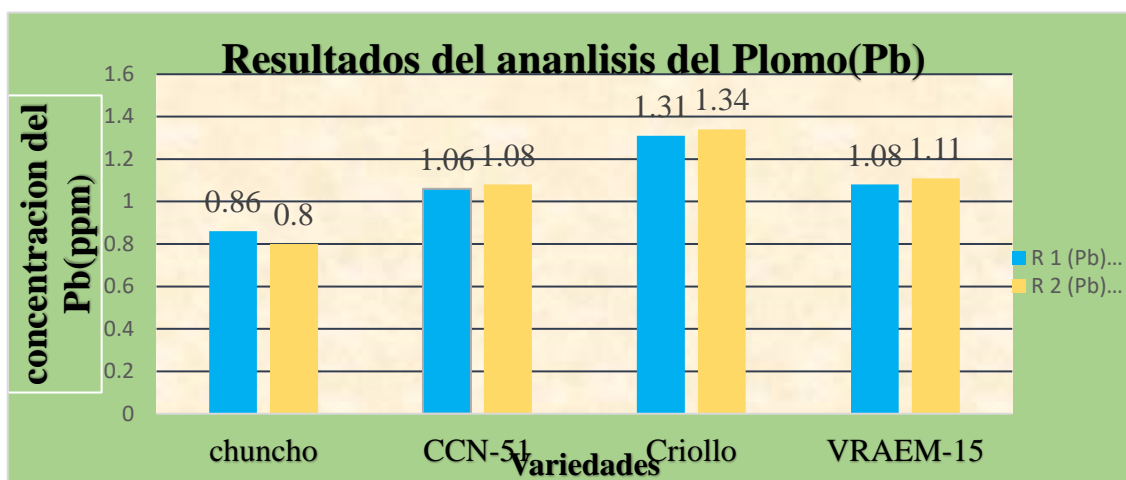
**Tabla 19**

*Contenido ppm del Plomo de las 4 variedades*

variedades	RESULTADOS	
	R 1 (Pb) (ppm)	R 2 (Pb) (ppm)
chuncho	0.86	0.8
CCN-51	1.06	1.08
Criollo	1.31	1.34
VRAEM-15	1.08	1.11

**Figura 18**

*Contenido ppm del Plomo de las 4 variedades*



Identificamos de acuerdo a los resultados de análisis de la concentración de plomo en las almendras de cacao de diferentes variedades, se reconoció que existe diferencia significativa entre las 4 diferentes variedades, dando como resultado que el mayor contenido del plomo en la variedad de cacao criollo con un valor promedio de 1.33 ppm, que está por debajo de los límites máximos permisibles según la Unión Europea que es de 2ppm.

También se identificó la menor concentración del plomo, lo cual es la variedad de Chuncho con valor promedio de 0.83 ppm.

Estos resultados nos indica una presencia mínima de la concentración del plomo en las variedades de cacao.

A continuación, veremos algunos estudios realizados con respecto a la concentración del Plomo y comparamos con nuestros resultados.

Diaz et al (2018), afirma que, al elegir 25 parcelas, se determinó el valor máximo en contenido de plomo, las parcelas APO Vines - NN8 y APO Vines - NN10 presentaron los valores máximos en almendras de 5,44 y 5,39 ppm, respectivamente, mientras que no se encontró plomo en la testa en 5 parcelas. Las parcelas APO Vines - NN11 y APO Vines - NN8 presentaron los valores más altos de 7,57 y 7,01 ppm, respectivamente.

Según Condezo Nuñez (2018), en Cajamarca se hallaron concentraciones promedio de arsénico (0,08ppm), cadmio (0,07ppm) y plomo (0,10ppm). Las concentraciones de cada metal hallado al ser comparado con el valor permisible por el Codex Alimentarius nos dan como resultado que más del 60% de las muestras son aceptables para el consumo humano.

Estos metales al encontrarse en las almendras de cacao, podrían ser acumuladas por el organismo del ser humano, debido a que es el consumidor final, por lo que no es biodegradable y su envenenamiento es progresivo; con el tiempo éste se acumula un 90% en el hueso, 9% en la sangre y 1% en riñones y cerebro. Se considera que un valor sérico de plomo mayor a 10 mg/dl en niños y 25 mg/dl en adultos provoca manifestaciones tóxicas.

Tanto los agricultores como los exportadores de cacao, así como los lugares de almacenamiento, enfrentan desafíos debido la existencia de dos metales en las plantaciones del cacao, en particular cadmio y plomo en sus fases fresca, fermentada y seca. Lo cual analizamos las almendras de cacao, se utilizó 4 variedades de cacao provenientes del VRAEM con 2 repeticiones, los metales  $Cd^{+2}$  y  $Pb^{+4}$  se determinaron por Método de Determinación de Metales Pesados (AOAC: 999.11). Esto nos permitirá mayor comercialización y exportación del cacao ya que nuestros resultados no están por encima del límite permisible según la Organización Mundial de la Salud (OMS) a excepción de la variedad de cacao criollo con respecto al contenido del Cadmio.

### 4.3.3 Análisis estadístico de la concentración de plomo y cadmio en las 4 variedades del cacao procedentes del VRAEM.

#### a. Análisis estadístico de la concentración del plomo presentes en las almendras del cacao

La tabla 20 muestra el análisis estadístico descriptivo de las variedades del cacao de la concentración del plomo en forma precisa las variables analizadas para su mejor interpretación.

**Tabla 20**

*Análisis estadístico descriptivo del plomo de las 4 variedades*

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Cacao Chunchu	3	0,8300	0,03000	0,01732	0,7555	0,9045	0,80	0,86
Cacao CCN-51	3	1,0700	0,01000	0,00577	1,0452	1,0948	1,06	1,08
Cacao Criollo	3	1,3267	0,01528	0,00882	1,2887	1,3646	1,31	1,34
Cacao VRAEM-15	3	1,0967	0,01528	0,00882	1,0587	1,1346	1,08	1,11
Total	12	1,0808	0,18441	0,05324	0,9637	1,1980	0,80	1,34

**Tabla 21**

*Análisis de varianza ANOVA*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0,371	3	0,124	337,417	0,000
Dentro de grupos	0,003	8	0,000		
Total	0,374	11			

De acuerdo al ANVA, p-valor (0,000) es menor que 0,05 por lo tanto de los resultados entre los grupos(variedades)evaluados se tiene que hay o existe diferencia significativa, es decir por lo menos la concentración del plomo de una variedad es diferente de otras variedades.

**Tabla 22***Pruebas pos hoc y comparaciones múltiples*

(I) Variedad		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Cacao Chuncho	Cacao CCN-51	-24000*	0,01563	0,000	-0,2901	-0,1899
	Cacao Criollo	-49667*	0,01563	0,000	-0,5467	-0,4466
	Cacao VRAEM-15	-26667*	0,01563	0,000	-0,3167	-0,2166
	Cacao Chuncho	24000*	0,01563	0,000	0,1899	0,2901
	Cacao Criollo	-25667*	0,01563	0,000	-0,3067	-0,2066
Cacao CCN-51	Cacao VRAEM-15	-0,02667	0,01563	0,381	-0,0767	0,0234
	Cacao Chuncho	49667*	0,01563	0,000	0,4466	0,5467
	Cacao CCN-51	25667*	0,01563	0,000	0,2066	0,3067
Cacao Criollo	Cacao VRAEM-15	23000*	0,01563	0,000	0,1799	0,2801
	Cacao Chuncho	26667*	0,01563	0,000	0,2166	0,3167
Cacao VRAEM-15	Cacao CCN-51	0,02667	0,01563	0,381	-0,0234	0,0767
	Cacao Criollo	-23000*	0,01563	0,000	-0,2801	-0,1799

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

**Tabla 23***Prueba de tukey (Subconjuntos homogéneos)*

Variedad	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Cacao Chuncho	3	0,8300		
Cacao CCN-51	3		1,0700	
Cacao VRAEM-15	3		1,0967	
Cacao Criollo	3			1,3267
Sig.		1,000	0,381	1,000

Se puede visualizar 3 subconjuntos cuyas medias son similares. El subconjunto 1 tiene

una media igual a 0,83 ppm que es menor al límite de los máximos permisibles de 2 ppm, el subconjunto 2 tiene dos medias similares (1,0700 y 1,0967) menor que el límite de los máximos permisibles de 2 ppm establecido por la Unión Europea.

**b. Análisis estadístico de la concentración del cadmio presentes en las almendras del cacao**

La tabla 24 muestra el análisis estadístico descriptivo de las variedades del cacao de la concentración del cadmio en forma precisa las variables analizadas para su mejor interpretación.

**Tabla 24**

*Análisis estadístico Descriptivo del cadmio de las 4 variedades*

Variedad	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Cacao Chuncho	3	0,3200	0,01000	0,00577	0,2952	0,3448	0,31	0,33
Cacao CCN-51	3	0,3267	0,00577	0,00333	0,3123	0,3410	0,32	0,33
Cacao Criollo	3	0,5300	0,01000	0,00577	0,5052	0,5548	0,52	0,54
Cacao VRAEM-15	3	0,4167	0,00577	0,00333	0,4023	0,4310	0,41	0,42
Total	12	0,3983	0,08912	0,02573	0,3417	0,4550	0,31	0,54

**Tabla 25**

*Análisis de varianza ANOVA*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0,087	3	0,029	434,167	0,000
Dentro de grupos	0,001	8	0,000		
Total	0,087	11			

De acuerdo al ANVA, p-valor (0,000) es menor que 0,05 por lo tanto de los resultados entre los grupos(variedades)evaluados se tiene que hay o existe diferencia significativa, es decir por lo menos la concentración del cadmio de una variedad es diferente de otras variedades.

**Tabla 26***Pruebas post hoc Comparaciones múltiples*

Variedad		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Cacao Chuncho	Cacao CCN-51	-0,00667	0,00667	0,754	-0,0280	0,0147
	Cacao Criollo	-21000*	0,00667	0,00	-0,2313	-0,1887
	Cacao VRAEM-15	-09667*	0,00667	0,00	-0,1180	-0,0753
	Cacao Chuncho	0,00667	0,00667	0,754	-0,0147	0,0280
Cacao CCN-51	Cacao Criollo	-20333*	0,00667	0,00	-0,2247	-0,1820
	Cacao VRAEM-15	-09000*	0,00667	0,00	-0,1113	-0,0687
	Cacao Chuncho	21000*	0,00667	0,00	0,1887	0,2313
Cacao Criollo	Cacao CCN-51	20333*	0,00667	0,00	0,1820	0,2247
	Cacao VRAEM-15	11333*	0,00667	0,00	0,0920	0,1347
	Cacao Chuncho	09667*	0,00667	0,00	0,0753	0,1180
Cacao VRAEM-15	Cacao CCN-51	09000*	0,00667	0,00	0,0687	0,1113
	Cacao Criollo	-11333*	0,00667	0,00	-0,1347	-0,0920

**Tabla 27***Prueba de tukey (subconjuntos homogéneos)*

Variedad	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Cacao Chuncho	3	0,3200		
Cacao CCN-51	3	0,3267		
Cacao VRAEM-15	3		0,4167	
Cacao Criollo	3			0,5300
Sig.		0,754	1,000	1,000

Se puede visualizar 3 subconjuntos cuyas medias son similares. El subconjunto 1 tiene dos medias similares (0,3200 y 0,3267) que es menor que al límite de los máximos permisibles de 0,50 ppm, el subconjunto 2 tiene una media a 0,4167 que es menor al límite de los máximos permisibles de 0,50 ppm establecido por la Unión Europea.

## CONCLUSIONES

1. Se caracterizo químicamente las almendras de las 4 variedades diferentes, procedente del Valle de los Ríos Apurímac, Ene y Mantaro (VRAEM) especialmente de los distritos de Villa Virgen y Anco:
  - Variedad cacao chuncho: agua 5.2%, proteína 13.4%, carbohidratos 21.8%
  - Variedad cacao CCN-51: agua 6%, proteína 11.6%, carbohidratos 16.02%
  - Variedad cacao criollo: agua 5.49%, proteína 15.58%, carbohidratos 31.24%,
  - Variedad cacao VRAEM-15: agua 5.5%, proteína 15.58%, carbohidratos 56%,
  
2. El contenido promedio de Cadmio y Plomo en almendras de cacao, de las 4 variedades comerciales procedentes del VRAEM son los siguientes:
  - Variedad cacao chuncho: Con un promedio de 0.32 mg/kg de cadmio y con un promedio de 0.83 mg/kg de plomo.
    - Variedad cacao CCN-51: Con un promedio de 0.33 mg/kg de cadmio y con un promedio de 1.07 mg/kg de plomo.
    - Variedad Cacao criollo: Con un promedio de 0.53 mg/kg de cadmio y con un promedio de 1.33 mg/kg de plomo.
    - Variedad VRAEM-15: Con un promedio de 0.42 mg/kg de cadmio y con un promedio de 1.10 mg/kg de plomo.
  
3. El contenido promedio de mayor a menor concentración de Cadmio y Plomo en almendras de cacao de las 4 variedades procedentes del VRAEM son los siguientes:  
Concentración promedio de cadmio de mayor a menor de las 4 variedades:
  - Variedad Cacao criollo: un promedio de 0.53 mg/kg de cadmio
  - Variedad VRAEM-15: Con un promedio de 0.42 mg/kg de cadmio
  - Variedad cacao CCN-51: Con un promedio de 0.33 mg/kg de cadmio
  - Variedad cacao chuncho: un promedio de 0.32 mg/kg de cadmioConcentración promedio de Plomo de mayor a menor de las 4 variedades:
  - Variedad Cacao criollo: un promedio de 1.33 mg/kg de plomo
  - Variedad VRAEM-15: Con un promedio de 1.10 mg/kg de plomo
  - Variedad cacao CCN-51: Con un promedio de 1.07 mg/kg de plomo
  - Variedad cacao chuncho: un promedio de 0.83 mg/kg de plomo

## RECOMENDACIONES

1. Para controlar y mitigar o disminuir la concentración de los metales pesados como el cadmio y el plomo se debe realizar estrategias ya que estos metales pesados no se pueden eliminar solo se puede controlar utilizando fertilizantes no fosforados, control de pH, controles fisicoquímicos para ver la naturaleza del suelo, la textura, tipo de suelo, con esta información se puede saber cuánto de cadmio y plomo puede migrar hacia el cacao.

También tenemos otra estrategia como la caliza, materia orgánica luego hacer una evaluación, la única que se puede hacer es con la ayuda de un laboratorio y también como una mitigación es sembrar leguminosas en las plantaciones de cacao ya que tienen mucha afinidad con los metales pesados.

2. Realizar estrategias agronómicas tales como:

-Encalantes y minerales: los productos a utilizar como el carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), carbonato de calcio y magnesio (cal dolomita) y como aporte de calcio el yeso agrícola, esta estrategia tiene la finalidad de incrementar el pH del suelo lo cual aumenta la capacidad de retener la concentración del cadmio y plomo, reduce la toma de estos metales por la planta del cacao.

-Materia orgánica y carbonizados: los productos a utilizar como materiales fermentados (compost, vermi compost, sustancias húmicas, bokashi), producto de pirolisis (biocarbonizados).

3. Debe realizarse estudios de la calidad del suelo y los fertilizantes usados para este fin con la finalidad de garantizar una producción de cacao con una mínima contenido de cadmio y plomo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, R., Ortiz, L., Graziani, L., Parra, P., Trujillo, A. (2001).** Estudio de algunas características físicas y químicas de la grasa de los cotiledones de tres tipos de cacao de la localidad de Cumboto. *Agronomía Tropical* 51: 119-131.
- Agency for toxic substances & disease registry . (2008).** Chronic Toxicity Profiles . Obtenido de Dpartament of Health and Human Services: <http://yosemite.epa.gov/r9/sfund/r9sfdocw.nsf/3dc283e6c5d6056f88257>
- Alvares Andrade, J. R. (2018).** Acumulación de metales pesados (Pb y Cd) en almendras de cacao durante el proceso de fermentación y secado. Tesis para la obtención del Título de Master en Gestión de la calidad y seguridad alimentaria. Universidad Técnica de Manabí, ECUADOR. Ecuador.
- Álvarez, C., Pérez, E.; Lares, M. (2007).** Caracterización física y química de almendras de cacao fermentadas, secas y tostadas cultivadas en la región de Cuyagua, estado Aragua. *Revista Agronomía tropical* 57(4): 249-256.
- Álvarez, C., Tovar, L.,, García, H., Morillo, F., Sánchez, P., Girón, C., De Farias, A. (2010).** Evaluación de la calidad comercial del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) usando dos tipos de fermentadores. *Revista Científica UDO Agrícola*. Miranda. 10 (1): 76-87.
- Amores, F. . (2012).** Cadmio en suelos, almendras de chocolates: implicaciones para exportación del cacao. Instituto Nacional Autónomo de Investigación Agropecuaria. Quevedo-Ecuador .
- AOAC. (2000).** Official methods of analysis. En línea: AOAC (<http://img.21food.cn/img/biaozhun/20100108/177/11285282.pdf>, 24 abr 2016.
- Arevalo, E.; Zuñiga, L. y Arevalo, C. (2004).** Manejo integrado del cultivo y transferencia de tecnología en la amazonia peruana. Impresiones del castillo S.A. Chiclayo-Peru.
- Arévalo, E.; Meyier, E.; Obando, L.; Zúñiga, L. B; Arévalo, C.; Baligar, V. y He, Z. (2016).** Metales pesados en suelos de plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en tres regiones del Perú. Departamento Académico de Biología, Ecología Aplicada, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú.
- Bartley, B. (2005).** The (2013)e genetic diversity of cacao and its utilization. Wallingford, UK: CABI Publishing. 341 pp.
- Benavides, M.; Gallego, S. y Tomaro, M. (2005).** Cadmium toxicity in plants. *Braz. J. Plant. Physiol.* 17(1):21 - 34.
- Blanco, A., Ortega, L., Dueñas, J., Batista, R., & Serafín, R. (Abril de 2014).** Remoción de plomo (II) en vidrio volcánico y propuesta de adsorbedor por etapas. 167-75.
- Cabrera, C., Lorenzo, M. y Gallego, C. (1994).** Cadmium contamination levels in seafood determined by electrothermal atomic absorption spectrometry after microwave dissolution. *J. Agric. Food Chem.* 42, 126-128.
- Camacho, C. (2014).** Influencia del porcentaje del clon CCN-51 en las características fisicoquímicas y organolépticas del licor de cacao procedente de Pucaca y Huingoyacu. Tesis Ing. Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 127p.
- Cárdenas, A. (2012).** Presencia de cadmio en algunas parcelas de cacao orgánico en la Cooperativa Agraria Industrial Naranjillo - Tingo María - Perú. Tesis Facultad de Agronomía, Departamento Académico de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Perú.

- Carrera, J. (1994).** Evaluación del contenido de cadmio en el sistema suelo-cacao de varias zonas del Ecuador. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Agraria del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrarias. Guayaquil, Ecuador. p. 65.
- Cartagena Cachique, C. G. (2018).** Determinación de niveles de concentración de cadmio (Cd) y plomo (Pb) en el suelo, hojas y almendras de ocho clones de cacao (*Theobroma cacao*, L.) en el jardín inter clonal de la Universidad Nacional de Ucayali”, cuyo objetivo fue determinar la concentración de cadmio (Cd). Tesis, escuela Profesional de Agronomía, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa, Perú.
- Chupillón Cubas, Jimmy W. (2017).** Determinación de la absorción de cadmio y plomo en genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L.), para el establecimiento de plantaciones comerciales. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo.
- Codex Alimentarius. (2015).** Anteproyecto de niveles maximos para el cadmio en el chocolate y productos derivados de cacao. Obtenido de [ftp://ftp.fao.org/codex/meetings/cccf/cccf9/cf09\\_06s.pdf](ftp://ftp.fao.org/codex/meetings/cccf/cccf9/cf09_06s.pdf)
- Condezo Nuñez. (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”. Universidad Norbert Wiener.
- Cossio Herrera, L. A. (2015).** Contaminación por plomo y cadmio del río Apurímac – VRAE”. Tesis de la Unidad de Pos grado de la Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho- Peru.
- Crowe, A. y Morgan, E. (1997).** Effect of dietary cadmium on iron metabolism .
- Cruces, E. y Marint, F. (1996).** Cadmium binding capacity of cocoa and isolated total dietary fiber under physiological pH conditions. *J. Sci. Food. Agric.*
- Dand, R. . (1999).** The International Cocoa Trade. Cambridge: Woohed.
- Del Aguila Melendez, E. A. . (2017).** Determinación de cadmio y plomo en granos de cacao, frescos, secos y en licor de cacao (*Theobroma cacao*). Tesis, Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo Maria-Peru.
- Del Aguila Melendez, E. A. (2017).** Determinación de cadmio y plomo en granos de cacao, frescos, secos y en licor de cacao (*Theobroma cacao*). Tesis, Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María. Huánuco. Peru.
- Departamento de inocuidad agroalimentaria. (2013).** Cacao en grano. Monitoreo de residuos de cadmio, Santo Domingo. Ministerio de Agricultura. En línea: Ministerio de Agricultura 63 ([ftp://ftp.fao.org/TC/CPF/Countries/Dominican%20Republic/DOM\\_CPF\\_2\\_013-2016.pdf](ftp://ftp.fao.org/TC/CPF/Countries/Dominican%20Republic/DOM_CPF_2_013-2016.pdf), 15 abr 2019).
- Diaz Ubilla, L. E.; Mendoza Hidalgo y Dominguez Vergara. (2018).** Determinacion de cadmio y plomo en las almendras del cacao(*Theobroma cacao*), proveniente de fincas de productores organicos del canton Vinces.Facultad de Ciencias para el Desarrollo, los Rios, Ecuador. Ecuador.
- FAO/WHO. (2009).** Rangos permisibles aceptados por la legislación internacional de residuos de plaguicidas en productos vegetales (Cd) y en almendras de cacao (Pb).
- Federacion Nacional de Cacaoteros-Fondo Nacional del Cacao. (2004).** El beneficio y características fisicoquímicas del cacao (*Theobroma cacao*). Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Colombia: Produmedios.

- Fernández Núñez, Lissette (2007).** ¿Cómo se elabora un cuestionario? Universidad de Barcelona.
- Flor, F. G. (2019).** Evaluación del contenido de metales pesados en almendras de cacao (*Theobroma cacao* L) durante el proceso de beneficiado. ProSciences, 7.
- García Rios, Jenifer. (2019).** Comparación de la concentración de Cadmio en Plantaciones de Cacao en los distritos de Huicungo y San Martín de Alao – 2018. Tesis para obtener el título profesional de ingeniería ambiental.
- Gemma, P.; Roser, M. y Domingo, J. (2008).** Effects of various cooking processes on the concentrations of arsenic, cadmium, mercury, and lead in foods. J. Agric. Food Chem.
- Gil, J. (2012).** Estabilidad y actividad de catequinas presentes en cacaos colombianos durante el proceso de pre industrialización. Facultad Química Farmacéutica. Universidad de Antioquia. Medellín-Colombia.
- Hernandez, E. (2010).** Tecnología del cacao. Ingeniera de Alimentos. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. . Colombia-Sagamoso .
- Huamani, H.; Huauya, M.; Mansilla L.; Florida, N. y Neira, G. (2012).** Presencia de metales pesados en cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) orgánico. Acta Agronómica. Tingo María-Peru.
- ICCO. (2011).** Heavy Metals in Cocoa International Workshop on possible EU regulations on cadmium in cocoa and chocolate products. En línea: CABI (<http://www.icco.org/sites/sps/documents/Cadmium%20Workshop/CABI.pdf>, 20 abr. 2019).
- Indecopi. (2008).** Normas técnicas: 208.005, 208.006. Lima Perú. 15(1). levels of iron, zinc, copper, cadmium and lead in children. Indian J. Pediatrics. Lima -Peru.
- Intriago Flor, Frank et al., (2019).** En la investigación “Evaluación del contenido de metales pesados en almendras de cacao (*Theobroma cacao* L) durante el proceso de beneficiado” Pro-Sciences: Revista de producción, Ciencias e investigación, E-ISSN: 2588-1000, Vol. 3, N 26, septiembre 2019, PP. 17-23.
- Julca Gonzales, Kely. (2020).** 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 Industrias Alimentarias.
- Liendo, R. (2005).** Procesamiento del cacao para la fabricación de chocolates y 66 subproductos. Tecnología Post cosecha. INIA. Maracay. Food Res. 29: 279-307.
- Mann, S.; Rate, A. y Gilkes, R. (2002).** Cadmium Accumulation In Agricultural Soils In Western Australia. Water, Air, Soil Pollut. 141, 281–297.
- Martínez B. y Palacio C. (2010).** Determinación de metales pesados cadmio y plomo en suelos y granos de cacao frescos y fermentados, mediante espectroscopia de absorción atómica. Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ciencias. Bucaramanga – Colombia.
- Mehmet, Y. y Durak, M. (2005).** Comparison of dry, wet, and microwave ashing methods for the determination of Al, Zn, and Fe in yogurt samples by atomic absorption spectrometry. Spectroscopy Letters.
- Ministerio de Economía, industria y competitividad de España. (2017).** Legislación internacional de residuos de plaguicidas en productos vegetales. Disponible en: <http://plaguicidas.comercio.es/>
- Mite, F. (2013).** Situación de cadmio en cacao. Guayaquil.
- Mite, F. (2013).** Situación de cadmio en cacao. Conferencia mundial del cacao. . Guayaquil.

- Mounicou, S.; Szpunar, J. y Andrey, D. (2005). Development of a sequential enzymolysis approach for the evaluation of the bioaccessibility of Cd and Pb from cocoa. The Royal Society. Chem. Analyst.
- Naranjo, J. (2011).** Caracterización de productos tradicionales y no tradicionales derivados de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el estado de Tabasco, México. Tesis. Colegio de postgraduados – Institución de Enseñanzas e Investigación de Ciencias Agrícolas. Tabasco – México. 60 p.
- Navia, A. Y Pazmiño, N. (2012).** Mejoramiento de las Características Sensoriales del Cacao CCN51 a través de la Adición de Enzimas durante el Proceso de Fermentación. Tesis, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Ingeniería.
- Oc Llatance, ilber. (2018).** “Bioacumulación de cadmio en el cacao (*Theobroma cacao*) en la Comunidad Nativa de Pakun, Perú” Revista Forestal del Perú, 33 (1): 63 - 75, (2018). ISSN 0556-6592 (Versión impresa) / ISSN 2523-1855 (Versión electrónica).
- Onianwa, I.; De Tola, C.; Iwegbue, M. (1999).** Trace heavy metals composition of some Nigerian beverages and food drinks. Food Chem. 66, 275-279.
- Organizacion mundial de la salud (OMS). (2000). Cantidad de cadmio en el suelo. Obtenido de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs379/es/>.
- Ortiz De Bertorelli, L.; Graziani De Fariñas, Y.; Gervaise, G. (2009).** Evaluación de varios factores sobre características químicas del grano de cacao en fermentación. Revista Agronomía Tropical 59(1): 73-79.
- Perez Garcia, P. y Azcona Cruz, M. (2012).** Los efectos del cadmio en la salud. Revista de especialidades Medico-Quirurgicas, 199-205.
- Pociecha, M. y Lestan, D. (2009).** EDTA leaching of Cu contaminated soil .
- Portillo, E. y Cros, E. (2006).** Efecto de algunos factores pos cosecha sobre la calidad sensorial del cacao criollo porcelana (*Theobroma cacao* L.) en el Sur del Lago de Maracaibo. Revista de Facultad de Agronomía, 135.
- Portillo, E; Graziani De Fariñas, L. y Betancourt, E. (2005).** Efecto de los tratamientos post-cosecha sobre la temperatura y el índice de fermentación en la calidad del cacao criollo porcelana (*Theobroma cacao* L.). Revista de la Facultad de Agronomía, 1-11.
- Rankin, C.; Nriagu, J.; Aggarwal, J.; Arowolo, T.; Adebayo, K. y Flegal, R. (2005).** Lead Contamination in Cocoa and Cocoa Products: Isotopic Evidence of Global Contamination. Nigeria. Environ Health Perspect.
- Rodríguez. (2011).** Estudio de los compuestos volátiles de *Theobroma cacao* L., durante el proceso tradicional de fermentación, secado y tostado. Tesis Dr. Ciencias de Alimentos. México D.F. México. Instituto Politécnico Nacional Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. 164 p.
- Rodríguez-Serrano, M; Martínez-De las Casas, N; Romero-Puertas, M. C; Del Río, L. y Sandalio, L. (2008).** Toxicidad del cadmio en plantas. En línea]: ECOSISTEMAS: (<http://www.revistaecosistemas./article/view/409>, 21 abr 2015).
- Rohsius, C.; Matissek, R. y Lieberei, R. (2006).** Free amino acid amounts in raw cocoas from different origins. Eur. Food Res. Technol.
- Rubio, A. Gutiérrez, R. E., Izquierdo, M., Revert, C., Lozano, G. y Hardisson, A. (2004)** El plomo como contaminante alimentario. Revista de Toxicología de España, 21 (2), p. 72-80.
- Sanchez, V. . (2007).** Caracterización organoléptica del cacao (*theobroma cacao* L.), para la selección de árboles con perfil de sabor de comercial. Tesis Ing. Agrónomo. . Quevedo- Ecuador.
- Sandoval, S. (2009).** Evaluación de fermentación de cacao (*Theobroma cacao* L.) clon

- catongo y comparación con dos clones. Tesis. Ing. Agrónomo. Universidad EARTH. Costa Rica-Guacimo.
- Santander Ruíz, Wilson et. al. (2019).** Cuantificación de los límites máximos permisibles de cadmio en suelos, frutos (cáscara, almendra fresca), granos fermentados, licor de cacao y chocolate, para garantizar una exportación de calidad en zonas productoras de las provincias de Huallaga y Bellavista en la región San Martín”. Informe de investigación, Tarapoto-Perú.
- Sebahat, T.; Polat, A. y Murat. (2007).** Interaction between anemia and blood.
- Shuman, K. y Elsenhans, B. (2002).** The impact of food contaminants on the bioavailability of trace metals. Trace Elem. Med. Bio. 16, 139-144.
- Soisungwan, S.; Haswel, E. y Moore, M. (2000).** Safe levels of cadmium intake to prevent renal toxicity in human subjects. British J. Nutrit. 84, 791-802. using electrochemical treatment of the washing solution. J. Hazard. Mater. 165 (1-3):533-539.
- Valente, C. (1995).** Estudio de la composición de la fibra alimentaria de cacao crudo y procesado. Food. Techn. 378, 127-132.
- Villalobos, M. y Sangronis, E. (2009). Calidad del cacao en Centroamérica. Un Vistazo a la situación. Contaminación del cacao por metales pesados.
- Woyzechowsky, L. y Sangronis, E. (2006).** Efecto del procesamiento del grano del cacao (*Theobroma cacao*) en contenido de polifenoles, taninos y capacidad antioxidante. Universidad Simón Bolívar. 135 p.

## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de consistencia

**TEMA: “Niveles de cadmio y plomo en las almendras de cacao (*Theobroma cacao*) procedente del Valle de los Ríos Apurímac, Ene y Mantaro (VRAEM)”**

PROBLEMAS	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
<p><b>1. PROBLEMA GENERAL</b> ¿De qué manera se evaluarán los niveles de cadmio y plomo en las almendras de cacao (<i>Theobroma cacao</i>) procedente del Valle de los Ríos Apurímac, Ene y Mantaro (VRAEM)?</p> <p><b>2.PROBLEMAS SECUNDARIOS</b> ¿Cuáles serán las características químicas de las almendras de cacao procedentes del VRAEM? ¿Cuáles serán los niveles de cadmio y plomo en almendras de cacao, en las variedades comerciales procedentes del VRAEM? ¿De qué manera se identificarán las variedades de cacao con mayor concentración de cadmio y plomo?</p>	<p><b>1. OBJETIVO GENERAL</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar los niveles de cadmio y plomo en las almendras de cacao (<i>Theobroma cacao</i>) procedente del Valle de los Ríos Apurímac, Ene y Mantaro (VRAEM).</li> </ul> <p>•</p> <p><b>2.OBJETIVOS ESPECIFICOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Caracterizar químicamente las almendras de cacao procedentes del VRAEM</li> <li>• Cuantificar los niveles de Cadmio y Plomo en almendras de cacao, de las variedades comerciales procedentes del VRAEM.</li> <li>• Identificar las variedades de cacao con mayor concentración de cadmio y plomo.</li> </ul>	<p><b>1. HIPÓTESIS GENERAL</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los niveles de cadmio y plomo en las almendras de cacao (<i>Theobroma cacao</i>) procedente del Valle de los Ríos Apurímac, Ene y Mantaro (VRAEM) superan los LMP.</li> </ul> <p><b>2. HIPÓTESIS SECUNDARIAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Las características químicas de las almendras de cacao procedentes del VRAEM se encuentran dentro del rango promedio reportado.</li> <li>• Los niveles de cadmio y plomo en almendras de cacao, de las variedades comerciales procedentes del VRAEM se encuentran por encima de los LMP.</li> <li>• Las variedades de cacao con mayor concentración de cadmio y plomo son las que se cultivan en el VRAEM.</li> </ul>	<p><b>1.VARIABLE INDEPENDIENTE</b> - X<sub>1</sub>: Variedades de cacao</p> <p><i>Indicadores</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- X<sub>11</sub>: Variedad 1</li> <li>- X<sub>12</sub>: Variedad 2</li> <li>- X<sub>13</sub>: Variedad 3</li> </ul> <p><b>2.VARIABLE DEPENDIENTE</b> - Y<sub>1</sub>: Nivel de cadmio - Y<sub>2</sub>: Nivel de plomo</p> <p><i>Indicadores</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Y<sub>11</sub>: Concentración de cadmio (ppm)</li> <li>- Y<sub>21</sub>: Concentración de plomo (ppm)</li> </ul>	<p><b>1. TIPO DE INVESTIGACIÓN</b> - Explicativa</p> <p><b>2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN</b> - Experimental</p> <p><b>3. MÉTODO</b> - Análisis y Síntesis - Comparativo - Interpretación - Estadístico</p> <p><b>4. DISEÑO</b> - Investigación por objetivo</p> <p><b>5. POBLACIÓN</b> Variedades de cacao.</p> <p><b>6. MUESTRA</b> - Cacao de cada variedad.</p> <p><b>7. TÉCNICAS</b> - Muestreo aleatorio simple.</p>

**Anexo 2. Imágenes de los análisis realizados de los Niveles de cadmio y plomo en las almendras de cacao (*Theobroma cacao*) procedente del Valle de los Ríos Apurímac, Ene y Mantaro (VRAEM) de variedades.**





**Anexo 3. Resultados del análisis de los Niveles de cadmio y plomo en las almendras de cacao (*Theobroma cacao*) procedente del Valle de los Ríos Apurímac, Ene y Mantaro (VRAEM) de variedades.**

**3.1. Cacao chuncho**



**INFORME DE ENSAYO N° 0591-2024**

**SOLICITANTE** : RIVEROS JAVIER RODMEL  
**DIRECCIÓN** : HUASCAHURA S/N, AYACUCHO, HUAMANGA, AYACUCHO

**CERTIFICACIONES NACIONALES DE ALIMENTOS S.A.C. –CENA S.A.C.-INFORMA:**  
HABER ANALIZADO LA SIGUIENTE MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE.

**PRODUCTO DECLARADO** : CACAO CHUNCHO  
**NUMERO DE SOLICITUD** : 0313-2024  
**CANTIDAD DE MUESTRA RECIBIDA** : 250 g.  
**CONDICIONES DE RECEPCION** : ENVASADO, EN APARENTE BUEN ESTADO  
**ENSAYOS SOLICITADOS** : METALES PESADOS  
**FECHA DE RECEPCION DE LA MUESTRA** : 23 DE AGOSTO DE 2024  
**FECHA DE INICIO DE ENSAYOS** : 23 DE AGOSTO DE 2024  
**FECHA DE TERMINO DE ENSAYOS** : 29 DE AGOSTO DE 2024

**CON LOS SIGUIENTES RESULTADOS:**

**ANÁLISIS METALES PESADOS**

ANALISIS	RESULTADO 1	RESULTADO 2
Plomo (Pb) (mg/kg)	0,86	0,88
Cadmio (Cd) (mg/kg)	0,31	0,33

**METODO DE ENSAYO:**


1. PLOMO: METODO DE DETERMINACION DE METALES PESADOS, AOAC. 2005.OFFICIAL METHOD 999.111 DETERMINACION OF DEAD PLOMO EN ALIMENTOS
2. CADMIO: METODO DE DETERMINACION DE METALES PESADOS, AOAC. 2005.OFFICIAL METHOD 999.111 DETERMINACION CADMIO EN ALIMENTOS

**CONDICIONES**

- Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CENA S.A.C.
- Este informe de ensayo es válido exclusivamente para los requisitos indicados, no pudiendo señalarse implícita o explícitamente a otras características que no se indican de la muestra, no pudiendo extenderse sus conclusiones a ninguna otra muestra que no haya intervenido en la recepción, ensayos y cantidad recibida.
- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad, con normas de producto como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a CENA S.A.C. son de responsabilidad del Solicitante.

**HUANCAYO, 29 DE AGOSTO DE 2024.**

**CENA S.A.C.**

  
Ing. Blanca Roque Lima  
CIP. 167375

Página 1 de 1  
FT-ENS-02/R03/2022-01-02  
Dirección: Jr. Magdalena N° 120 San Carlos - Huancayo  
E-mail: cenasaclaboratorio@hotmail.com / informes@cenasaclab.com  
Telf: 064 - 216693 - Cel.: 980043301 - 976088244  
FB. cenasaclaboratorio@hotmail.com  
https://cenasaclab.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO

### 3.2. Cacao CCN-51



## INFORME DE ENSAYO N° 0592-2024

SOLICITANTE : RIVEROS JAVIER RODMEL  
DIRECCIÓN : HUASCAHURA S/N, AYACUCHO, HUAMANGA, AYACUCHO

**CERTIFICACIONES NACIONALES DE ALIMENTOS S.A.C. –CENA S.A.C.-INFORMA:**  
HABER ANALIZADO LA SIGUIENTE MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE.

PRODUCTO DECLARADO : CACAO CCN-95  
NUMERO DE SOLICITUD : 0314-2024  
CANTIDAD DE MUESTRA RECIBIDA : 250 g.  
CONDICIONES DE RECEPCION : ENVASADO, EN APARENTE BUEN ESTADO  
ENSAYOS SOLICITADOS : METALES PESADOS  
FECHA DE RECEPCION DE LA MUESTRA : 23 DE AGOSTO DE 2024  
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS : 23 DE AGOSTO DE 2024  
FECHA DE TERMINO DE ENSAYOS : 29 DE AGOSTO DE 2024

CON LOS SIGUIENTES RESULTADOS:

#### ANÁLISIS METALES PESADOS

ANÁLISIS	RESULTADO 1	RESULTADO 2
Plomo (Pb) (ppm)	1,06	1,08
Cadmio (Cd) (ppm)	0,33	0,32

#### METODO DE ENSAYO:


1. PLOMO: METODO DE DETERMINACION DE METALES PESADOS, AOAC. 2005.OFFICIAL METHOD 999.111 DETERMINACION OF DEAD PLOMO EN ALIMENTOS
2. CADMIO: METODO DE DETERMINACION DE METALES PESADOS, AOAC. 2005.OFFICIAL METHOD 999.111 DETERMINACION CADMIO EN ALIMENTOS

#### CONDICIONES

- Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CENA S.A.C.
- Este informe de ensayo es válido exclusivamente para los requisitos indicados, no pudiendo señalarse implícita o explícitamente a otras características que no se indican de la muestra, no pudiendo extenderse sus conclusiones a ninguna otra muestra que no haya intervenido en la recepción, ensayos y cantidad recibida.
- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad, con normas de producto como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a CENA S.A.C. son de responsabilidad del Solicitante.

HUANCAYO, 29 DE AGOSTO DE 2024.

CENA S.A.C.

  
Ing. Blanca Roque Lima  
CIP. 167375

Página 1 de 1  
FT-ENS-02/R03/2022-01-02

Dirección: Jr. Magdalena N° 120 San Carlos - Huancayo ■  
E-mail: [cenasaclaboratorio@hotmail.com](mailto:cenasaclaboratorio@hotmail.com) / [informes@cenasaclab.com](mailto:informes@cenasaclab.com) ■  
Telf: 064 - 216693 - Cel.: 980043301 - 976088244 ■  
FB. [cenasaclaboratorio@hotmail.com](mailto:cenasaclaboratorio@hotmail.com) ■  
<https://cenasaclab.com> ■

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO

### 3.3. Cacao criollo



## INFORME DE ENSAYO N° 0593-2024

**SOLICITANTE** : RIVEROS JAVIER RODMEL  
**DIRECCIÓN** : HUASCAHURA S/N, AYACUCHO, HUAMANGA, AYACUCHO

**CERTIFICACIONES NACIONALES DE ALIMENTOS S.A.C. –CENA S.A.C.-INFORMA:**  
HABER ANALIZADO LA SIGUIENTE MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE.

**PRODUCTO DECLARADO** : CACAO CRIOLLO  
**NUMERO DE SOLICITUD** : 0315-2024  
**CANTIDAD DE MUESTRA RECIBIDA** : 250 g.  
**CONDICIONES DE RECEPCION** : ENVASADO, EN APARENTE BUEN ESTADO  
**ENSAYOS SOLICITADOS** : METALES PESADOS  
**FECHA DE RECEPCION DE LA MUESTRA** : 23 DE AGOSTO DE 2024  
**FECHA DE INICIO DE ENSAYOS** : 23 DE AGOSTO DE 2024  
**FECHA DE TERMINO DE ENSAYOS** : 29 DE AGOSTO DE 2024

**CON LOS SIGUIENTES RESULTADOS:**

#### ANÁLISIS METALES PESADOS

ANALISIS	RESULTADO 1	RESULTADO 2
Piomo (Pb) (ppm)	1,31	1,34
Cadmio (Cd) (ppm)	0,52	0,54

#### METODO DE ENSAYO:

1. PLOMO: METODO DE DETERMINACION DE METALES PESADOS, AOAC. 2005.OFFICIAL METHOD 999.111 DETERMINACION OF DEAD PLOMO EN ALIMENTOS
2. CADMIO: METODO DE DETERMINACION DE METALES PESADOS, AOAC. 2005.OFFICIAL METHOD 999.111 DETERMINACION CADMIO EN ALIMENTOS

#### CONDICIONES

- Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CENA S.A.C.
- Este informe de ensayo es válido exclusivamente para los requisitos indicados, no pudiendo señalarse implícita o explícitamente a otras características que no se indican de la muestra, no pudiendo extenderse sus conclusiones a ninguna otra muestra que no haya intervenido en la recepción, ensayos y cantidad recibida.
- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad, con normas de producto como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a CENA S.A.C. son de responsabilidad del Solicitante.

HUANCAYO, 29 DE AGOSTO DE 2024.

**CENA S.A.C.**

  
Ing. Blanca Roque Lima  
CIP. 167375

Página 1 de 1  
FT-ENS-02/R03/2022-01-02

Dirección: Jr. Magdalena N° 120 San Carlos - Huancayo  
E-mail: [cenasaclaboratorio@hotmail.com](mailto:cenasaclaboratorio@hotmail.com) / [informes@cenasaclab.com](mailto:informes@cenasaclab.com)  
Telf: 064 - 216693 - Cel.: 980043301 - 976088244  
FB. [cenasaclaboratorio@hotmail.com](mailto:cenasaclaboratorio@hotmail.com)  
<https://cenasaclab.com>

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO

### 3.4. Cacao VRAEM-15



CERTIFICACIONES NACIONALES DE ALIMENTOS SAC

## INFORME DE ENSAYO N° 0594-2024

SOLICITANTE : RIVEROS JAVIER RODMEL  
DIRECCIÓN : HUASCAHURA S/N, AYACUCHO, HUAMANGA, AYACUCHO

**CERTIFICACIONES NACIONALES DE ALIMENTOS S.A.C. –CENA S.A.C.-INFORMA:**  
HABER ANALIZADO LA SIGUIENTE MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE.

PRODUCTO DECLARADO : CACAO VRAEM -15 GANZO  
NUMERO DE SOLICITUD : 0316-2024  
CANTIDAD DE MUESTRA RECIBIDA : 250 g.  
CONDICIONES DE RECEPCION : ENVASADO, EN APARENTE BUEN ESTADO  
ENSAYOS SOLICITADOS : METALES PESADOS  
FECHA DE RECEPCION DE LA MUESTRA : 23 DE AGOSTO DE 2024  
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS : 23 DE AGOSTO DE 2024  
FECHA DE TERMINO DE ENSAYOS : 29 DE AGOSTO DE 2024

CON LOS SIGUIENTES RESULTADOS:

#### ANÁLISIS METALES PESADOS

ANALISIS	RESULTADO 1	RESULTADO 2
Piomo (Pb) (ppm)	1,08	1,11
Cadmio (Cd) (ppm)	0,41	0,42

#### METODO DE ENSAYO:

1. PLOMO: METODO DE DETERMINACION DE METALES PESADOS, AOAC. 2005 OFFICIAL METHOD 999.111 DETERMINACION OF DEAD PLOMO EN ALIMENTOS
2. CADMIO: METODO DE DETERMINACION DE METALES PESADOS, AOAC. 2005.OFFICIAL METHOD 999.111 DETERMINACION CADMIO EN ALIMENTOS

#### CONDICIONES

- Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CENA S.A.C.
- Este informe de ensayo es válido exclusivamente para los requisitos indicados, no pudiendo señalarse implícita o explícitamente a otras características que no se indican de la muestra, no pudiendo extenderse sus conclusiones a ninguna otra muestra que no haya intervenido en la recepción, ensayos y cantidad recibida.
- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad, con normas de producto como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a CENA S.A.C. son de responsabilidad del Solicitante.

HUANCAYO, 29 DE AGOSTO DE 2024.

CENA S.A.C.

  
Mg. Blanca Roque Lima  
CIP. 167375

Página 1 de 1  
FT-ENS-02/R03/2022-01-02

Dirección: Jr. Magdalena N° 120 San Carlos - Huancayo ■  
E-mail: cenasaclaboratorio@hotmail.com / informes@cenasaclab.com ■  
Telf: 064 - 216693 - Cel.: 980043301 - 976088244 ■  
FB. cenasaclaboratorio@hotmail.com ■  
https://cenasaclab.com ■

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO

**UNSCH**FACULTAD DE INGENIERÍA  
**QUÍMICA Y  
METALURGIA**

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS:  
Niveles de cadmio y plomo en las almendras de cacao (*Theobroma cacao*)  
procedente del Valle de los Ríos Apurímac, Ene y Mantaro (VRAEM)**

**Expositor: Rodmel Riveros Javier  
Bachiller en Ingeniería Agroindustrial**

Expediente N° 81723

Resolución Decanal N° 019-2025-UNSCH-FIQM/D

Fecha: 26-03-2025

En la Sala de Conferencia "Pedro Villena Hidalgo" de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, ubicada en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (H-121), siendo las diez de la mañana con cinco minutos del día viernes veintiocho de marzo del año dos mil veinticinco, se reunieron el Bachiller en Ingeniería Agroindustrial **Rodmel Riveros Javier**, los Docentes Miembros del Jurado de Sustentación Ingenieros: Dr. Saúl Ricardo CHUQUI DIESTRA, Mg. Cronwell Eduardo ALARCON MUNDACA y Ing. Joaquín Basael HERNANDEZ GARCIA, bajo la Presidencia del Dr. Saúl Ricardo CHUQUI DIESTRA (Presidente Encargado con Memorando N° 119-2025-UNSCH-FIQM/D), Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA (Docente Asesor de la Tesis), el Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE (Secretario-Docente).

Acto seguido, el Presidente (e) del Jurado de Sustentación dispuso que el Secretario Docente dé lectura a los antecedentes tramitados para el presente Acto Público de Sustentación de la Tesis: **Niveles de cadmio y plomo en las almendras de cacao (*Theobroma cacao*) procedente del Valle de los Ríos Apurímac, Ene y Mantaro (VRAEM)**, presentado por el Bachiller **Rodmel Riveros Javier**. A continuación, el Secretario-Docente procedió a dar lectura a la Resolución Decanal N° 019-2025-UNSCH-FIQM/D.

Luego, el Presidente (e) del Jurado invitó al Bachiller **Rodmel Riveros Javier**, a pasar al estrado y exponer su trabajo de Tesis en un tiempo máximo de treinta y cinco minutos.

Finalizado la exposición del Bachiller, el presidente invitó a los Señores Miembros del Jurado de Sustentación a que formulen sus preguntas y señalen sus observaciones, en el siguiente orden: Ing. Joaquín Basael HERNANDEZ GARCIA, Mg. Cronwell Eduardo ALARCON MUNDACA y Dr. Saúl Ricardo CHUQUI DIESTRA. Luego el Presidente (e) invitó al Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA, para que, en su condición de Docente Asesor, se sirva levantar las observaciones del Jurado y efectuar las aclaraciones que considere conveniente.

A continuación, el presidente (e) del jurado invito al sustentante y al público para que se sirva abandonar la sala de conferencia con la finalidad de permitir al jurado de sustentación deliberar sobre la evaluación a otorgar. Se alcanzó el siguiente resultado. **APROBADO POR UNANIMIDAD PROMEDIO QUINCE (15)**.

FACULTAD DE INGENIERÍA  
QUÍMICA Y METALURGIA  
Av. Independencia s/n  
Ciudad Universitaria



UNSCH

FACULTAD DE INGENIERÍA  
QUÍMICA Y  
METALURGIA

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS:

Niveles de cadmio y plomo en las almendras de cacao (*Theobroma cacao*)  
procedente del Valle de los Ríos Apurímac, Ene y Mantaro (VRAEM)

Expositor: Rodmel Riveros Javier  
Bachiller en Ingeniería Agroindustrial

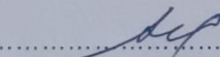
Expediente N° 81723

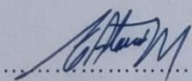
Resolución Decanal N° 019-2025-UNSCH-FIQM/D

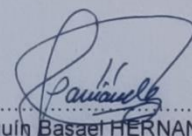
Fecha: 26-03-2025

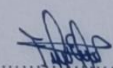
Finalmente, el Presidente (e) del Jurado dispuso que se invite al Sustentante y al público asistente a que se sirvan ingresar a la sala de conferencias y anunció que, el Bachiller **Rodmel Riveros Javier**, ha resultado **APROBADO POR UNANIMIDAD**, y por lo tanto a partir de la fecha la Universidad y la Facultad cuenta con un flamante **INGENIERO AGROINDUSTRIAL** y le augura éxitos en su desempeño profesional.

Siendo las once de la mañana con diez minutos se dio por finalizado este acto académico de Sustentación de Tesis. En fe de lo cual firmamos:

  
.....  
Dr. Saul Ricardo CHUQUI DIESTRA  
Presidente

  
.....  
Mg. Cronwell Eduardo ALARCON MUNDACA  
Miembro

  
.....  
Ing. Joaquín Basael HERNANDEZ GARCIA  
Miembro

  
.....  
Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE  
(Secretario Docente)

FACULTAD DE INGENIERÍA  
QUÍMICA Y METALURGIA  
Av. Independencia s/n  
Ciudad Universitaria



**UNSCH**

FACULTAD DE  
**INGENIERIA QUÍMICA  
Y METALURGIA**

ESCUELA PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

La Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, emite la siguiente:

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Que, el egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial ha remitido, con el aval y por intermedio de su asesor de la Tesis Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA, se procedió a la evaluación de originalidad del archivo adjunto con el TURNITIN - UNSCH, **de acuerdo a los criterios establecidos en el Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la UNSCH, aprobado con Resolución del Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU**; cuyos resultados son:

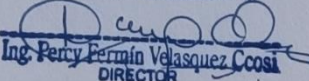
**Tesis** Niveles de cadmio y plomo en las almendras de cacao (*Theobroma cacao*) procedente del Valle de los Ríos Apurímac, Ene y Mantaro (VRAEM)

Nombre y Apellido : Bach. **Rodmel Riveros Javier**  
Identificador de entrega : 2685441133  
Fecha : 26-may-2025 12:16p.m. (UTC-0500)  
Archivo : Tesis\_final\_Riveros\_EP\_Ing.Agroind.pdf (3.24M)

Se expide la presente constancia de originalidad, con reporte del 21 % de ÍNDICE DE SIMILITUD realizado con Depósito de trabajos estándar, a fin de proseguir con los trámites pertinentes; cabe señalar que los documentos del procedimiento se archivan en el repositorio documental de la Escuela.

Ayacucho, 27 de mayo del 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA  
E.P. INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

  
Ing. Percy Permin Velasquez Ccosi  
DIRECTOR

C.c.  
Const. N°004-2025  
Archivo

ESCUELA PROFESIONAL DE  
INGENIERIA AGROINDUSTRIAL  
Av. Independencia S/N - Ayacucho  
Telf. 066-303496  
Correo: ep.agroindustrial@unsch.edu.pe

# Niveles de cadmio y plomo en las almendras de cacao (Theobroma cacao) procedente del Valle de los Ríos Apurímac, Ene y Mantaro (VRAEM)

*por* Rodmel Riveros Javier

---

**Fecha de entrega:** 26-may-2025 12:16p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2685441133

**Nombre del archivo:** Tesis\_final\_Riveros\_EP\_Ing.Agroind.pdf (3.24M)

**Total de palabras:** 17124

**Total de caracteres:** 96363

# Niveles de cadmio y plomo en las almendras de cacao (Theobroma cacao) procedente del Valle de los Ríos Apurímac, Ene y Mantaro (VRAEM)

## INFORME DE ORIGINALIDAD

21%

INDICE DE SIMILITUD

22%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://repositorio.unas.edu.pe">repositorio.unas.edu.pe</a> Fuente de Internet	9%
2	<a href="http://repositorio.unsch.edu.pe">repositorio.unsch.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
3	<a href="http://oa.las.ac.cn">oa.las.ac.cn</a> Fuente de Internet	2%
4	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://core.ac.uk">core.ac.uk</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://apptransparencia.unsch.edu.pe">apptransparencia.unsch.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="http://repositorio.unu.edu.pe">repositorio.unu.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="http://repositorio.unsaac.edu.pe">repositorio.unsaac.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%

9	<a href="http://www.rsc.org">www.rsc.org</a> Fuente de Internet	1 %
10	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	1 %
11	<a href="http://1library.co">1library.co</a> Fuente de Internet	<1 %
12	<a href="http://anyflip.com">anyflip.com</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="http://repositorio.unp.edu.pe">repositorio.unp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
14	<a href="http://bdigital.unal.edu.co">bdigital.unal.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
15	<a href="http://ojs.unemi.edu.ec">ojs.unemi.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
16	Alejandro Gil, Alexander Jaimes, Fabio N. Vega, Heli Martinez et al. "Obtaining a new cocoa cultivar ( <i>Theobroma cacao</i> L.) in Colombia "CNCH 12"", <i>Temas Agrarios</i> , 2024 Publicación	<1 %
17	<a href="http://repositorio.ucss.edu.pe">repositorio.ucss.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo