



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

EVALUACIÓN DE CADMIO Y PLOMO EN TESTA Y COTILEDÓN DE
CACAO DE FINCAS PRODUCTORAS UBICADAS EN LA ADELINA,
CANTÓN BALAO

BATALLAS VALAREZO MARLON PATRICIO
INGENIERO QUÍMICO

PRECIADO ALVARADO MARCIA SAMANTA
INGENIERA QUÍMICA

MACHALA
2021



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

EVALUACIÓN DE CADMIO Y PLOMO EN TESTA Y COTILEDÓN
DE CACAO DE FINCAS PRODUCTORAS UBICADAS EN LA
ADELINA, CANTÓN BALAO

BATALLAS VALAREZO MARLON PATRICIO
INGENIERO QUÍMICO

PRECIADO ALVARADO MARCIA SAMANTA
INGENIERA QUÍMICA

MACHALA
2021



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

TRABAJO TITULACIÓN
TRABAJO EXPERIMENTAL

EVALUACIÓN DE CADMIO Y PLOMO EN TESTA Y COTILEDÓN DE CACAO DE
FINCAS PRODUCTORAS UBICADAS EN LA ADELINA, CANTÓN BALAO

BATALLAS VALAREZO MARLON PATRICIO
INGENIERO QUÍMICO

PRECIADO ALVARADO MARCIA SAMANTA
INGENIERA QUÍMICA

PESANTEZ FREDIS FRANCO

MACHALA, 26 DE ABRIL DE 2021

MACHALA
2021

Revisión_Trabajo_Titulación

INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

5%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

www.redalyc.org

Fuente de Internet

<1 %

2

www.scipedia.com

Fuente de Internet

<1 %

3

cybertesis.unmsm.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

4

rodin.uca.es

Fuente de Internet

<1 %

5

repositorio.unj.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

6

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

7

Submitted to Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Trabajo del estudiante

<1 %

8

www.revistabionatura.com

Fuente de Internet

<1 %

9

revistaespirales.com

Fuente de Internet

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

Los que suscriben, BATALLAS VALAREZO MARLON PATRICIO y PRECIADO ALVARADO MARCIA SAMANTA, en calidad de autores del siguiente trabajo escrito titulado EVALUACIÓN DE CADMIO Y PLOMO EN TESTA Y COTILEDÓN DE CACAO DE FINCAS PRODUCTORAS UBICADAS EN LA ADELINA, CANTÓN BALAO, otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

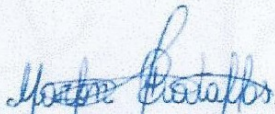
Los autores declaran que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

Los autores como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 26 de abril de 2021



BATALLAS VALAREZO MARLON PATRICIO
0750971632



PRECIADO ALVARADO MARCIA SAMANTA
0940709314

DEDICATORIA

Dedico este trabajo en primer lugar a Dios, por permitirme vivir y darme fortaleza, a mis queridos padres Marco y Juana por ser un pilar fundamental en mi vida, apoyando cada uno de mis pasos y velar por mi felicidad; a mis hermanos Marco y Ariel que me han dado fuerza para seguir motivándome y a su vez brindándome buenos consejos.

Marcia Samanta Preciado Alvarado

Dedico este proyecto, resultado de mi esfuerzo a mi pilar fundamental, mi madre Celeste Sanjinés Ortega. Por ser mi compañera de vida, por inculcarme buenos valores que hoy en día se ven reflejados en mí y por ser un ejemplo como ser humano, enseñándome a no rendirme ante los obstáculos que se presentan en el camino y mostrándome a su vez apoyo incondicional.

Marlon Patricio Batallas Valarezo

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme llegar tan lejos y llenar mi vida de tantas bendiciones, a mi padre Marco por financiar mis estudios y motivarme a seguir y afrontar la vida cuando se pone difícil, a mi madre Juana que con su infinito amor y sus sabios consejos me ayudó durante toda mi carrera universitaria, a mis queridos hermanos que siempre estuvieron para mí, a mis docentes que me enseñaron cómo ser una buena profesional, a la Dra. Susana Blacio por ayudarnos y guiarnos durante la clase de titulación con tanta paciencia, dedicación, calidez humana, y en especial a mi tutor el Dr. Fredis Pesantez por su paciencia, comprensión y por ser mi guía en durante la elaboración de este trabajo investigativo.

Marcia Samanta Preciado Alvarado

Agradezco principalmente a Dios por darme vida y salud. Agradezco a mi hermosa familia, a todos mis amigos y en especial a mi compañera de tesis, que me acompañó y me apoyó durante este proceso; dentro del cual conocí a docentes admirables, por lo que quiero agradecer también a nuestro promotor y tutor de tesis, el Dr. Fredis Pesántez, así mismo al Dr. Víctor Gonzáles, la Dra. Susana Blacio y a la Ing. Nubia Matute, por ser partícipes de sus conocimientos y aportes intelectuales para poder realizar dicha investigación, esperando que sea como guía necesaria para futuros proyectos.

Marlon Patricio Batallas Valarezo

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo evaluar la concentración de cadmio y plomo en testa y cotiledón de almendras de cacao orgánico, empleando el método de la Espectroscopía de Absorción Atómica (EAA), para determinar en qué parte de la almendra existe mayor acumulación de estos metales. Considerando que la planta de cacao al ser de tipo perenne, tiende a acumular concentraciones altas de metales pesados. Las muestras de cacao fueron recolectadas en 5 fincas productoras ubicadas en el sector La Adelina, cantón Balao; lugar en el cual se ha venido llevando a cabo el desarrollo de actividades mineras a pequeña escala donde se generan desechos que son vertidos en las riveras de los alrededores, y a su vez estos son ocupadas para el riego de las propias plantaciones, lo cual podría verse influenciada con la contaminación, por lo que se pretende verificar si existen o no concentraciones altas de cadmio y plomo en las almendras de cacao analizadas, las cuales fueron evaluados a través de parámetros físico-químicos como humedad, pH, acidez y cenizas, donde se realizaron análisis por triplicado tanto en la testa como en el cotiledón, obteniendo una media por cada muestra sometida. En lo que corresponde a los análisis de cadmio y plomo en testa y en cotiledón, estos fueron proporcionados por laboratorios certificados que previamente fueron enviados para su análisis aplicando el método de la EEA en horno de grafito, con la finalidad de obtener resultados confiables, ya que se está estudiando un producto alimenticio, por lo que, para su interpretación se realizó un análisis estadístico de significancia, y la representación de diagramas de caja y bigotes para evaluar la distribución y la mediana de los datos obtenidos empleando el software IBM SPSS Statistics 25.0. Por último, los resultados fueron comparados para determinar si dichos valores cumplen con los límites máximos permisibles estipulados por la Comisión del Códex Alimentarius.

Los resultados de acuerdo a los parámetros físico-químicos de las muestras de testa y cotiledón de las almendras de cacao, muestran que pueden ser indicios de acumulación de metales pesados. En el análisis de la investigación se determinó un porcentaje de humedad menor al 2% con respecto a las muestras de las 5 fincas, el cual indica que existió una eliminación alta de cantidad de humedad durante el proceso de secado; el pH se relaciona con la acidez, ya que es inversamente proporcional, donde se menciona que mientras exista más acidez en la almendra del cacao, mayor será el contenido de contaminante. De acuerdo con las muestras recolectadas, la finca 1 en el análisis de

testa fue la que presentó un pH de 4,34 y un porcentaje de acidez de 2,4%, en comparación con las demás, que fueron valores relativamente menores. Sin embargo, los resultados obtenidos eran permisibles ya que representan cantidades ligeramente altas. Con respecto al porcentaje de contenido de cenizas, tanto en testa como en cotiledón, se encuentran entre rangos que oscilan de 2,5 a 5,4%, los cuales se encuentran por debajo de los establecido en productos alimenticios que es de 8%, haciendo referencia que es un producto de alta calidad. En lo que respecta a la evaluación de metales pesados de acuerdo a los diagrama de cajas y bigotes, pudo observarse que la distribución fue menor, es decir, que hubo menor dispersión de los datos muestreados, mientras que las medianas analizadas, determinaron una ligera concentración de cadmio y plomo en la testa del cacao en comparación del cotiledón, la misma que presenta una diferencia menor, esto puede deberse por mecanismos como la absorción que tiene la planta de cacao, acumulándose de forma ascendente, siendo las más afectada la cáscara del fruto. De acuerdo con el análisis estadístico la significancia de la probabilidad es mayor a 0,05 por lo que la hipótesis nula es acertada, indicando que no existe concentraciones altas de dichos metales. Los resultados obtenidos de cadmio y plomo si cumplen con lo establecido por la Comisión del Código Alimentarius, ya que se encuentran por debajo de los límites permisibles referente a frutas con semillas y chocolates. Sin embargo, se debe tener un control en la finca cercana a la zona minera, ya que es la más afectada y en un futuro dichos resultados podrían verse influenciados con respecto a la acumulación de estos de metales.

En efecto, para posteriores investigaciones se recomienda correlacionar los parámetros físico-químicos de la almendra de cacao como la humedad, acidez y pH con muestras del suelo donde se den los cultivos del cacao en las diferentes plantaciones. Así mismo, el de evaluar otros tipos de metales pesados como el arsénico, cobre, níquel, entre otros, ya que pueden existir concentraciones de los mismo durante el desarrollo o cultivo del fruto, aplicando similares o diferentes técnicas; y relacionándolos a su vez con otras normativas reguladoras internacionales vigentes, en base a los límites permisibles para este tipo de metales pesados presentes en el fruto.

Palabras claves: cadmio, plomo, cacao, cotiledón, testa, espectroscopía.

ABSTRACT

The objective of this research is to evaluate the concentration of cadmium and lead in the testa and cotyledon of organic cocoa beans, using the Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) method, to determine in which part of the kernel there is a greater accumulation of these metals. Considering that the cocoa plant, being a perennial plant, tends to accumulate high concentrations of heavy metals. The cocoa samples were collected from five cocoa farms located in the La Adelina sector in the canton of Balao; This is a place where small-scale mining activities have been carried out and where waste is generated and dumped in the surrounding rivers, which in turn are used for irrigation of the plantations themselves, which could be influenced by contamination, Therefore, the aim is to verify whether or not there are high concentrations of cadmium and lead in the cocoa beans analyzed, which were evaluated through physicochemical parameters such as moisture, pH, acidity and ash, where analyses were performed in triplicate both in the testa and in the cotyledon, obtaining an average for each sample submitted. Cadmium and lead analyses in testa and cotyledon were provided by certified laboratories that were previously sent for analysis using the EEA method in a graphite furnace, with the purpose of obtaining reliable results, since a food product is being studied, so for their interpretation a statistical analysis of significance was performed, and the representation of box and whiskers diagram to evaluate the distribution and median of the data obtained using the software IBM SPSS Statistics 25.0. Finally, the results were compared to determine whether these values comply with the maximum permissible limits stipulated by the Codex Alimentarius Commission.

The results according to the physicochemical parameters of the testa and cotyledon samples of cocoa beans show that they may be indications of heavy metal accumulation. In the analysis of the research, a moisture percentage of less than 2% was determined with respect to the samples of the 5 farms, which indicates that there was a high elimination of moisture during the drying process; the pH is related to acidity, since it is inversely proportional, where it is mentioned that the more acidity in the cocoa bean, the higher the contaminant content. According to the samples collected, farm 1 in the testa analysis was the one that presented a pH of 4.34 and a percentage of acidity of 2.4%, compared to the others, which were relatively lower values. However, the results obtained were permissible since they represented slightly high amounts. With respect to the percentage of ash content,

both in the testa and in the cotyledon, the ash content ranges from 2.5 to 5.4%, which is below the 8% established for food products, indicating that it is a high-quality product. With regard to the evaluation of heavy metals according to the box and whiskers diagram, it could be observed that the distribution was lower, that is, there was less dispersion of the sampled data, while the medians analyzed, determined a slight concentration of cadmium and lead in the cocoa head compared to the cotyledon, which presents a smaller difference, this may be due to mechanisms such as the absorption of the cocoa plant, accumulating upwards, the most affected being the shell of the fruit. According to the statistical analysis, the significance of the probability is greater than 0.05, so the null hypothesis is correct, indicating that there are no high concentrations of these metals. The results obtained for cadmium and lead do comply with the requirements of the Codex Alimentarius Commission, since they are below the permissible limits for fruits with seeds and chocolates. However, the farm near the mining area should be monitored, since it is the most affected and in the future these results could be influenced with respect to the accumulation of these metals.

In fact, for further research, it is recommended to correlate the physicochemical parameters of cocoa kernels such as moisture, acidity and pH with soil samples where cocoa crops are grown in different plantations. Likewise, to evaluate other types of heavy metals such as arsenic, copper, nickel, among others, since there may be concentrations of the same during the development or cultivation of the fruit, applying similar or different techniques; and relating them in turn to other international regulatory standards in force, based on the permissible limits for this type of heavy metals present in the fruit.

Key words: cadmium, lead, cocoa, cotyledon, head, spectroscopy.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	II
RESUMEN	III
ABSTRACT	V
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE ANEXOS	XII
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	3
Objetivo General	3
Objetivos Específicos.....	3
CAPÍTULO I	4
1. MARCO TEÓRICO	4
1.1. Cacao	4
1.1.1. Taxonomía del Cacao	4
1.1.2. Composición química del cacao	5
1.1.3. Calidad del cacao.....	5
1.2. Toxicidad del suelo.....	6
1.2.1. Minería	7
1.2.1.1. Pequeña minería.....	7
1.2.1.2. Mediana minería	8
1.2.1.3. Minería a gran escala	8
1.2.2. Contaminación del suelo por minería.....	8
1.3. Cadmio.....	9
1.3.1. Toxicidad del cadmio	9
1.3.2. Cadmio en la almendra de cacao	10
1.4. Plomo.....	10
1.4.1. Toxicidad del plomo.....	10
1.4.2. Plomo en la almendra de cacao	11
1.5. Espectroscopia de absorción atómica EAA	11
1.5.1. Espectroscopía de absorción atómica por horno de grafito.....	12
1.6. Comisión del Códex Alimentarius.....	12

CAPÍTULO II.....	14
2. METODOLOGÍA	14
2.1. Tipo de investigación.....	14
2.2. Población y muestra	14
2.3. Ubicación de la investigación	14
2.4. Materiales, reactivos y equipos.....	14
2.4.1. Materiales	14
2.4.2. Reactivos.....	15
2.4.3. Equipos	15
2.5. Desarrollo experimental.....	15
2.5.1. Recolección de la muestra.....	15
2.5.2. Preparación de la muestra.....	16
2.5.3. Análisis físico-químicos de las muestras recolectadas.....	17
2.5.3.1. Análisis de humedad	17
2.5.3.2. Determinación de la acidez titulable	17
2.5.3.3. Determinación de pH	18
2.5.3.4. Determinación de cenizas	19
2.5.4. Digestión de la muestra por vía húmeda	20
2.5.5. Determinación de cadmio y plomo por GFAAS	21
CAPÍTULO III.....	22
3. RESULTADOS	22
3.1. Parámetros físico-químicos de las muestras recolectadas	22
3.2. Cuantificación del cadmio y plomo por espectroscopia de absorción atómica	25
3.2.1. Cuantificación de cadmio en la testa y cotiledón del cacao	25
3.2.2. Cuantificación de plomo en la testa y cotiledón del cacao.....	27
3.3. Comparación de los valores obtenidos de cadmio y plomo con los límites máximos recomendado por la Comisión del Códex Alimentarius.....	29
CAPÍTULO IV	31
4. CONCLUSIONES.....	31
CAPÍTULO V.....	32
5. RECOMENDACIONES	32
BIBLIOGRAFÍA	33
ANEXOS	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía de la especie de cacao <i>Theobroma cacao</i> L.....	4
Tabla 2. Componentes en 100 g de cacao en base seca.....	5
Tabla 3. Composición química en 100 g de cacao en base seca.....	5
Tabla 4. Nivel máximo permisible para cadmio en chocolates.....	13
Tabla 5. Nivel máximo permisible para plomo en frutas con semillas.....	13
Tabla 6. Porcentaje de humedad de las muestras de granos de cacao.....	22
Tabla 7. pH en las muestras de la testa de cacao.....	23
Tabla 8. pH en las muestras de cotiledón de cacao.....	23
Tabla 9. Porcentaje de acidez en las muestras de testa de cacao.....	24
Tabla 10. Porcentaje de acidez en las muestras de cotiledón de cacao.....	24
Tabla 11. Porcentaje de cenizas en las muestras de testa de cacao.....	25
Tabla 12. Porcentaje de cenizas en las muestras de cotiledón de cacao.....	25

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Fórmula de Normalidad para una concentración	17
Ecuación 2. Porcentaje de acidez titulable para muestras de cacao.....	18
Ecuación 3. Porcentaje total de contenido de cenizas en muestras de cacao.....	20

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de caja y bigote del contenido de Cd en la testa del cacao.....	26
Figura 2. Diagrama de caja y bigote del contenido de Cd en el cotiledón del cacao.	27
Figura 3. Diagrama de caja y bigote del contenido de Pb en la testa del cacao.	28
Figura 4. Diagrama de caja y bigote del contenido de Pb en el cotiledón del cacao.....	29

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Mazorcas de cacao recolectadas de las fincas.	38
Anexo 2. Recolección de las almendras de cacao.	38
Anexo 3. Medición del peso de las muestras recolectadas.	39
Anexo 4. Rotulación de las muestras recolectadas.	39
Anexo 5. Rivera empleada para el riego de las plantaciones de cacao.	39
Anexo 6. Testa y cotiledón separados de la almendra.	39
Anexo 7. Muestra de testa y cotiledón trituradas.	39
Anexo 8. Rotulación de muestras para análisis de Cd y Pb.	39
Anexo 9. Determinación de humedad de almendras de cacao.	39
Anexo 10. Análisis de acidez de la testa y cotiledón de las muestras de cacao.	39
Anexo 11. Lectura de pH de muestras de cacao.	39
Anexo 12. Muestras de cacao secas en la mufla para análisis de ceniza.	39
Anexo 13. Hoja de resultados de análisis de Cd y Pb en testa y cotiledón.	39

INTRODUCCIÓN

El cacao, es considerado un cultivo de gran importancia en el Ecuador, en la actualidad existen alrededor de 250.000 hectáreas de cacao como cultivo y 200.000 hectáreas de cultivo asociado, de las cuales se han incorporado en programas en base al desarrollo que promueven las cosechas de cacao en la región costera¹; posicionándolo como uno de los países más competitivos de América Latina en este campo, seguido por México, Venezuela y Panamá, que son países que han logrado incrementar su participación dentro del mercado a nivel mundial², es así que la calidad de las exportaciones de cacao orgánico y convencional han ido evolucionando, siendo reconocido en eventos internacionales³.

Sin embargo, en los últimos años, metales pesados como el cadmio y el plomo presentes en el cacao y derivados, ha venido generando inquietud tanto en países productores como en países importadores⁴. La presencia de estos contaminantes se puede dar por cualquier origen, ya sea natural o antropogénico, entre los efectos ambientales de mayor importancia se encuentra la contaminación del suelo donde se depositan ampliamente los desechos tóxicos, modificando así sus características y composición del mismo⁵, provocando de esta manera que el suelo pierda minerales fundamentales que intervienen en el crecimiento de las plantas de cultivo de cacao, que constituyen como elementos tóxicos, por lo que el desarrollo de estas actividades generan un gran impacto en el medio ambiente, y a su vez representa un riesgo para la salud⁶. Es por ello que a menudo resulta conveniente determinar y realizar un control de concentraciones de metales pesados que están presentes en los alimentos; por lo cual se han realizado estudios en relación a la determinación de elementos químicos, mediante el uso de técnicas de espectroscopías de absorción atómica⁷, logrando cuantificar la presencia de metales en los suelos de cultivo de cacao.

Actualmente en el país, los suelos han aumentado el contenido de metales pesados, interviniendo así en los procesos fisiológicos de la planta de cacao, que son acumulados y absorbidos en las hojas y concentrados en las semillas⁸. De acuerdo con estudios realizados, El Oro, Guayas y Manabí son una de las provincias que presentan mayor concentración de metales pesados en almendras de cacao¹. En la Adelina, cantón Balao provincia del Guayas, existen fincas productoras que, al ubicarse en entornos cercanos a efluentes provenientes de cerros, donde interviene explotaciones de metales preciosos realizados por el desarrollo de la minería a pequeña escala, podrían estar interviniendo como agentes contaminantes durante en el crecimiento de la planta y por ende en las

cosechas de cacao, generando una acumulación de dichos metales con niveles de concentraciones elevados.

En este contexto, se plantea la hipótesis de verificar si existen o no concentraciones altas de metales pesados en las almendras de cacao; para ello el objetivo de este trabajo experimental es evaluar la concentración de cadmio y plomo en el cotiledón y en la testa de la almendra de cacao, cultivados en fincas productoras en el sector La Adelina, por lo que se seleccionaron aleatoriamente como espacio muestral a 5 fincas del sector, donde se determinará parámetros físico-químicos como humedad, acidez, pH y cenizas y la aplicación de la técnica de la espectroscopía de absorción atómica por horno de grafito, para lograr identificar en qué parte del fruto se acumula la mayor concentración de estos metales pesados, y así comparar los valores obtenidos con los límites establecidos por la Comisión del Códex Alimentarius. Los resultados a determinar serán de utilidad para el sector La Adelina, cantón Balao, ya que se obtendrán resultados confiables respaldado por laboratorios certificados, los mismos que serán representativos sobre el posible impacto industrial minero ocasionado en el entorno ambiental, además estos mismos datos servirán como base para futuras investigaciones que se desean realizar con respecto a la contaminación que se estaría generando en dicho sector y sus alrededores.

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar la concentración de cadmio y plomo en testa y cotiledón de almendras de cacao orgánico, empleando el método de la espectroscopía de absorción atómica, para determinar en qué parte de la almendra existe mayor acumulación de metales pesados.

Objetivos Específicos

- Determinar parámetros físicos-químicos (humedad, acidez, pH y cenizas) de las muestras recolectadas de almendras de cacao orgánico.
- Cuantificar la concentración de cadmio y plomo en la testa y el cotiledón de la almendra de cacao.
- Comparar los valores obtenidos de cadmio y plomo con los límites máximos permisibles por la Comisión del Códex Alimentarius.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Cacao

El cacao (*Theobroma cacao L.*) es un árbol que se originó en América del Sur en climas tropicales, existen varios tipos del cual se obtiene las semillas conocidas como almendra de cacao para la elaboración de chocolate y sus derivados⁹. Es un árbol que puede llegar a medir entre 4 hasta 10 metros de alto y que por lo general en tiempo de cosechas puede producir de 12 a 20 mazorcas de acuerdo al cuidado que se le brinda¹⁰, las mazorcas pueden tener una coloración amarilla o roja dependiendo del tipo de cacao que sea, su forma es redondeada y alargada y unas suelen ser arrugadas, en su interior puede contener hasta 60 semillas denominadas almendras que se encuentran envueltas en un mucílago color blanco. Este tipo de árbol crece en climas tropicales debido ciertos factores necesarios como altas temperaturas, brindándole un cuidado constante para que pueda producir suficientes mazorcas⁹.

Las semillas o también conocidas como almendras, están recubiertas por una cáscara conocida como la testa y a su vez por un cotiledón que suele ser dulce o ácido dependiendo del tipo de cacao. Presentan una coloración oscura y en algunos casos suelen ser de color morado, tienen una forma alargada, redondeadas o planas y miden aproximadamente de 2 a 3 centímetros de largo, además son ricas en proteínas, grasas y almidón, por ende, aportan un gran valor nutricional¹¹.

1.1.1. Taxonomía del Cacao

La especie *Theobroma cacao L.* de la familia Malvaceae recibe este nombre científico por ser una planta perenne, donde *Theobroma* significa “alimento de los dioses”¹². En la Tabla 1 se muestra la taxonomía general del cacao.

Tabla 1. Taxonomía de la especie de cacao *Theobroma cacao L.*

Clase	Angiosperma
Subclase	Dicotyledoneae
Orden	Malvales
Familia	Malvaceae
Género	Theobroma

Fuente:¹²

1.1.2. Composición química del cacao

La composición química tanto de la almendra de cacao y sus subproductos resulta complejo, debido a que va a depender del proceso y el cuidado realizado a las plantaciones durante la etapa de crecimiento¹³. En la Tabla 2 y 3 se presentan los componentes y la composición química en 100 gr de cacao en base seca, respectivamente.

Tabla 2. Componentes en 100 g de cacao en base seca.

Bioelemento	Contenido	Bioelemento	Contenido
Calorías	456	Fósforo	537 mg
Agua	3,6 ml	Calcio	106 mg
Proteína	12 g	Tiamina	0,17 – 0,24 mg
Grasa	46,3 g	Riboflavina	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
Sacarosa	0,4 – 0,9 g	Hierro	3,6 mg

Fuente:¹⁴

Tabla 3. Composición química en 100 g de cacao en base seca.

Bioelemento	% Máximo de cotiledón (o grano sin cáscara)	% Máximo de cáscara
Agua	3.2	6.6
Grasa (manteca de cacao, grasa de la cáscara)	57	5.9
Nitrógeno total	2.5	3.2
Cafeína	0.7	0.3
Almidón	9	5.2
Fibra cruda	3.2	19.2

Fuente:¹⁴

1.1.3. Calidad del cacao

El cacao es un producto que se lo utiliza como materia prima para obtener subproductos como el licor, manteca, cacao en polvo y productos finales como el chocolate. Se han identificado dos especies de cultivo en relación a su calidad que son el criollo⁹, el cual se encuentra en Centroamérica en el Norte y el Sur de América, y que debido a sus características físicas y organolépticas es utilizado para la producción de chocolate de alta

calidad; el segundo es el llamado trinitario el cual posee una resistencia aún mayor que el forastero, por ende son considerados para la producción mundial de cacao ¹⁵.

Debido a la condiciones climáticas y geográficas Ecuador, es un país considerado como productor mundial de cacao fino con excelente aroma, los granos se comercializan semielaborados y elaborados destacándose por ser uno de los mejores en el mundo y esto es gracias a las buenas prácticas agrícolas que se realizan¹⁶. Para exportación se produce dos tipos de *Theobroma cacao L.*, el fino y el nacional, que se caracterizan por su aroma, sabor y alta calidad en el mercado nacional e internacional¹⁷.

Por ser un producto de exportación se deben cumplir ciertos reglamentos para poder comercializarlo, en los cuales se analiza que la almendra cumpla con los límites permisibles en cuanto a concentración de metales pesados, debido a que una alta concentración podría representar un riesgo en los consumidores y principalmente la economía del país ya que esto afectaría las exportaciones en especial a los países europeos que cuentan con un estricto reglamento de calidad en los alimentos¹².

La producción estimada de cacao en Ecuador es de 260.500 toneladas métricas (Tm), tanto en grano como en productos elaborados, según estudios del Banco Central del Ecuador durante el año 2015 las exportaciones alcanzaron los 601.3 millones de dólares resultando ser un año muy productivo para la economía del país, dentro de los mercados que participaron en la compra del producto se encuentran Estados Unidos, Malasia, Holanda y México¹⁸.

1.2. Toxicidad del suelo

Las actividades geológicas, como los desgastes de cerros y volcanes, abarcan como fuente natural de aportaciones de metales pesados que van dirigidos al suelo¹⁹, al igual que las actividades antropogénicas, que es considerada como una de las actividades que genera mayor cantidad de metales pesados. En la superficie del suelo, gran parte de los metales pesados, están presentes como iones, compuestos de sales solubles o insolubles, o a su vez como óxidos, carbonatos e hidróxidos²⁰. Los metales pesados no pueden ser degradados de forma biológica o natural, debido a que no presentan tipos de funciones metabólicas en los seres vivos, por lo que sus altas concentraciones pueden ser peligrosos y tienden así a acumularse²¹.

Por otra parte, la gran cantidad de residuos y también la generación de lodos ricos que contienen una variedad de metales pesados, generados por industrias, tienden comúnmente a ser depositados en la superficie del entorno del mismo ²². De esta forma el suelo se degrada o se pierde irreversiblemente, sufriendo un grave impacto, convirtiéndolo a su vez frecuentemente inestable, formado por materiales que no son aptos para el desarrollo de otras actividades biológicas y en los procesos formadores de suelo²³.

Por otro lado, estos metales pueden incorporarse a un sistema de abastecimiento de las aguas a través de los residuos industriales que son vertidos sin algún previo tratamiento⁵, y posterior a ellos son depositados en lagos, ríos u otros sistemas acuíferos. La absorción de metales pesados por plantas es otro impacto que ocasiona en la entrada de la cadena alimenticia, por lo que la acumulación de dichos componentes se empieza desde la absorción del suelo a la raíz de la planta²⁴, agregando contaminantes durante su crecimiento.

1.2.1. Minería

La minería es una de las actividades más antiguas desarrolladas por el hombre; a nivel industrial se realizan procesos de explotación, extracción y aprovechamiento de minerales que se encuentran presentes en la superficie terrestre, ya sea para fines comerciales²⁵, originando a su vez diferentes tipos de técnicas metalúrgicas. De acuerdo al reporte de minería del Banco Central del Ecuador, los principales minerales que se producen en el país son el oro, la plata, la arcilla, la caliza, el caolín, el feldespato, sílice, pómez, ferruginosas, concentrado de cobre y oro, zeolita, mármol y la bentonita²⁶.

Dentro de la minería, las actividades extractivas que se llevan a cabo se encuentran delimitadas de acuerdo a la ubicación y la disponibilidad de los recursos necesarios para lograr la extracción de metales preciosos. La localización viene prefijado por la ubicación de los recursos a explotar, determinándose el espacio físico para donde implantar la explotación minera, la cual está relacionada a la viabilidad económica y ambiental de cualquier proyecto minero²⁷; de acuerdo a las clases de minería²⁸ sobresalen la pequeña, mediana y minería a gran escala.

1.2.1.1. Pequeña minería

Establece una baja mecanización durante el proceso productivo debido a su tecnificación muy baja, realizándose explotaciones de pequeñas minas, las que a su vez cuentan con una

eficiencia y productividad baja en explotación y procesamiento del mineral. Por otro lado, sus estándares de seguridad también son bajos, ya que su mano de obra es poca calificada.

1.2.1.2. Mediana minería

Presenta un sistema de mecanización media baja, en base a su producción, por lo que se realiza explotación en minas medianas presentando altos estándares de seguridad con trabajadores que pueden ser unos aptos y otros no calificados para este trabajo.

1.2.1.3. Minería a gran escala

De acuerdo al tamaño de las operaciones efectuadas, esta minería presenta el más alto nivel de legalidad y formalidad, donde sus procesos para la obtención de minerales, son tecnificados con garantías de seguridad industrial, así mismo cuentan con mano de obra apta para estos trabajos, permitiéndole ser de forma única y competitiva que las otras minerías.

1.2.2. Contaminación del suelo por minería

En el país, el desarrollo de la minería ilegal ha provocado un aumento en la contaminación del suelo por metales pesados y a su vez es causante de daños en sectores donde se encuentran cercanos a ríos o efluentes. Los residuos que se generan en la industria minera son una fuente de estos metales, los cuales se encuentran sujetos principalmente en la dispersión hídrica, que son la mayor causa de la contaminación de suelos. Por lo general, gran parte de las concentraciones de metales presentes en los suelos, son producto de procesos como la cianuración y los relaves de amalgación²⁹. Las propiedades del suelo son de gran relevancia al momento de aumentar o reducir la toxicidad de los metales que se encuentran presentes en el suelo, por lo que la disponibilidad y distribución está en relación a los parámetros como las propiedades intrínsecas del metal junto a las características de los suelos contaminados²¹. Los metales pesados que se acumulan en la parte superficial del suelo disminuyen mediante la lixiviación, ya que a su vez son consumidos por las plantaciones, también la erosión y la deflación.

Es por ello, que los sitios que están cercanos a minas resultan encontrar extensas áreas de suelo que son contaminadas ya sea con variedades de elementos considerados ecotóxicos, entre los elementos que destacan se encuentra, el arsénico (As), cadmio (Cd), cobre (Cu), plomo (Pb) y otros metales. Gran parte de estos elementos son bioacumulados por seres acuáticos que se exponen a la contaminación de ríos que provienen de sectores mineros. Por otra parte, comúnmente existen plantas que no se pueden desarrollarse completamente

en este tipo de áreas, sin embargo, a su vez existen otro tipo de plantas conocidas como metalofitas que tienen la capacidad de crecer en este tipo de áreas contaminadas, reconocidas como especies que pueden concentrar varios metales pesados³⁰, los cuales se ven afectadas por los mismos desechos que no son tratados de todas estas industrias mineras.

1.3. Cadmio

El cadmio es un metal, ubicado en el grupo IIB de la tabla química periódica, con un peso de 112.41, su forma iónica está representada por Cd^{2+} y se encuentra en la corteza terrestre generalmente combinado con otras formas iónicas de sulfuros, cloruros incluso del oxígeno, en estado puro es maleable y blando incluso más que el zinc y de color gris-plateado³¹.

Lo que caracteriza al cadmio es que es acumulable y se transmite en la cadena alimenticia, no puede ser eliminado, pero puede tomar diferentes formas, se mezcla en ambientes naturales en el caso de que las vías antropogénicas de cadmio incluyen emisiones industriales¹². La mayor parte del cadmio que es liberado al ambiente cada año en un estimado de 200,00 toneladas que provienen de erosiones las cuales son arrastradas por las fuentes de agua hasta llegar al océano, todo en consecuencia a la actividad humana³².

1.3.1. Toxicidad del cadmio

La presencia de metales pesados resulta un riesgo para la salud, ya que afecta a varios órganos del cuerpo como el hígado y los riñones, en donde se acumula en altas concentraciones por intoxicación o por exposición³¹, debido a esto es recomendable disminuir la ingesta de alimentos como mariscos y vísceras de animales por su alto contenido de cadmio y como se tiene conocimiento puede transmitirse en la cadena alimenticia, es decir no se elimina del organismo, en consecuencia puede generar enfermedades de alto riesgo como el cáncer, de acuerdo a la edad y al tiempo de exposición del individuo³³.

Otra fuente de contaminación son los vegetales y los frutos secos puesto que la mayor parte del cadmio se acumula en la raíz y luego se distribuye principalmente a sus hojas, cáscaras y semillas, todo esto genera un cambio en proceso de fotosíntesis desarrollo de las plantas, alterando su composición química¹². Es recomendable adquirir alimentos libres de metales pesados o que contengan bajas concentraciones y no consumirlos con frecuencia; cabe mencionar que la ingesta diaria permisible de cadmio es $< 0,7 \text{ ug/kg}$ ³⁴.

1.3.2. Cadmio en la almendra de cacao

A pesar que el cacao es un producto alimenticio reconocido en todos los países, de acuerdo a estudios realizados, se ha evidenciado la presencia de metales pesados como el cadmio, siendo un componente que es retenido en los suelos y que no es considerado importante para las plantas de cultivo³⁵. Esto puede deberse a las actividades antrópicas realizadas por el hombre, donde destacan el uso de agroquímicos y las explotaciones mineras⁴; siendo absorbido por las raíces y a su vez se acumulan en las plantas, tallos o frutos. La presencia de este metal también interviene en el desarrollo y en el proceso de la planta, generando así un desequilibrio durante su crecimiento³⁶.

El cadmio en el cacao se acumula en las semillas, tal como lo evidencian estudios realizados en países como Perú²³. La acumulación de este metal puede ser directa o indirecta, ya que existen plantas de cacao que se forman en lugares ya contaminados, y que son capaces de absorber de forma natural estos tipos de metales, tolerando suelos contaminados y que tienden a acumularse en altas concentraciones en su sistema³².

1.4. Plomo

Es un elemento químico de color gris-azulado, ubicado en el grupo IVA de la tabla química periódica, con un número y peso atómico de 82 y 207 respectivamente, de valencia 2 y 4. Este metal se da de forma natural en pequeñas cantidades en la corteza terrestre; proviene más de actividades como la minería, la quema de combustibles fósiles y de la manufactura industrial³⁷. A su vez, es demasiado resistente cuando reacciona con algunos ácidos, tales como el sulfúrico y el clorhídrico, pero es disolvente en ácido nítrico, formando por otra parte sales, óxidos y compuestos organometálicos³⁸.

Presenta ciertos derivados, siendo empleado en el sector industrial, como la fabricación de pinturas, de pigmentos, utilizado para recubrimientos, ungüentos o incluso en pilas eléctricas, a su vez es aplicado en el campo de la metalurgia como en la elaboración de municiones para armas, cobertura para cables, metal para cojinetes³⁹ y entre otras aplicaciones.

1.4.1. Toxicidad del plomo

La intoxicación por plomo, depende del estado de salud y la forma de alimentación de las personas³⁷. Gran parte de este metal puede ingresar al organismo por vía respiratoria y gastrointestinal, y es excretada por la orina o través de la bilis; una vez que es absorbido,

un porcentaje de plomo se retiene en la sangre alrededor de 25 días, para luego propagarse por diferentes partes del cuerpo como en la sangre, huesos, riñones, tejidos, pulmones y en el hígado⁴⁰, que es donde se almacena casi todo el componente.

La contaminación de este metal, puede darse al momento de la producción o en el almacenamiento de algún producto; tal es el caso de las raíces de las plantas³⁹, que pueden extraer este metal que se encuentra acumulado en el suelo, o también encontrarse en la atmósfera que puede ser depositado en las hojas, y que a su vez son absorbidos y dirigidos a los frutos o vegetales de la planta⁴¹.

1.4.2. Plomo en la almendra de cacao

El plomo no es considerado como un elemento esencial para el desarrollo de las plantas, este tiende a acumularse en la superficie de los suelos, ya sea por actividades antropogénicas generadas en las industrias¹⁹, por lo que las cosechas con raíces tan profundas se encuentran expuestas a concentraciones relativamente altas; aunque por lo general las partes del fruto como de la flor, no se presenta grandes cantidades de plomo, a diferencia de otras partes de la planta⁴².

En cultivos de cacao, a pesar que en los suelos, las raíces absorben grandes cantidades de plomo, otra forma de exposición a este metal es el momento que se realizan las cosechas o secados en las orillas de las carreteras, por lo que se presumen que el fruto puede verse contaminado con plomo, el cual proviene de la combustión de la gasolina efectuada por los vehículos que circulan cerca de ellos⁴³.

1.5. Espectroscopia de absorción atómica EAA

La espectroscopía de absorción atómica AAS (Atomic Absorption Spectroscopy), es una técnica muy sensible que determina alrededor de unos 70 elementos químicos, ya sea en cantidades bajas con una razonable selectividad, consistiendo en una fuente de emisión de luz del espectro de la línea de un elemento⁴⁴. La base de esta técnica la mencionó Kirchhoff, al presentar su ley general: “cualquiera materia que pueda emitir luz a una cierta longitud de onda, también absorberá luz a esa longitud de onda”; dentro de la espectroscopía de absorción atómica, la muestra es vaporizada mediante un proceso donde se emplea altas temperaturas, dicho procesos se lo conoce como atomización⁴⁵ y pueden ser de tres tipos: de llama, electrotérmica (horno de grafito) y con plasma.

La instrumentación básica para la espectroscopía, está constituida de una fuente de radiación policromática o monocromática, es decir es específica para cada elemento que se desea analizar; así mismo presenta, un nebulizador, que actúa por aspiración en función de la muestra líquida, formando pequeñas gotas para lograr una atomización más eficiente; por otro lado, se tiene un atomizador para generar los átomos excitados de la sustancia a analizar, que esto es cuando a un átomo se le suministra una determinada energía y a su vez es absorbida por el mismo átomo, convirtiéndolo a un nuevo estado energético conocido como estado excitado⁴⁴; también cuenta con un monocromador que permite adecuar la longitud de onda de radiación que es utilizado para la radiación emitida; y por último un procesador para la señal y la lectura de salida respectiva del proceso⁴⁶.

1.5.1. Espectroscopía de absorción atómica por horno de grafito

La espectroscopía de adsorción atómica en horno de grafito GFAAS (Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry) o también conocida como espectroscopía de adsorción atómica electrotérmica ETAAS (Electrothermal Atomic Absorption Spectroscopy), se caracteriza por ser un método analítico eficaz, automatizado y menos tóxico, en comparación con los otros métodos¹², pues esta técnica fue desarrollada con la necesidad de emplear muestras con volúmenes mínimos, por lo que es utilizada debido a que permite determinar concentraciones de metales pesados en ciertas muestras, donde la atomización de la muestra se produce en un tubo de grafito, y los rangos de detección son de órdenes de partes por billón (ppb), siendo esta de mayor sensibilidad⁴⁷.

1.6. Comisión del Códex Alimentarius

La presente norma legal se basa en los principios recomendados por el Códex Alimentarius, con respecto a la presencia de toxinas y contaminantes que se encuentran en los alimentos; mencionando niveles máximos permisibles para cada uno de ellos y a su vez las guías de muestreo para contaminantes y toxinas⁴⁸, para lo cual sugiere aplicarse en especial a aquellos productos que se encuentran en el ámbito del comercio internacional.

En la Tabla 4, se presenta los niveles máximos permisibles de cadmio para chocolate mayor al 70% de sólidos de base de materia seca.

Tabla 4. Nivel máximo permisible para cadmio en chocolates.

Nombre del producto	Nivel máximo (NM) mg/kg	Parte del producto básico a que se aplica el NM.	Observaciones
Chocolate que contiene o declara $\geq 70\%$ del total de sólidos de cacao sobre la base de materia seca.	0,9	Producto entero tal como se prepara para la distribución al por mayor o al por menor.	Incluidos el chocolate dulce, chocolate gianduja, chocolate semiamargo para mesa, hojuelas de chocolate y chocolate amargo.

Fuente:⁴⁹

En la tabla 5, se ilustra los niveles máximos permisibles de plomo en frutas con semillas, donde incluyen al cacao (todo el producto).

Tabla 5. Nivel máximo permisible para plomo en frutas con semillas.

Nombre del producto	Nivel máximo (NM) mg/kg	Parte del producto básico a que se aplica el NM.	Observaciones
Fruta	0,1	Todo el producto.	El NM no se aplica a los arándanos, las grosellas y bayas de saúco.
		Bayas y otros frutos: todo el producto una vez eliminadas las coronas y los tallos.	
		Pomáceas: todo el producto una vez retirado los tallos.	
		Frutas con hueso, dátiles y aceitunas: todo el producto una vez retirados los tallos y los huesos, pero el nivel se calcula y expresa de todo el producto, sin tallo.	
		Piña: todo el producto después retirado la corona.	
Aguacate, mango y frutas similares con semillas duras: todo el producto.			

Fuente:⁴⁹

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación se basa en un estudio experimental, analítico y comparativo-descriptivo, donde se realizó un análisis estadístico de los resultados obtenidos empleando el software IBM SPSS Statistics 25.0 para determinar parámetros como la media, la significancia, la mediana y la representación gráfica de distribución de los datos.

2.2. Población y muestra

La población de estudio fueron como espacio muestral cinco fincas productoras ubicadas en el sector La Adelina, cantón Balao, de las cuales se tomarán como muestra las almendras de cacao cosechadas en las fincas.

2.3. Ubicación de la investigación

De acuerdo a la ubicación de la investigación, los ensayos experimentales se realizaron en dos instituciones. Los análisis físico-químicos tanto en el cotiledón como en la testa, se los realizó en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Química y de la Salud, de la Universidad Técnica de Machala situada en Km. 5 ½ Vía Machala-Pasaje. Mientras que, para los resultados de los análisis de cadmio y plomo en la testa y almendras de cacao, se realizaron en Laboratorios AVVE S.A. que cuenta con certificación y está ubicado en el kilómetro 11 ½ vía Daule en la ciudad de Guayaquil.

2.4. Materiales, reactivos y equipos

2.4.1. Materiales

- Pinzas.
- Crisoles.
- Recipientes con cierre hermético para 400 g.
- Varilla de agitación.
- Luna de reloj.
- Vaso de precipitación de 100 ml.
- Balón volumétrico de 50 ml y 100 ml.

- Papel filtro.
- Tamiz de laboratorio #20.
- Buretas de 50 ml.
- Espátulas.
- Termómetro industrial.

2.4.2. Reactivos

- Ácido clorhídrico al 37% v/v (HCl).
- Ácido nítrico al 65% v/v (HNO₃).
- Ácido perclórico concentrado (HClO₄).
- Hidróxido de Sodio (NaOH) 0.1 N.
- Fenolftaleína.

2.4.3. Equipos

- Balanza de mano TOLSEN 35072
- Balanza analítica BOECO BBL31.
- Espectrofotómetro de horno de grafito MGA-1000.
- pH-metro Seven Easy – Metter Toledo.
- Licuadora Oster.
- Cocinetas Goldsun ES-2615.CLOSEELECTRICSTOVE.
- Mufla THERMO SCIENTIFIC F6018.
- Desecador.
- Medidor de Humedad OHAUS MB90.

2.5. Desarrollo experimental

2.5.1. Recolección de la muestra

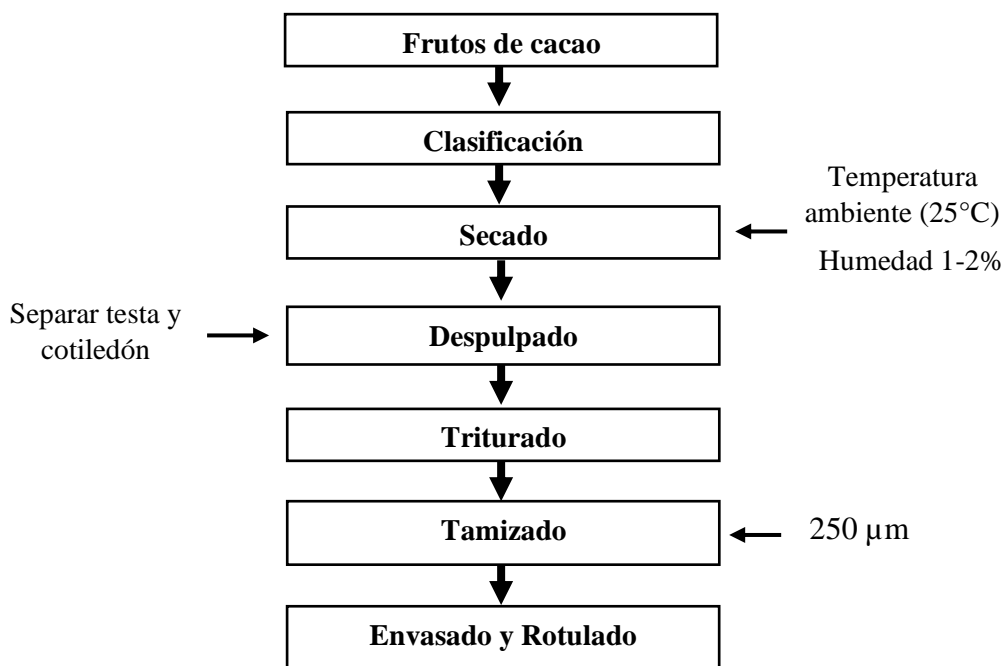
El muestreo exige un gran cuidado debido a que la muestra recolectada servirá para los análisis correspondientes y debe ser representativa, un muestreo inexacto y sin cuidado puede provocar alteraciones y errores en los resultados finales, por ello para la recolección de la muestra se tomó como referencia el reglamento CE No333/200758⁵⁰. Estableciendo los puntos críticos en las cinco fincas productoras, la primera finca se encontraba a una mayor distancia y cerca de la zona minera a diferencia de las demás que estaban junto a la carretera de la zona, pero todas correspondientes al mismo sector.

La muestra global de almendras de cacao tomada fue de 2,5 kg debido a que se extrajeron directamente de la mazorca y contenía una alta humedad, esto se realizó con ayuda de una balanza de mano marca TOLSEN 35072 para determinar el peso exacto. Todas las muestras fueron colocadas en un recipiente limpio e inerte para que no se produzca una contaminación ni la pérdida del analito por absorción de las paredes internas del recipiente. Se tomaron todas las medidas de acuerdo a los protocolos establecidos en la toma de muestra con su respectiva rotulación; y así evitar que se altere la composición química de la misma durante el transporte y almacenamiento.

2.5.2. Preparación de la muestra

Por otra parte, para la preparación de la muestra se secaron las semillas a temperatura ambiente exponiéndolas a los rayos del sol alrededor de 3 semanas, las cuales fueron clasificadas en relación a las 5 fincas de los productores. Previo al proceso de trituración se procedió a la separación del cotiledón de la cascará de la almendra de cacao más conocida como testa, para ello se lo realizó de forma manual, empleando una licuadora marca Oster para así triturar los granos finamente hasta obtener una muestra homogénea, posterior a ello se los tamizaron en un tamiz de laboratorio marca WSTYLER #20 de acero inoxidable, hasta alcanzar una medición de partículas de 250 μm y finalmente proceder a envasarlos y rotularlos.

Diagrama 1. Flujo de proceso para la recolección de la muestra.



Fuente: Elaboración propia.

2.5.3. Análisis físico-químicos de las muestras recolectadas

2.5.3.1. Análisis de humedad

Para este tipo análisis se procedió a pesar aproximadamente un gramo de cada muestra de la almendra de cacao seca, siendo este el peso requerido; el cual se lo hizo en el determinador de humedad marca OHAUS MB90, colocando la muestra madre en el platillo del equipo y empleando un tiempo alrededor de 5 minutos por muestras para el análisis permitiendo obtener el valor de porcentaje de la humedad respectivamente.

2.5.3.2. Determinación de la acidez titulable

Para determinar la cantidad exacta de NaOH a 0.1 N en g, previo a la titulación, se empleó la Ec. 1 de Normalidad; determinando los gramos de soluto:

$$N = \frac{g}{P_{\text{equiv.}} * V} \quad (1)$$

Donde:

N = Normalidad (mol/L)

g = gr del soluto (g)

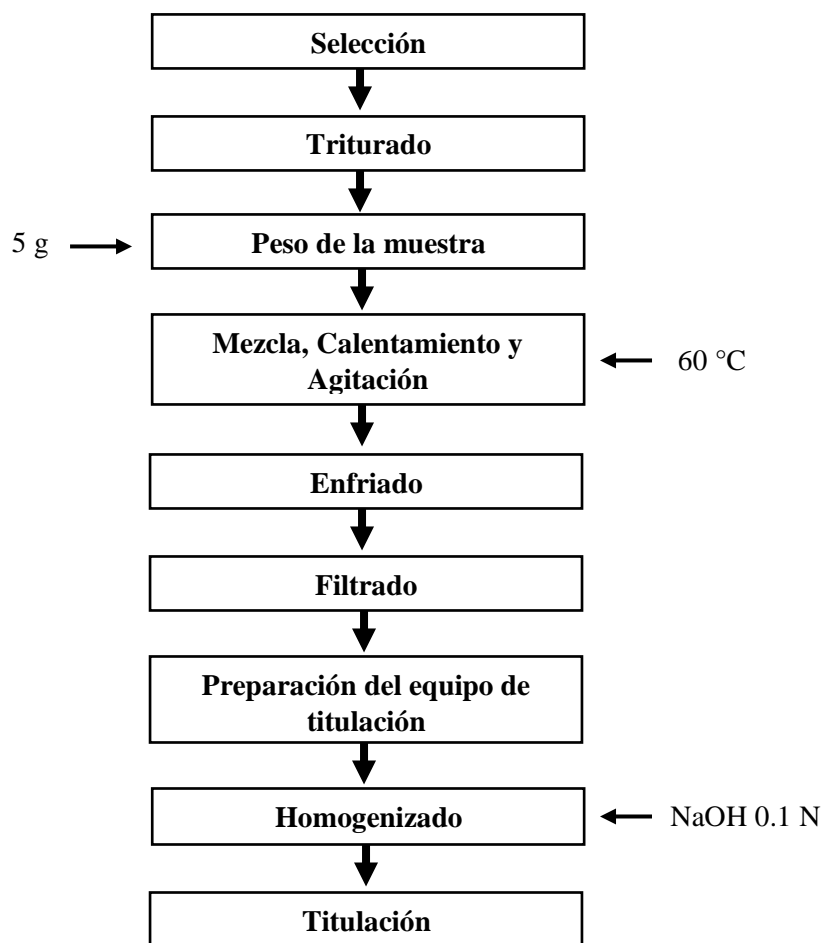
P_{equiv.} = Peso equivalente del soluto (g/mol)

V = Volumen de solución (L)

Para la determinación de la acidez titulable se optó como referencia la normativa INEN 0038:73: Grasas y Aceites Comestibles. Determinación de la Acidez⁵¹; la cual establece que la acidez en este tipo de muestras se determina por volumetría. Para ello se pesó 5 gramos de muestra empleando la balanza analítica marca BOECO BBL31, la cual se la mezcló con 100 ml de agua destilada, posteriormente hervida en una cocineta marca Goldsun ES-2615.CLOSEELECTRICSTOVE, agitándose durante 10 minutos; después se dejó enfriar y se filtró la muestra en papel filtro, y se agregó el indicador fenolftaleína de 2 a 3 gotas.

Por otro lado, se procedió a preparar el equipo de titulación, enrasando la bureta con el NaOH a 0.1 N, que fue previamente preparado mediante la Ecu. 1 para conocer el gramo exacto del soluto; dejando así caer las gotas en la solución principal, agitándose constantemente hasta que cambie la coloración en relación al medio ácido-base, y finalmente se anota el volumen consumido del viraje.

Diagrama 2. Flujo de proceso para el análisis de acidez.



Fuente: Elaboración propia.

Para determinar el porcentaje de acidez titulable en las muestras se empleó el siguiente cálculo de la Ec. 2:

$$\%A = \frac{Vc * N}{M} \times 100 \quad (2)$$

Donde:

%A= porcentaje de acidez titulable (%)

Vc= Volumen consumido de NaOH (ml)

N= Normalidad de las soluciones de NaOH

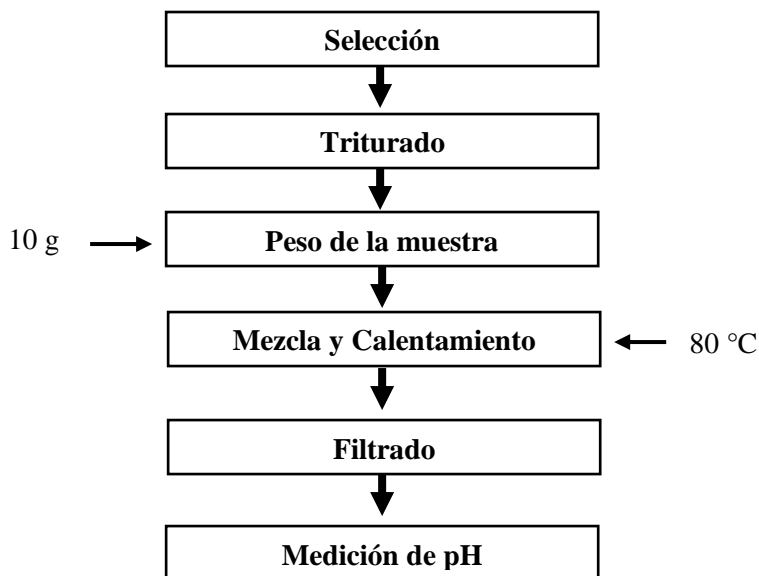
M= Peso de la muestra

2.5.3.3. Determinación de pH

Para determinar el pH primero se calibró el medidor del equipo marca pH-metro Seven Easy – Metter Toledo; después de ello se mezcló por separado una muestra de 10 g de

cotiledón y otra de testa de cacao triturados respectivamente con 100 ml de agua destilada hervida, la misma que fue sometida a calefacción con ayuda de la cocineta hasta alcanzar una temperatura de 80 °C, la cual se la agitó durante 20 minutos, luego proceder a filtrar y dejar que este se enfríe; para así finalmente introducir el electrodo del pH-metro obteniendo las lecturas de medición de pH, tanto de la testa como del cotiledón.

Diagrama 3. Flujo de proceso para el análisis de pH.



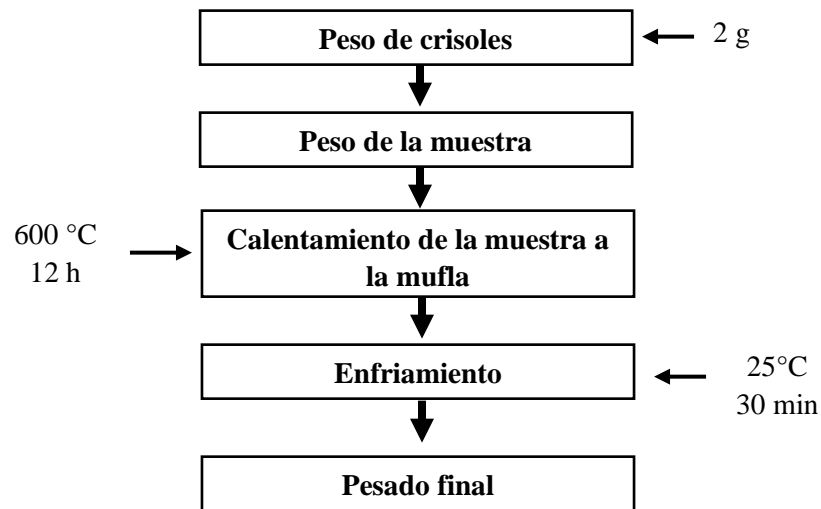
Fuente: Elaboración propia.

2.5.3.4. Determinación de cenizas

Para la determinación de las cenizas se tomó como referencia el método AOAC 972.15⁵⁰; así se procedió a lavar el material, y a su vez se estabilizó la temperatura de la mufla a 600 °C. Se trataron los crisoles en el Horno Mufla THERMO SCIENTIFIC F6018 durante 3 horas para posteriormente llevarlos al desecador por 30 min., para así eliminar la mayor cantidad de humedad presente en el material y pesarlos antes de colocar la muestra.

Se pesó 2 g de muestra por separado tanto para la testa y el cotiledón y se las colocó en los crisoles previamente tarados y pesados, se los llevó a la mufla el cual fue sometido a calefacción por 12 horas a la misma temperatura de 600°C; finalmente se realizó el mismo proceso de retirar los crisoles de la mufla y llevarlos al desecador para pesarlos cuando estos se enfríen y, realizar los cálculos correspondientes en relación a los pesos obtenidos para determinar el contenido total de cenizas tanto en testa como en cotiledón.

Diagrama 4. Flujo de proceso para el análisis de cenizas.



Fuente: Elaboración propia.

Para determinar el porcentaje total de cenizas en las muestras se empleó el siguiente cálculo de la Ec. 3:

$$\%CT = \frac{(W - W_c)}{M} \times 100 \quad (3)$$

Donde:

CT = Porcentaje de cenizas total (%)

W = Peso del crisol + cenizas (g)

Wc = Peso del crisol vacío (g)

M = Peso de la muestra (g)

2.5.4. Digestión de la muestra por vía húmeda

Previo al análisis en el equipo de espectroscopía, se trituro la muestra en un mortero de cerámica hasta obtener una muestra homogénea para el proceso de digestión evitando que se contamine. Luego se pesó alrededor de 0.5 gr de la muestra en un Becker de 100 ml, y se agregó una mezcla de HNO₃ (8 ml) con HClO₄ (2 ml); posteriormente se la cubrió con una luna de reloj para después llevarla a mineralización por nítrico-perclórico por una hora, colocándose dicha mezcla en una placa con base calentadora a una temperatura de 180°C por 90 minutos hasta lograr una digestión total, el gas de color blanco es el indicativo de que la digestión se ha completado y se forma un líquido incoloro. Luego se filtró el extracto en un balón de 50 ml y se aforó con agua desionizada.

2.5.5. Determinación de cadmio y plomo por GFAAS

El método GFAAS se llevó a cabo en el equipo espectrómetro de absorción atómica de horno de grafito marca MGA-1000, la información fue facilitado de acuerdo al proceso realizado en el laboratorio AVVE S.A, empleando como métodos de referencia MMQ-AAS-10 y MMQ-AAS-18. Esta técnica es muy útil y con mayor sensibilidad ya que permite detectar concentraciones hasta 1000 inferiores que las detectables con llama.

Para proceder con el análisis de la muestra, se debe primero alinear el tubo de grafito con la luz emitida por la lámpara espectral, la cual se encuentra dentro del equipo. Esto se hace ya que una vez el horno sea encendido, y así el vapor atómico generado por la muestra permite absorber la luz que proviene de la lámpara del elemento a determinar. Por otra parte, con ayuda del software se debe programar el equipo con relación a la longitud de onda a la cual la luz será absorbida por el elemento de interés, para este caso sería tanto en cadmio y plomo.

Una vez que se haya realizado la digestión de las muestras que se pretenden analizar, se aplica la siguiente metodología; se toma un volumen alrededor de 10 μL empleando la micropipeta y se lo inyecta en la parte superior de la entrada del tubo de grafito, donde las temperaturas cumplen un papel importante, en esta etapa se logra calentar al punto de ebullición del solvente que va entre los 80° a 180°C ; lo que se desea en esta etapa es evaporar el solvente y los componentes volátiles presentes. El siguiente paso es el proceso de calcinado, el cual se lo trabaja con un incremento de temperatura que va de 350°C a 1600°C , esto se lo hace para eliminar gran cantidad de material orgánico que se encuentra en la muestra, sin tratar que se pierda una parte del analito. En la última etapa se da la atomización, donde el horno se calienta a temperaturas elevadas que van desde los 1800°C a los 2800°C , permitiendo evaporar los residuos que se dieron en el calcinado, donde se consigue verificar uno de los fundamentos de la espectroscopía, por lo que se logra llevar los átomos al estado fundamental. En el último paso es donde se logra medir la absorbancia visualizada en el software del equipo.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS

3.1. Parámetros físico-químico de las muestras recolectadas

3.1.1. Determinación de Humedad

La media obtenida de los porcentajes de humedad relativa de las muestras analizadas de las 5 fincas se observa en la Tabla 6, los valores obtenidos se encuentran dentro del rango requerido por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE-INEN 173⁵², estableciendo que el porcentaje máximo de humedad en almendras de cacao debe ser menor de un 7%. Este tipo de condiciones, proyecta que el fruto ha cumplido con la mayor eliminación de cantidad de humedad durante el proceso de secado.

Tabla 6. Porcentaje de humedad de las muestras de granos de cacao.

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
Análisis 1	1,10	1,23	1,05	2,22	0,70
Análisis 2	0,99	1,14	1,00	1,53	1,00
Análisis 3	1,05	1,14	1,09	1,76	0,95
	1,05	1,17	1,05	1,84	0,88

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos concuerdan con la investigación de Intriago en el 2019, quien realizó un estudio de variables con un test de coeficientes estandarizados al 95% de intervalo de confianza, donde obtuvo valores de porcentaje de humedad entre un rango de 2 y 4% acorde a criterios de atributo de las almendras de cacao, simulando el mismo proceso de secado a temperatura ambiente y con un tiempo aproximado de 3 semanas, quien además declara en su investigación que la humedad es un factor importante ya que en base a ello se evalúa la calidad del cacao⁵³.

3.1.2. Determinación de pH

Los resultados obtenidos en relación a las medias del pH en la testa y cotiledón de cacao de las diferentes fincas productoras se detallan en la Tabla 7 y 8 respectivamente, existiendo una diferencia en la muestra 1 en comparación con las demás muestras. Los valores de pH, tanto en testa y en cotiledón, indican que la almendra de cacao es ligeramente ácida y esto se ve influenciado por el proceso de fermentación y secado que comúnmente atraviesa este tipo de frutos.

Tabla 7. pH en las muestras de la testa de cacao.

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
Análisis 1	4,33	5,00	5,26	4,90	5,00
Análisis 2	4,28	5,18	5,22	4,95	5,00
Análisis 3	4,40	5,21	5,24	5,00	5,00
	4,34	5,13	5,24	4,95	5,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8. pH en las muestras de cotiledón de cacao.

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
Análisis 1	4,61	5,04	5,15	5,04	5
Análisis 2	4,60	5,00	5,19	5,00	5,18
Análisis 3	4,59	5,04	5,21	5,03	5,21
	4,60	5,03	5,18	5,02	5,13

Fuente: Elaboración propia.

La investigación realizada por Amorim en el 2017, quien hizo un estudio de variables físicas y químicas antes y después de la fermentación sometida a los granos de cacao, reportó valores de pH que oscilan entre 5,0 y 5,4 mencionando que en una buena fermentación el pH óptimo asciende de 3,0 a 5,0¹⁵. Por otro lado, Andrade y col. en el 2019 aportan que, en su investigación, realizadas a granos de cacao de especies de Perú y Ecuador presentan un rango de pH de 4,23 a 5,36, valores que se asemejan con los datos obtenidos en esta investigación. De acuerdo a ello, señalan que el cacao mientras más ácido se encuentre, presentará un mayor indicio de contaminación, por lo recomiendan realizar estudios posteriores al mismo¹⁰.

3.1.3. Determinación de acidez

La media de los volúmenes consumidos para la determinación del porcentaje de acidez, la cual se empleó la Ecu. 2, tanto para testa y cotiledón, se presentan en la Tabla 9 y 10, respectivamente. Este parámetro está en relación al pH, siendo inversamente proporcional, por lo que, si el pH aumenta el porcentaje de acidez disminuirá, tal como se ilustra en la tabla de valores de pH y acidez. De acuerdo a la acidez en la testa del cacao, se puede observar que en los resultados obtenidos existe una diferencia en la muestra 1 y 4 en comparación de las demás muestras, las cuales presentan una acidez mayor; el mismo comportamiento sucede en el caso de la acidez del cotiledón, que muestra una diferencia en relación a la muestra 1 con las otras muestras. Estos resultados pueden ser influenciados

por el uso de agroquímicos en el cuidado que se le brinda en las plantaciones de esa zona y a su vez se conoce que la testa es la que recubre al cotiledón y por ende es más ácida.

Tabla 9. Porcentaje de acidez en las muestras de testa de cacao.

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
Análisis 1	2,6	1,5	1,3	2,0	1,5
Análisis 2	2,6	1,5	1,1	2,1	1,5
Análisis 3	2,1	1,3	0,9	2,0	1,7
	2,4	1,4	1,1	2,0	1,6

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10. Porcentaje de acidez en las muestras de cotiledón de cacao.

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
Análisis 1	1,9	1,7	1,5	1,7	1,7
Análisis 2	2,1	1,9	1,3	1,9	1,5
Análisis 3	2,3	1,5	1,3	1,7	1,5
	2,1	1,7	1,4	1,8	1,6

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados son respaldados por Zambrano en el 2018, el cual tuvo como propósito evaluar la influencia del proceso de beneficio del cacao; en donde sus resultados mostraron variaciones con respecto a un pH < 6 y con una acidez < a 2,5 en las muestras de testa de cacao, considerando a la mayoría ácidas y concluyendo así que estas variaciones se deben a los diferentes procesos que se brinda durante el proceso de secado y de fermentación⁵⁴. Andrade y Rivera en el 2019, quienes evaluaron las propiedades físicas y químicas de los granos de cacao procedentes de Ecuador y Perú, resaltan la relación en valores de acidez y pH obteniendo porcentajes de acidez entre un rango de 1,6 y 1,8%, el cual disminuye al momento que el pH ascendía, esto ocurría en el proceso de conchado del grano de cacao, por lo que sugieren un manejo adecuado que eviten sobrepasar valores de 5, para prevenir la presencia de hongos que desmejoran la calidad del grano de cacao¹⁰.

3.1.4. Determinación de cenizas

En la Tabla 11 se observa el porcentaje obtenido de cenizas, donde se empleó la Ecu. 3 para la determinación de dichos valores. En la testa del cacao de las cinco muestras analizadas existe una diferencia con respecto a la muestra 2 en comparación de las demás

muestras, donde se obtuvo una diferencia de 1,8%. Sin embargo, dichos valores demuestran un contenido de pureza en el fruto.

Tabla 11. Porcentaje de cenizas en las muestras de testa de cacao.

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
Análisis 1	5,01	4,12	4,67	5,06	4,95
Análisis 2	5,47	3,59	5,08	5,03	4,91
Análisis 3	5,70	3,12	5,11	5,24	4,97
	5,4	3,6	5,0	5,1	4,9

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 12, se muestra el porcentaje de cenizas obtenidos en el cotiledón la cual se encuentra en un rango de 2,05 a 3,06%, los cuales dichos valores están por debajo de los obtenidos en la testa del cacao, la cual indica que las almendras de cacao son de buena calidad.

Tabla 12. Porcentaje de cenizas en las muestras de cotiledón de cacao.

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
Análisis 1	3,07	3,17	2,99	2,23	2,89
Análisis 2	4,02	2,65	2,48	1,72	2,36
Análisis 3	2,10	3,09	2,96	2,19	2,37
	3,06	2,97	2,81	2,05	2,54

Fuente: Elaboración propia.

Según la investigación de Andrade y Rivera en el 2019¹⁰, realizada a especies de cacao determinaron un porcentaje de cenizas de 2,22 a 2,79%; mientras que en otra investigación realizada por Humaní y col. en el 2012, reportan valores superiores a 2,96% de cenizas relacionándose con los valores obtenidos en la investigación, mencionando a su vez que el contenido de ceniza de en cacao presenta valores típicos entre 4 y 10%, y mientras que los productos de alta calidad se encuentran valores menores al 8%, indicado así el grado de pureza y la calidad del producto⁸.

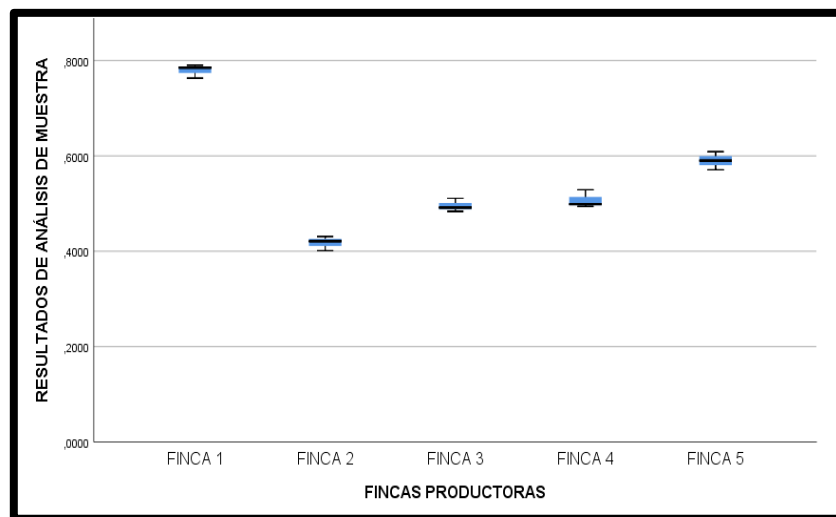
3.2. Cuantificación del cadmio y plomo por espectroscopia de absorción atómica

3.2.1. Cuantificación de cadmio en la testa y cotiledón del cacao

Los resultados proporcionados a través del método de absorción atómica con respecto al análisis de cadmio contenido en la testa y cotiledón de las 5 muestras de cacao, provenientes de las fincas productoras, se presentan en la Figura 1 y 2 respectivamente;

donde se determinó que los valores obtenidos en el contenido de cadmio en la testa del cacao no presentan una diferencia estadística significativa ($p > 0,05$). En base al diagrama de caja y bigotes, se puede interpretar que en la finca 2, 3 y 5 no existe una mayor distribución de los datos muestreados y a su vez la resolución de las medianas, las mismas que oscilan entre valores de 0,4178 a 0,5900 mg/kg; mientras que en la finca 1 y 4, puede observarse que la distribución es más dispersa. Sin embargo, la mediana obtenida en la finca 1 es la más alta en comparación con las demás con un valor de 0,7793 mg/kg, lo que demuestra una concentración levemente elevada de cadmio en dicho punto.

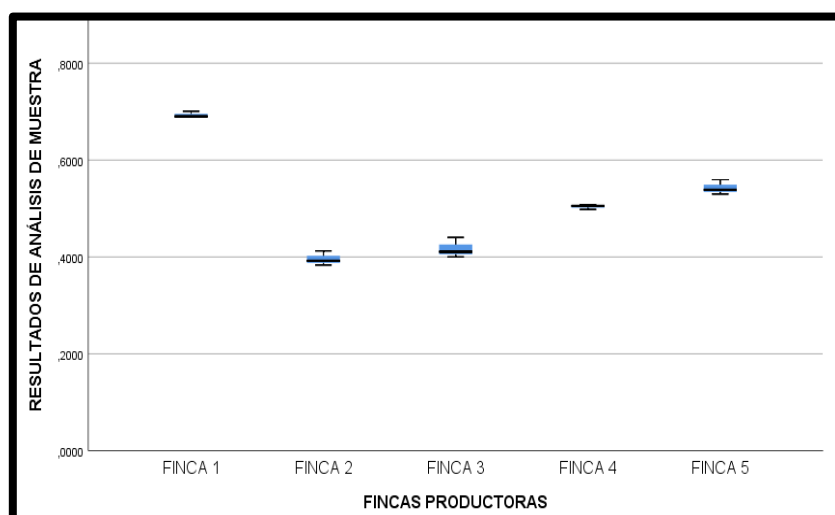
Figura 1. Diagrama de caja y bigote del contenido de Cd en la testa del cacao.



Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, los resultados proporcionados en relación al contenido de cadmio presente en el cotiledón del cacao, al igual que en el caso del cadmio en la testa, no se evidenció una diferencia estadística significativa ($p > 0,05$). Con respecto al diagrama de caja y bigotes, se puede observar que en la finca 3 la distribución de datos es menor, en comparación con las otras fincas; en lo que corresponde a las medianas, las fincas 2,3,4 y 5 se determinaron valores que oscilan entre 0,3960 a 0,5427 mg/kg, a diferencia de la finca 1 que se obtuvo una mediana de 0,6933 mg/kg, presentando un valor de concentración ligeramente alto. La variación que presenta la finca 1 de las otras fincas, en relación al contenido de cadmio tanto en testa como en cotiledón, puede darse como consecuencia ya que esta se encuentra más cerca de la zona minera y por la tanto se ve influenciada por la acumulación de dichos metales en la planta de cacao, teniendo en cuenta que en la testa del fruto existe mayor concentración de cadmio.

Figura 2. Diagrama de caja y bigote del contenido de Cd en el cotiledón del cacao.



Fuente: Elaboración propia.

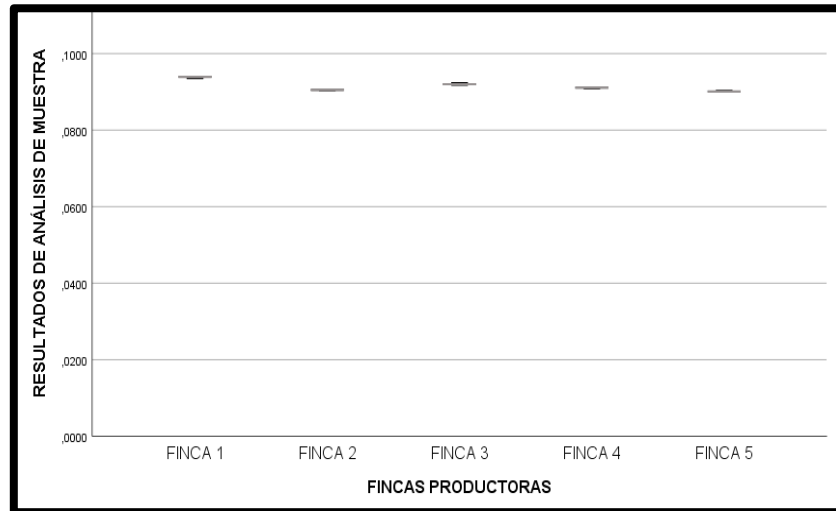
Investigaciones desarrolladas por Carrillo y Durango en el 2008, donde realizaron un monitoreo de presencia de metales pesados en las almendras de cacao y suelo en la provincia de Santa Elena, reportan que obtuvieron un promedio mayor de cadmio en la testa de cacao, con un valor de 2,61 kg/mg⁵⁵. No obstante, en la investigación de Díaz y col. en el 2018, evidencian que existe mayor concentración de metales pesados en el cotiledón del fruto provenientes de fincas de productores orgánicos del cantón Vinces, encontrándose así un promedio 2,45 mg/kg de Cd, señalando que el incremento de la concentración este metal se debía al proceso de secado, por lo que el grano de cacao pierde un 90% de agua y minerales⁵⁷. Llatance y col. en el 2019 por su parte determinó que la planta *Theobroma cacao L.* presenta una mayor acumulación de cadmio a diferencia de otras especies que siguen una secuencia ascendente (raíz, tallo, hoja, fruto) donde reportó que la concentración de cadmio en el cotiledón fue de 0,411 mg/kg y concluye que la acumulación de este elemento se debe a que es una planta de tipo perenne³⁶.

3.2.2. Cuantificación de plomo en la testa y cotiledón del cacao

En la figura 3 se evidencia los resultados obtenidos del análisis de plomo en testa de las 5 fincas productoras. De acuerdo a los valores resultantes en el contenido de plomo en la testa de cacao, no existe una diferencia significativa ($p > 0,05$) en base a las muestras de las fincas. La representación gráfica de caja y bigotes indica que en todas las 5 fincas la distribución es relativamente menor; por otro lado, las medianas resultantes de las fincas 2, 4 y 5 alcanzaron valores entre un rango de 0,0901 a 0,0911 mg/kg. Sin embargo, cabe

mencionar que la finca 1 y 3, fueron las que presentaron un mayor incremento de plomo en comparación de las demás, con una mediana de 0,0938 y 0,0920 mg/kg respectivamente.

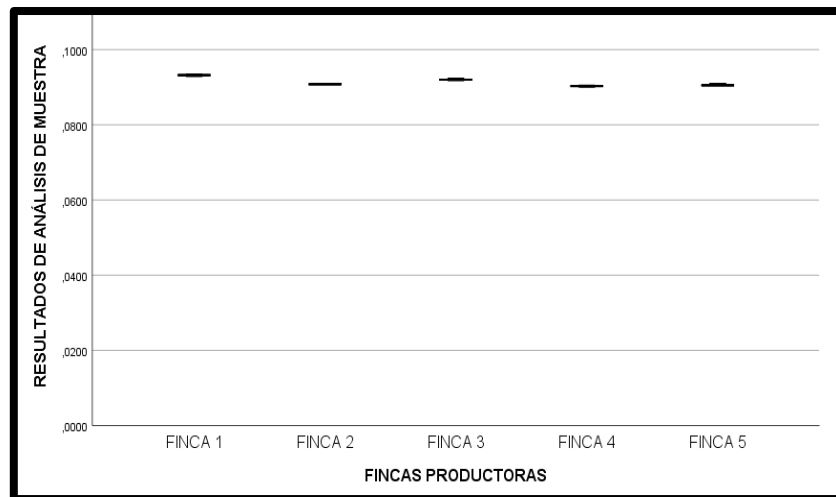
Figura 3. Diagrama de caja y bigote del contenido de Pb en la testa del cacao.



Fuente: Elaboración propia.

Para el caso del análisis de contenido de plomo en el cotiledón del cacao, en base a los valores obtenidos no se evidenció diferencia estadística significativa ($p > 0,05$). En lo que respecta al diagrama de caja y bigotes ilustrado en la Figura 4, se observa de igual manera que la distribución en las 5 fincas no existe una mayor dispersión; así mismo, en lo que respecta a las fincas existe diferencia de una variación de concentración plomo. En este estudio, para las fincas 2, 4 y 5 se determinaron medianas que oscilan entre 0,0903 a 0,0909 mg/kg, en comparación de la finca 1 y 3, donde se obtuvieron medianas de 0,0932 y 0,0920 respectivamente. Uno de los posibles factores que intervienen en la variación de concentración de plomo en la finca 1, como se expuso anteriormente, los valores referenciados se deben a que la muestra fue tomada de una plantación cercana a una zona donde se lleva a cabo actividades mineras y por la cual atraviesa un río que suele usarse para riego, mientras que en la finca 3 las muestras fueron tomadas cerca de la carretera, la cual pudo verse influenciada por la combustión de la gasolina efectuada por los vehículos que circulan cerca del sector.

Figura 4. Diagrama de caja y bigote del contenido de Pb en el cotiledón del cacao.



Fuente: Elaboración propia.

En efecto, Assa y col. en el 2018, manifiestan que los resultados de su investigación en cuantificación de Pb^{+4} oscilaron entre 0,0902 y 0,0905 mg/kg, los cuales se asemejan en base a la investigación; donde determinaron metales pesados en almendras de cacao, después que la almendra haya sufrido el proceso de fermentación⁵⁷. Otra investigación proporcionada por Puga en el 2016 determinó que las variaciones de concentración de Cd^{+2} y Pb^{+4} no se ven afectadas por la manipulación en el proceso de recolección, fermentación y secado, sino se atribuye a factores como el agua, tipos de suelo, uso de productos agrícolas, uso de combustibles²¹, entre otros. Dentro del contexto, estudios realizados por Prieto en el 2009, indican que los metales pesados se presentan en la litosfera como consecuencia de las actividades antropogénicas y que dicho factor puede deberse especialmente a la incineración de los residuos sólidos urbanos, uso de lodos residuales practicados en las labores agrícolas, agroquímicos o abonos orgánicos sin compostar²⁰.

3.3. Comparación de los valores obtenidos de cadmio y plomo con los límites máximos recomendado por la Comisión del Códex Alimentarius

La normativa del Códex Alimentarius establece límites máximos permisibles en lo que corresponde a toxinas, metales pesados u otro tipo contaminantes que puedan encontrarse en los alimentos. En base a ello indica que, el contenido de cadmio en relación a la almendra de cacao como límite permisible para chocolates mayor al 70% de sólidos de base de materia seca es de 0.9 mg/kg; es así que de acuerdo con los resultados obtenidos en la investigación, la concentración de cadmio en las muestras de las 5 fincas representa

un porcentaje menor del 40% en base a la normativa, por lo que dichos resultados presentan un rango que va de 0,3960 a 0,7793 mg/kg encontrándose por debajo del límite permisible. Por otra parte, con respecto a la misma norma se detalla los niveles máximos permisibles de contenido de plomo en frutas con semillas, donde incluyen al cacao que corresponde como límite aceptable a 1 mg/kg; de acuerdo con la investigación la concentración de plomo determinada en las muestras de las 5 fincas representa un porcentaje menor del 25% en comparación a lo establecido por la normativa, en donde los valores analizados permanecen en un rango de 0,0901 a 0,0938 mg/kg, los mismo que se encuentran por debajo del límite permisible, por lo tanto, ambos parámetros analizados como el cadmio y plomo si cumplen con los requisitos estipulados por la presente normativa.

La investigación realizada por Salous y Pascal en el 2018, en el cantón Naranjal, donde se hizo una evaluación de cadmio, plomo y ocratoxina en cascarillas de cacao, indican que los valores determinados se encuentran por debajo de lo permisible en base a la normativa INEN 616: 2015 y 621:2010, y que dichos valores son aceptables para la exportación del cacao⁷. Así mismo, Arévalo y col. en el 2016, tuvieron como objetivo medir la influencia del pH en los niveles de absorción del plomo en granos de cacao en la provincia de Esmeralda, donde el promedio de los resultados abarcados en el contenido de plomo, se encuentran por debajo de lo estipulado de acuerdo a la norma INEN 616: 2015²³.

Caso contrario sucede en la investigación por Díaz y col. en el 2018, donde los resultados obtenidos de plomo en cotiledón y testa en muestras de fincas productoras del cantón Vinces, se recaló que, en el cotiledón, de nueve fincas los valores sobrepasan de lo permisible estipulado actualmente por los países europeos FAO/WHO: 2019 que es de 3 mg/kg⁵⁶. Dichos resultados, se asemejan a la investigación por Mite y col. en el 2010, donde determinaron que la almendra seca de cacao cultivadas en fincas en la provincia de Manabí contenía valores de 7,73 - 0,93 mg/kg de cadmio, cuyos valores están por encima de los permisibles establecidos de acuerdo a la normativa de la FAO/WHO: 2009 que es de 6 mg/kg, a su vez concluyen que dichas variaciones de incremento en metales pesados se deben a los factores o actividades antropogénicas que se ven influenciado en el sector durante el periodo de las cosechas del fruto⁵⁵.

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES

- Los resultados de los parámetros físicos-químicos de las muestras de testa y cotiledón de las almendras de cacao, evidencian que estos pueden ser indicios de acumulación de metales pesados, principalmente al pH que se relaciona con la acidez, ya que es inversamente proporcional, donde indica que el porcentaje de acidez mientras más alto sea, mayor será el contenido de contaminante, teniendo en cuenta factores de acuerdo en donde se desarrolla este tipo de fruto.
- Existe una ligera concentración de cadmio y plomo en la testa del cacao; en comparación del cotiledón, la cual presenta una diferencia menor. Esto puede deberse a mecanismos como la absorción que tiene la planta de cacao, acumulándose de forma ascendente siendo las más afectada la cáscara del fruto. De acuerdo al análisis estadístico la significancia de la probabilidad es mayor a 0,05 por lo que la hipótesis nula es acertada, indicando que no existe concentraciones altas de dichos metales.
- Los resultados obtenidos de cadmio y plomo si cumplen con lo estipulado de acuerdo a la Comisión del Códex Alimentarius, ya que se encuentran por debajo de los límites permisibles de la normativa referente a frutas con semillas y chocolates. Sin embargo, se debe tener un control en la finca cercana a la zona minera del sector, ya que es la más afectada y en un futuro dichos resultados podrían verse influenciados con respecto a la acumulación de estos metales.

CAPÍTULO V

5. RECOMENDACIONES

- Correlacionar los parámetros físicos-químicos de la almendra de cacao como la humedad, acidez y pH con muestras del suelo donde se den los cultivos del cacao en las diferentes plantaciones.
- Evaluar otros tipos de metales pesados como el arsénico, cobre, níquel, entre otros, ya que pueden existir concentraciones de los mismo durante el desarrollo o cultivo del fruto, aplicando similares o diferentes técnicas.
- Realizar una comparación de análisis con otras normativas reguladoras internacionales vigentes, con respecto a los límites permisibles para este tipo de metales pesados presentes en el fruto.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) Vassallo, M. Diferenciación y agregado de valor en la cadena ecuatoriana del cacao, 1st ed.; Quito, **2015**; Vol. 32. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
- (2) Miranda, F. Ecuador, un sector cacaotero creciente, pujante y competitivo. In ANECACAO; Guayaquil, **2019**; pp 6–8.
- (3) Campaña, A.; Hidalgo, F.; Sigcha, A. Cacao: situación mundial en cacao y campesinos: Experiencias de producción e investigación; Quito, **2016**; pp 105–112.
- (4) Oviedo Anchundia, R.; Moina Quimí, E.; Naranjo Moran, J.; Barcos Arias, M. Contaminación por metales pesados en el sur del Ecuador asociada a la actividad minera. *Bionatura* **2017**, 2 (4), 438–440. <https://doi.org/10.21931/rb/2017.02.04.5>.
- (5) Silva Arroyave, M. S.; Correa Restrep, F. J. Análisis de la contaminación del suelo: Revisión de la normativa y posibilidades de regulación económica. *Semestre Económico*. **2009**, pp 13–34.
- (6) Londoño Franco, L. F.; Londoño Muñoz, P. T.; Muñoz García, F. G. Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biotechnología en el Sect. Agropecu. y Agroindustrial* **2016**, 14 (2), 148. [https://doi.org/10.18684/bsaa\(14\)145-153](https://doi.org/10.18684/bsaa(14)145-153).
- (7) El Salous, A.; Pascual, A. Determinación de cadmio, plomo y ocratoxina en la harina proveniente de las cascarillas de dos variedades de cacao en Ecuador. *I+D Tecnológico* **2018**, 14 (1), 49–53. <https://doi.org/10.33412/idt.v14.1.1802>.
- (8) Huamaní Yupanqui, H. A.; Huauya Rojas, M. Á.; Mansilla Minaya, L. G.; Florida Rofner, N.; Neira Trujillo, G. M. Presencia de metales pesados en cultivos de cacao (*Theobroma Cacao L.*) orgánico. *Acta Agronómica*. **2012**, pp 339–344.
- (9) Zingiber, G. El cacao, planta medicinal y de deleite. *Acupuntura* **2009**, 1, 2. <https://doi.org/10.1016/j.dza.2009.07.007>.
- (10) Andrade, J. A.; Rivera-García, J.; Chire-Fajardo, G. C.; Ureña-Peralta, M. O. Propiedades físicas y químicas de cultivares de cacao (*Theobroma Cacao L.*) de Ecuador y Perú. *Enfoque UTE* **2019**, 10 (4), 1–12. <https://doi.org/10.29019/enfoque.v10n4.462>.
- (11) Aikpokpodion, P. O. Variation in agro-morphological characteristics of cacao, *Theobroma Cacao L.*, in farmers' fields in Nigeria. *New Zeal. J. Crop Hort. Sci.* **2010**, 38 (2), 158. <https://doi.org/10.1080/0028825X.2010.488786>.
- (12) Araujo Abad, L. S.; Tapia, W.; Villamarín Ortiz, A. Verificación del método analítico de espectroscopía de absorción atómica con horno de grafito para la cuantificación de cadmio en almendra de cacao (*Theobroma Cacao*). *La Granja* **2020**, 31 (1), 46–60. <https://doi.org/10.17163/lgr.n31.2020.04>.
- (13) de MELO, C. W. B.; Bandeira, M. de J.; Maciel, L. F.; Bispo, E. da S.; de SOUZA, C. O.; Soares, S. E. Chemical composition and fatty acids profile of chocolates produced with different cocoa (*Theobroma Cacao l.*) cultivars. *Food Sci. Technol.* **2020**, 40 (2), 326–333. <https://doi.org/10.1590/fst.43018>.

- (14) Salazar, J. A. Rendimiento de biomasa y valoración nutrimental de residuos poscosecha de cacao (*Theobroma Cacao L.*), Universidad Técnica de Ambato, 2016.
- (15) Amorim Homem de Abreu Loureiro, G.; Reis de Araujo, Q.; René Valle, R.; Andrade Sodré, G.; Moreira de Souza, S. M. Influencia de factores Agroambientales sobre la calidad del clon de cacao (*Theobroma Cacao L.*) PH-16 en la Región cacaotera de Bahía, Brasil. *Ecosistemas y Recur. Agropecu.* **2017**, 4 (12), 579. <https://doi.org/10.19136/era.a4n12.1274>.
- (16) Mejillones Pólit, C. L.; Torres Jaime, V. J. Estrategias para el cultivo, comercialización y exportación del cacao de fino aroma en Ecuador, Universidad Politécnica Salesiana, 2013.
- (17) Miño Quintero, R. E.; Espinosa Escobar, C. P.; Mosquera Narvaez, D. R. Estudio de factibilidad para la producción de cacao en el cantón San Lorenzo, provincia de Esmeralda, Universidad Central del Ecuador, 2017.
- (18) Acuña, C. El cacao en la costa ecuatoriana : Estudio de su dimensión cultural y económica. *Estud. la gestión* **2020**, 7 (7), 78. <https://doi.org/https://doi.org/10.32719/25506641.2020.7.3>.
- (19) Hernández, A. Determinación de metales pesados en los suelos de Natividad, Ixtlán de Juárez Oaxaca, Universidad de la Sierra Juárez, 2011.
- (20) Prieto Méndez, J.; Gonzáles Ramírez, C. A.; Román Gutierrez, A. D.; Prieto García, F. Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de aguas y suelos. *Tropical and Subtropical Agroecosystems.* **2009**, pp 29–32.
- (21) Puga, S.; Sosa, M.; Lebgue, T.; Quintana, C.; Campos, A. Contaminación por metales pesados en suelo provocado por la industria minera. *Ecología Aplicada.* Lima December **2008**, pp 149–150.
- (22) Mahecha Pulido, J. D.; Trujillo González, J. M.; Torres Mora, M. A. Contenido de metales pesados en suelos agrícolas de la región del Ariari, departamento del Meta. *Orinoquia.* Meta June **2015**, pp 119–121.
- (23) Arévalo Gardini, E.; Obando Cerpa, M. E.; Zúñiga Cernades, L. B.; Arévalo Hernández, C. O.; Baligar, V.; He, Z. Metales pesados en suelos de plantaciones de cacao (*Theobroma Cacao L.*) en tres regiones del Perú. *Ecol. Apl.* **2016**, 15 (2), 81–87. <https://doi.org/10.21704/rea.v15i2.747>.
- (24) Guzmán Morales, R. A.; Cruz La Paz, O.; Valdés Carmenate, R. Efectos de la contaminación por metales pesados en un suelo con uso agrícola. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias.* **2019**, pp 1–9.
- (25) Rea Toapanta, A. R. Política minera y sostenibilidad ambiental en Ecuador. *FIGEMPA Investig. y Desarro.* **2017**, 1 (2), 41–52. <https://doi.org/10.29166/revfig.v1i2.68>.
- (26) Ecuador, B. C. del. Reporte de minería, Dirección Nacional de Síntesis Macroeconómica; 2016.
- (27) Soriano Parra, Lady; Ruíz Rivera, M. E.; Ruiz Lizama, E. Criterios de evaluación de impacto ambiental en el sector minero. *Industrial Data.* **2015**, pp 99–112.

- (28) Martínez Ortiz, A.; Aguilar, T. Impacto socioeconómico de la minería en Colombia; Bogotá, 2012.
- (29) Rodrigo Oviedo, A.; Moína Quimí, E.; Naranjo Morán, J.; Barcos Arias, M. Contaminación por metales pesados en el Sur del Ecuador asociada a la actividad minera. *Bionatura* **2017**, 2 (4), 437–441. <https://doi.org/10.21931/rb/2017.02.04.5>.
- (30) González, I.; Muená, V.; Cisternas, M.; Neaman, A. Acumulación de cobre en una comunidad vegetal afectada por contaminación minera en el Valle de Puchuncaví, Chile Central. *Rev. Chil. Hist. Nat.* **2008**, 81 (2), 279–291. <https://doi.org/10.4067/s0716-078x2008000200010>.
- (31) Londoño Franco, L. F.; Londoño Muñoz, P. T.; Muñoz García, F. G. Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Acta Agronómica* **2012**, 61 (2), 340. [https://doi.org/10.18684/bsaa\(14\)145-153](https://doi.org/10.18684/bsaa(14)145-153).
- (32) Meter, A.; Atkinson, R.; Labiberte, B. Cadmio en el cacao de América Latina y El Caribe, *Bioversity*; Roma, **2019**; Vol. 53. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
- (33) Soto Benavente, M.; Rodríguez Achata, L.; Olivera, M.; Sanchez, V. A.; Nano, C. C.; Quispe, J. G. Health risks due to the presence of heavy metals in agricultural products cultivated in areas abandoned by gold mining in the Peruvian Amazon. *Sci. Agropecu.* **2020**, 11 (1), 50. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.01.06>.
- (34) Rodríguez Serrano, M.; Martínez de la Casa, N.; Puertas, Romero, M.; del Río, L.; Sandalio, L. Toxicidad del cadmio en plantas. *Ecosistemas* **2008**, 17 (3), 139. <https://doi.org/10.7818/re.2014.17-3.00>.
- (35) Jiménez Tobón, C. S. Global legal status of cadmium in cacao (*Theobroma Cacao*): A fantasy or a reality. *Producción + Limpia*. Mayo **2015**, pp 90–94.
- (36) Oc Llatance, W.; Gonza Saavedra, C. J.; Guzmán Castillo, W.; Pariente Mondragón, E. Bioacumulación de cadmio en el cacao (*Theobroma Cacao*) en la comunidad nativa de Pakun, Perú. *Rev. For. del Perú* **2018**, 33 (1), 64. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21704/rfp.v33i1.1156>.
- (37) Morales Fonseca, D. M.; Ruiz Tovar, K. J. Determinación de la capacidad de remoción de cadmio, plomo y níquel por hongos de la Podredumbre blanca inmovilizados, Pontificia Universidad Javeriana, 2008.
- (38) Vallés, M.; Fuentes, E.; Pons, J. El plomo: un problema medioambiental y para la salud. *Revista de Toxicología* **2006**, pp 17-19.
- (39) Rubio, C.; Gutiérrez, A. J.; Martín Izquierdo, R. .; Revert, C.; Lozano, G.; Hardisson, A. El plomo como contaminante alimentario. *Revista de Toxicología*. Pamplona **2004**, pp 72–73.
- (40) Fernández Fernández, F. J.; González González, C.; Ameneiros Lago, E.; Martínez Debén, F. S.; Pía, G.; Sesma, P. Intoxicación crónica por plomo. *An. Med. Interna* **2002**, 19 (3), 130–132. <https://doi.org/10.4321/S0212-71992002000300006>.
- (41) Fontana, D.; Lascano, M. V.; Solá, N.; Martínez, S.; Virgolini, M.; Mazzieri, R. M. Intoxicación por plomo y su tratamiento farmacológico. *Salud Pública* **2013**, 17 (1), 49–59. <https://doi.org/10.31052/1853.1180.v17.n1.6823>.

- (42) Peláez Peláez, M.; Bustamante Cano, J. J.; Gómez López, E. D. Presencia de cadmio y plomo en suelos y su bioacumulación en tejidos vegetales en especies de *Brachiaria* en El Magdalena medio Colombiano. *Luna Azul* **2016**, 43 (43), 84. <https://doi.org/10.17151/luaz.2016.43.5>.
- (43) Velazque Leiva, M. Á. Determinación de arsénico, cadmio y plomo en barras de chocolate adquiridas en el centro comercial Polvos Azules de Lima Metropolitana en el periodo Enero 2016, Universidad Wiener, 2017.
- (44) Londoño Posso, D. M. Validación del método de detrmnación de calcio y magnesio por espectroscopia de absorción atómica de llama para el laboratorio de análisis de aguas y alimentos de la universidad Tecnológica de Pereira, Universidad Tecnológica de Pereira, 2013.
- (45) Gallegos, W.; Vega, M.; Noriega, P. Espectroscopía de absorción atómica en Llama y su aplicación para la determinación de plomo y control de productos cosméticos. *La Granja. March* **2012**, pp 20–21.
- (46) Cevallos Raza, M. G. Desarrollo de implementación de un método para la determinación de plomo por absorción atómica en horno de grafito en agua natural y potable en el L3C-EPMAPS, Universidad Central del Ecuador, 2017.
- (47) Beaty, R. D.; Kerber, J. D. Introduction to graphite furnace atomic absorption. In *Concepts, Instrumentation and Techniques in Atomic Absorption Spectrophotometry*; **1993**; pp 5–9.
- (48) FAO/WHO - Food and Agriculture Organization of the United Nations / World Health Organization. Norma general para las toxinas presentes en los alimentos y piensos; 2015.
- (49) FAO/WHO - Food and Agriculture Organization of the United Nations / World Health Organization. Norma general para los contaminantes presentes en los alimentos y piensos; 2019.
- (50) Comisión Europea. Reglamento (CE) No. 333/2007. Métodos de muestreo y análisis para el control oficial de los niveles de plomo, cadmio, mercurio, estaño inorgánico, 3-MCPD y Benzo(a)Pireno en los productos alimenticios; 2007.
- (51) Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 537:2013 Primera Revisión; Cacao (Productos derivados) Muestreo. Primera Edición, 2013.
- (52) Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 173 Cacao en grano. Determinación de la humedad, 2012.
- (53) Intriago Flor, F. G.; Talledo Solórzano, M. V.; Cuenca Nevárez, G. J.; Macías Barberán, J. R.; Álvarez Andrade, J. R.; Menjívar Flores, J. C. Evaluación del contenido de metales pesados en almendras de cacao (*Theobroma Cacao* L) durante el proceso de beneficiado. *Pro Sci.* **2019**, 3 (26), 17–23. <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol3iss26.2019pp17-23>.
- (54) Zambrano Jaramillo, G. A. Evaluación de la influencia del proceso de beneficio del cacao (*Theobroma Cacao*) CCN-51 de altura en su calidad final, mediante el análisis físico, físico-químico y sensorial, Universidad Central Del Ecuador, 2018.
- (55) Mite, F.; Carrillo, M.; Durando, W. Avances del monitoreo de presencia de cadmio en almendras de cacao, suelos y aguas de Ecuador, 2010.

- (56) Díaz, L.; Mendoza, E.; Bravo, M.; Domínguez, N. Determinación de cadmio y plomo en almendras de cacao (*Theobroma Cacao*), proveniente de fincas de productores orgánicos del cantón Vinces. *Espiraes Rev. Multidiscip. Investig.* **2018**, 2 (15).
- (57) Assa, A.; Noor, A.; Yunus, M. R.; Misnawi; Djide, M. N. Heavy metal concentrations in cocoa beans (*Theobroma Cacao L.*) originating from east luwu, South Sulawesi, Indonesia. *J. Phys. Conf. Ser.* **2018**, 979 (1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/979/1/012011>.

ANEXOS

Anexo 1. Mazorcas de cacao recolectadas de las fincas.



Anexo 2. Recolección de las almendras de cacao.



Anexo 3. Medición del peso de las muestras recolectadas.



Anexo 4. Rotulación de las muestras recolectadas.



Anexo 5. Rivera empleada para el riego de las plantaciones de cacao.



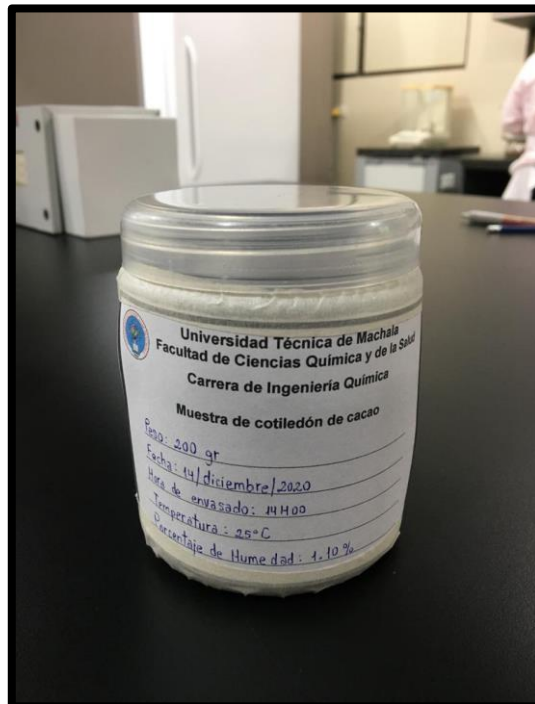
Anexo 6. Testa y cotiledón separados de la almendra.



Anexo 7. Muestra de testa y cotiledón trituradas.



Anexo 8. Rotulación de muestras para análisis de Cd y Pb.



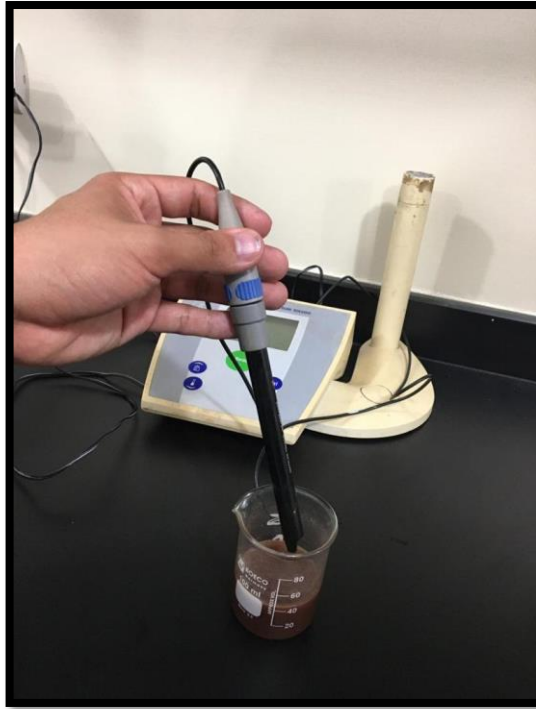
Anexo 9. Determinación de humedad de almendras de cacao.



Anexo 10. Análisis de acidez de la testa y cotiledón de las muestras de cacao.



Anexo 11. Lectura de pH de muestras de cacao.



Anexo 12. Muestras de cacao secas en la mufla para análisis de ceniza.



Anexo 13. Hoja de resultados de análisis de Cd y Pb en testa y cotiledón.



INFORME DE ENSAYOS

Fecha de informe: 22/12/2020	Orden: 5928	Informe: 5186-20	Página: 1/3
------------------------------	-------------	------------------	-------------

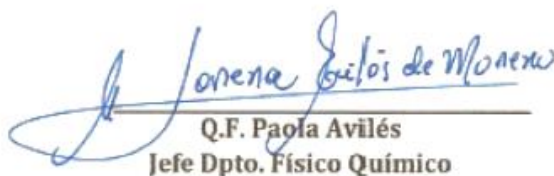
INFORMACIÓN DEL CLIENTE:			
Nombre:	PRECIADO ALVARADO MARCIA SAMANTA.		
Dirección:	AVENIDA MADERO VARGA, VÍA PUERTO BOLÍVAR.		
Teléfono:	0959088423.	CONTACTO:	SRTA. MARCIA PRECIADO. E. Mail: mpreciado2@utmachala.edu.ec

DATOS DE LA MUESTRAS			
Tipo de Alimento:	CACAO Y DERIVADOS	Fecha de Recepción:	15/12/2020
Tipo de Producto:	CACAO	Cód. de Laboratorio:	CD-C-32-15-12-20
Cantidad Recibida:	5 de 200g	Muestreo:	Realizado por el cliente
Condición	Normales, Envases plásticos		
INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE			
Nombre:	TESTA Y COTILEDÓN DE CACAO		
Fecha de Elab.	--	Fecha de Exp.	--
Contenido Declarado:	--	Lote:	Forma de conservación: Ambiente
Presentaciones:	--		
Material de Envase:	--		

RESULTADOS						
ANÁLISIS QUÍMICOS DE LA TESTA DE CACAO						
Fecha de Análisis:		22/12/2020	Página R38-5.10		AAS-1933	
Condiciones Ambientales:		--	Temperatura: 20°C-30°C		Humedad Relativa: 1-4%	
N° de Muestra	Parámetros	Unidad	Resultados (3)	Técnica	Método de Referencia	Límite de Detección
M 1 --	Cadmio	mg/kg	0,7847	Espectroscopía de Absorción Atómica/F	MMQ-AAS-10	0,3 mg/kg
			0,7630			
			0,7901			
M 2 --	Plomo	mg/kg	0,0940	Espectroscopía de Absorción Atómica/F	MMQ-AAS-18	0,09 mg/kg
			0,0939			
			0,0935			
M 2 --	Cadmio	mg/kg	0,4309	Espectroscopía de Absorción Atómica/F	MMQ-AAS-10	0,3 mg/kg
			0,4013			
			0,4211			
M 3 --	Plomo	mg/kg	0,0907	Espectroscopía de Absorción Atómica/F	MMQ-AAS-18	0,09 mg/kg
			0,0905			
			0,0903			
M 3 --	Cadmio	mg/kg	0,4916	Espectroscopía de Absorción Atómica/F	MMQ-AAS-10	0,3 mg/kg
			0,5110			
			0,4835			
M 4 --	Plomo	mg/kg	0,0923	Espectroscopía de Absorción Atómica/F	MMQ-AAS-18	0,09 mg/kg
			0,0920			
			0,0918			
M 4 --	Cadmio	mg/kg	0,5291	Espectroscopía de Absorción Atómica/F	MMQ-AAS-10	0,3 mg/kg
			0,4988			
			0,4942			

	Plomo	mg/kg	0,0913 0,0911 0,0909	Espectroscopía de Absorción Atómica/F	MMQ-AAS-18	0,09 mg/kg
M 5	Cadmio	mg/kg	0,6089 0,5902 0,5709	Espectroscopía de Absorción Atómica/F	MMQ-AAS-10	0,3 mg/kg
--	Plomo	mg/kg	0,0903 0,0901 0,0900	Espectroscopía de Absorción Atómica/F	MMQ-AAS-18	0,09 mg/kg
ANÁLISIS QUÍMICOS DE COTILEDÓN DE CACAO						
Fecha de Análisis: 22/12/2020			Página R38-5.10		AAS-1933	
Condiciones Ambientales: --			Temperatura: 20°C-30°C		Humedad Relativa: 1-4%	
Nº de Muestra	Parámetros	Unidad	Resultados (3)	Técnica	Método de Referencia	Límite de Detección
M 1	Cadmio	mg/kg	0,7007 0,6902 0,6891	Espectroscopía de Absorción Atómica/F	MMQ-AAS-10	0,3 mg/kg
--	Plomo	mg/kg	0,0934 0,0932 0,0929	Espectroscopía de Absorción Atómica/F	MMQ-AAS-18	0,09 mg/kg
M 2	Cadmio	mg/kg	0,3922 0,4125 0,3832	Espectroscopía de Absorción Atómica/F	MMQ-AAS-10	0,3 mg/kg
--	Plomo	mg/kg	0,0910 0,0908 0,0908	Espectroscopía de Absorción Atómica/F	MMQ-AAS-18	0,09 mg/kg
M 3	Cadmio	mg/kg	0,4108 0,4002 0,4404	Espectroscopía de Absorción Atómica/F	MMQ-AAS-10	0,3 mg/kg
--	Plomo	mg/kg	0,0923 0,0920 0,0918	Espectroscopía de Absorción Atómica/F	MMQ-AAS-18	0,09 mg/kg
M 4	Cadmio	mg/kg	0,4981 0,5079 0,5053	Espectroscopía de Absorción Atómica/F	MMQ-AAS-10	0,3 mg/kg
--	Plomo	mg/kg	0,0903 0,0901 0,0905	Espectroscopía de Absorción Atómica/F	MMQ-AAS-18	0,09 mg/kg
M 5	Cadmio	mg/kg	0,5595 0,5388 0,5297	Espectroscopía de Absorción Atómica/F	MMQ-AAS-10	0,3 mg/kg
--	Plomo	mg/kg	0,0910 0,0905 0,0905	Espectroscopía de Absorción Atómica/F	MMQ-AAS-18	0,09 mg/kg

Los resultados se aplican a las muestras tal cual como fue recibida.


 Q.F. Paola Avilés
 Jefe Dpto. Físico Químico

OBSERVACIONES

Se podrán realizar modificaciones al presente documento, hasta 6 meses después de su emisión, a excepción de que las autoridades regulatorias lo soliciten o por un sustento técnico válido, de acuerdo al criterio del laboratorio.

Estos resultados corresponden exclusivamente a las muestras analizadas.

La contra muestra se almacena en el laboratorio por 1 mes. Prohibida su reproducción total o parcial, sin previa autorización de LABORATORIOSAVVE S.A.

Las observaciones y opiniones no se encuentran dentro del Alcance de Acreditación de A2LA y SAE.

Los registros generados por el análisis de la(s) muestra(s) son mantenidos en los archivos del laboratorio por 5 años.

Válido solo el Informe Original.

LABORATORIOS
ave

REV 08/09-11

Datos de Contacto:

Dirección Laboratorio Matriz: Parque Industrial California 1, Calle Arq. Modesto Luque Rivadeneira, Edificio Comercial 3 Local 4 A Km 11 Vía a Daule.
PBX. Matriz: (5934) 2103206. Teléfonos Parque California 1: 2103017/2103026 ext. 235 Cel: 0998078518.

Dirección Laboratorio de Microbiología: Parque Industrial California 2, Bodega D44, Km 11 Vía a Daule.
Teléfono: (5934) 2 103365 ext. 101. Teléfonos Parque California 2: 2103199 ext. 443.

E-mail: margot.aviles@laboratoriosavve.com
cotizaciones.compras@laboratoriosavve.com
paola.aviles@laboratoriosavve.com
lorena.aviles@laboratoriosavve.com