UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABI

FACULTAD DE CIENCIAS ZOOTÉCNICAS

CARRERA DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS AGROPECUARIAS

TRABAJO DE TITULACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERA EN INDUSTRIAS AGROPECUARIAS

TEMA:

CONTENIDO DE CADMIO EN LOS PROCESOS DE ELABORACION DE PASTA DE CACAO EN EL CANTÓN BOLÍVAR.

AUTORA:

GEMA NATHALY CHÁVEZ GARCÍA

DIRECTOR:

ING. FRANK INTRIAGO FLOR. Mg.

CHONE - MANABÍ - ECUADOR

2019

DECLARATORIA

Los resultados obtenidos en el siguiente trabajo investigativo, así como las conclusiones, son de propiedad exclusiva del autor, queda prohibida la reproducción total o parcial de este trabajo sin autorización de los mismos.

DEDICATORIA

A Dios

Por darme la vida y estar siempre conmigo, guiándome en mí camino. A mis Padres

El esfuerzo y las metas alcanzadas, refleja la dedicación, el amor y paciencia que invierten los padres en sus hijos. Gracias a mis padres son quien soy, Alfredo Enrique Chávez y Guadalupe Bélgica García García, mi mayor inspiración, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

Especialmente a mi papi que ya no está junto a mí… pero sé que desde donde esté, su espíritu estará presente en cada uno de mis pasos.

A mis hermanas Ana y Stefany por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias.

A mis abuelos Saturnino y Fátima porque con sus oraciones, concejos y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Quiero dedicar esta tesis A mis tíos Lorena, Derly, Wagner, Byron y Daly que con sus consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor mujer y una mejor persona.

A un Ser especial que estuvo ahí guiándome y apoyándome siempre que lo necesite.

Gema Nathaly Chávez García

AGRADECIMIENTOS

El amor recibido, la dedicación y paciencia con la que cada día se preocupaban mis padres por mi avance y desarrollo de esta tesis, es simplemente único y se refleja en la vida de su hija.

Gracias a mis padres Alfredo y Guadalupe por ser los principales promotores de mis sueños, por sus concejos, valores por confiar y creer en mí y en mis expectativas, por estar siempre a pie de cañón todos días en las madrugando para verme salir a estudiar.

Agradezco especialmente a mis tías Lorena García y Derly Heredia, quienes con su ayuda, cariño, concejos y compresión ha sido parte fundamental de este proceso mi vida.

Agradezco la confianza y el apoyo brindado por parte de mi familia

A un Ser especial que estuvo hay guiándome y apoyándome siempre que lo necesite.

A la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABI, Extensión Chone y selecto cuerpo de Docentes por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

Gema Nathaly Chávez García

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Ing. Frank Guillermo Intriago Flor, catedrático de la Facultad de Ciencias Zootécnicas, extensión Chone de la Universidad Técnica de Manabí CERTIFICA, que la presente tesis titulada: **"CONTENIDO DE CADMIO EN LOS PROCESOS DE ELABORACION DE PASTA DE CACAO EN EL CANTÓN BOLÍVAR"** ha sido realizada por el egresado: **CHÁVEZ GARCÍA GEMA NATHALY;** bajo la dirección del suscrito habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Chone, marzo de 2020

_____

Ing. Frank Intriago Flor. Mg.

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE REVISIÓN Y EVALUACIÓN

TESIS DE GRADO

Sometida a consideración del Tribunal de Revisión y Evaluación designado por: el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Zootécnicas, extensión Chone de la Universidad Técnica de Manabí, como requisito previo a la obtención del título de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS AGROPECUARIAS

TEMA:

“CONTENIDO DE CADMIO EN LOS PROCESOS DE ELABORACION DE PASTA DE CACAO EN EL CANTÓN BOLÍVAR”

REVISADA Y APROBADA POR:

……..……..

REVISOR DE TESIS

PRIMER MIEMBRO DEL TRIBUNAL ……..

SEGUNDO MIEMBRO DEL TRIBUNAL ……..

TERCER MIEMBRO DEL TRIBUNAL …….……

DECLARACIÓN SOBRE LOS DERECHOS DE AUTOR

Yo, GEMA NATHALY CHÁVEZ GARCÍA, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis **"CONTENIDO DE CADMIO EN LOS PROCESOS DE ELABORACION DE PASTA DE CACAO EN EL CANTÓN BOLÍVAR"**; además, declaro bajo juramento que la presente investigación es de mi total responsabilidad como autor, y que he respetado las diferentes fuentes de información citadas. Además, autorizo a la Universidad Técnica de Manabí a utilizar los contenidos investigativos como referencia bibliográfica para fines académicos, por cualquier medio o forma, citando como fuente de información al autor de la misma.

.....

GEMA NATHALY CHÁVEZ GARCÍA

Índice de contenido

DEDICATORIA II
AGRADECIMIENTOS III
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS IV
CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE REVISIÓN Y EVALUACIÓN V
DECLARACIÓN SOBRE LOS DERECHOS DE AUTOR VI
Índice de contenido VII
Índice de Figuras X
RESUMEN XIII
ABSTRACT XIV
INTRODUCCIÓN 1
Planteamiento del Problema 2
Formulación del Problema 3
Formulación de la hipótesis 4
Objetivo 5
Objetivo General 5
Objetivos Específicos 5
CAPITULO I 6
1.1. El Cacao 6
1.2. Descripción botánica 7
1.2.1. Fruto 7
1.2.2. Semilla 8
1.3. Factores ambientales del cultivo 8
1.3.1. Clima 8
1.3.2. Suelo 10
1.4. Variedades de cacao 11

1.4.1. CCN51 11
1.4.2. Nacional 11
1.4.3. Trinitario 12
1.5. Producción de cacao 12
1.6. Control de calidad físico-químico del cacao 13
1.7. Elaboración de la pasta de cacao 14
1.8. Los metales pesados en la industria del cacao 15
CAPITULO II 17
2.1. Área de Estudio 17
2.2. Material de análisis 17
2.3. Metodología analítica 18
2.3.1. Acondicionamiento de la muestra 18
2.3.2. Parámetros físico-químicos 18
2.3.3. Balance de masa 22
2.4. Análisis estadístico 22
CAPITULO III 23
3.1. Parámetros físico químicos de la almendra seca de cacao 23
3.1.1. Determinación del porcentaje de humedad en las almendras secas de cacao 23
3.1.2. Determinación del porcentaje de ceniza en almendras de cacao .. 24
3.1.3. Determinación del porcentaje de acidez en las almendras de cacao 25
3.1.4. Determinación del porcentaje de proteína en las almendras de cacao 26
3.2. Parámetros físico químicos de la pasta de cacao 27
3.2.1. Determinación del porcentaje de humedad en la pasta de cacao .. 27
3.2.2. Determinación del porcentaje de ceniza en la pasta de cacao 28
3.2.3. Determinación del porcentaje de acidez en la pasta de cacao 29

3.2.4. Determinación del porcentaje de grasa en la pasta de cacao..... 30

3.3. Determinación del Cadmio 31

3.3.1. Contenido de Cadmio en las almendras secas..... 31

3.3.2. Contenido de Cadmio en la pasta de cacao 32

3.3.3. Relación del contenido de Cadmio entre la almendra y la pasta de cacao……. 34

3.4. Análisis de balance de masa del producto pasta de cacao. 35

CONCLUSIONES 36

RECOMENDACIONES 37

Índice de Figuras

Figura 1. Flujograma del proceso de obtención de pasta de cacao. _____15
Figura 2. Ubicación de la Corporación de cacaoteros Fortaleza del Valle km 1 ½ vía Canuto-Calceta._____17
Figura 3. Valores promedio del porcentaje de humedad de 5 muestras de cacao procedentes de la Corporación Fortaleza del Valle. Letras diferentes indican diferencia significativa (p<0,05). _____24
Figura 4. Valores promedio del porcentaje de ceniza de 5 muestras de cacao procedentes de la Corporación Fortaleza del Valle. Letras diferentes indican diferencia significativa (p<0,05). _____25
Figura 5. Valores promedio del porcentaje de acidez de 5 muestras de cacao procedentes de la Corporación Fortaleza del Valle. Letras diferentes indican diferencia significativa (p<0,05). _____26
Figura 6. Valores promedio del porcentaje de proteína de 5 muestras de cacao procedentes de la Corporación Fortaleza del Valle. Letras diferentes indican diferencia significativa (p<0,05). _____27
Figura 7. Valores promedio del porcentaje de humedad de 5 muestras de cacao procedentes de la Corporación Fortaleza del Valle. Letras diferentes indican diferencia significativa (p<0,05). _____28
Figura 8. Valores promedio del porcentaje de ceniza de 5 muestras de cacao procedentes de la Corporación Fortaleza del Valle. Letras diferentes indican diferencia significativa (p<0,05). _____29
Figura 9. Valores promedio del porcentaje de la acidez (ácido oleico) de la pasta de 5 muestras de cacao procedentes de la Corporación Fortaleza del Valle. Letras diferentes indican diferencia significativa (p<0,05)._____30
Figura 10. Valores promedio del porcentaje de grasa de la pasta de 5 muestras de cacao procedentes de la Corporación Fortaleza del Valle. Letras diferentes indican diferencia significativa (p<0,05)._____31
Figura 11. Valores promedio del contenido de Cadmio en las almendras secas de 5 muestras de cacao procedentes de la Corporación Fortaleza del Valle. Letras diferentes indican diferencia significativa (p<0,05)._____32

Figura 12. Valores promedio del contenido de Cadmio en la pasta de 5 muestras de cacao procedentes de la Corporación Fortaleza del Valle. Letras diferentes indican diferencia significativa (p<0,05). _____ 33
Figura 13. Valores promedio del contenido de Cadmio entre la almendra y la pasta de cacao de 5 muestras provenientes de la Corporación Fortaleza del Valle. _____ 34
Figura 14. Valores promedio del contenido de Cadmio en las almendras secas y en la pasta de 5 muestras de cacao procedentes de la Corporación Fortaleza del Valle. _____ 35

Índice de Tablas

Tabla 1. Flujo de entrada y salida de la concentración de Cd en el proceso de elaboración de pasta de cacao en 5 muestras procedentes de la Corporación Fortaleza del Valle. _____35

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo matriz el evaluar el contenido de cadmio en los procesos de elaboración de pasta de cacao en la Corporación Fortaleza del Valle, para lo cual se tomaron 5 muestras de cacao orgánico. El diseño experimental que se utilizó en la presente investigación fue un DCA diseño completamente al azar con tres réplicas, el análisis de datos se determinó con un ANOVA al 95% de nivel de confianza, en caso de existir diferencias significativas entre los tratamientos, se realizó un análisis de medias con un *post hoc* usando Duncan ($p<0,05$). Los resultados al final de la investigación determinaron que las variables físicas y químicas de las almendras durante la fermentación del cacao, están enmarcadas dentro de lo que estipula la normativa legal vigente NTE-INEN 0623. El contenido de Cd^{+2} desde la etapa de secado fue de 0,88mg kg^{-1} en promedio, hasta la elaboración de pasta de cacao con un valor promedio de 0,90mg/kg^{-1}, lo que nos indica que estos valores están ligeramente por encima de los determinados por el reglamento 488/2014 de la Unión Europea y en lo que respecta a la relación entre el ingreso de materia prima y la elaboración de pasta de cacao se determinó que existió una correlación positiva con un coeficiente de correlación (R^2) de 0,943.

Palabras clave: *Beneficiado, cromatografía, cacao, análisis de laboratorio, reglamento europeo.*

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the cadmium content in the cocoa paste elaboration processes in the Fortaleza del Valle Corporation, for which 5 samples of organic cocoa were taken. The experimental design used in the present investigation was a completely randomized DCA design with three replicates, the data analysis was determined with an ANOVA at 95% confidence level, in case of significant differences between treatments, it was performed a post hoc analysis of means using Duncan ($p < 0.05$). The results at the end of the investigation determined that the physical and chemical variables of the almonds during the fermentation of cocoa are framed within the provisions of current legal regulations NTE-INEN 0623. The content of Cd^{+2} from the drying stage was 0.88mg kg^{-1} on average, up to the production of cocoa paste with an average value of 0.90mg kg^{-1}, which indicates that these values are slightly above those determined by regulation 488/2014 of the European Union and regarding the relationship between the input of raw material and the production of cocoa paste, it was determined that there was a positive correlation with a correlation coefficient (R^2) of 0.943.

Key words: *Beneficiary, chromatography, cocoa, laboratory analysis, European regulation.*

INTRODUCCIÓN

El cacao es uno de los símbolos más significativos del país. Durante casi un siglo, el orden socioeconómico ecuatoriano se desarrollaba alrededor del mercado internacional del cacao. BANCO CENTRAL ECUADOR, (2018). El cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.)* es de importancia socioeconómica en el mundo, ya que es uno de los principales productos comercializados, sea en materia prima como en sus elaborados (Boza *et al.,* 2014).

La demanda de cacao ha tenido un crecimiento sostenido en el transcurso del tiempo. Las exportaciones muestran un aumento desde el año 2000. Actualmente se exportan alrededor de 5.8 millones de toneladas de cacao, especialmente de almendra seca, pasta, polvo y manteca de cacao. Si se conservara la tendencia actual la demanda de cacao podría llegar a cerca de los 8 millones de toneladas (Faleiro, 2016).

En América Latina y el Caribe, el cacao es cultivado desde México hasta Brasil, cerca del 90% de la producción es cultivada en agricultura familiar, en donde persiste una brecha tecnológica importante debido al poco uso de las tecnológicas disponibles (en la producción primaria, en los procesos de postcosecha y los de transformación). Este escenario trae como consecuencia, a más de la baja productividad de los cultivos, una insuficiente calidad de las almendras, y, por tanto, pérdidas en los ingresos de los productores (Quintero, 2015).

La regulación de la unión europea sobre niveles permisibles de metales pesados, especialmente Cd^{+2}, en productos derivados de cacao es un desafío al que se debe tener presente. En otras palabras, la producción cacaotera se encuentra ante un gran problema que atenta contra el abastecimiento del cacao, especialmente de calidad, en los mercados internacionales (Anga, 2015).

En el negocio internacional del chocolate participan diversos actores, que van desde los productores de cacao hasta los consumidores finales de chocolate y sus preparados. Todos conforman una cadena agroalimentaria global,

multinacional y plurisectorial que gira en torno a un rubro agrícola y que deriva básicamente en alimentos (Arvelo, 2016).

De acuerdo con Perryman (2017), el cacao es un producto alimenticio que ha tenido un crecimiento bastante marcado en los países productores debido a su fácil manejo y los excelentes beneficios económicos que presenta. Sin embargo, los productores de cacao de todo el mundo se inquietaron cuando la Unión Europea anunció planes para aplicar regulaciones respecto a que el chocolate con una cantidad mayor o igual al 50% de sólidos de cacao debía contener un máximo de 0,3mg.kg^{-1} de cadmio (Cd^{+2}) (Comisión Europea, 2014).

La planta de cacao absorbe el Cd^{+2} que existe por naturaleza en los suelos y los concentra en las semillas grasosas. Según las regiones, el grado de concentración de metales pesados es diferente (Organización Internacional del Cacao, 2016). El Cd^{+2} en solución es fácilmente absorbido del suelo por las raíces de las plantas y en 24 horas se logra el ingreso y movimiento gradual a través del sistema vascular de la planta. Este metal pesado se distribuye en todas las partes de la planta, y no puede ser eliminado aún después del lavado o lixiviación o lavado del suelo (FAO/OMS, 2015).

Planteamiento del Problema

Según Londoño (2016), el Cd^{+2} en los suelos puede tener un origen natural o antrópico, pero independientemente de ello las plantas lo absorben y pueden acumularlo en distintas estructuras y proporciones. Esta situación se presenta en el cacao con acumulación importante en sus semillas y hojas y dado que la mayoría de los productos derivados del cacao son consumidos por niños se hace necesario minimizar la presencia de este metal en el producto final (Dipak, 2017). La producción mundial de cacao es absorbida principalmente por tres países (60% de las importaciones), siendo Suiza el mayor importador (29,4%), seguido de Estados Unidos (16,7%) y Alemania con 13,9% (Anga, 2015).

Actualmente se encuentran en revisión en Europa los niveles máximos permitidos de metales pesados en productos de consumo humano, con respecto al Cd^{+2} es de 0,1 a 0,3 mg.kg^{-1} de chocolate. En este marco, por ejemplo el

Instituto Federal Alemán de Evaluación de Riesgos BfR ha propuesto un contenido máximo permitido de cadmio de 0,1–0,3 $mg.kg^{-1}$ de chocolate, independientemente del porcentaje de cacao que contenga, después de haber analizado las posibles consecuencias que el consumo del mismo pueda tener en la salud humana y tomando en cuenta el consumo diferenciado de chocolates en niños y adultos (Smolders, 2017).

En el cacao, el Cd^{+2} se acumula en las semillas, tal como lo demuestran estudios realizados en Venezuela y Perú. La ingesta directa o indirecta (cereales, chocolates, gomas de mascar y confites) de Cd^{+2}, produce daños al riñón, hígado, pulmón, páncreas, testículos y hueso ocasionando deficiencias renales, osteoporosis, hipertensión arterial, diabetes, enfisema pulmonar y algunos cánceres de próstata, pulmón, vejiga y páncreas (Arévalo, 2016).

Las exportaciones del cacao ecuatoriano hacia grandes mercados europeos se ven comprometidas por la contaminación de metales pesados los cuales afectan de una manera otra los cultivos, los metales presentes en forma natural en los suelos son absorbidos ligeramente por la planta de cacao, los mismos que tienden a concentrarlas en sus semillas (Chavez *et al.,* 2016 b).

De acuerdo con Anecacao (2015), tenemos que el cadmio, plomo son tóxicos y carcinogénicos, estos han aumentado debido a actividades realizadas por el hombre donde tenemos la mineralización, quema de basuras, agroquímicos, contaminación de derivados del petróleo, otra manera de contaminación hacia el grano de cacao es la manera de secado del producto cuando se expone los granos en las calles con pavimentos, gases emanados por vehículos.

Formulación del Problema

¿Se desconoce si el contenido de Cadmio incidirá en los procesos de elaboración de pasta de cacao en el cantón Bolívar?

Formulación de la hipótesis

El contenido de Cadmio no incide en los procesos de elaboración de pasta de cacao en el cantón Bolívar.

Justificación

De forma natural en la corteza terrestre podemos encontrar minerales como el Cd y el Pb, desde aquí, las plantas pueden absorber estos metales pesados y luego ser tomadas por el ser humano, a través de la cadena alimenticia, por lo que se presenta como un potencial riesgo para la salud (Jiménez, 2015).

En la actualidad las exportaciones del cacao fino de aroma de Ecuador, especialmente hacia los mercados europeos, se pueden ver amenazados por indicios de contaminación de metales pesados como el Cd^{+2} y el plomo ($Pb^{+2, +4}$) en las almendras de cacao exportable, en niveles superiores a los permitidos por Normativas Alimentarías de la Comunidad Europea (Comisión Europea, 2014).

Es por esto que la presente investigación se enfocará en evaluar el contenido de Cadmio en los procesos de elaboración de pasta de cacao en el cantón Bolívar, ya que debido a las diversas sanciones que impone la Unión Europea y la Organización Mundial de Comercio sobre el cacao ecuatoriano es menester realizar investigaciones como estas enmarcadas en la línea de la translocación y fito depuración de los recursos fitogenéticos de metales pesados, demostrando las estrategias adaptativas que la especie ha desarrollado para establecerse dentro de las nuevas circunstancias de su ecosistema, además de ofrecer una mirada integral sobre el daño ambiental producido por el crecimiento económico no sustentable, ayudando a la concientización de las poblaciones locales dedicadas a la actividad cacaotera.

Objetivo

Objetivo General

Evaluar el contenido de cadmio en los procesos de elaboración de pasta de cacao en el cantón Bolívar.

Objetivos Específicos

- Determinar las características físicas y químicas de las almendras durante la fermentación del cacao.
- Identificar el contenido de Cd^{+2} desde el secado hasta la elaboración de pasta de cacao.
- Determinar mediante un balance de masa específico las ganancias y pérdidas de Cd^{+2} encontradas durante el proceso de transformación de la pasta.

CAPITULO I

1.1. El Cacao

El cacao es un árbol que crece en los países de centro América, América del sur y África del oeste, una de las características de este árbol es que recoge la información genética del suelo y dependiendo de los factores climatológicos el fruto del árbol puede tener un sabor y olor almendrado, floral o frutal (López, Sol-Sánchez y Gallardo, 2016).

Los datos más antiguos de consumo de chocolate se los registran en la civilización Maya y Azteca. Los Mayas creían que el cacao era un regalo de los dioses y fue consumido como una bebida caliente que contenía maíz, pimienta negra, entre otros. Mientras que la civilización Azteca lo usaba para el intercambio de bienes (Herrera, 2016).

El cacao era tan importante dentro de estas culturas que lo usaban en ritos religiosos para honrar a los dioses. Además, era utilizado para eliminar el cansancio y mejorar las capacidades físicas de las personas que lo consumían ya que estas podían caminar por largas horas sin sentir cansancio. Finalmente, el cacao llegó a Europa después, que Hernán Cortez regresara a España en 1529 y es en Europa donde se agregó azúcar, canela y otras especies a la preparación dando origen a la forma actual de consumo del cacao, el chocolate en barra (Palacio, 2008).

En la actualidad a partir de las semillas del cacao se obtiene varios productos como el licor de cacao, manteca de cacao, cacao en polvo y el chocolate. El mercado que consume la mayor parte de la producción de cacao a nivel mundial es la industria chocolatera, sin embargo, el polvo de cacao, la manteca de cacao y pasta de cacao también son utilizados como materia prima para elaborar galletas, bombones, dulces recubierto, cervezas, mermeladas, entre otros (Quintero, Anido y Azuaje, 2017).

En la industria de la cosmetología se usa para crear shampoo, cremas, mascarillas, protector solar, jabones y uno de los productos más novedosos que han surgido últimamente en base de los semielaborados del cacao es la plastilina a base de manteca de cacao que no es tóxica en el caso de ser ingerida por niños pequeños. Esto muestra que el mercado de semi elaborados del cacao va en aumento y cada vez existen nuevas utilidades que se les pueden dar a estos productos y que están fuera de la industria alimenticia (Galanakis, 2013).

1.2. Descripción botánica

El cacao es un árbol tropical cuyo nombre científico es *Theobroma cacao* L., el mismo que pertenece a la familia de las *Sterculiaceae.* Este árbol puede llegar a alcanzar los 8 m de altura, con un sistema radicular pivotante; sus raíces tanto primarias como secundarias crecen de manera horizontal; del tallo principal pueden emerger de 3 a 5 ramas laterales llamadas horquetas. En cuanto a sus hojas, son de color verde, de forma lanceolada y de nervadura pinnada con ambas superficies glabras. Su flor, es hermafrodita y su polinización entomófila (MAGAP, 2012).

En cuanto a especies presentes tenemos el cacao Criollo y el Forastero, las mismas que son las originales y que debido a los cruces realizados ha dado como origen otras variedades como el Trinitario, cabe mencionar que esta variedad es la que más se cultiva en el mundo (Vasallo, 2017).

1.2.1. Fruto

Botánicamente al fruto del cacao se lo conoce como drupa; pero comúnmente se lo denomina como mazorca. El tamaño y la forma dependen de las características genéticas de la planta, el manejo del cultivo y el ambiente que lo rodea (Ramírez *et al.,* 2018).

1.2.2. Semilla

Así mismo, Chila *et al.,* (2016); señalan que, las semillas de cacao se encuentran rodeadas de una pulpa aromática la misma que procede de sus tegumentos. Cabe citar que las semillas de cacao son la fuente del cacao comercial: chocolate y manteca de cacao. Para obtener grasa de cacao, primero se obtiene el polvo, el mismo que surge a partir de la fermentación de la semilla, luego se pasan a tostar, molerlas y esparcirlas.

1.3. Factores ambientales del cultivo

Al referirse a este punto, nos referimos a los factores de crecimiento que actúan de manera directa o indirecta en la fisiología de la planta y que determinan el crecimiento y la producción de la planta. Entre los factores directos tenemos los que están determinados por el clima y el suelo, entre estos la temperatura, del aire, las precipitaciones, la velocidad del viento y las horas luz; mientras que los del suelo son la porosidad del suelo, la humedad del mismo, el ciclaje de nutrientes y el espacio radical (INIAP, 2010).

Desde el punto de vista fisiológico, la temperatura y la lluvia son los factores climáticos que sin lugar a dudas pueden limitar la zona para el cultivo del cacao, pues son considerados factores de desarrollo. Sin embargo, la velocidad del viento, la humedad relativa, la intensidad y horas de luz solar y, finalmente, el suelo, son también de considerable importancia, a tal extremo que en algunas zonas éstos pueden ser los factores limitantes de la producción (CARE, 2013).

1.3.1. Clima

Para el desarrollo del cacao, existen factores climáticos críticos, los mismos que son la humedad relativa, la temperatura, las precipitaciones, el viento, la radiación solar. Todos estos factores son importantes a la hora de tener en cuenta un buen

manejo del cultivo del cacao y así evitar la propagación de algunas enfermedades del fruto (Ramos, 2006).

- ***Temperatura***

El cacao se desarrolla en un rango de temperatura de 21 a 25°Celsius, el cacao inhibe su crecimiento a temperaturas por debajo de este rango y por encima del rango se pueden manifestar alteraciones fisiológicas en el árbol por lo que es un cultivo que no debe estar expuesto a la radiación solar (INIAP, 2010).

Así mismo, Ramos en el 2006; determinó que la floración del árbol de cacao también está supeditada a dicho rango de temperatura, siendo así que la floración es menor a 21°C, en cambio a 25°C la floración se realiza normalmente y de forma abundante.

- ***Agua***

El requerimiento de agua por parte del árbol de cacao oscila entre 1500 y 2500 mm en las zonas bajas y cálidas y entre 1200 y 1500 mm en las zonas más frescas o los valles altos. Los cambios bruscos de disponibilidad de agua causan estrés hídrico en el cultivo (Ramos, 2006).

- ***Viento***

Sobre todo, en las zonas costeras se hace necesario la implementación de “cortavientos” los mismos que suelen conformarse por diversas especies arbóreas ya sean maderables o frutales sembradas en el entorno del cultivo de cacao, esto con la finalidad de evitar el desecamiento de la planta, la muerte y

caída de las hojas, entre otros aspectos, que lo que buscan en general es evitar que el cacao no sufra daños mecánicos en su estructura (MAGAP, 2012)

Sombreamiento.

De acuerdo con Rodríguez y Sánchez, en (2013); al inicio de la plantación es recomendable reducir la exposición del cultivo a la radiación solar, luego poco a poco a medida que el árbol se desarrolla es necesario ir reduciendo el porcentaje de sombreo en un 25 o 30%, con la finalidad de que el cultivo alcance un desarrollo armónico y se limite el crecimiento de las malas hierbas.

Para realizar esta actividad, es necesario implementar sembríos intercalados con especies como las musáceas (plátano), con lo que se consigue sombras temporales y si se desea sombras permanentes una alternativa es el intercalamiento de guabas (Ingas). Ahora si se desea también obtener sombramiento y réditos económicos sería aconsejable el cultivo intercalado de especies maderables (laurel, cedro) o frutales (cítricos, aguacate, zapote, árbol del pan, palmera datilera).

1.3.2. Suelo

Suelos con un buen aporte de materia orgánica, de textura franco arcillosa, con buen drenaje y topografía regular, son los ideales para un cultivo de cacao, además de esto se requiere que los suelos tengan un pH entre 4 a 7; otro factor a tener en cuenta es la microbiota del suelo responsable de la fijación biológica del nitrógeno con el propósito de suplir suficientemente de este nutriente al cultivo (INCONTEC, 2012).

1.4. Variedades de cacao

1.4.1. CCN51

El CCN-51 es una variedad de cacao clonado de origen ecuatoriano que el 22 de junio del 2005 fue declarado, mediante acuerdo ministerial, un bien de alta productividad; apoyando así su comercialización y exportación.

El CCN 51 es un cacao clonal creado por el agrónomo ambateño Homero Castro Zurita en 1965 y que significa Colección Castro Naranjal. Es el más productivo del mundo. Está presente en Perú con un rendimiento de 70 quintales por hectárea al año, Colombia (52qq ha^{-1} a^{-1}), Brasil (48qq ha^{-1} a^{-1}) y todo Centroamérica (más de 40qq ha^{-1} a^{-1}).

Los frutos tienen una coloración rojiza en su estado de desarrollo y en su madurez. Contienen grandes cantidades de grasa, por lo que define sus propios nichos de mercados. Es una variedad que se caracteriza por su capacidad productiva, siendo esta cuatro veces mayor a las clásicas producciones y a su vez por ser resistente a las enfermedades (Amarilla, 2011).

1.4.2. Nacional

Según criterios de Cedeño, en el 2010; el cacao fino y de aroma tiene características distintivas de aroma y sabor buscadas por los fabricantes de chocolate. Representa únicamente 5% de la producción mundial de cacao. Ecuador, por sus condiciones geográficas y su riqueza en recursos biológicos, es el productor por excelencia de Cacao Arriba fino y de aroma (63% de la producción mundial) proveniente de la variedad Nacional cuyo sabor ha sido reconocido durante siglos en el mercado internacional. Este tipo de grano es utilizado en todos los chocolates refinados.

Ecuador se posiciona como el país más competitivo de América Latina en este campo, seguido de lejos por Venezuela, Panamá y México, que son países que poco han ido incrementando así su participación en el mercado mundial del cacao fino en grano. Bélgica, por ejemplo, en su códex alimentario dice que para que un chocolate sea considerado 'premium' debe tener un mínimo de 12% de cacao 'arriba' (Quiroz, 2017).

1.4.3. Trinitario

Es originario de Trinidad, surgió en 1727 como resultado de un proceso de cruce entre el criollo y el forastero después de que un huracán destruyera prácticamente todas las plantaciones de la isla; se caracteriza por sus frutos redondos, lisos de cáscara dura y de granos aplanados de color morado y sabor amargo. De este modo, heredó la robustez del cacao forastero y el delicado sabor del cacao criollo, y se usa también normalmente mezclado con otras variedades. Es un híbrido de las plantas de criollo y forastero, combinando las características gustativas y olfativas de ambos (Quiroz, 2017).

Este contiene un amplio rango de sabores, aromáticos y persistentes en el paladar. Pueden apreciarse sabores a heno, roble miel, manzana y melón. En Venezuela se cultiva en Barlovento y en la zona oriental del país. Actualmente representan el 20% de la producción mundial (Vera, 1993).

1.5. Producción de cacao

Ecuador hoy en día, posee una gran superioridad en este producto: más del 70% de la producción mundial de Cacao Fino y de Aroma se encuentra en nuestras tierras, convirtiéndonos en el mayor productor de cacao de aroma del mundo. Esto ha generado un prestigio importante, favorable, destacable, indispensable y representativo para el país.

El cacao es un producto representativo de varios cantones de Manabí y su producción ha sido durante años la fuente de ingresos para muchas familias manabitas (INIAP, 2010).

Según datos proporcionados por el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) en Manabí, existen 100.961 hectáreas sembradas con cacao, de éstas 52.546 son en monocultivos y 48.415 asociados. En la actualidad se está exportando 500 toneladas y la demanda está en aumento por la calidad del producto.

La Provincia de Manabí cuenta con un promedio de 10 quintales de cacao por hectárea al año. Ofrece cacao orgánico fino de aroma con certificaciones orgánicas **NOP y UE y FLO de Comercio Justo**. Así mismo, esta provincia viene participando en el sistema de Comercio Justo desde el año 2005, mediante la certificación emitida por el órgano independiente de FLO-Cert. Es así como, Las zonas de cultivos bajo el sistema de producción orgánica se extendieron en los cantones manabitas. Durante el 2017 y el 2018, la superficie agrícola se mantuvo en 2742 hectáreas. Pero en lo que va de este, creció a 3427 (El Comercio., 2019).

1.6. Control de calidad físico-químico del cacao

De acuerdo con Portillo, Graziani de Fariñas y Betancourt, en el 2005, la fermentación de los granos de cacao es la fase más importante en el desarrollo del aroma y sabor final del chocolate.

Los compuestos químicos vinculados a la calidad sensorial son de carácter térmico y revelan cambios durante el proceso de fermentación, en donde, primero debe ocurrir la fermentación microbiana que colabora en la eliminación de la pulpa mucilaginosa que recubre los granos, luego ocurren un conjunto de reacciones bioquímicas en el interior de los cotiledones que demandan la remoción oportuna y eficiente de la masa fermentante (Portillo, *et al.,* 2007).

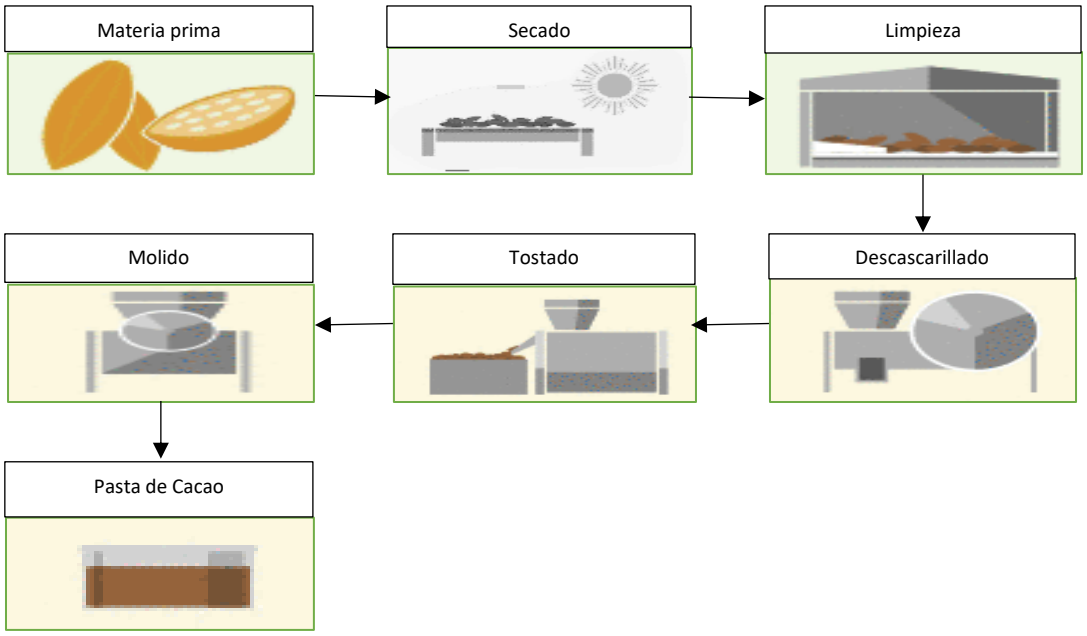
Estudios realizados por Larez *et al.,* (2012); establecen que la fermentación del grano de cacao se produce cuando los alcoholes se combinan con ácidos, el pH y la temperatura sufre cambios pausados y la humedad comienza a disminuir de forma lenta, pero cuando la fermentación es defectuosa, la calidad sensorial de los granos es baja. La remoción de la masa fermentante ejerce un efecto relevante sobre los precursores del sabor, regula la acidez y astringencia del producto causada por ácidos volátiles y no volátiles (Quintana Fuentes, Castelblanco y Acuña, 2014), la velocidad del proceso y la temperatura, evita el amontonamiento de los granos, el desarrollo de hongos en la superficie y esquinas de los fermentadores (Álvarez, Tovar, García, Morillo, Sánchez, Girón y De Farías, 2010).

La frecuente remoción propicia la correcta actividad microbiana durante la fermentación, evitando la formación de metabolitos secundarios que al esparcirse al interior de los cotiledones podrían perjudicar la calidad del producto final, por lo que se recomienda remociones cada 24 h (Ortiz de Bertorelli, Rovedas y Graziani de Fariñas, 2009).

1.7. Elaboración de la pasta de cacao

El cacao en pasta es el producto a partir del cacao sin cáscara ni germen que se obtiene de vainas de cacao de características comerciables, que ha sido limpiado y liberado de la cáscara del modo técnicamente más completo posible, sin quitar ni añadir ninguno de sus elementos constituyentes (CODEX STAN141, 2001).

Figura 1. Flujograma del proceso de obtención de pasta de cacao.



La pasta del cacao es una dispersión de partículas sólidas en una grasa liquida con características de flujo viscoso. Los cultivadores dejan las semillas, envueltas en la pulpa, fermentando de tres a seis días en recipientes especiales de madera, después las secan, reduciendo su grado de humedad a un 5%. En la fábrica las semillas son tamizadas, tostadas y trituradas. El polvo todavía grasoso es llevado a la molienda, donde se transforma en un líquido conocido como pasta de cacao. Después de enfriado el líquido se solidifica y usando el mismo procedimiento inventado por el holandés Van Houten en 1828, se producen dos sustancias: la manteca de cacao y el polvo de cacao (Hardy, F.2002).

1.8. Los metales pesados en la industria del cacao

Según Chavez *et al.,* (2016); existen diversas metodologías para la determinación de metales en alimentos, en su mayoría basadas en técnicas electroquímicas y espectroscópicas. Existen también varias opciones para la

preparación de la muestra que en muchos casos depende de la matriz y la técnica de medición empleada. Sin embargo, para análisis de metales en alimentos son comunes los procesos de digestión húmeda y seca, en algunos casos acelerados por radiación de microondas (Bravo *et al.,* 2011). La digestión de la muestra a menudo es un procedimiento lento que tiene problemas asociados de disolución incompleta, precipitación de analitos insolubles, contaminación y pérdida de elementos volátiles.

Una técnica alternativa de la digestión húmeda, es el uso de la radiación de microondas. Assa *et al.,* (2018); establecieron un diseño experimental para comparar los métodos de digestión en seco, húmedo y horno microondas en el análisis de la concentración de Aluminio, Zinc y Hierro en yogur por AAS estableciéndose que la digestión de microondas es el mejor método para cuantificar porque registró óptimos resultados, como Al 46mg kg^{-1}, Zn 2mg kg^{-1} y Fe de 3,5 mg kg^{-1}.

Es por esta razón que Uyttendaele, De Boeck y Jacxsens (2016); determinan que es necesario para cualquier país contar con una base de datos sobre los alimentos que contienen plomo y cadmio en su composición, sobre todo en los que son consumidos por infantes, esto ayudará a tener políticas claras a nivel internacional para regular el consumo de productos como es el caso del cacao.

Desde el 1 de enero del año 2018, entró en vigencia el reglamento 488/2014 de la Unión Europea (UE), que determina los niveles permisibles de Cd^{+2}, para chocolates y cacao en polvo que compra el bloque. En el país, se realizó el mapeo nacional de Cd^{+2} en almendras de cacao, con este fin se tomaron muestras en 604 fincas cacaoteras del país. Esta investigación técnica, estuvo a cargo de la Coordinación General de la Información Agropecuaria (CGINA). El análisis determinó que, del total de fincas muestreadas, 155 tenían niveles superiores a los 0,8mg kg^{-1}; que es lo permisible por la UE (Comercio, 2019).

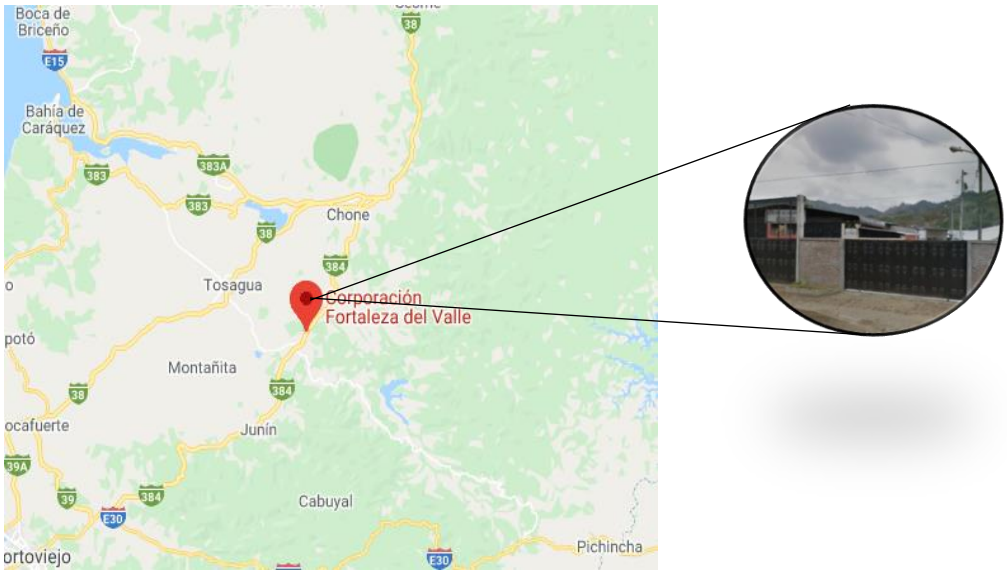
CAPITULO II

METODOLOGÍA

2.1. Área de Estudio

La presente investigación, se llevó a cabo en la Corporación Fortaleza del Valle, la misma que se ubica en el km 1½ vía Calceta-Canuto de la ciudad de Calceta del cantón Bolívar, provincia de Manabí. La zona presenta una precipitación anual promedio de 348mm.año^{-1}, una temperatura media anual de 26ºC, con humedad relativa de 87% y una altitud de 22msnm. (Echeverría, 2013).

Figura 2. Ubicación de la Corporación de cacaoteros Fortaleza del Valle km 1 ½ vía Canuto-Calceta.



2.2. Material de análisis

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo a partir de muestras de cacao orgánico, dichas muestras de cacao pertenecen a la Corporación de cacaoteros Fortaleza del Valle. Cabe mencionar que se tomaron 5 muestras para realizar los respectivos análisis de calidad y concentración de cadmio.

2.3. Metodología analítica

2.3.1. Acondicionamiento de la muestra

En el centro de acopio se recolectó las muestras al azar de los sacos de cacao seco listos para exportar, se obtuvieron varias submuestras hasta obtener cinco muestras compactas de 2,5kg (INEN 177:95), posteriormente se llevaron al laboratorio por el método de cuarteo se prepararon una submuestra de 1 kg para los análisis físico químicos y cadmio en el grano de cacao.

El resto de cacao se procedió a secar hasta obtener una muestra homogénea para posteriormente pasar a la etapa del tostado, descascarillado y molido, se obtuvo la pasta de cacao de donde se extrajo una muestra compacta de 300 g para determinar los respectivos análisis físico-químicos y Cd^{+2}.

2.3.2. Parámetros físico-químicos

2.3.2.1. Determinación de la humedad de la almendra y de la pasta de cacao

Este procedimiento se realizó por el método de pérdida de peso (AOAC13.0001/98), en donde, en una caja Petri previamente seca y tarada se pesaron 5 gramos de la muestra de almendras de cacao, las mismas que se llevaron a una estufa (Memmert) a 105 °C durante 5 horas. Posteriormente, se pasaron a un desecador provisto con silicagel y se volvieron a pesar nuevamente. De igual forma se procedió con la pasta de cacao. En cualquiera de los dos casos las determinaciones se hicieron por triplicado.

$$\%\,Humedad = \frac{Wmh - Wms}{Wmh} * 100$$

Donde, Wmh = Peso de la muestra húmeda; Wms = Peso de la muestra seca.

2.3.2.2. Determinación de cenizas en base seca de la almendra y de la pasta de cacao

Se tomaron 2g de muestra de almendras y se dispusieron en crisoles de porcelana previamente secados y tarados, los mismos que se introdujeron en una mufla (Cole Parmer) a 550°C por 5 horas, posteriormente a esto a muestra se enfría a temperatura ambiente en un desecador con silicagel. Para el caso de la pasta de cacao hay que seguir el mismo principio, pero manteniendo la precaución de evitar la auto combustión del material a analizar (AOAC 13.005/98).

$$\%\ Ceniza = \frac{Wc}{Wm} * 100$$

Donde, Wc = Peso de la ceniza; Wm = Peso de la muestra.

2.3.2.3. Determinación del porcentaje de acidez de la almendra seca y de la pasta de cacao

En un matraz de 500ml, se puso agua destilada caliente a 80°C libre de CO_2, luego se dispuso en el interior del matraz 10g de almendra o pasta de cacao; se homogenizó por 10 minutos para luego filtrarlo con la ayuda de papel filtro (#40); del filtrado se tomó 25ml con la ayuda de una pipeta volumétrica y se trasvaso a otro matraz limpio y seco. Posteriormente, se agregaron 3-4 gotas de fenolftaleína (1% P/V). Por último, se tituló usando una solución de NaOH 0,1M, hasta observar el viraje en el cambio de color hasta un rosa persistente (AOAC 942.15.2000).

$$\%\ acidez = \frac{ml\ NaOH\ consumidos * M\ NaOH\ real * mequiv\ acido * \ 100}{vol\ muestra\ (ml) * M\ NaOH\ teórico}$$

Donde, ml NaOH consumidos = volumen de NaOH gastado en la titulación, M NaOH real = Concentración real del NaOH en moles; mequiv ácido = miliequivalente del ácido cítrico; vol muestra (ml) = volumen en mililitros de la muestra; M NaOH teórico; concentración teórica del NaOH en moles.

2.3.2.4. Determinación del porcentaje proteína de la almendra de cacao

Se pesó 1g de muestra de almendra seca y molida y se introdujo en un tubo de destilación, además se agregó 1 pastilla kjeldahl y 20ml de H_2SO_4 concentrado, a continuación, se procedió a destilar por espacio de 45 minutos a 100°C, después se esperó a que se enfrié y se añadió 25ml de agua destilada; posteriormente se dispuso el tubo de destilación en el equipo de destilación directa acompañado de un matraz que contenía 20ml de H_3PO_4 al 4% más 4-5 gotas de solución indicadora mixta, después del destilado en el matraz se recolecta una solución verdosa a la cual se la pasa a titular con H_2SO_4 0,02N hasta que la mezcla obtenga un color rosa ligero (AOAC 920.152:2005).

$$\%\ Nitrógeno = \frac{ml\ H_2SO_4\ con * Normalidad\ de\ H_2SO_4 * mequiv\ N}{Wm} * 100$$

Donde; ml H_2SO_4 con = volumen de ácido sulfúrico consumido; Normalidad de H_2SO_4 (0,02N); mequiv N = miliequivalente del nitrógeno (0,0014); Wm = Peso de la muestra

Después para hallar el porcentaje de proteína, al porcentaje de N se lo multiplicó por el factor de 6,25.

2.3.2.5. Determinación del porcentaje de grasa en la pasta de cacao

Se pesó 1g de muestra de pasta de cacao en un dedal el mismo que después se introdujo en un frasco de vidrio previamente secado, pesado y tarado, el mismo que contenía 25ml de acetona, se introdujo en el equipo soxleth y se

sometió a hidrólisis y destilación de la muestra mediante el reflujo de la acetona, posteriormente luego de 4 horas, se procedió a sacar los frascos en un desecador provisto con silicagel para enfriarlos hasta temperatura ambiente, pasado este proceso se pesó y determino por cambios de peso el porcentaje de grasa (AOAC 935.60/97).

$$\%\, grasa = \frac{Wfg - Wfv}{Wm} * 100$$

Donde: Wfg = Peso del frasco con grasa; Wfv = Peso del frasco vacío; Wm = Peso de la muestra.

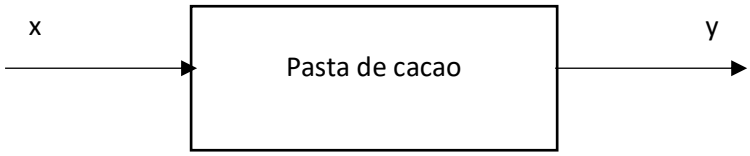
2.3.2.6. Determinación de Cd^{+2} por espectorcopía de absorción atómica de llama (EAA)

Para el análisis de metales pesados en la pasta de cacao, se pesó 1g de la misma en una balanza analítica (Mettler Toledo 0,0001mg), a continuación, se realizó una digestión nitro clorhídrico siguiendo la metodología 3050B de la (USDEPA), la misma que se realizó en un digestor para microondas, posteriormente a esto se filtró y se determinó por espectrometría de absorción atómica (AA) de llama el contenido de Cd^{+2}.

El Cd^{+2}, fue cuantificado en el espectrofotómetro de absorción atómica por ICP, siguiendo la metodología de extracción 3050B. Estos análisis se realizaron en el Laboratorio de Investigación de AgroCalidad, en donde la determinación de los metales pesados se realizó utilizando un espectrofotómetro de Absorción Atómica (Varian). El gas usado para la combustión fue una mezcla de Aire-Acetileno a una presión de entrada de 2,5 Pa y un flujo de 1L min^{-1}. La absorbancia de las muestras se leyó directamente a una longitud de onda de 228,8nm (AOAC 999.11: 2000).

2.3.3. Balance de masa

Los cálculos de balance de masa se realizaron mediante cálculos matemáticos principalmente con resolución de ecuaciones considerando todos los elementos que participan en el proceso de cálculo (corrientes de entrada y de salida) (Londoño, 2015).



X = flujo de entrada
Y = flujo de salida

2.4. Análisis estadístico

El diseño experimental que se utilizó en la presente investigación fue un DCA diseño completamente al azar con tres réplicas, ya que vamos a comprobar el efecto de la concentración del cadmio en 5 muestras obtenidas en la Corporación Fortaleza del Valle. El análisis de datos se determinó con un ANOVA al 95% de nivel de confianza, en caso de existir diferencias significativas entre los tratamientos, se realizó un análisis de medias con un *post hoc* usando Duncan ($p>0,05$); mediante el uso del programa SPSS 16.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1. Parámetros físico químicos de la almendra seca de cacao

3.1.1. Determinación del porcentaje de humedad en las almendras secas de cacao

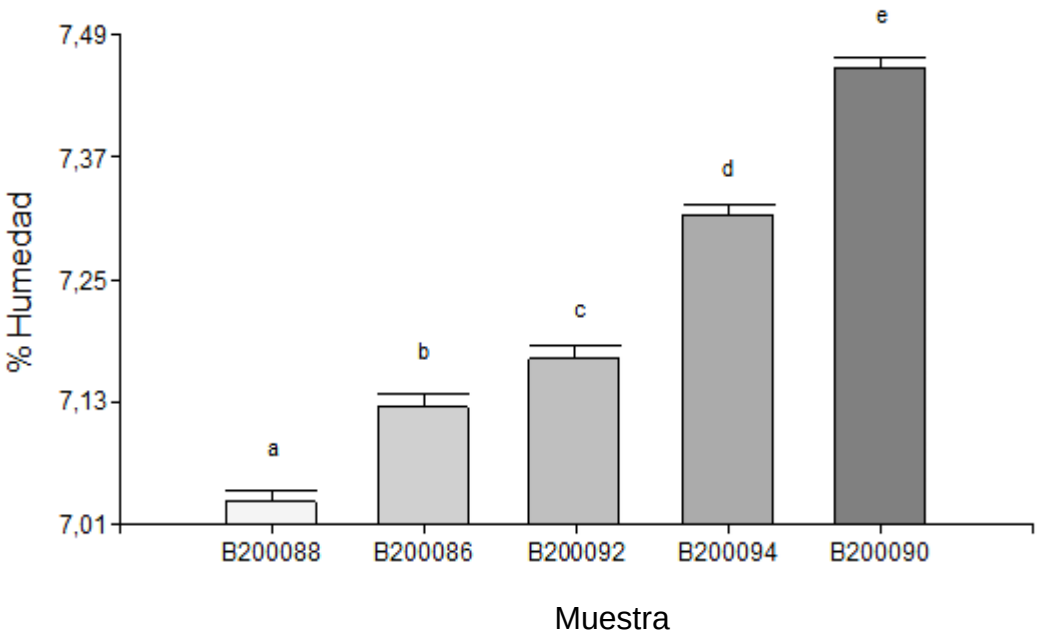
De acuerdo con el ANOVA realizado entre las 5 muestras obtenidas en la Corporación Fortaleza del Valle, se determinó que existió diferencias significativas ($p>0,05$) entre las almendras de cacao.

Los resultados obtenidos, demuestran que la muestra B200088 presenta una media de 7,03±0,02; la muestra B200086 (7,12±0,02); la muestra B200092 (7,17±0,02); la muestra B200094 (7,31±0,02) y la muestra B200090 (7,45±0,01). Como podemos apreciar los valores del porcentaje de humedad variaron de forma significativa entre las 5 muestras, pero, sin embargo, los valores reportados en la presente investigación entran en el rango de criterio de calidad requerido por los mercados internacionales al momento de comercializar el grano de cacao y que se sitúa entre 6 – 8% de humedad (CONVENIN, 1998).

Es importante destacar, que el proceso de secado de la almendra de cacao debe disminuir paulatinamente el contenido de humedad para poder tener mayor operatividad en cuanto al almacenamiento, transporte, manejo y comercialización (Alegría, 2015).

Figura 3.

Valores promedio del porcentaje de humedad de 5 muestras de cacao procedentes de la Corporación Fortaleza del Valle. Letras diferentes indican diferencia significativa (p>0,05).



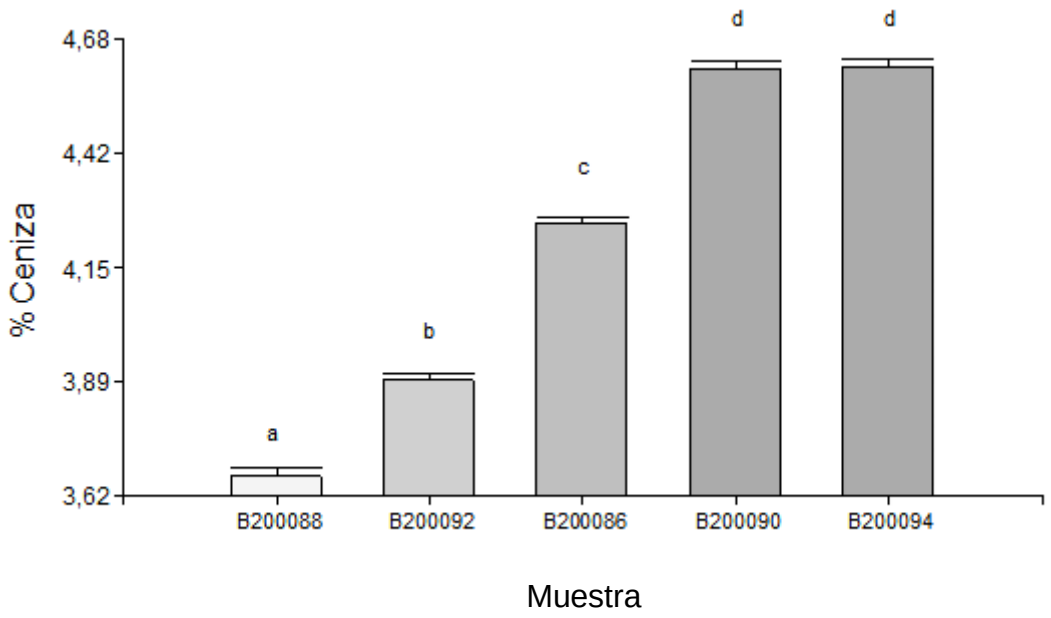
3.1.2. Determinación del porcentaje de ceniza en almendras de cacao

Una vez realizado el ANOVA acerca del porcentaje de cenizas de las almendras de cacao, podemos determinar que se hallaron diferencias significativas (p>0,05) entre las diversas muestras de cacao, formando así cuatro grupos; el primero conformado por la muestra B200088 (3,67±0,02), el segundo por la muestra B200092 (3,89±0,02); el tercero por la muestras B200086 (4,26±0,04) y el cuarto por las muestras B200090 y B200094 (4,62±0,03 y 4,62±0,01) respectivamente.

Es menester indicar que, de acuerdo a diversos autores, entre ellos Perea *et al.,* (2011), destacan que para que un cacao sea considerado fino debe de tener como porcentaje de ceniza entre 3,2 y 3,9%; por lo que se destaca que se cumple con aquel criterio a exepción de las muestras 3 y 5.

Figura 4.

Valores promedio del porcentaje de ceniza de 5 muestras de cacao procedentes de la Corporación Fortaleza del Valle. Letras diferentes indican diferencia significativa (p>0,05).



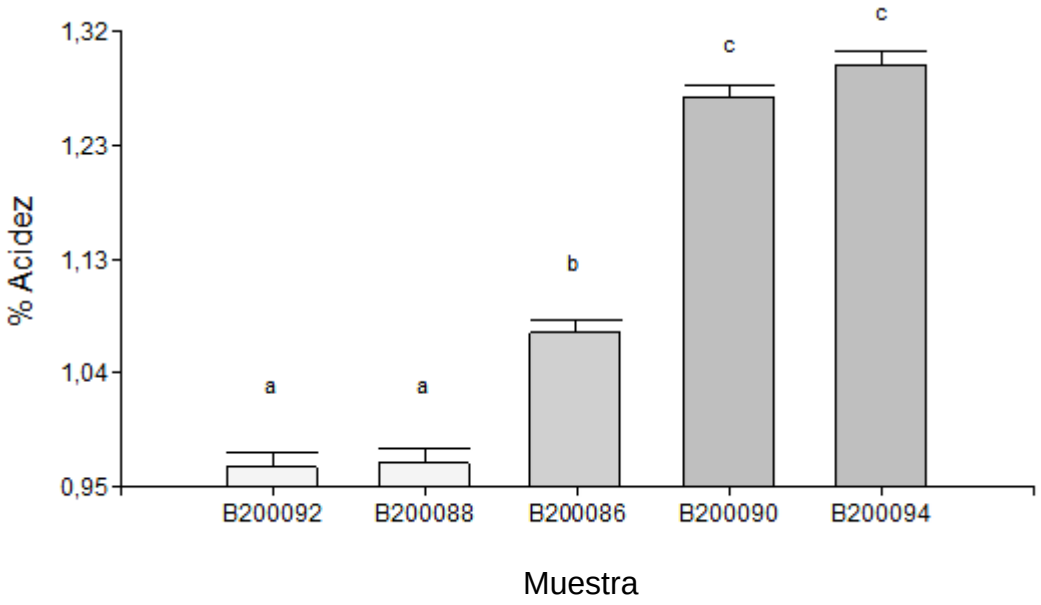
3.1.3. Determinación del porcentaje de acidez en las almendras de cacao

El ANOVA respectivo, presentó diferencias significativas (p>0,05) entre las almendras de cacao colectadas en la Corporación Fortaleza del Valle, por lo que podemos apreciar la conformación de tres grupos establecidos en función del porcentaje de acidez, el primer grupo conformado por las muestras B200092 y B200088 (0,97±0,01 y 0,97±0,02); el segundo grupo con la muestra B200086 (1,07±0,02) y el tercer grupo con las muestras B200090 y B200094 (1,26±0,02 y 1,29±0,02) respectivamente. Por lo que se obtiene, un valor promedio general de 1,11; este valor superior al reportado por otras investigaciones realizadas en Venezuela en el estado de Miranda, donde se halló valores 0,52% (Álvarez *et al.,* 2010).

Para tener como perspectiva, de acuerdo con (Vera y Vallejo, 2014) cuando el grano se seca lentamente y a 60°C se favorece la lenta volatilización de los ácidos presente en la almendra, tales como ácido acético, isovalérico, isobutírico y propanoíco.

Figura 5.

Valores promedio del porcentaje de acidez de 5 muestras de cacao procedentes de la Corporación Fortaleza del Valle. Letras diferentes indican diferencia significativa (p>0,05).



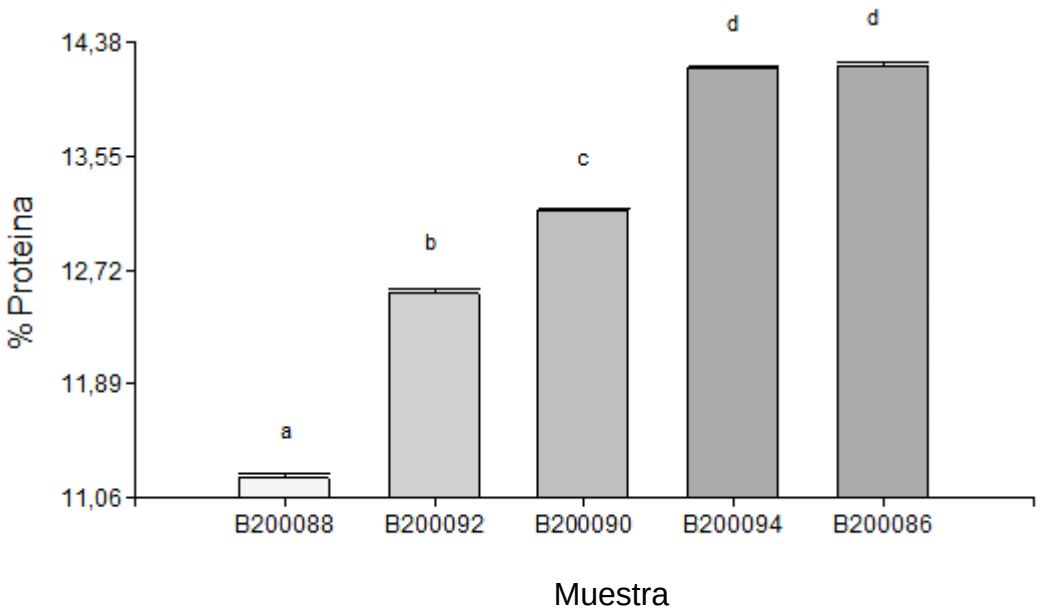
3.1.4. Determinación del porcentaje de proteína en las almendras de cacao

Al realizar el respectivo análisis de varianza, se determinó que existe diferencias significativas entre las muestras, observándose que se conformaron cuatro grupos en torno al porcentaje de proteína, estos son primer grupo la muestra B200088 (11,21±0,02); el segundo grupo con la muestra B200092 (12,55±0,02); el tercer grupo con la muestra B200090 (13,15±0,03) y el cuarto grupo con las muestras B200094 y B200086 (14,19±0,02 y 14,21±0,07). En general, las muestras tomadas en la Corporación Fortaleza del Valle, presentan una media de porcentaje de proteínas de 13,06; este valor es similar a estudios previos realizados por Lares *et al.,* (2012), quienes determinaron un rango de porcentaje de proteína entre 12,41 y 13,04%. Por otra parte el Departamento de Tecnología de Alimentos de la Universidad Estatal de Campiñas en el 2008 encontró que el porcentaje de proteína es de 11,5%; por lo que podemos determinar que en esta investigación el valor reportado se encuentra ligeramente mayor a los obtenidos en los estudios comentados.

De acuerdo con, Vivanco, Matute y Campo (2017); estipulan que el contenido proteico de las almendras decrece paulatinamente mientras transcurren los días de fermentación de las mismas.

Figura 6.

Valores promedio del porcentaje de proteína de 5 muestras de cacao procedentes de la Corporación Fortaleza del Valle. Letras diferentes indican diferencia significativa (p>0,05).



3.2. Parámetros físico químicos de la pasta de cacao

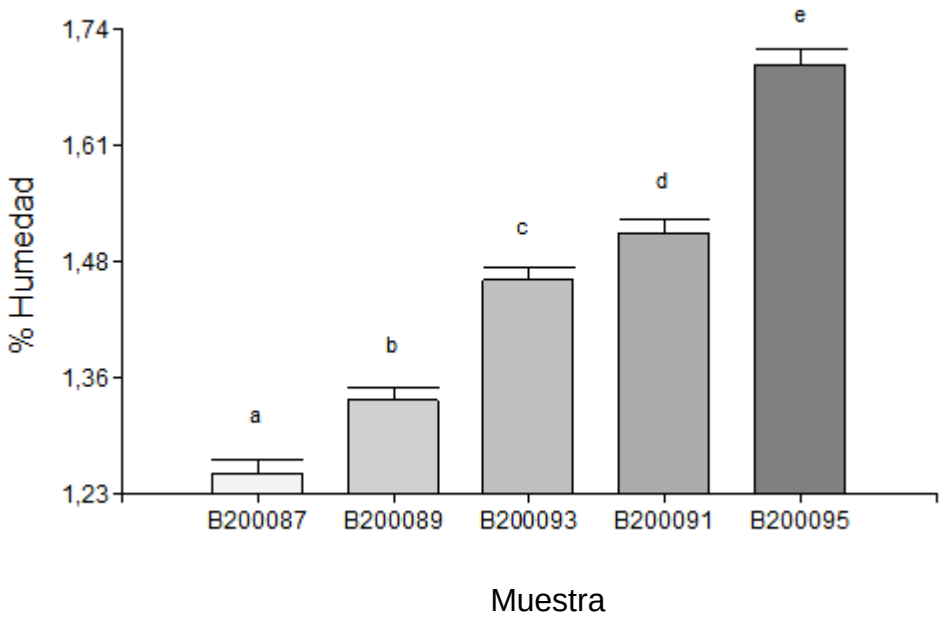
3.2.1. Determinación del porcentaje de humedad en la pasta de cacao

Los resultados del porcentaje de humedad demuestran que existen diferencias estadísticamente significativas para contenido de humedad en la pasta de cacao. Los resultados obtenidos, demuestran que la muestra B200087 presenta una media de 1,25±0,01; la muestra B200089 (1,33±0,02); la muestra B200093 (1,46±0,03); la muestra B200091 (1,52±0,02) y la muestra B200095 (1,70±0,04). Estos valores son relativamente bajos con los comparados en un estudio previo realizado por Camacho en (2014) quien reportó valores de humedad entre

3,73±0,19 y 3,96±0,22 para determinar las características fisicoquímicas y organolépticas del licor de cacao procedente de una localidad peruana.

Figura 7.

Valores promedio del porcentaje de humedad de 5 muestras de cacao procedentes de la Corporación Fortaleza del Valle. Letras diferentes indican diferencia significativa (p>0,05).



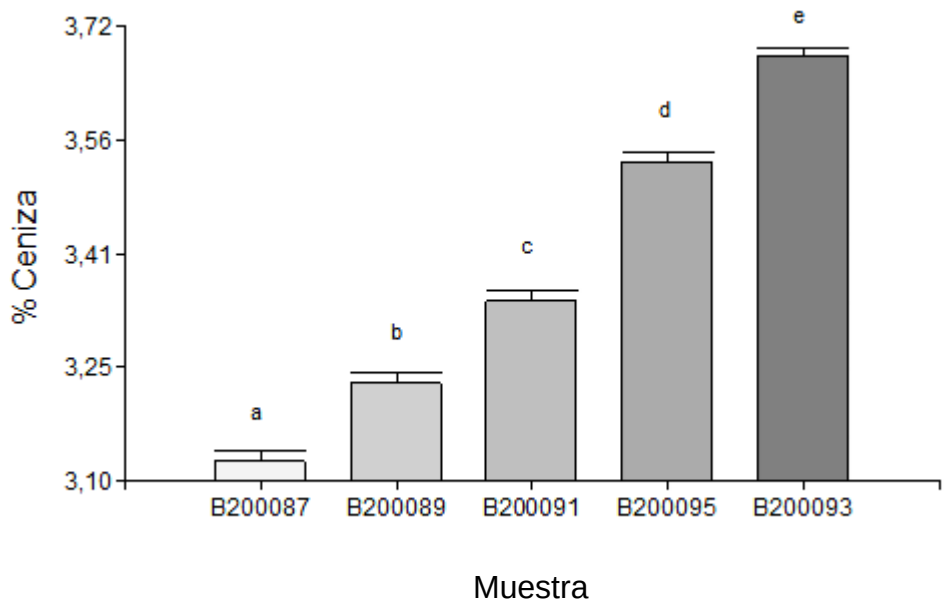
3.2.2. Determinación del porcentaje de ceniza en la pasta de cacao

El ANOVA realizado para este parámetro, determinó que existió diferencias significativas entre todas las pastas de cacao, el menor contenido de este parámetro se encontró en el producto procedente de la muestra B200087 con (3,13±0,02), seguido de las muestras B200089, B200091, B200095 con valores de (3,23±0,03; 3,34±0,02 y 3,53±0,02) respectivamente; quedando con el valor más alto el producto procedente de la muestra B200093 con 3,68±0,02. Todos estos valores se encuentran ligeramente más altos que los reportados por Rodríguez *et al.,* (2009) en su trabajo de propidades químicas y fisicoquímicas del licor de cacao alcalinizado con: carbonato, bicarbonato e hidróxido de sodio.

En lo que respecta a la normativa INEN 0623 en lo que respecta a requisitos para pasta de cacao determina como valor máximo de ceniza 7%, por lo que los valores hallados en este estudio están dentro de lo estipulado por dicha normativa.

Figura 8.

Valores promedio del porcentaje de ceniza de 5 muestras de cacao procedentes de la Corporación Fortaleza del Valle. Letras diferentes indican diferencia significativa (p>0,05).

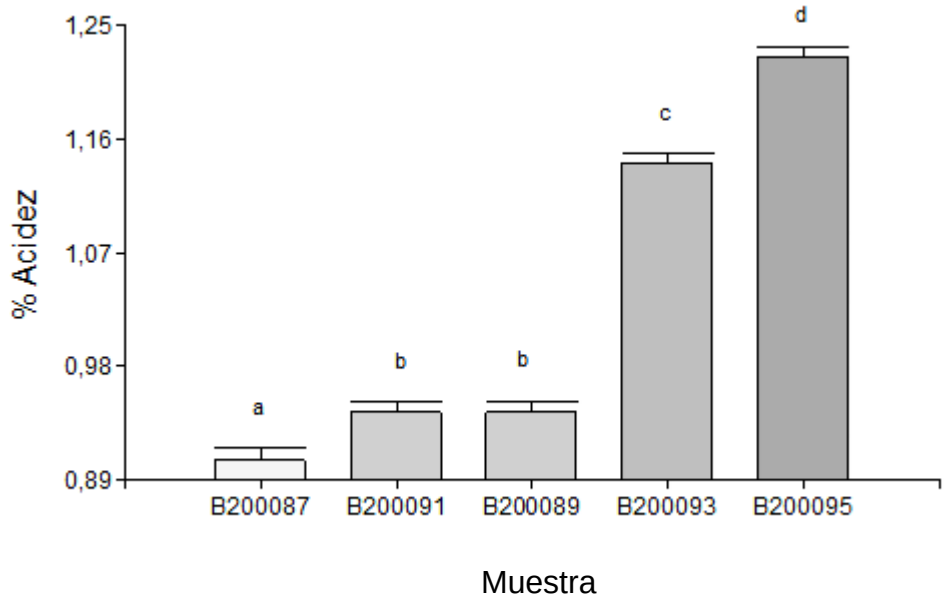


3.2.3. Determinación del porcentaje de acidez en la pasta de cacao

Para este parámetro también existió diferencias significativas (p>0,05) entre los productos procedentes de las muestras cacaoteras muestreadas en el cantón Bolívar, tanto así que el análisis *post hoc* indica que se formaron 4 grupos; en el primer grupo la muestra B200087 con 0,91±0,01; en el grupo 2 las muestras B200089 y B200091 con (0,95±0,01 y 0,95±0,02) respectivamente; el grupo 3 con la muestra B200093 con 1,14±0,02 y el último grupo con la muestra B200095 (1,23±0,02). Cabe mencionar, que estos valores reportados en la presente investigación están dentro de lo permitido por la Norma Oficial Mexicana que estipula un valor máximo de 2g de ácido oleico por 100g de licor o pasta de cacao (NOM-186-SSA1/SCFI-2002).

Figura 9.

Valores promedio del porcentaje de la acidez (ácido oleico) de la pasta de 5 muestras de cacao procedentes de la Corporación Fortaleza del Valle. Letras diferentes indican diferencia significativa (p>0,05).



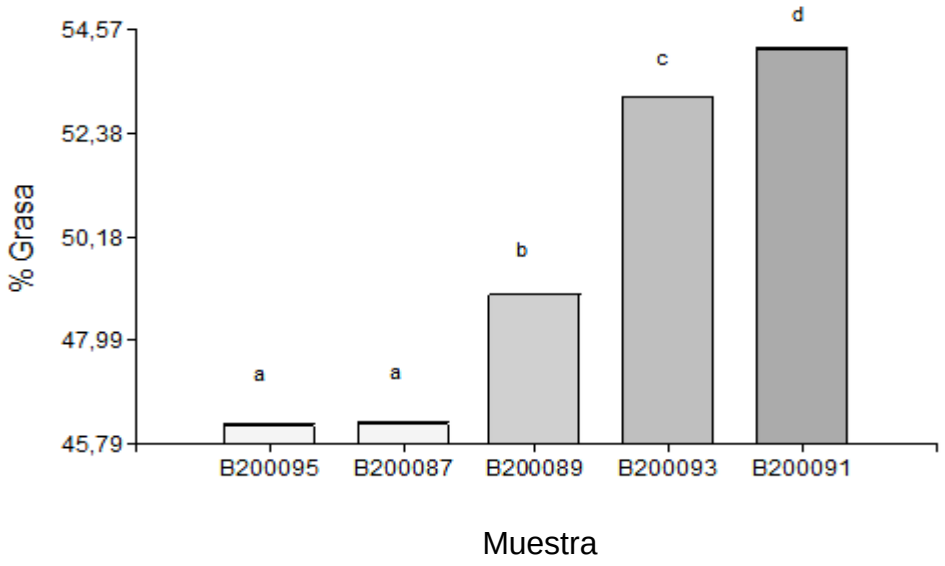
3.2.4. Determinación del porcentaje de grasa en la pasta de cacao

En lo referente a este parámetro, también encontramos que al realizar el ANOVA respectivo, existió diferencias significativas entre las pastas de cacao procesadas a partir de muestras recolectadas en la Corporación Fortaleza del Valle, es así que tenemos cuatros grupos, determinados así primer grupo las muestras B200095 y B200087 con 46,19±0,02 y 46,23±0,02; el segundo grupo con la muestra B200089 (48,93±0,01), en el tercer grupo la muestra B200093 (53,16±0,02) y el cuarto grupo con la muestra B200093 (53,15±0,04).

De acuerdo a la Normativa Ecuatoriana INEN NTE-INEN 0623; en lo que al contenido de grasa de una pasta de cacao se refiere determina que el rango óptimo se ubica entre 48 y 54%; de acuerdo a esto los valores de las muestras B200095 y B200087 se encuentran por debajo del límite mínimo, mientras que el resto de las fincas se hallan dentro del rango establecido.

Figura 10.

Valores promedio del porcentaje de grasa de la pasta de 5 muestras de cacao procedentes de la Corporación Fortaleza del Valle. Letras diferentes indican diferencia significativa (p>0,05).



3.3. Determinación del Cadmio

3.3.1. Contenido de Cadmio en las almendras secas

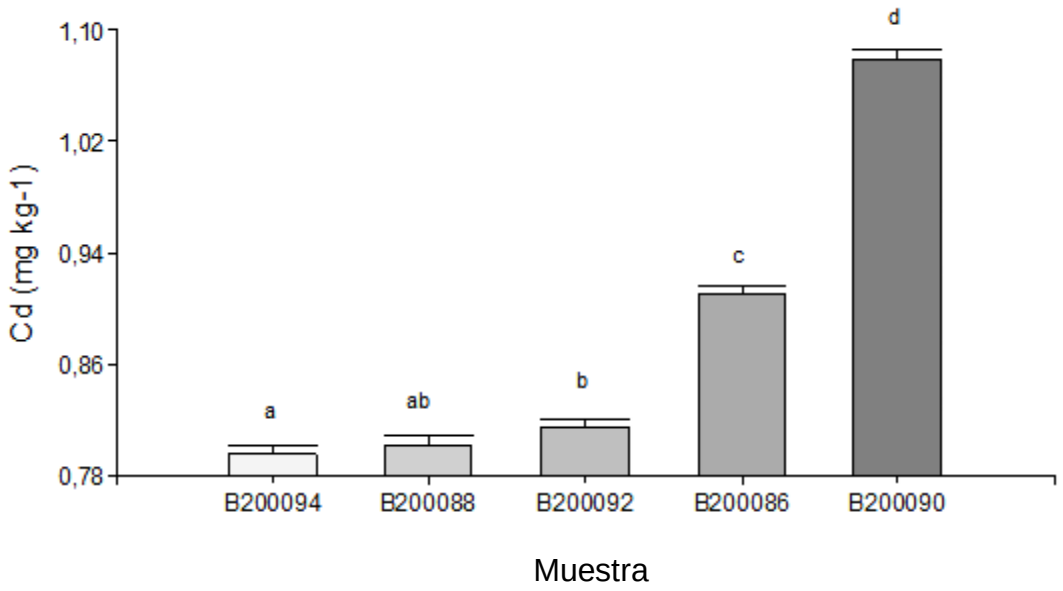
La figura 10 muestra el contenido de cadmio de las almendras secas de cacao, determinando que, para este parámetro, existió diferencias significativas (p>0,05), en las almendras secas de cacao; reportándose que el mayor contenido de Cd^{+2}, se encontró en la muestra B200090 con 1,08±0,01; seguido de la muestra B200086 con 0,91±0,01; a continuación las muestras B200092, B200088 y B200094 con 0,82±0,01; 0,80±0,02 y 0,80±0,01mg kg^{-1} de Cd^{+2}. Estos resultados se hallan en menor concentración que los reportados en una investigación realizada en fincas cacaoteras ubicadas en la vía Santo Domingo–Esmeraldas (1,5mg kg^{-1}), mediante espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito (Acosta y Pozo., 2013).

Por otra parte, la Comisión de la Unión Europea, establece como valor máximo permisible 0,3 a 0,5 mg kg^{-1} (Reglamento de la Comisión UE # 488/2014); por lo que los valores hallados aquí están ligeramente por encima de lo estipulado en

dicha Comisión. Otro estudio realizado por Bertodi, *et al.,* (2016) en almendras y productos a partir cacao reportó como valor promedio de contenido de Cd^{+2} 1,38mg kg^{-1}.

Figura 11.

Valores promedio del contenido de Cadmio en las almendras secas de 5 muestras de cacao procedentes de la Corporación Fortaleza del Valle. Letras diferentes indican diferencia significativa (p>0,05).



3.3.2. Contenido de Cadmio en la pasta de cacao

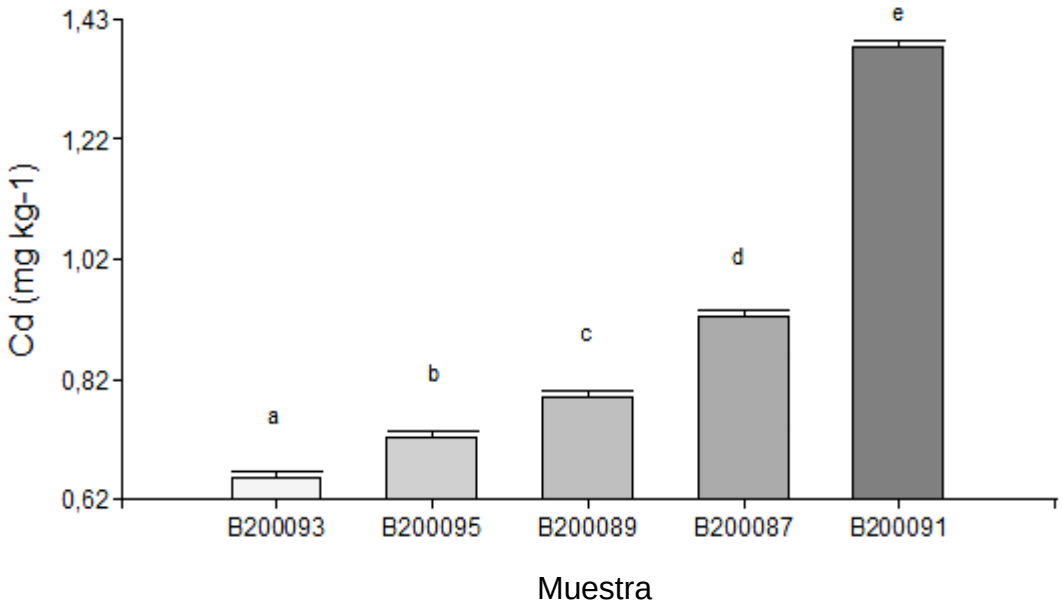
Una vez realizado el ANOVA respectivo, se pudo determinar que existió diferencias significativas (p>0,005) en todas las pastas de cacao producidas con el cacao procedente de las diversas muestras procedentes de la Corporación Fortaleza del Valle, es así como se obtuvieron valores tales como, en la muestra B200091 (1,38±0,03), la muestra B200087 (0,93±0,02), la muestra B200089 (0,79±0,02), la muestra B200095 (0,73±0,01) y la muestra B200093 (0,66±0,02). De acuerdo con Jiménez en (2015), en lo que respecta al cacao y sus derivados el Códex Alimentarius no determina límites máximos establecidos para el cadmio, en el mismo sentido Reino Unido, Suiza, Japón, Perú, Bolivia; son ejemplo de países que no tienen directrices claras en torno a la concentración de Cd^{+2} en los productos elaborados con cacao. En el Ecuador tampoco existe, una normativa técnica que determine los requisitos para la pasta de cacao en lo

que concierne a concentración de Cd^{+2}, sin embargo, Londoño, Londoño y Muñoz (2016); han realizado en muestras de barras de chocolate para analizar presencia de Cd^{+2}, en estas, donde obtienen valores para un chocolate con contenido de materia seca total de cacao al 50 % (promedio de 0,38 mg kg^{-1}); para el caso de un chocolate con un contenido de materia seca total mayor al 50% (promedio de 0,8mg kg^{-1}). Por lo que los valores reportados en el presente estudio revelan altos valores de contenido de Cd^{+2}.

En lo que respecta al bloque de países del MercoSur (Argentina, Brasil, Paraguay, Uruguay y Venezuela) estableció los límites de concentración de Cd^{+2} en pasta de cacao en 0,5mg kg^{-1}. De acuerdo con este valor, los valores generados en este estudio demuestran que están por encima de lo acotado anteriormente (Jiménez, 2015).

Figura 12.

Valores promedio del contenido de Cadmio en la pasta de 5 muestras de cacao procedentes de la Corporación Fortaleza del Valle. Letras diferentes indican diferencia significativa (p>0,05).

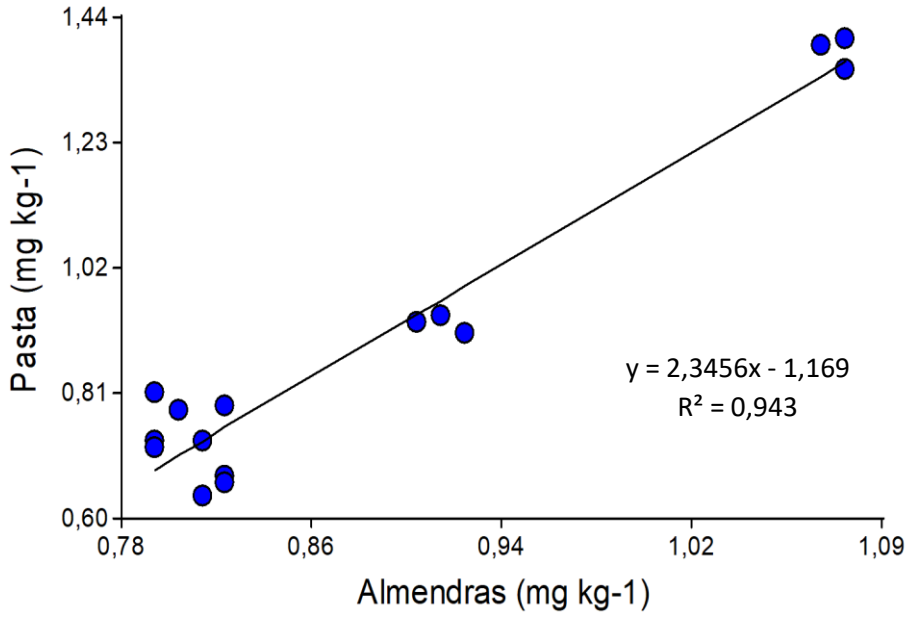


3.3.3. Relación del contenido de Cadmio entre la almendra y la pasta de cacao

Al analizar el proceso de producción de pasta de caco a partir de almendras secas se pudo determinar que existe una correlación directamente proporcional entre la concentración de Cd^{+2} de la almendra seca y la concentración de Cd^{+2} de la pasta de cacao, por lo que podemos apreciar que durante el proceso de elaboración de pasta de cacao no se disminuye el contenido de Cd^{+2} con un coeficiente de determinación (R^2) de 94%.

Figura 13.

Valores promedio del contenido de Cadmio entre la almendra y la pasta de cacao de 5 muestras provenientes de la Corporación Fortaleza del Valle.



Los valores aquí reportados, están por debajo de los valores determinados como propuesta en la X reunión del Programa Conjunto FAO/OMS sobre normativas alimentarias del Comité del Codex sobre Contaminantes de los Alimentos, en Rotterdam, Holanda, sobre los niveles máximos para el cadmio en la pasta o licor de cacao de 3mg kg^{-1} (FAO, 2016).

3.4. Análisis de balance de masa del producto pasta de cacao.

El balance global se estableció en base a los cálculos de los analitos que intervienen y se expresaron en mg.kg^{-1}; estos valores están acorde a los reportados por (Jácome, 2015) donde se hallan valores entre 0,79 y 11,3% de pérdidas en todas las etapas del proceso de obtención de pasta de cacao.

A continuación, se presentan los valores del balance de masa, analizado.

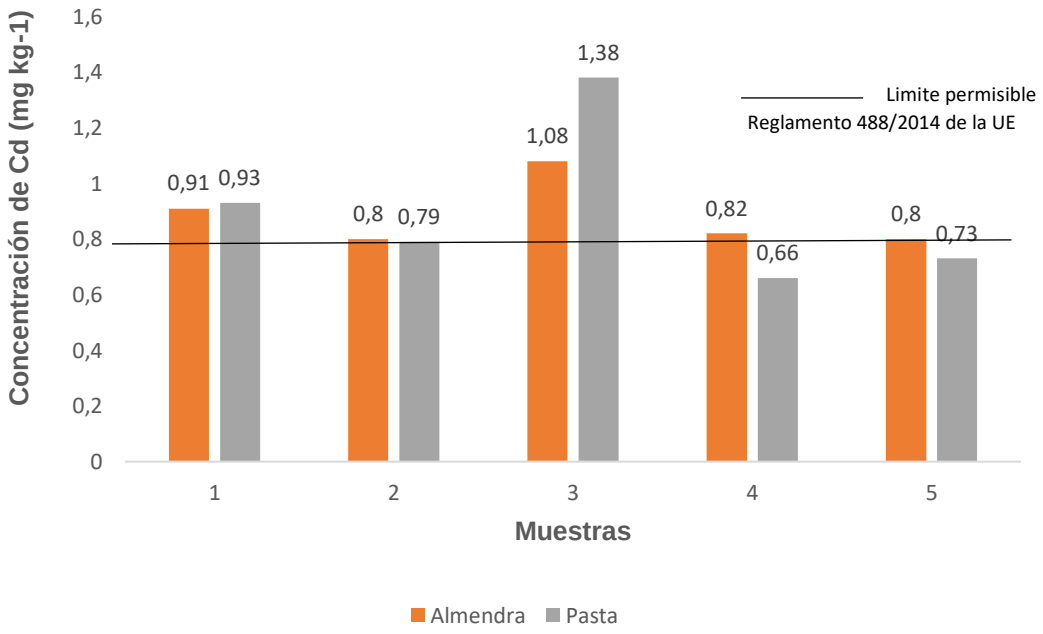
Tabla 1.

Flujo de entrada y salida de la concentración de Cd en el proceso de elaboración de pasta de cacao en 5 muestras procedentes de la Corporación Fortaleza del Valle.

Parámetros de balance	Muestras				
	B200087	B200089	B200091	B200093	B200095
Ingreso (mg.kg^{-1}) Almendra	0,91	0,80	1,08	0,82	0,79
Salida (mg.kg^{-1}) Pasta	0,93	0,79	1,38	0,66	0,73
Balance de masa (mg.kg^{-1})	-0,02	0,01	-0,30	0,16	0,06
% del balance	102,20	98,75	127,78	80,49	92,41

Figura 14.

Valores promedio del contenido de Cadmio en las almendras secas y en la pasta de 5 muestras de cacao procedentes de la Corporación Fortaleza del Valle.



CONCLUSIONES

- Las características físicas y químicas de las almendras durante la fermentación del cacao, están dentro del rango de criterio de calidad requerido por los mercados internacionales al momento de comercializar el grano de cacao

- El contenido de Cd^{+2} desde el secado hasta la elaboración de pasta de cacao, reporta un valor promedio de 0,88mg kg^{-1}, por lo que este valor se encuentra por ligeramente por encima del nivel estipulado por la Comisión de la Unión Europea, el cual es de 0,1 a 0,8 mg kg^{-1}.

- Se pudo determinar que al procesar la almendra de cacao los valores de Cd con los que ingresaban se mantenían o incluso elevaban en ciertos casos los valores de concentración de Cd^{+2} en la pasta o licor de cacao, esto pudiera deberse a que previamente hay que hacer un mejor lavado del molino, con la finalidad de que no queden partículas de otros procesos anteriores que pudieran estar contaminados, aunque es menester destacar que esto no afecta al proceso para poder ser comercializado de acuerdo a lo estipulado por la Comitiva del Codex sobre Contaminantes de los Alimentos, el cual establece como valor máximo permisible de 3mg kg^{-1}.

RECOMENDACIONES

- Realizar este mismo estudio en otros procesos relacionados con la industria del cacao y sus derivados para determinar la presencia de este metal a lo largo de los diversos procesos que realiza la corporación Fortaleza del Valle.

- Evaluar el contenido de otros metales para determinar si existe alguna asociación entre estos metales y así poder estructurar un plan de manejo de estos metales.

- Realizar la determinación de Cd^{+2}, en toda la cadena productiva del cacao (*Theobroma cacao*) en todos los cantones que tengan relación con el sistema de comercialización del producto, con la finalidad de no perder la competitividad del mercado ecuatoriano en el contexto internacional.

BIBLIOGRAFÍA

Acosta, L. y Pozo, P. (2013). *Determinación de cadmio en la almendra de cacao (theobroma cacao) de cinco fincas ubicadas en la vía Santo Domingo - Esmeraldas, mediante espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito.* Quito-Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.

Álvarez, C., Tovar, L., García, H., Morillo, F., Sánchez, P., Girón, C., y De Farías, A. (2010). Evaluación de la calidad comercial del grano de cacao (Theobroma cacao L.) usando dos tipos de fermentadores. *Revista Científica UDO Agrícola. Miranda. 10 (1)*, 76-87.

Amarilla, J. (2011). *Estudio de productividad, sanidad y perfiles organolépticos de clones Internacionales de cacao (Theobroma cacao L.) introducidos en la zona de Quevedo.* Quevedo: Tesis Ing. Agr. Quevedo, Ecuador. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Amores, F., Agama, J., Mite, F., Jiménez, J., Loor, G., y Quiroz, J. (2009). *EET 544 y EET 558 nuevos clones de cacao nacional para la producción bajo riego en la Península de Santa Elena.* Quevedo: INIAP .

Anecacao. (20 de FEBRERO de 2015). *Anecacao SA*. Obtenido de Anecacao SA: http://www.anecacao.com/es/quienes-somos/cacao-nacional.html

Anga, J.-M. (2015). *Mercado Mundial del Cacao: Retos y oportunidades para productores de cacao en Nicaragua Managua. Organización Internacional del Cacao.* NIcaragua, Managua. doi:https://goo.gl/u1xSmD.

Arévalo, G. E.-C.-C. (2016). *Metales pesado s en suelos de plantaciones de cacao (Theobroma cacao L.) en tres regiones del Perú. Ecología Aplicada* (Vol. 2). Perú. doi:https:// doi.org/10.21704/rea.v15i2.747.

Arvelo, M. (2016). *Estado actual sobre la producción y el comercio del cacao en América.San José, C.R.: IICA:CIATEJ.* San José, Costa Rica .

Assa, A., Noor, A., Yunus, M., Misnawi, N., y Djide, M. (2018). Heavy metal concentrations in cocoa beans (Theobroma cacao L.) originating from

East Luwu , South Sulawesi. *Indonesia. Journal of Physics: Conference Series*, 979-12011.

Batista, L. (2009). Guía técnica el cultivo de cacao en la República Dominicana. *CEDAF*, 250.

Behar, D. (2008). *Metodología de la Investigación.* México: Shalom.

Bertodi, D., Barbero, A., Camin, F., y Caligiani, A. (2016). Multielemental finger - printing and geographic traceability of Theobroma cacao beans and cocoa products . *Food Control* , 46-53.

Boza, E., Motamayor, J., Amores, F., Ceden, S., Tondo, C., Livingstone, D., y Gutiérrez, O. (2014). Genetic Characterization of the Cacao Cultivar CCN 51: It´s Impact and Significance on Global Cacao Improvement and Production. *Amer. Soc. Hort. Sci, 139 (2)*, 219-229.

Bradley, R. (2003). *Moisture and Total Solids Analysis.* Hardcover, USA:Springer.: Nielsen SS editor. Food Analysis. 3rd ed.

Bravo, D., Braissant, O., Solokhina, A., Clerc, M., Daniels, A., Verrecchia, E., y Junier, P. (2011). Bravo, D. , Braissant, O. , Solokhina, A. , Clerc, M. , Daniels, A. U., Verrecchia, E. & Use of an isothermal microcalorimetry assay to characterize microbial oxalotrophic activity. *FEMS Microbiology Ecology, 78*, 266-274.

Camacho, C. (2014). *Influencia del porcentaje del clon CCN-51 en las características fisicoquímicas y organolépticas del licor de cacao procedente de Pucaca y Huingoyacu.* Perú: Tesis Ing. Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria de la Selva. .

CARE. (2013). Manual técnico para manejo de cacao en áreas de agricultura familiar. *CARE Brasil* , 92.

Cedeño, P. (2010). *Determinación de perfiles organolépticos en ocho grupos de cacao mediante la degustación de licor de cacao y chocolates oscuros elaborados artesanalmente.* Calceta: Tesis Ing. Agroindustrial. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Féliz López .

Chavez, E., He, Z., Stoffella, P., Mylavarapu, R., Li, Y., y Baligar, V. (2016 (a)). Evaluation of soil amendments as a remediation alternative for cadmium-contaminated soils under cacao plantations. *Environmental Science and Pollution Research, 23 (17)*, 17571–17580.

Chavez, E., He, Z., Stoffella, P., Mylavarapu, R., Li, Y., y Baligar, V. (2016 b). Chemical speciation of cadmium: An approach to evaluate plant-available cadmium in Ecuadorian soils under cacao production. *Chemosphera, 150*, 57-62.

Chila, V., Castro, O., Bolaños, M., y Tezara, W. (2016). Effect of drye system in the Organoleptic Quality of cacao (Theobroma cacao L.) in Esmeraldas, Ecuador. *Investigación y Saberes. v. 39-54*.

Comercio., E. (28 de Junio de 2019). *:https://www.elcomercio.com/actualidad/manabi-cultivos-superficie-agricultura-productos.html. Si está pensando en hacer uso del mismo, por favor, citwww.ElComercio.com*. Obtenido de https://www.elcomercio.com/actualidad/manabi-cultivos-superficie-agricultura-productos.html

CONVENIN. (1998). *Norma Venezolana N° 50. Granos de cacao. Prueba de corte (revisión final).* Caracas: Comisión Venezolana de Normas Industriales.

Dipak, P. (2017). *"Research on heavy metal pollution of river Ganga: A review." Annals of Agrarian Science* (Vol. 2).

Echeverría, X. (2013). *Memoria Técnica Cantón Chone: Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1:25.000.* Quito: Semplades.

El Khori, S. (2007). *Evaluación de la composición química y microbiológica de los productos de fermentación de las almendras de cacao (Theobroma cacao, L) fino aromático.* Caracas- Venezuela: Tesis de Maestría. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela.

Europea, C. (2014). *Comisión Europea. (2014). Reglamento (UE) No 488/2014 de la Comisión de 12 de mayo de 2014 que modifica el ReContenido máximo de cadmio en los productos alimenticios .* Bruselas: Reglamento (UE) No 488/2014 de la Comisión de 12 de mayo de 2014 que modifica el Reglamento (CE) no 1881/2006.

Faleiro, F. I. (2016). *Otimização da extração e amplificação de DNA de Theobroma cacao L. visando obtenção de marcadores RAPD. Agrotrópica* (14 ed.).

FAO. (2016). *Codex sobre Contaminantes de Alimentos.* Rotterdam : FAO / Codex Alimentarium.

FAO/OMS. (2015). *Programa Conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias Comité de Codex Contaminantes de los alimentos.* Nueva Delhi, India .

Galanakis, C. (2013). Emerging technologies for the production of nutraceuticals from agricultural by -products: A viewpoint of opportunities and challenges. *Food and Bioproducts Processing, 91(4)*, 575 579.

García, P., Salgado, M., Barel, M., Berthomieu, G., y Rodríguez, G. (2007). Moisture, acidity and temperature evolution during cacao drying . *Journal of Food Engineering 79*, 1159-1165.

Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación* (Cuarta ed.). México D.F.: MCGRAW-HILL.

Herrera, F. (2016). Red social en la comercialización de cacao del sitio San Miguel de Brasil, parroquia Rio Bonito del cantón el Guabo, provincia de El Oro. *Universidad Técnica de Machala*.

INCONTEC. (2012). Buenas prácticas agrícolas para cacao. Recolección y beneficio. . *Norma Técnica Colombiana 5811. Requisitos Generales. Colombia*, 28.

INEC. (2018). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria.* Obtenido de inec.com: https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=2ahUKEwj_uq6snY3kAhUox1kKHf5jD5IQFjADegQIABAC&url=ht

tps%3A%2F%2Fwww.ecuadorencifras.gob.ec%2Fdocumentos%2Fweb-inec%2FEstadisticas_agropecuarias%2Fespac%2Fespac-2018%2FTabulados%2520ESP

INIAP. (2010). Manejo técnico del cultivo de cacao en Manabí. *Instituto Autónomo de Investigaciones Agropecuarias*, 149.

Jiménez, C. (2015). Estado legal mundial del cadmio en cacao (Theobroma cacao): fantasía o realidad. *Producción + Limpia , 10 (1)*, 89-104.

Lares, M., Gutiérrez, R., Pérez, E., y Álvarez, C. (2012). Efecto del tostado sobre las propiedades físicas, fisi-coquímicas, composición proximal y perfil de ácidos grasos de la manteca de granos de cacao del estado Miranda, Venezuela. *Revista Científica UDO Agrícola,12(2)*, 439-446.

Londoño, L., Londoño, F., y Muñoz, F. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial 14*, 145-153.

Londoño, R. (2015). *Balances de Masa y Energía.* Pereira: Universidad Técnica de Pereira.

López, J., Sol-Sánchez, V., y Gallardo, L. (2016). Efecto de la poda en plantaciones de cacao en el estado de Tabasco, México. *Mexicana de Ciencias Agrícolas 14*, 2807-2815.

MAGAP. (2012). Guía de buenas prácticas agrícolas para cacao. Ecuador. *Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca*, 30.

Mehmet, Y., y Durak, M. (2005). Comparison of dry, wet, and microwave ashing methods for the determination of Al, Zn, and Fe in yogurt samples by atomic absorption spectrometry. *Spectroscopy Letters. 38*, 405-417.

Montgomery, D. (2004). *Diseño y Análisis de Experimentos.* Máxico: Iberoamericana.

Organización Internacional del Cacao. (2016). *Boletín Trimestral de Estadísticas del Cacao.*

Ortiz, L., Graziani, Y., y Gervaise, G. (2009). Evaluación de varios factores sobre características químicas del grano de cacao en fermentación. *Revista Agronomía Tropical 59(1)*, 73-79.

Palacio, A. (2008). *Establecimientos de parámetros (Físicos, Químicos y Organolépticos) para diferenciar y valorizar el cacao (Theobroma cacao l.) producido en dos zonas identificadas al norte y sur del litoral ecuatoriano.* Lodana: Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Técnica De Manabi Facultad De Ingeniería Agronómica.

Perea, J., Ramírez, O., y Villamizar, A. (2011). Caracterización fisicoquímica de materiales regionales de cacao colombiano. *Revista Biotecnología en Sector Agropecuario y Agroindustrial 9(1)*, 35-42.

Pociecha, M., y Lestan, D. (2009). EDTA leaching of Cu contaminated soil using electrochemical treatment of the washing solution. *J. Hazard. Mater. 165 (1-3)*, 533-539.

Portillo, E., Graziani de Fariñas, l., y Betancourt, E. (2005). Efecto de los tratamientos post-cosecha sobre la temperatura y el índice de fermentación en la calidad del cacao criollo porcelana (Theobroma cacao l.) . *Revista de la Facultad de Agronomía. 22 (4)*, 1-11.

Portillo, E., Graziania de Farinas, L., y Betancourt, E. (2007). Análisis Químico del Cacao Criollo Porcelana (Theobroma cacao L.) en el Sur del Lago de Maracaibo. *Revista Facultad Agronomía de LUZ. 24*, 522-546.

Quintero, M. (2015). *Productos básicos agrícolas y desarrollo: producción y comercialización de cacao en Venezuela. Ph. D.Tesis.* Venezuela: Universidad de La Laguna: 707.

Quintero, R., Anido, R., y Azuaje, A. (2017). El consumo de cacao en Venezuela y en desde una perspectiva sostenible. *Agroalimentaria, 23 (45)*, 23-49.

Quiroz, J. (2017). Origin of Ecuadorian National Cocoa Clones Developed by INIAP. *Sabor Arriba 12 (1)*, 32.

Ramírez, G., Lagunes-Espinoza, M., Ortiz, C., Gutiérrez, A., y de la Rosa-Santamaría, R. (2018). Variación morfológica de frutos y semillas de

cacao (Theobroma cacao L.) de plantaciones en Tabasco, México. *Fitotecnia Mexicana, vol. 41, núm. 2*.

Ramos, G. (2006). Manual del productor de cacao. *MPPCT-INIA-FIDES.* .

Rodríguez, N., y Sánchez, P. (2013). *Especies de frutales cultivadas en Cuba en la Agricultura Urbana.* La Habana: Biblioteca Ihatuey.IV Edición.

Rodríguez, P., Pérez, E., y Guzmán, R. (2009). *Químicas y fisicoquímicas del licor de cacao alcalinizado con: carbonato, bicarbonato e hidróxido de sodio.* FAO. (http://www.researchgate.net/..licor_de_cacao.../0912f504cc8f44fc05000.

Smolders, E. (2017). *Scientific aspects underlying the regulatory framework in the area of fertilizers – state of play and future reforms. IP/A/IMCO/2016-19 - PE 595.354.* European Union.

Uyttendaele, M., De Boeck, E., y Jacxsens, L. (2016). Challenges in Food Safety as Part of Food Security: Lessons Learnt on Food Safety in a Globalized World. *Procedia Food Science, 6*, 16-22.

Vasallo, M. (2017). Diferenciación y agregado de valor en la cadena ecuatoriana del cacao. *Repique, 1*, 23-43.

Vera, J. (1993). Origen del cacao, botánica y clasificación del cacao. *INIAP. Manual del cultivo de cacao. Segunda edición, 25. Estación Experimental Tropical Pichilingue*, 8-16.

ANEXOS

AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf: 02- 3828 860 ext. 2035	PGT/B/09-FO01 Rev. 6
	INFORME DE ANÁLISIS	Hoja 1 de 1

Informe N°: LN-B-E20-043
Fecha emisión Informe: 13/02/2020

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante[1]: GEMA CHAVEZ GARCIA

Dirección[1]: Cristo Rey y 6 de Octubre

Teléfono[1]: 0990825286

Correo Electrónico[1]: shakyellos01@gmail.com

Provincia[1]: Manabí **Cantón**[1]: Portoviejo

N° Orden de Trabajo: B-20-CGLS-00146

N° Factura/ Memorando: 26-5992

DATOS DE LA MUESTRA:

Lote[1]: ---	**Conservación de la muestra**[1]: Ambiente
Provincia[1]: Manabí	**Tipo de envase**[1]: funda de plástico
Cantón[1]: Bolivar	**Condiciones ambientales:** Temperatura (°C): 23
Parroquia[1]: Bolivar	Humedad Relativa(% HR): 56
Responsable de toma de muestra[1]: Gema Chavez	
Fecha de toma de muestra[1]: 03-01-2019	**Fecha de inicio de análisis:** 04-02-2020
Fecha de recepción de la muestra: 24-01-2020	**Fecha de finalización de análisis:** 13-01-2020

RESULTADOS DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA[1]	PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADO	ESPECIFICACIÓN/ REFERENCIA[1]
B200086	F1 GRANO	Cadmio	mg/kg	AA (Llama) PEE/B/09	0,91	---
B200087	F1 PASTA	Cadmio	mg/kg	AA (Llama) PEE/B/09	0,93	---
B200088	F2 GRANO	Cadmio	mg/kg	AA (Llama) PEE/B/09	0,81	---
B200089	F2 PASTA	Cadmio	mg/kg	AA (Llama) PEE/B/09	0,79	---
B200090	F3 GRANO	Cadmio	mg/kg	AA (Llama) PEE/B/09	1,08	---
B200091	F3 PASTA	Cadmio	mg/kg	AA (Llama) PEE/B/09	1,38	---
B200092	F4 GRANO	Cadmio	mg/kg	AA (Llama) PEE/B/09	0,82	---
B200093	F4 PASTA	Cadmio	mg/kg	AA (Llama) PEE/B/09	0,66	---
B200094	F5 GRANO	Cadmio	mg/kg	AA (Llama) PEE/B/09	0,80	---
B200095	F5 PASTA	Cadmio	mg/kg	AA (Llama) PEE/B/09	0,73	---

Analizado por: Quim. Ali. Patricia Obando

Observaciones:

[1] Datos suministrados por el cliente, el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

Anexo: Gráficos

Anexos Documentos: ANEXO 1 Resultados de los triplicados

AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO

RECIBIDO TUMBACO - ECUADOR 13 FEB 2020

AGROCALIDAD DGDA 13 FEB 2020

Quim.A. Gabriela Pita
Responsable Técnico
Laboratorio de Bromatología

AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO
LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA
TUMBACO - ECUADOR

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.
Está prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin autorización del Laboratorio

Anexo 1. Resultados de los triplicados

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	RESULTADO DE CADA ANALISIS
B200086	0,90
	0,92
	0,91
B200087	0,93
	0,91
	0,94
B200088	0,80
	0,82
	0,79
B200089	0,78
	0,79
	0,81
B200090	1,08
	1,07
	1,08
B200091	1,35
	1,39
	1,40
B200092	0,82
	0,81
	0,82
B200093	0,67
	0,64
	0,66
B200094	0,81
	0,79
	0,79
B200095	0,73
	0,73
	0,72

Análisis de Varianza y Prueba post hoc de Duncan en almendras de cacao

% Humedad

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
% Humedad	15	0,99	0,98	0,28

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,33	4	0,08	200,42	<0,0001
Código	0,33	4	0,08	200,42	<0,0001
Error	4,1E-03	10	4,1E-04		
Total	0,34	14			

Test: Duncan

Código	Medias	n	E.E.					
B200088	7,03	3	0,01	a				
B200086	7,12	3	0,01		b			
B200092	7,17	3	0,01			c		
B200094	7,31	3	0,01				d	
B200090	7,45	3	0,01					e

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

% Ceniza

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
% Ceniza	15	1,00	1,00	0,63

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,19	4	0,55	767,16	<0,0001
Código	2,19	4	0,55	767,16	<0,0001
Error	0,01	10	7,1E-04		
Total	2,20	14			

Test: Duncan

Código	Medias	n	E.E.				
B200088	3,67	3	0,02	a			
B200092	3,89	3	0,02		b		
B200086	4,26	3	0,02			c	
B200090	4,62	3	0,02				d
B200094	4,62	3	0,02				d

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

% Acidez

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
% Acidez	15	0,99	0,98	1,61

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,29	4	0,07	228,20	<0,0001
Código	0,29	4	0,07	228,20	<0,0001
Error	3,2E-03	10	3,2E-04		
Total	0,30	14			

Test: Duncan

Código	Medias	n	E.E.			
B200092	0,97	3	0,01	a		
B200088	0,97	3	0,01	a		
B200086	1,07	3	0,01		b	
B200090	1,26	3	0,01			c
B200094	1,29	3	0,01			c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

% Proteina

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
% Proteina	15	1,00	1,00	0,28

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	18,88	4	4,72	3488,11	<0,0001
Código	18,88	4	4,72	3488,11	<0,0001
Error	0,01	10	1,4E-03		
Total	18,90	14			

Test: Duncan

Código	Medias	n	E.E.				
B200088	11,21	3	0,02	a			
B200092	12,55	3	0,02		b		
B200090	13,15	3	0,02			c	
B200094	14,19	3	0,02				d
B200086	14,21	3	0,02				d

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Análisis de Varianza y Prueba post hoc de Duncan en pasta de cacao

% Humedad

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
% Humedad	15	0,98	0,98	1,71

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,37	4	0,09	148,99	<0,0001
Código	0,37	4	0,09	148,99	<0,0001
Error	0,01	10	6,2E-04		
Total	0,38	14			

Test: Duncan

Código	Medias	n	E.E.					
B200087	1,25	3	0,01	a				
B200089	1,33	3	0,01		b			
B200093	1,46	3	0,01			c		
B200091	1,52	3	0,01				d	
B200095	1,70	3	0,01					e

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

% Ceniza

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
% Ceniza	15	0,99	0,99	0,66

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,60	4	0,15	301,80	<0,0001
Código	0,60	4	0,15	301,80	<0,0001
Error	4,9E-03	10	4,9E-04		
Total	0,60	14			

Test: Duncan

Código	Medias	n	E.E.					
B200087	3,13	3	0,01	a				
B200089	3,23	3	0,01		b			
B200091	3,34	3	0,01			c		
B200095	3,53	3	0,01				d	
B200093	3,68	3	0,01					e

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

% Acidez

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
% Acidez	15	0,99	0,99	1,46

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,24	4	0,06	263,72	<0,0001
Código	0,24	4	0,06	263,72	<0,0001
Error	2,3E-03	10	2,3E-04		
Total	0,24	14			

Test: Duncan

Código	Medias	n	E.E.				
B200087	0,91	3	0,01	a			
B200091	0,95	3	0,01		b		
B200089	0,95	3	0,01		b		
B200093	1,14	3	0,01			c	
B200095	1,23	3	0,01				d

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

% Grasa

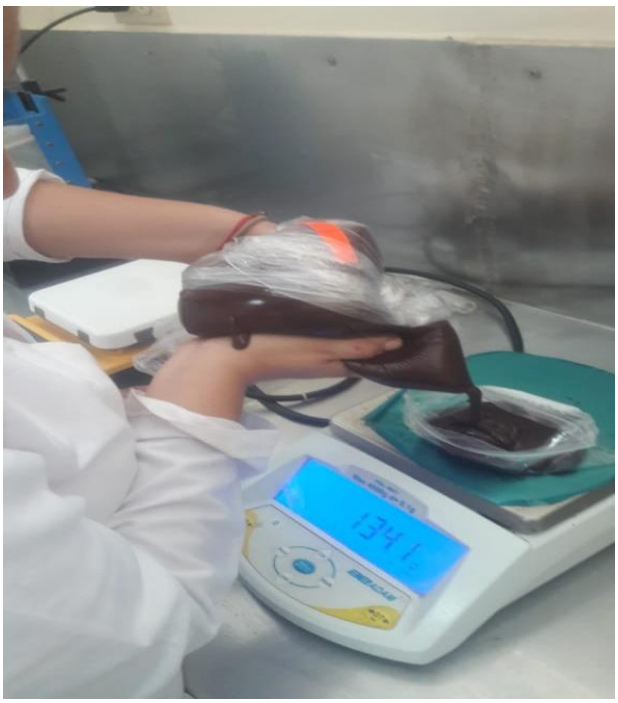
Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
% Grasa	15	1,00	1,00	0,05

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	170,21	4	42,55	71717,76	<0,0001
Código	170,21	4	42,55	71717,76	<0,0001
Error	0,01	10	5,9E-04		
Total	170,22	14			

Test: Duncan

Código	Medias	n	E.E.				
B200095	46,19	3	0,01	a			
B200087	46,23	3	0,01	a			
B200089	48,93	3	0,01		b		
B200093	53,15	3	0,01			c	
B200091	54,16	3	0,01				d

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

GOLDERY