

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE
INGENIERIA EN ALIMENTOS



TRABAJO DE GRADUACIÓN

**“Determinación de cadmio en chocolate para mesa comercializado en los principales
Mercados Municipales de Mazatenango, Suchitepéquez”**

por:

Andrea María de Fátima López Chocoj

Carné No. 201441292

MAZATENANGO, SUCHITEPÉQUEZ, SEPTIEMBRE DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE
INGENIERIA EN ALIMENTOS



TRABAJO DE GRADUACIÓN

**“Determinación de cadmio en chocolate para mesa comercializado en los principales
Mercados Municipales de Mazatenango, Suchitepéquez”**

por:

Andrea María de Fátima López Chocooj

Carné No. 201441292

Asesores:

M.Sc. Marvin Manolo Sánchez López

M.Sc. Edgar Roberto Del Cid Chacón

MAZATENANGO, SUCHITEPÉQUEZ, SEPTIEMBRE DE 2021

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Suroccidente

Autoridades

MSc. Pablo Ernesto Oliva Soto	Rector en funciones
Dr. Gustavo Enrique Taracena Gil	Secretario General

Miembros del Consejo Directivo del Centro Universitario de Suroccidente

CUNSUROC

Lic. Luis Carlos Muñoz López	Director
------------------------------	----------

Representantes de Profesores CUNSUROC

Dr. Reynaldo Humberto Alarcón Noruego	Secretario
---------------------------------------	------------

Representante Graduado del CUNSUROC

Lic. Vilser Josvin Ramírez Robles	Vocal
-----------------------------------	-------

Representantes Estudiantiles del CUNSUROC

TPA. Angélica Magaly Domínguez Curiel	Vocal
PEM. y TAE. Rony Roderico Alonzo Solis	Vocal

Coordinación Académica

Dr. Mynor Raúl Otzoy Rosales

Coordinador Académico

Dr. Edy Rodolfo Maldonado Rivera

Coordinador Carrera Licenciatura en Administración de Empresas

Lic. Edín Aníbal Ortiz Lara

Coordinador Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

MSc. José Norberto Thomas Villatoro

**Coordinador de las Carreras De Pedagogía, Administración Educativa y
Psicopedagogía**

MSc. Víctor Manuel Nájera Toledo

Coordinador Carrera Ingeniería en Alimentos

Ing. Agr. Luis Alfredo Tobar Piril

Coordinador Carrera de Ingeniería en Agronomía Tropical

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes

Coordinadora Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local

Lic. Sergio Román Espinoza Antón

**Coordinador Carrera de Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales
Abogacía y Notariado**

Lic. José Felipe Martínez Domínguez

Coordinador de Área Social Humanista

Carreras Plan Fin De Semana

MSc. Tania Elvira Marroquín Vásquez

Coordinadora de las Carreras de Pedagogía

MA. Heinrich Hernan León

**Coordinador Carrera Periodista Profesional y
Licenciatura en Ciencias de la Comunicación**

AGRADECIMIENTOS

Dios

Por su amor infinito, su misericordia y bendiciones durante toda mi vida.

Mis padres

Dr. Roberto López Burgos y Anne Odette Chocooj de López, por ser mi ejemplo a seguir y motivarme a dar lo mejor de mí. Los amo, mil gracias.

Mis hermanos

Roberto José López, Ana Beatriz López de Flores y Manuel Flores, por ayudarme en todo momento y llenar mis días de alegría.

Mis sobrinos

Ana Pili y Juan Ignacio, por alegrar mi vida.

Mis abuelos

Dr. Roberto Anastacio López Ortiz Q.E.P.D., Carmen María Burgos de López y Bertha Chocooj, por su amor y consejos.

Mi novio

Pedro Pablo Galindo, por darme tanto amor y apoyo incondicional.

Mis asesores

M.Sc. Marvin Manolo Sánchez López y M.Sc. Edgar Roberto Del Cid Chacó, por tanvaliosa orientación en la realización de mi trabajo de graduación.

Mis catedráticos

Por el apoyo, paciencia y conocimientos recibidos durante mi carrera.

Los profesionales

M.Sc. Víctor Manuel Nájera Toledo, Q.B. Gladys Calderón, Inga. Carolina Estrada, M.Sc.

Astrid Argueta e Inga. Liliana Esquit. Por el apoyo brindado en mi carrera profesional.

Mis amigos

Abigail Cifuentes, Fredy Valenzuela, Nereyda Pinto, Karen Alarcón, Jimena López, Alma

Blanco, Luisa Estrada, Adolfo Batz, Henry Ordoñez, María del Rosario Obregón, Víctor

Hernández y Nathalie Pinto, gracias por su amistad. Son los mejores.

Universidad de San Carlos de Guatemala

Por darme la oportunidad de obtener conocimientos en esta casa de Estudios Superiores.

Al pueblo de Guatemala

Por contribuir en mi educación.

ACTO QUE DEDICO A

A Dios

Por ser la razón de mi vida, mi fuerza, consuelo y alegría. Porque es el amor que yo soñé y sin Él estoy pérdida y nada soy.

A mis padres

Dr. Roberto López Burgos y Anne Odette Chocooj de López, por ser mi ejemplo a seguir y motivarme a dar lo mejor de mí.

A mis hermanos

Ana Beatriz López y Roberto José López, por su apoyo y cariño. Este logro también es de ustedes.

A mis amigos

Por ser parte de mi vida.

ÍNDICE

1. Abstract.....	1
2. Resumen.....	2
3. Introducción.....	3
4. Planteamiento del problema.....	4
5. Justificación	5
6. Marco teórico.....	6
6.1 Antecedentes.....	6
6.1.1 Antecedentes de contaminación de alimentos con cadmio en Guatemala ...	6
6.1.2 Antecedentes de contaminación de cacao con cadmio en Latinoamérica	8
6.2 Niveles máximos de Cadmio permisibles	18
6.2.1 Unión Europea.....	18
6.2.2 Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO- / Organización Mundial de la Salud -OMS-.....	20
6.3 El cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>).....	20
6.3.1 Origen del cacao	20
6.3.2 Descripción de la especie <i>Theobroma cacao</i>	21
6.3.3 Clasificación de especies cultivares de <i>Theobroma cacao</i>	22
6.3.4 Composición química granos de cacao	24

6.3.5	El cacao en Guatemala	25
6.4	Chocolate	28
6.4.1	Tipos de chocolate	28
6.4.2	Proceso productivo del chocolate para mesa	30
6.4.3	El Chocolate en Guatemala	36
6.5	Descripción del área de estudio en Mazatenango.....	36
6.5.1	Mercados	37
6.6	Elementos tóxicos.....	39
6.6.1	El cadmio.....	39
6.6.2	El cadmio ambientalmente	41
6.6.3	Contaminación de cacao con cadmio	42
6.6.4	Exposición al cadmio.....	44
6.6.5	Efectos en la salud	44
6.7	Técnicas analíticas disponibles para la determinación de cadmio en alimentos .	45
6.7.1	Espectrometría atómica	45
6.7.2	Espectrometría de absorción atómica	46
6.7.3	Espectrometría de absorción atómica con cámara u horno de grafito	46
6.8	Diseño experimental	48

6.8.1	Definición del muestreo.....	48
6.8.2	Muestreo aleatorio simple (MAS)	48
6.8.3	Muestreo estratificado	48
6.8.4	Muestreo sistemático	49
6.8.5	Tamaño de la muestra.....	49
6.9	Diseño Estadístico	50
6.9.1	Media aritmética	50
6.9.2	Varianza.....	50
6.9.3	Intervalo de confianza	50
6.9.4	Desviación estándar	50
6.9.5	Coefficiente de variabilidad.....	50
7.	Objetivos.....	51
7.1	Objetivo general	51
7.2	Objetivos específicos	51
8.	Hipótesis	52
9.	Recursos y materiales	53
9.1	Recursos.....	53
9.1.1	Humanos.....	53

9.1.2	Institucionales	53
9.1.3	Económicos	53
9.2	Materiales	53
9.2.1	Equipo.....	53
9.2.2	Cristalería y utensilios	54
9.2.3	Reactivos	54
10.	Diseño estadístico	55
10.1	Determinación del tamaño de la muestra	55
10.2	Muestreo sistemático	56
10.2.1	Muestreo aleatorio	56
10.2.2	Diseño experimental	58
11.	Marco operativo.....	60
11.1	Etapa I.....	60
11.1.1	Procedimiento de toma de las muestras de chocolate para mesa.....	60
11.2	Etapa II	61
12.	Resultados y discusión.....	62
12.1	Resultados Etapa I	62
12.2	Resultados Etapa II.....	66

12.3	Discusión de resultados	70
13.	Conclusiones	74
14.	Recomendaciones	76
15.	Referencias.....	77
16.	Anexos	94
17.	Apéndice	102
18.	Glosario.....	108

1. ABSTRACT

Cadmium (Cd) is a naturally occurring heavy metal with no essential biological functions in humans. It is bioaccumulative and its consumption mainly affects the kidneys, heart, bone system, among others. Anthropogenic activities have increased the content of Cd in soil around the world, affecting agri-food production systems. Therefore, the contamination of cocoa (*Theobroma cacao L.*) has recently attracted attention, just after the European Union decided to put into effect the levels of maximum concentrations of Cd in products derived from cocoa. According to data from MINECO (2015), in Guatemala 96% of the national production of cocoa beans is consumed by the local market, mainly as table chocolate.

That is why interest arose to determine the presence of cadmium in table chocolate sold in the main municipal markets of Mazatenango, Suchitepéquez. Using random sampling, in order to demonstrate that the presence of cadmium in said product is within the permissible limits by the European Union. A total of 11 samples were analyzed by the atomic absorption spectrophotometry method with a graphite furnace, the minimum value obtained was 0.04 mg / kg and the maximum was 0.27 mg / kg, likewise, a arithmetic mean of 0.13 mg / kg and a standard deviation of 0.08 mg/kg. Based on the results, it can be stated that cadmium levels do not exceed the limit of 0.30 mg/kg established by the EU REGULATION 488/2014 for chocolate with a total dry matter content of cocoa <50%. According to the results obtained, it was concluded that table chocolate is suitable for human consumption, and the levels of said heavy metal do not represent a barrier to international trade in the EU for this product.

2. RESUMEN

El cadmio (Cd) es un metal pesado de origen natural, sin funciones biológicas esenciales en los seres humanos. Es bioacumulativo y su consumo afecta principalmente a los riñones, corazón, sistema óseo, entre otros. Las actividades antropogénicas han aumentado el contenido de Cd en el suelo de todo el mundo, afectando los sistemas de producción agroalimentarios. Por ello, la contaminación del cacao (*Theobroma cacao L.*) ha llamado la atención recientemente, luego de que la Unión Europea decidiera poner en vigor los niveles de concentraciones máximas de Cd en productos derivados del cacao. Según datos del MINECO (2015), en Guatemala el 96 % de la producción nacional de granos de cacao es consumido por el mercado local, principalmente como chocolate para mesa.

Es por ello, que surgió el interés por determinar la presencia de cadmio en el chocolate para mesa comercializado en los principales mercados municipales de Mazatenango, Suchitepéquez. Empleando un muestreo aleatorio, con la finalidad de demostrar que la presencia de cadmio en dicho producto se encuentra entre los límites permisibles por la Unión Europea. Se analizaron un total de 11 muestras por el método de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito, el valor mínimo obtenido fue de 0,04 mg/kg y el máximo fue de 0,27 mg/kg, así mismo, se obtuvo una media aritmética de 0,13 mg/kg y una desviación estándar de 0,08 mg/kg. En base a los resultados se puede afirmar que los niveles de cadmio no sobrepasan el límite de 0,30 mg/kg establecido por el REGLAMENTO 488/2014 de la UE para chocolate con un contenido de materia seca total de cacao < 50%. De acuerdo a los resultados obtenidos se concluyó que el chocolate para mesa es apto para el consumo humano, y los niveles de dicho metal pesado no representan una barrera para el comercio internacional en la UE para este producto.

3. INTRODUCCIÓN

El chocolate para mesa es un producto consumido a nivel mundial, el cual tiene como materia prima principal el cacao. En los últimos años, diversas investigaciones han determinado que el cacao es capaz de absorber cadmio, el cual es un metal pesado que puede encontrarse en el suelo, agua o fertilizantes. El cadmio tiene un efecto altamente tóxico, además, tiene como característica relevante su elevada persistencia en el medio con el paso del tiempo. Por lo tanto, cuando el cacao contaminado con dicho metal es procesado para obtener productos como el chocolate para mesa, este contaminante perdura en el producto final.

En Guatemala el chocolate para mesa ha cobrado importancia en los últimos años debido a los pequeños modelos de producción privada y comunitaria. Según el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, una de las regiones con mayor potencial de producción de cacao es la región Sur-Occidental (MAGA, 2016). En dicha región destaca el departamento de Suchitepéquez en donde la mayor parte de semillas de cacao se destinan a la producción de chocolate para mesa.

En la presente investigación se tomaron muestras de chocolate para mesa provenientes de los Mercados Municipales de Mazatenango, Suchitepéquez; las cuales fueron analizadas en un laboratorio externo mediante el método de espectrometría de absorción atómica con horno de grafito para determinar si los niveles de cadmio presentes en el chocolate para mesa elaborado artesanalmente representaban un peligro toxicológico para los consumidores. Durante la toma de muestras, fue aplicada una encuesta a los comerciantes de chocolate para mesa, con el fin de determinar si el origen del cacao con que se elaboraron las muestras era guatemalteco. Posteriormente, se compararon los resultados obtenidos con los límites propuestos en el Reglamento 488/2014 de La Unión Europea para dicha categoría de chocolate. El tiempo de ejecución de la investigación fue de cuatro meses.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El cacao (*Theobroma cacao L.*) es un producto con creciente demanda mundial en la industria alimenticia, ya que es un cultivo de interés nacional e internacional, útil para realizar productos derivados como lo es el chocolate. En Guatemala, una de las formas más comunes de consumir cacao, es en forma de chocolate para mesa producido tradicionalmente por la industria nacional, se destaca por su sabor y aroma, características que son altamente deseables por la industria chocolatera.

El cadmio, considerado como contaminante alimentario, es un metal pesado tóxico, lo que conlleva a que se acumule progresivamente en el ambiente y se transporte fácilmente por medio del aire y del agua, llegando así a los suelos de los cultivos agrícolas y por ende a la cadena alimenticia. En recientes investigaciones a nivel internacional, se encontró la presencia de cadmio en cacao y productos derivados de este en diversos países de Latinoamérica, tal como se presenta en las investigaciones de Argüello et al. (2019) en Ecuador; Arévalo-Gandini et al. (2017) en Perú, Niño Bernal (2015) en Colombia, entre otras. Se ha investigado debido a la preocupación de los efectos nocivos conocidos de este metal cuando se consume en cantidades elevadas, como lo es el daño renal, pulmonar, hepático y óseo, clasificándose como una sustancia tóxica.

En Guatemala son escasos los estudios donde se dé a conocer el contenido de cadmio en chocolate para mesa, y como Suchitepéquez es considerado como uno de los mayores productores de cacao a nivel nacional, existió la necesidad de realizar una investigación para conocer los niveles de cadmio que pudiera presentar este producto comercializado en los principales mercados municipales de Mazatenango, Suchitepéquez. Por ello se planteó la siguiente problemática:

¿Cuáles son las concentraciones de cadmio presentes en el chocolate para mesa comercializado en los principales mercados municipales de Mazatenango, Suchitepéquez?

5. JUSTIFICACIÓN

La contaminación por metales pesados, específicamente por cadmio, se ha asociado únicamente a productos marítimos, verduras de hoja verde, granos, legumbres, entre otros. Sin embargo, en investigaciones recientes realizadas en diversos países, como: las investigaciones de Beltrán Iraheta et al. (2017) en El Salvador, Echeverry & Reyes (2019) en Colombia, Sánchez, C.E. (2019) en Ecuador, entre otras investigaciones; se han encontrado presencia de cadmio en productos derivados del cacao.

El chocolate para mesa, es un producto derivado del cacao comercializado en diversas áreas en todo el departamento de Suchitepéquez. Sin embargo, específicamente la cabecera departamental de Suchitepéquez, Mazatenango, se ha caracterizado por ser un punto central del comercio de cacao y sus productos derivados, siendo el chocolate para mesa el que tiene mayor comercialización.

En Guatemala no se cuenta con normativas en donde se haga referencia a las concentraciones permitidas de cadmio en chocolate para mesa, por ello la necesidad de realizar una investigación para conocer los niveles de cadmio presentes en este producto y contribuir con el aporte de datos preliminares para la elaboración de normas nacionales sobre niveles máximos permisibles de cadmio en chocolate para mesa.

Por este motivo, fue necesario comparar si los datos obtenidos en la presente investigación cumplían con las regulaciones internacionales de inocuidad en cuanto a dicho metal pesado, específicamente, las nuevas regulaciones de los países de la Unión Europea en las cuales se reglamentan los niveles máximos permisibles de cadmio en productos derivados del cacao. A fin el fin de estimar el riesgo para la salud de la población que consume el chocolate para mesa que es comercializado en los principales Mercados Municipales de Mazatenango, Suchitepéquez.

6. MARCO TEÓRICO

6.1 Antecedentes

6.1.1 Antecedentes de contaminación de alimentos con cadmio en Guatemala

- a) **Estudio de determinación cuantitativa de arsénico, cobre, plomo y cadmio en (*Brasica oleracea*) [sic] brócoli que se cultiva en la parcela San José, Tecpán municipio de Chimaltenango** (Turcios, 2010).

En este proyecto de investigación, se analizó la posible presencia de elementos tóxicos (cadmio, plomo, arsénico y cobre) en brócoli cosechado de la forma tradicional en Guatemala, específicamente en la parcela San José, Tecpán, municipio de Chimaltenango, ya que debido a su clima y características del suelo (suelo profundo volcánico que tiende a ser ácido, textura media), este departamento es el que más siembra, cosecha y cultiva el vegetal en mención.

El muestreo se realizó colectando el vegetal por medio del método de diagrama de Lot-plot Shainin, seguidamente se realizó un proceso de deshidratación y degradación de materia orgánica en digestión seca a 550°C, que posteriormente se llevó a una disolución que se analizó por espectroscopia de absorción atómica, siendo la técnica recomendada por la "Association Official of Analytical Communities, AOAC (Turcios, 2010, págs. 6-7).

Se concluyó que no existía riesgo de intoxicación por medio de cobre, cadmio, plomo y arsénico por el consumo de brócoli que se cultiva en la parcela San José, municipio de Tecpán, Chimaltenango (Turcios, 2010, págs. 6-7).

b) Estudio de cuantificación de cadmio en papa y zanahoria por medio de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito (Pineda, Teos, & Sosa, 2016).

El objetivo principal de esta investigación fue cuantificar niveles de cadmio por espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito en 8 muestras, de zanahoria se utilizaron 4 muestras (2 de supermercado y 2 de mercado) y 4 muestras de papa (2 muestras provenientes de supermercados y 2 muestras provenientes de mercados) de la ciudad de Guatemala.

Los resultados obtenidos en zanahoria fueron 1.39 μg , 0.56 μg , 0.38 μg , 0.843 μg . y de la papa 0.045 μg , 0.25 μg , 1.875 μg , 0.616 μg sobre 100 gramos de alimento. Se determinó que dos muestras (papa y zanahoria) presentaron concentraciones ligeramente mayores a las de las demás muestras. Sin embargo, se pudo concluir que las concentraciones no representan riesgo de toxicidad para la salud de las personas (Pineda et al., 2016, pág. 1).

c) Evaluación de cadmio, cobre y plomo en especies marinas de los océanos Atlántico y Pacífico de Guatemala por técnicas de voltametría; Determinación de cadmio, cobre y plomo en especies marinas de los océanos atlántico y pacífico de Guatemala por técnicas voltamperométricas (Chún, 2000).

En esta tesis, los resultados de las mediciones de cobre, plomo y cadmio se realizaron mediante voltametría. Se seleccionaron tres puntos en el océano Pacífico y uno en el Atlántico para obtener muestras de peces y camarones como especies contaminadas con metales tóxicos.

Las muestras fueron tratadas por métodos físicos y químicos para volver solubles los metales y la determinación química se realizó mediante voltametría diferencial de pulso. Los resultados mostraron que el cobre, el plomo y el cadmio están presentes en las muestras a nivel de trazas.

La precisión de las mediciones se verificó por el Instituto Nacional de Estándar y Tecnología NIST del Departamento de Comercio de los Estados Unidos (Chún, 2000, págs. 1-2).

6.1.2 Antecedentes de contaminación de cacao con cadmio en Latinoamérica

a) Ecuador: 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 (Acosta L. & Pozo P., 2013).

En este estudio se determinó la concentración de cadmio en la almendra de cacao (*Theobroma cacao*), de cinco fincas ubicadas a lo largo de la vía Santo Domingo–Esmeraldas en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. Se analizó un total de 50 muestras que fueron tomadas de 10 puntos de muestreo en cada una de las 5 fincas, mediante la técnica instrumental de absorción atómica acoplada con horno de grafito.

Los resultados obtenidos permiten concluir que, el promedio de los datos de los análisis de la determinación de cadmio en la almendra de cacao de todas las muestras es 0.35 mg/kg, lo cual indica que la concentración de cadmio es 6 veces más alta de lo permitido que corresponde a 0.05 mg/kg según (ATSDR, 2008). Además, en la finca #1, las 4 primeras muestras de almendra de cacao poseen cadmio en una concentración menor al límite permisible mencionado anteriormente.

De los resultados obtenidos, se concluyó que las mazorcas de cacao que se estaban cosechando en las fincas estudiadas no podrían ser exportadas, ya que no cumplían con las exigencias de calidad propuestas, en cuanto al límite máximo permisible de cadmio presente en la almendra de cacao (Acosta L. & Pozo P., 2013, págs. 69-70).

b) Colombia: Cuantificación de cadmio en cacao proveniente del Occidente de Boyacá por la técnica analítica de voltamperometría (Niño Bernal, 2015).

En este estudio se cuantificó el contenido de cadmio en cacao de dos especies la E.E.T.8 (estación experimental tenesis 8) y C.C.N.51 (colección castro naranjales 51), provenientes del occidente de Boyacá. Para el análisis respectivo se utilizó los métodos de voltamperometría con electrodo de mercurio y electrodo de carbón vítreo; debidamente validado y estandarizado, obteniendo los niveles de cadmio en la matriz de interés.

Se obtuvieron concentraciones entre 1535 y 1585 ppb para E.E.T.8 y entre 2848 y 2968 ppb para C.C.N.5, concentraciones que superaron los niveles máximos permisibles (1500 ppb para cacao en polvo), establecido por la FAO/OMS en este tipo de alimentos (Niño Bernal, 2015, pág. 12).

c) Perú: Presencia de metales pesados en cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*) orgánico (Huamaní-Yupanqui et al., 2012).

En esta investigación se evaluaron los contenidos de cadmio y plomo en suelos y hojas del cacao en las regiones de Huánuco y Ucayali, Perú. Se recolectaron y analizaron en el laboratorio muestras tomadas en 22 parcelas con cultivos orgánicos de esta especie, 17 en la región de Huánuco y cinco en la región Ucayali.

Se realizaron análisis de correlación de Pearson entre los contenidos de plomo y cadmio disponibles en el suelo con variables foliares (P, Mg, Ca, Zn, Cd, Pb) y del suelo (arena, arcilla y K). Los valores promedio de cadmio y plomo disponibles en los suelos fueron 0.53 y 3.02 ppm y en las hojas de cacao de 0.21 y 0.58 ppm respectivamente (Huamaní-Yupanqui et al., 2012, pág. 339).

d) Salvador: Determinación de cadmio en chocolate de mesa comercializado en la zona Metropolitana de San Salvador (Beltrán et al., 2017).

Para realizar la determinación de cadmio en chocolate de mesa se adaptó el método propuesto por la AOAC 999.11 a las condiciones de laboratorio, realizando un proceso de digestión por el método de vía seca, para determinar posteriormente los niveles de cadmio en chocolate de mesa comercializado en la zona metropolitana de San Salvador.

Los niveles de cadmio en las muestras de chocolate de mesa analizadas se encontraron en un rango de 0.003 a 0.018 mg/kg de cadmio, cumpliendo con los parámetros establecidos por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) en conjunto con la Organización Mundial de la Salud (OMS), el reglamento No 1881/2006 de la comisión de la Unión Europea (UE) y el reglamento técnico MERCOSUR N°12/11 sobre límites máximos de contaminantes inorgánicos en alimentos (Beltrán et al., 2017, págs. 1-2).

6.1.3 Revisión del estado legal del cadmio en cacao en varios países

6.1.3.1 Estados Unidos

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR) de Estados Unidos (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2012) menciona que la exposición al cadmio por alimentos se da, en general, a través de las verduras de hoja, tales como la lechuga, las espinacas, patatas, cereales, cacahuets, soja y semillas de girasol; las fuentes primarias de semillas contienen altos niveles de cadmio, aproximadamente 0,05-0,12 mg de la exposición cadmio / kg.

Por otro lado, la FDA (Food and Drugs Administration, por sus siglas en inglés) da niveles específicos de cadmio en agua embotellada hasta 0,005 mg/l (Code of Federal Regulations, 2013).

En el título 21 para Alimentos y Medicamentos del Código Federal, en el capítulo 1863, se detallan las diferentes especificaciones para productos del cacao (Code of Federal Regulations, 2011); en este documento no hay niveles establecidos para contaminantes, especialmente cadmio.

6.1.3.2 Hong Kong

El gobierno de Hong Kong, a través del centro de alimentos seguros (Centre for food safety, 1997), ha establecido en el capítulo 132 de la Parte V de la Ordenanza en Salud Pública y los Servicios Municipales, en la regulación 3, regula para el cadmio, los siguientes alimentos: cereales y vegetales de 0,1 mg/kg, pescado, carne de cangrejo, ostras, gambas y camarones de 2 mg/kg, carne de animales y aves de 0,2 mg/kg. Para el chocolate y sus derivados no se encuentran legislado el cadmio (Jiménez, 2015).

6.1.3.3 México

México, en su reciente norma Oficial Mexicana NOM-186-SSA1/SCFI-2013, establece las especificaciones sanitarias y comerciales que deben cumplir el cacao, el chocolate, los productos similares y los derivados del cacao, y la denominación genérica y específica de dichos productos.

Entre las especificaciones para estos productos, da límites máximos permisibles de contaminantes, entre ellos, algunos metales pesados como arsénico y plomo, para varios productos, los cuales son aproximadamente de 0,5 mg/kg para arsénico y entre 0,1 y 1 mg/kg para plomo. Para el cadmio no existen límites permitidos (Secretaría de Salud, 2014) (Jiménez, 2015).

6.1.3.4 Australia y Nueva Zelanda

El Australian New Zealand Food Standard Code (Food Standards Code, 2014) establece los niveles máximos de metales pesados para alimentos. Los que están regulados son el arsénico, el cadmio, el estaño, el mercurio y el plomo. Para el cadmio se mencionan varios alimentos, entre ellos el chocolate y productos del cacao con niveles máximos de 0,5 mg/kg (Jiménez, 2015).

6.1.3.5 Brasil

En la legislación brasileña están regulados el antimonio, el arsénico, el cadmio, el cobre, el cromo, el estaño, el mercurio, el níquel, el plomo, el selenio y el zinc. Para chocolate azucarado, no azucarado, manteca de cacao y cacao hay niveles máximos permitidos para plomo que están entre 0,5 y 2 mg/kg. Brasil no posee niveles máximos de cadmio para estos productos (Díaz, 2014).

6.1.3.6 Chile

Chile, en el Reglamento Sanitario de los alimentos, el título IV que hace referencia a los contaminantes, específicamente los metales pesados, tiene límites de arsénico para el Cacao en polvo y mezclas secas de cacao y azúcar, cacao sin cáscara ni germen, cacao en pasta; torta de prensado de cacao, polvillo de cacao (finos de cacao), concretamente en arsénico 1 mg/kg máximo.

En cobre, los límites permitidos van de acuerdo con el producto: chocolates, dulce de manteca de cacao 15 mg/kg, chocolate no edulcorado 30 mg/kg, chocolate compuesto y relleno 20 mg/kg, cacao en polvo y mezclas secas de cacao y azúcar; torta de prensado de cacao 50,0 mg/kg, cacao sin cáscara ni germen; cacao en pasta 30,0 mg/kg (Jiménez, 2015).

En hierro, solo hay límites para la manteca de cacao: 2 mg/kg máximo. En plomo, el límite es de 2 mg/kg para cacao en polvo y mezclas secas de cacao y azúcar; cacao sin cáscara ni germen; cacao en pasta; torta de prensado de cacao, polvillo de cacao (finos de cacao) (Ministerio de Salud, 1996). El Reglamento Sanitario no presenta límites de cadmio para cacao y derivados.

6.1.3.7 Argentina

El código alimentario argentino, en su capítulo III (Administración Nacional de Alimentos, 2012) establece límites para los metales plomo, cadmio y arsénico para varios productos de chocolate y sus derivados. Específicamente para el cadmio, el límite para Chocolates y productos de cacao con menos de 40 % de cacao es de 0,2 mg/kg; el límite para Chocolates y productos a base de cacao con más de 40 % de cacao es de 0,3 mg/kg.

Para el plomo y el arsénico, el código establece límites de 0,2 mg/kg para Chocolates y productos de cacao con menos de 40 % de cacao y de 0,4 mg/kg para Chocolates y productos a base de cacao con más de 40 % de cacao (Jiménez, 2015).

6.1.3.8 Bolivia

En el catálogo de normas bolivianas (Dirección Nacional de Normalización, 2013), se describen algunos requerimientos para el cacao y derivados. Sin embargo, no contiene requerimientos de contaminación por metales pesados.

6.1.3.9 Perú

En Perú se cuenta con la Norma Técnica para los requisitos fisicoquímicos, microbiológicos y técnicos que deben cumplir el cacao y sus derivados. Sin embargo, no menciona exigencias alrededor de metales pesados (INDECOPI, 2007). De igual manera, la Norma Técnica, que es específica para Chocolate, no menciona requisitos concretos para metales pesados (Jiménez, 2015).

6.1.3.10 Reino Unido

En el Reino Unido cuentan con una legislación específica para cocoa y productos de chocolate. Sin embargo, aspectos relacionados con los controles sobre la inocuidad no son discutidos en este documento (The Stationery Office Limited, 2003). Adicionalmente, la seguridad de los alimentos se trata de manera exclusiva en el Food Safety Act (Legislation Uk, 1990) pero este documento no incluye ninguna información relacionada con cadmio en cacao y sus derivados.

6.1.3.11 Suiza

Suiza ha sido considerado el país que elabora los mejores productos derivados del cacao y, de hecho, al consultar el reglamento sobre azúcares, dulces y derivados del cacao (Das Eidgenössische Departement des Innern, 2009), se mencionan como aspectos relevantes los nombres que toman ciertos productos dependiendo del contenido de sólidos de cacao.

Sin embargo, la norma no menciona los niveles de contaminantes permitidos para estos productos, especialmente el cadmio. Suiza sí tiene legislación para metales pesados; en el documento elaborado por Alberto Díaz para la Unión Europea (Díaz, 2014), se mencionan, entre otros, el aluminio, el arsénico, el plomo, el boro, el cobalto, el cobre y el cadmio. Este último está regulado en alimentos como trigo, cebada, frutas, espinacas, maní, champiñones (Jiménez, 2015).

6.1.3.12 Japón

La JETRO del Japón (Japan External Trade Organization - JETRO, 2011) ha realizado una publicación donde resumen las especificaciones y normas para los alimentos, los aditivos alimentarios, aparatos y contenedores/envases, que se regula en la Ley de Higiene Alimentaria y legislaciones pertinentes en el país (Jiménez, 2015).

En ella, se hace una síntesis de los contaminantes que están legislados, entre los cuales se mencionan micotoxinas, bisfenilos policlorados y metales pesados, tales como el mercurio y plomo en varios alimentos. Metales pesados en el cacao y sus derivados no están legislados en Japón.

6.1.3.13 Ecuador

En Ecuador, la NTE INEN 621:2010 que establece requisitos para el chocolate (Instituto Ecuatoriano de Normalización, Chocolates, 2010) presenta niveles máximos permitidos para los siguientes metales pesados: arsénico (As) 0,5 mg/kg, cobre (Cu) 15 mg/kg y plomo (Pb) 1 mg/kg.

Sin embargo, para cadmio no se tiene establecido nivel alguno. La INEN 620: 1989 que establece requisitos para la cocoa en polvo que va a ser usada industrialmente, tampoco presenta el nivel de cadmio máximo permitido ni para ningún otro metal pesado (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1989).

Otra norma ecuatoriana relacionada con cacao y derivados, tal como la INEN 623 que establece requisitos para pasta de cacao (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1988) no establece niveles de cadmio para este semielaborado (Jiménez, 2015).

6.1.3.14 Venezuela

Venezuela cuenta con las normas COVENIN y al chocolate le corresponde la 52:1999, en la cual se establecen los límites para arsénico (As) 0,5 mg/kg, cobre (Cu) 15 mg/kg y plomo (Pb) 0,5 mg/ kg; para el cadmio no hay niveles documentados en esta norma (Fondonorma, 1999).

La COVENIN 50:1995, que establece requisitos para los granos de cacao, a pesar de que menciona el control que se debe hacer a contaminantes como las aflatoxinas, no hace referencia a ningún metal pesado que deba ser medido en esta materia prima (Fondonorma, 1995).

Sin embargo, la COVENIN 1479:1998 (Fondonorma, 1998) la cual establece requisitos para el cacao en polvo, y la COVENIN 1480:1998, para el licor de cacao (Fondonorma, 1998), determina niveles máximos para arsénico (As) 1 mg/kg, cobre (Cu) 5 mg/kg, plomo (Pb) 0,5 mg/kg y hierro (Fe) 2 mg/kg; el cadmio no es mencionado en estas normas.

Para los análogos del chocolate o sucedáneos, Venezuela establece los mismos niveles de metales pesados que los del chocolate: arsénico (As) 0,5 mg/kg, cobre (Cu) 15 mg/kg y plomo (Pb) 0,5 mg/kg; no hay niveles para el cadmio (Fondonorma, 2000) (Jiménez, 2015).

6.1.3.15 Rusia

Rusia tiene regulados el arsénico, el mercurio y el plomo para diversos alimentos de origen vegetal. Se tienen establecidos límites máximos de cadmio para hortalizas y setas; para el cacao y sus derivados no hay legislación (Díaz, 2014).

6.1.3.16 Nicaragua

La Norma técnica obligatoria nicaragüense para el chocolate y productos del chocolate (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, 2008) describe los detalles técnicos relacionados con los tipos de chocolate y las especificaciones relacionadas con cada uno de ellos. Sin embargo, en materia de contaminantes en general y, metales pesados en especial, no tiene ningún requerimiento (Jiménez, 2015).

De igual manera, la Norma técnica obligatoria para cacao en polvo y la mezcla de cacao y azúcar (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, 2010) tampoco establece límites permitidos para metales pesados, a pesar de que recomienda un método para determinar plomo.

6.1.3.17 Guatemala

La Norma Técnica Obligatoria para chocolate en polvo o en tabletas (Comisión Guatemalteca de Normas Ministerio de Economía, 1975) establece límites para los siguientes metales pesados cobre, como Cu 30 mg/kg, arsénico, como As 1 mg/kg y plomo, como Pb 2 mg/kg. No se encuentran límites para cadmio en este tipo de productos (Jiménez, 2015).

De igual manera, en la Norma Técnica Obligatoria para Chocolate (Comisión Guatemalteca de Normas Ministerio de Economía, 1987) se establecen límites también para cobre, como Cu 30 mg/Kg en chocolate amargo y 15 mg/Kg en chocolate dulce, arsénico, como As 0,5 mg/Kg y plomo, como Pb 1 mg/Kg. No se encuentran límites para cadmio en la normativa.

6.1.3.18 Canadá

En la División 4, en el B.04.001 de la Food and Drug Regulation of Canada (Minister of Justice, 2011) se encuentran las especificaciones para Cocoa and chocolate products, en el cual no se encuentran límites establecidos para contaminantes, como los metales pesados. Esto incluye el cadmio.

6.1.3.19 Korea del Sur

El artículo 5 del The South Korea Food Code, en el numeral 3, establece los requisitos para Cocoa Products or Chocolates (Code of Federal Regulations, 2011). Solo para el polvo de cocoa se dan límites en plomo, el cual es máximo de 2 mg/kg (Jiménez, 2015).

6.1.3.20 Sudáfrica

De acuerdo con el documento elaborado por Alberto Díaz para la Secretaría General de Comercio Exterior de España (Díaz, 2014), los metales pesados que se encuentran legislados en Sudáfrica para el chocolate compuesto, con y sin endulzar, son: el arsénico 1 mg/kg máximo; chocolate compuesto y relleno, cobre 20 mg/kg y plomo 1 mg/kg; para el chocolate, el arsénico 0,5 mg/kg y cobre 15 mg/kg; chocolate sin endulzar, cobre 30 mg/kg y plomo 2 mg/kg. No se encuentra regulado el cadmio para estos productos (Jiménez, 2015).

6.1.3.21 Uruguay

El Reglamento bromatológico expedido por el Ministerio de Salud Pública de Uruguay (Ministerio de salud pública Uruguay, 1994) establece límites máximos para varios metales pesados, tanto en alimentos sólidos como en líquidos.

Para el cadmio, es de 0,2 mg/kg, el cual aplica para todos los productos de chocolate, sucedáneos y demás derivados del cacao ya que este reglamento es general para todos los alimentos (Jiménez, 2015).

6.2 Niveles máximos de Cadmio permisibles

6.2.1 Unión Europea

El 16 de septiembre de 2013, la Unión Europea notificó al Comité de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias de la Organización Mundial del Comercio (OMC) la Enmienda al Reglamento Europeo No. 18881/2006.

El 12 de mayo de 2014, se publicó el reglamento (UE) No. 488/2014, el cual modifica al Reglamento (CE) No. 1881/2006 por lo que respecta al contenido máximo de cadmio en los productos alimenticios, estableciendo pues niveles máximos (NM) de cadmio para el chocolate y productos derivados del cacao, que entraron en vigor a partir del 1 de enero de 2019.

Tabla 1

Niveles máximos de Cadmio en los productos de cacao y de chocolate, establecidos en el Reglamento. No. 488/2014 de la Unión Europea.

Productos de cacao y chocolate	Concentración máxima de Cadmio/ kg de peso
Chocolate con leche con un contenido de materia seca total de cacao < 30 %	0,10 mg/kg de peso a partir del 1 de enero de 2019
Chocolate con un contenido de materia seca total de cacao < 50 %; chocolate con leche con un contenido de materia seca total de cacao \geq 30 %	0,30 mg/kg de peso a partir del 1 de enero de 2019
Chocolate con un contenido de materia seca total de cacao \geq 50 %	0,80 mg/kg de peso a partir del 1 de enero de 2019
Cacao en polvo vendido al consumidor final o como ingrediente en cacao en polvo edulcorado vendido al consumidor final (chocolate para beber).	0,60 mg/kg de peso a partir del 1 de enero de 2019

Fuente: (CONTAM, 2014).

6.2.2 Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura -FAO- / Organización Mundial de la Salud -OMS-

La FAO/OMS por medio del Comité del Codex Alimentarius sobre contaminantes de los alimentos presentó datos estimados sobre los Niveles Máximos (NM) propuestos, por diversos países, en el último anteproyecto presentado durante la 12^a reunión realizada en Utrecht, Países Bajos, del 12-16 de marzo de 2018; sobre niveles máximos para el cadmio en el chocolate y los productos derivados de cacao:

- El NM propuesto para el chocolate y los productos de chocolate que contienen o declaran $\geq 30\%$ al $< 50\%$ del total de sólidos de cacao es de 0,5 mg/kg.
- El NM propuesto para el chocolate y los productos de chocolate que contienen o declaran $\geq 50\%$ al $< 70\%$ del total de sólidos de cacao es de 0,8 mg/kg
- El NM propuesto para el chocolate y los productos de chocolate con $\geq 70\%$ del total de sólidos de cacao es de 1,0 mg/kg (Comité del Codex sobre Contaminantes de Alimentos, 2018).

6.3 El cacao (*Theobroma cacao L.*)

6.3.1 Origen del cacao

“El cacao (*Theobroma cacao L.*), es una especie originaria de bosques tropicales de América del Sur, donde se encuentra además una variedad genética, su propagación era de forma espontánea, es decir, de forma natural con ayuda de animales y se fue extendiendo en otras regiones como en la zona del caribe y la de Pacífico centroamericano en tiempo anteriores al descubrimiento, los nativos lo propagaron hacia el sur de México y Centroamérica” (Nosti, 1963, pág. 806).

6.3.2 Descripción de la especie *Theobroma cacao*

a) Tallo

La planta posee un solo eje vertical que al alcanzar 1.5 metros detiene su crecimiento apical y se desarrollan de tres a cinco ramas laterales, formándose una “horqueta”. Y para continuar el crecimiento vertical, brota debajo de la horqueta un nuevo crecimiento apical; de esta manera surge la ramificación vertical (León, 2000, págs. 104-109).

b) Raíz

La raíz principal o pivotante puede medir hasta dos metros de longitud y las raíces axiales, que se ramifican superficialmente, alcanzan hasta cinco metros de largo. Las raíces alimentadoras pueden proliferar cerca de la superficie o hasta dos metros de profundidad (León, 2000, págs. 104-109).

c) Hojas

La superficie de las hojas es lisa, en ambas caras, así como brillante y de un color verde más oscuro la parte superior (León, 2000, págs. 104-109).

d) Inflorescencia

Las inflorescencias aparecen solo en el tronco y ramas principales. Consiste de una base con nudos que se divide en dos ramas, una termina con flores y en la otra no se desarrolla la flor (León, 2000, págs. 104-109).

e) Flores

La flor individual tiene un pedicelo alargado y delgado, de 1.5 cm de longitud aproximadamente. Está formada por cinco estambres. A los racimos pequeños de flores, sobre el tejido maduro del tronco y de las ramas, se les llama “cojines florales” (León, 2000, págs. 104-109).

f) Biología floral

La polinización es entomófila. Algunas flores fecundadas caen al segundo o tercer día, un porcentaje muy bajo llega a la maduración (León, 2000, págs. 104-109).

g) Fruto

Se le conoce comúnmente como “mazorca”, está sostenido por un pedúnculo fuerte. La forma y color del fruto varía considerablemente y han sido los criterios más utilizados para agrupar las poblaciones dentro de la especie (León, 2000, págs. 104-109).

h) Semilla

El fruto del cacao contiene de 10 a 50 semillas o “almendras”, miden de dos a cuatro centímetros de largo, rodeados por la pulpa, blanca y azucarada (León, 2000, págs. 104-109).

6.3.3 Clasificación de especies cultivares de *Theobroma cacao*

Basado en las características morfológicas de la mazorca, la flor y las semillas, se clasifican en tres grandes grupos:

Criollos. Este grupo se identifica por tener estaminoides rosados, mazorcas verdes o rojas; posee entre 20 y 30 semillas de color blanco y beige con alto contenido de grasa, sin astringencia y bastante aroma. Se considera que este tipo de cacao fue trabajado por los mayas, y se encontraron cultivados en México, Nicaragua, Guatemala, Colombia, Venezuela, Madagascar, entre otros.

Su tamaño varía de 15 a 25 cm de largo, el grosor de la cascara es 8 a 20 mm de grosor (Mejín & Argüello, 2000, pág. 11). Se han caracterizado como Criollos los cacaos de “buen sabor” o de alta calidad (Enríquez, 1985, pág. 23).

Forasteros. El grupo forastero se caracteriza por tener estaminoides con pigmentación púrpura, mazorcas verdes; poseen 30 o más semillas de color púrpura, con alta astringencia y bajo contenido de grasa. Los forasteros se encuentran mayormente cultivados en la Alta Amazonia (Perú, Ecuador y Colombia), en la Baja Amazonia (Brasil, Guyana y a lo largo del río Orinoco en Venezuela), así mismo también se cultivan en el oeste de África y este de Asia.

Su tamaño varía de 15 a 20 cm de largo (Mejín & Argüello, 2000, pág. 11). Se han caracterizado como Forasteros los cacaos de “mal sabor” o de baja calidad. (Enríquez, 1985, pág. 23)

Trinitarios. Este grupo es el resultado del cruce del criollo y forastero. Se caracteriza por su calidad media, ya que sus rasgos son una combinación entre criollo y forastero.

Se cultivan generalmente en México, Centroamérica, Trinidad, Colombia, Venezuela, en diversos países del África y en el sureste de Asia. Las características físicas de este tipo de cacao tienen gran variabilidad, debido a su naturaleza híbrida (Mejín & Argüello, 2000, pág. 11).

6.3.4 Composición química granos de cacao

La composición química de los granos de cacao y de sus subproductos es muy compleja, ya que varía a lo largo del crecimiento del grano, y dependiendo del proceso al cual éste es sometido. Los datos de la composición química de los granos de cacao luego de su fermentación y secado se observan en la Tabla 2.

Tabla 2

Composición química del Cacao

	% Máxima de cotiledón (o grano sin cáscara)	% Máximo de cáscara
Agua	3.2	6.6
Grasa (manteca de cacao, grasa de la cascara)	57	5.9
Cenizas	4.2	20.7
Nitrógeno total	2.5	3.2
Teobromina	1.3	0.9
Cafeína	0.7	0.3
Almidón	9	5.2
Fibra cruda	3.2	19.2

Fuente: (Beckett, Fowler, & Ziegler, 2009).

6.3.5 El cacao en Guatemala

Guatemala es un país rico en recursos naturales, lo cual permite catalogarlo como un lugar con alto potencial de producción y comercio de diferentes materias primas y productos alimenticios de buena calidad. Teniendo las condiciones adecuadas para la producción de cacao.

Según el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación –MAGA-, en el Plan Estratégico De la Agrocadena De Cacao de Guatemala (2016) se menciona que:

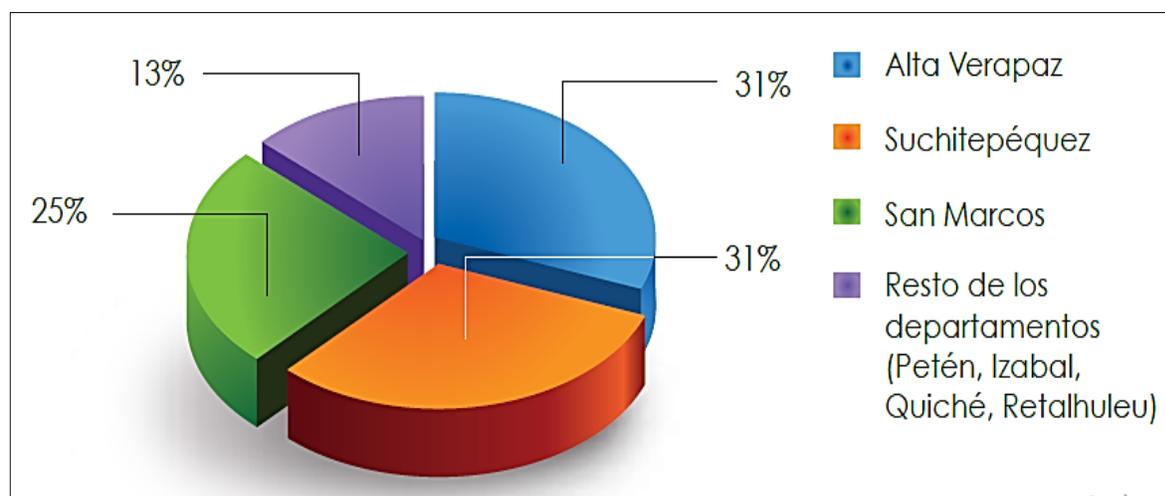
“... Existen en Guatemala 159,419.08 hectáreas aptas para desarrollar el cultivo de cacao de acuerdo con las variables y criterios edafoclimáticos siguientes: altitud, de 200 a 900 msnm; precipitación, 1500-3000 mm; temperatura media 21 C a 26 C; con moderado a buen drenaje; mediano a muy profundo; pH 5-7; pendiente menor al 16%, áreas sin cobertura forestal y áreas o zonas de usos múltiples...” (MAGA, 2016).

Sin embargo, no en todo el territorio nacional se ha desarrollado la producción de cacao, únicamente ciertos departamentos cuentan con las condiciones necesarias para el cultivo de dicho producto, en consecuencia, el MAGA ha identificado los departamentos con producción mayoritaria en cuanto a cacao en Guatemala. De acuerdo al Agro en Cifras 2014 del MAGA:

“... La producción de cacao tiene un área cosechada de 6300 manzanas (4,410 Ha.) de la superficie territorial de Guatemala y se distribuyen de la siguiente forma: Alta Verapaz (31%), Suchitepéquez (31%), San Marcos (25%) y los demás departamentos de la República suman el (13%) restante, entre ellos Petén, Izabal, Quiché y Retalhuleu”, tal como se muestra en la Figura.1 (MAGA, 2016).

Figura 1

Distribución Porcentual a nivel nacional de cosecha de cacao.

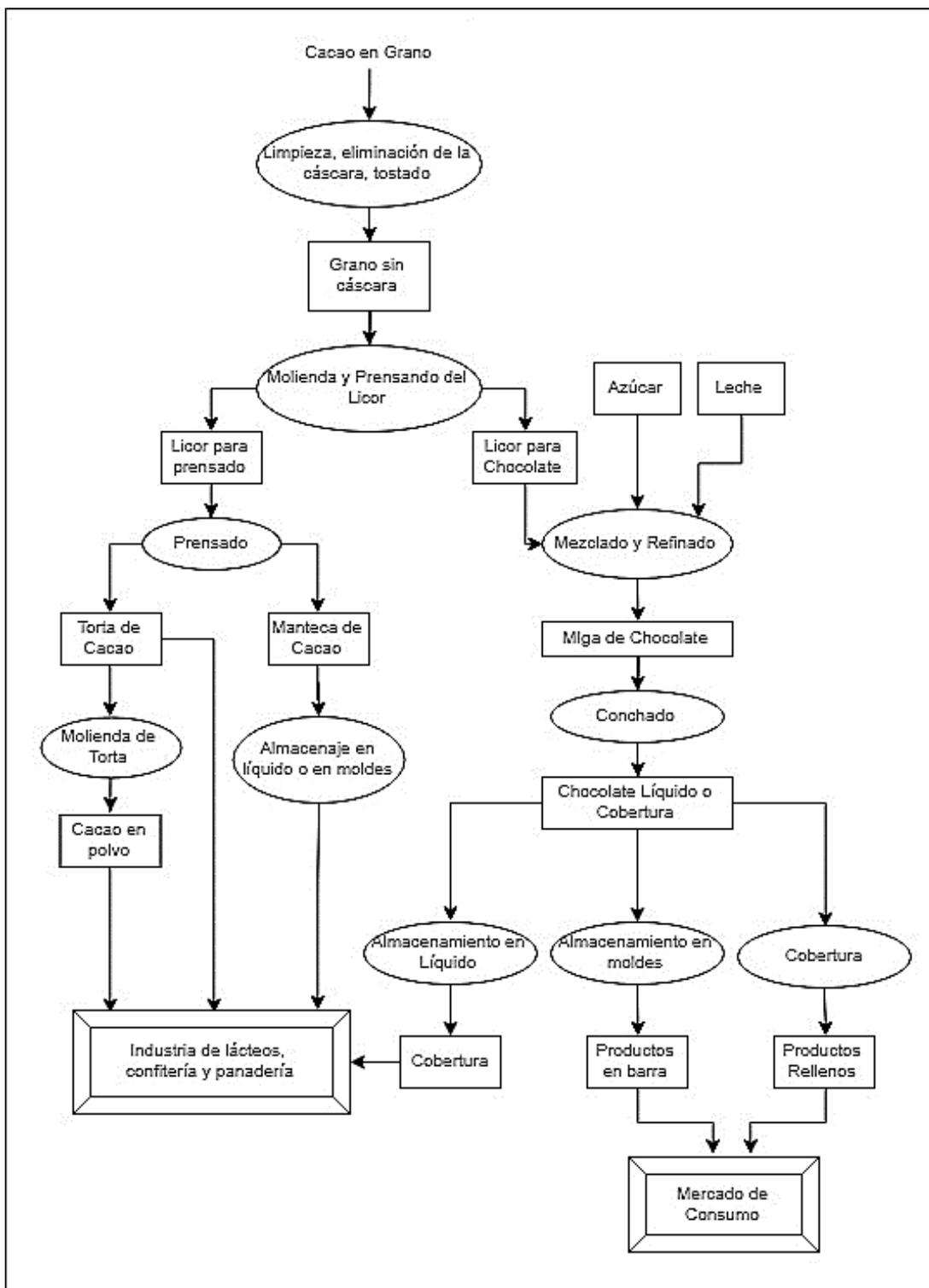


Fuente: El Agro en Cifras 2014. Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación -MAGA-, Dirección de Planeamiento.

Gran parte del cacao producido en Guatemala es destinado para ser procesado de diversas formas para obtener productos derivados del mismo, entre los cuales se pueden mencionar: licor de cacao, chocolate líquido, chocolate de cobertura, chocolate en barra, cacao en polvo, manteca de cacao, entre otros (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2004, pág. 343). Tal como se puede observar en la Figura 2.

Figura 2

Procesamiento del Caca.



Fuente: (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2004, pág. 343).

6.4 Chocolate

Reciben el nombre de chocolate todos los productos homogéneos que se obtienen por un proceso adecuado de fabricación a partir de materias de cacao que pueden combinarse con productos lácteos, azúcares y/o edulcorantes, y otros aditivos.

En la elaboración de distintos productos de chocolate se usan otros productos alimenticios comestibles, excluidos la harina, almidón y grasas animales distintas de la materia grasa de la leche.

Las adiciones en combinación se limitarán al 40% del peso total del producto terminado. La adición de grasas vegetales distintas de la manteca de cacao no deberá exceder del 5% del producto terminado (Codex Alimentarius, 2016).

6.4.1 Tipos de chocolate

- Chocolate: deberá contener, referido al extracto seco, no menos del 35% de extracto seco total de cacao, del cual el 18%, por lo menos, será manteca de cacao y el 14%, por lo menos, extracto seco magro de cacao (Codex Alimentarius, 2016).
- Chocolate dulce/familiar: deberá contener, en extracto seco, no menos del 30% de extracto seco total de cacao, del cual no menos del 18% será manteca de cacao y el 12%, por lo menos, extracto seco magro de cacao (Codex Alimentarius, 2016).
- Chocolate de cobertura: debería contener, en extracto seco, no menos del 35% de extracto seco total de cacao, del cual no menos del 31% será manteca de cacao y el 2,5%, por lo menos, extracto seco magro de cacao (Codex Alimentarius, 2016).

- Chocolate con leche: deberá contener, en relación con el extracto seco, no menos del 25% de extracto seco de cacao (incluido un mínimo del 2,5% de extracto seco magro de cacao) y un mínimo especificado de extracto seco de leche entre el 12% y el 14% (incluido un mínimo entre el 2,5% y el 3,5% de materia grasa de la leche) (Codex Alimentarius, 2016).
- Chocolate familiar con leche: contendrá, en extracto seco, no menos del 20% de extracto seco de cacao (incluido un mínimo del 2,5% de extracto magro de cacao) y no menos del 20% de extracto seco de leche, (incluido un mínimo del 5% de grasa de leche). El extracto seco de leche se refiere a la adición de ingredientes lácteos en sus proporciones naturales, salvo que la grasa de leche podrá agregarse o eliminarse (Codex Alimentarius, 2016).
- Chocolate blanco: deberá contener, en extracto seco, no menos del 20% de manteca de cacao y no menos del 14% de extracto seco de leche (incluido un mínimo de grasa de leche entre el 2,5% y el 3,5%). El extracto seco de leche se refiere a la adición de ingredientes lácteos en sus proporciones naturales, salvo que la grasa de leche podrá agregarse o eliminarse (Codex Alimentarius, 2016).
- Chocolate gianduja: El chocolate gianduja (o uno de los derivados del nombre “Gianduja”) es el producto obtenido, de chocolate con un contenido mínimo de total de extracto seco de cacao del 32%, incluido un contenido mínimo de extracto seco desgrasado de cacao del 8% y, en segundo lugar, de sémola fina de avellana en unas proporciones por las cuales el producto contenga al menos el 20% y no más del 40% de avellanas (Codex Alimentarius, 2016).

- Chocolate para mesa: es el chocolate no refinado donde el tamaño del grano de azúcar es mayor a 70 micras. El chocolate para mesa deberá contener, en relación con el extracto seco, no menos del 20% de extracto seco de cacao (incluido un mínimo del 11% de manteca de cacao y del 9% de extracto seco magro de cacao) (Codex Alimentarius, 2016).
- Chocolate para mesa semiamargo: deberá contener, en relación con el extracto seco, no menos del 30% de extracto seco de cacao (incluido un mínimo del 15% de manteca de cacao y del 14% de extracto seco magro de cacao).
- Chocolate para mesa amargo: deberá contener, en relación con el extracto seco, no menos del 40% de extracto seco de cacao (incluido un mínimo del 22% de manteca de cacao y del 18% de extracto seco magro de cacao) (Codex Alimentarius, 2016).

6.4.2 Proceso productivo del chocolate para mesa

- Limpieza y clasificación

La operación se puede realizar en zarandas mecánicas o en tamices vibratorios con aspiración para el polvo, donde los sacos se vacían manualmente en la tolva de alimentación del equipo que tiene cuatro corrientes de salida, la pasilla, los granos dobles, el polvo o material extraño y el grano limpio. Las dos primeras se recogen en sacos y se almacena, el polvo hace parte de los desechos industriales y el grano limpio llega al tostador por medio de un transportador.

Esta etapa del proceso es continuo, se realiza a temperatura ambiente y la pérdida de peso del cacao por impurezas varía entre el 2 y el 5% (Güiza et al. 2002, págs. 96-103).

- Tostado

Una vez alimentada la capacidad del tostador, se inicia esta operación en donde la temperatura varía entre 100 y 140° C y el tiempo entre 45 y 90 minutos según el grado de tostado que se le quiera dar al grano y el tipo de tostador utilizado. El tostado con aparato de calefacción por gas o por electricidad y los secadores rotatorios utilizando aire caliente, son los equipos comúnmente utilizados.

Sin embargo, en industrias donde se manejan volúmenes de producción muy altos, se emplea un sistema de tostado continuo, por el cual se dejan caer los granos precipitados contra una corriente de aire ascendente, este proceso dura de 20 a 40 minutos con una temperatura de 180 a 250°C.

Con el tostado se desarrolla el sabor en los granos de cacao y es una forma importante en que se modifica el sabor y las características de color del chocolate. Al mismo tiempo elimina en parte la acidez acética, reduce el contenido de humedad de los granos hasta un 2% y la cáscara se hace más susceptible para eliminarla del cotiledón, haciéndolo quebradizo de manera que pueda molerse con facilidad.

Con el fin de conservar el aroma y evitar que las materias grasas pasen a la cáscara, se debe realizar un enfriamiento inmediatamente después del tostado hasta que la temperatura del grano descienda hasta un rango entre 30 y 35°C, finalmente, con ayuda de un transportador el grano pasa a la siguiente etapa (Güiza et al. 2002, págs. 96-103).

- Quebrantado y descarrillado

Esta etapa tiene gran importancia porque además de romper los granos en pequeños fragmentos, se tiene que eliminar por completo las cascarillas y el germen, ya que no son aptos para el consumo humano. El germen debe ser separado del cotiledón debido al sabor desagradable que causa al producto final, así como también por la dificultad de molerlo.

Los quebrantadores utilizados pueden ser de rodillos, de disco o de martillos y el descascarillado se puede realizar con la ayuda de un tamiz y un ventilador. En general, la máquina rompe los granos con el sistema quebrantador y luego un tamiz y la corriente de aire separan las cascarillas y el germen (Güiza et al. 2002, págs. 96-103).

Como es muy difícil realizar esta separación completamente, se permite un contenido de trozos de cascarilla entremezclados en los granos, no superior al 2%, la temperatura de operación no asciende de 35°C y el tiempo depende de la cantidad de cacao a quebrantar, siendo ésta una operación continua. La cascarilla y el germen que salen del equipo se recogen en sacos y se almacenan para su posterior venta y los trozos de cotiledones se transportan hasta el molino (Güiza et al. 2002, págs. 96-103).

- Molienda

Es un proceso continuo que reduce los trozos de cotiledones a una pasta fluida casi líquida. Estos trozos tienen una estructura celular con manteca de cacao dispersa en ella y al molerse, las paredes celulares se destruyen y el calor de fricción que se desarrolla por la molienda, funde los glóbulos de grasa.

La molienda se realiza en molino de bola, de disco, de martillos o de rodillos. Estos últimos son los más utilizados en la industria ya que el tamaño de partícula obtenido es más fino y los rodillos se pueden graduar de acuerdo al tamaño final requerido. En esta operación se eleva la temperatura, debido a la fricción generada por los rodillos con los trozos de cotiledón.

A medida que se obtiene la pasta de cacao, ésta es llevada al mezclador por medio de un transportador (Güiza et al. 2002, págs. 96-103).

- Mezclado

La operación de mezclado es discontinua y cumple tres funciones básicas: primero producir una masa homogénea, segundo recubrir todas las partículas con grasa y tercero, incorporar la cantidad correcta de ingredientes (azúcar y lecitina) en la masa de cacao. Para obtener el chocolate de mesa deseado, se pueden emplear amasadoras con cierre hermético o amasadoras donde la mezcla se elabora por vacío.

Para garantizar la disolución correcta de ingredientes, los dos sistemas deben estar provistos de paletas giratorias que sirven para la agitación de la pasta y de una camisa de calentamiento para alcanzar en la masa una temperatura que varía entre 50 y 65°C, con un tiempo que puede variar entre una y tres horas. Una vez terminado el mezclado, el chocolate se vierte en los moldes, volteando la amasadora o abriendo la llave de descargue ubicada en la parte inferior del recipiente (Güiza et al. 2002, págs. 96-103).

- Moldeado

La operación de moldeo tiene por objeto dar una forma concreta a la pasta para producir piezas con tamaños y pesos precisos. Se puede realizar manualmente o con dosificadores automáticos sobre moldes que pueden ser de acero, aluminio o plástico.

Para obtener mejor dispersión del chocolate y eliminar las burbujas, los moldes son llenados y desaireados (Güiza et al. 2002, págs. 96-103).

- Enfriamiento

Esta etapa del proceso tiene como finalidad bajar la temperatura del chocolate moldeado para solidificarlo. La temperatura de enfriamiento suele estar entre 12 y 15°C y generalmente se realiza en refrigeradores, túneles de enfriamiento o con dispositivos sencillos de ventilación, en donde los ventiladores enfrían rápidamente el chocolate (Güiza et al. 2002, págs. 96-103).

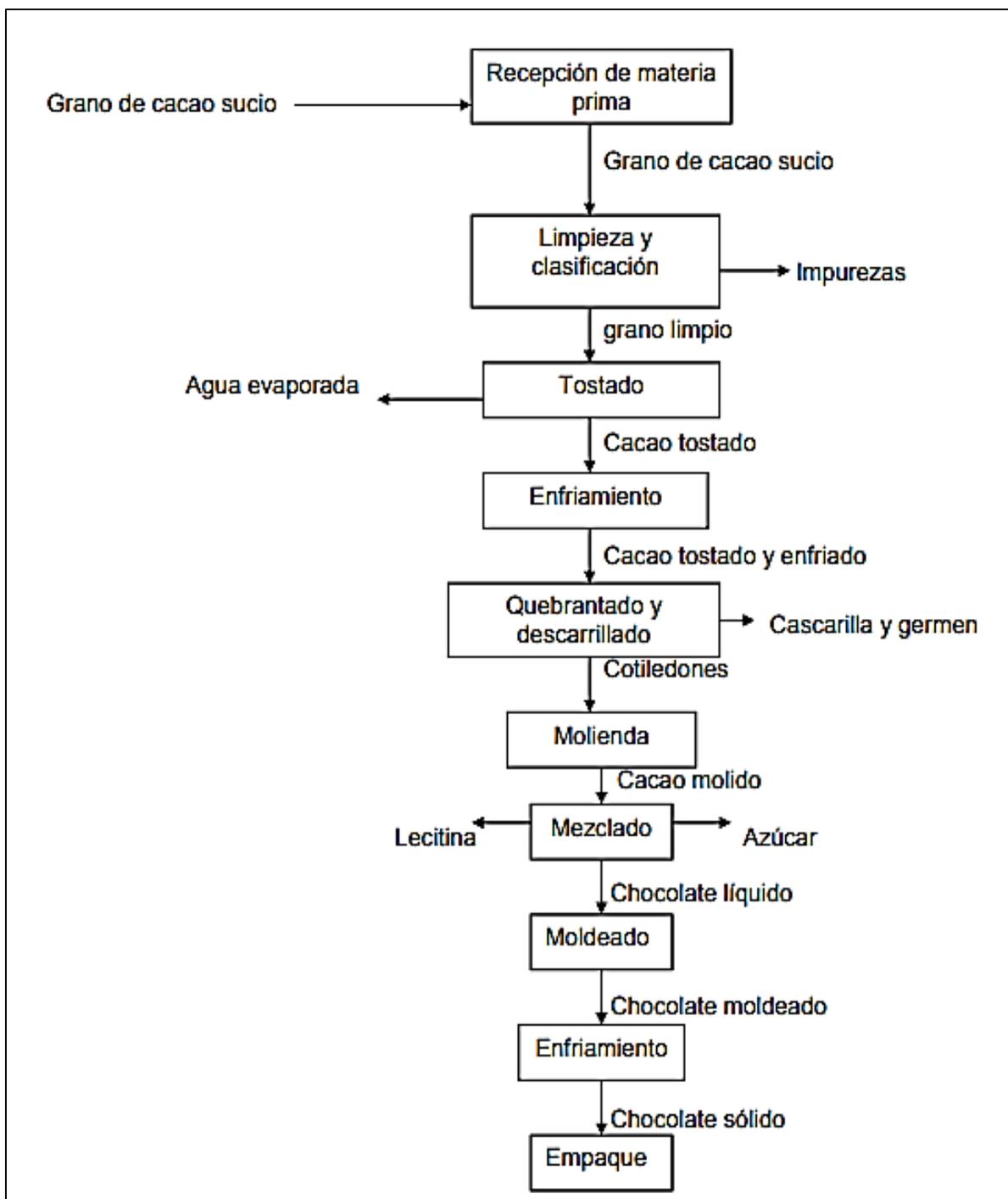
- Empaque

Después de solidificar el chocolate, se procede a voltear los moldes, sobre una mesa dispuesta para efectuar el desmoldeo, el cual se puede hacer manual o mecánicamente, retirando las partes sobrantes del chocolate que quedan en los bordes de los moldes.

Una vez las barras de chocolate estén libres, se empaican de forma manual o mecánica. Por último, se organiza en cajas para su almacenamiento y posterior distribución (Güiza et al. 2002, págs. 96-103).

Figura 3

Proceso de producción chocolate para mesa.



Fuente: (Güiza et al. 2002, pág. 105).

6.4.3 El Chocolate en Guatemala

Cuando los españoles conquistaron lo que hoy es Guatemala, descubrieron que ahí se usaba el chocolate y se conocía el cultivo del cacao. El pueblo tomaba una especie de cacao amargo, sin dulce que llamaban “patluxé”. Los ricos y nobles usaban una bebida excelente que llamaban “soconusco”, preparada con la almendra del cacao. Entre los mayas el consumo del cacao estaba profundamente arraigado, tanto en la clase elevada, como en la clase baja (Paredes & Enríquez Calderón, 1989, pág. 11).

6.4.3.1 Estructura de la industria del cacao en Guatemala

En la actualidad existen 154 empresas que procesan el cacao en forma artesanal. Generalmente, estos son pequeños empresarios que generan autoempleo para ellos y sus familias. El producto generado es chocolate de taza. El proceso incluye selección, descascarillado manual, la molienda y el tueste en hornos de cocina o comales. En relación a compañías que procesan el cacao en forma industrial, en Guatemala existen 8 empresas (AGEXPORT, 2008).

6.5 Descripción del área de estudio en Mazatenango

Considerando la ubicación geográfica y los aspectos históricos de Mazatenango se ha caracterizado por ser un lugar donde la actividad comercial es parte esencial en la economía de sus pobladores. Según el último censo nacional (2002) es la actividad comercial la que sobre sale del resto. Sumado a esta actividad y con estrecha relación se encuentra la agricultura. Al poseer unas de las mejores tierras del país, esta actividad ha trascendido a través del tiempo (SEGEPLAN, 2010).

Mazatenango desde la perspectiva económica tiene dos caras, una es la URBANA, lugar en donde se desarrollan actividades de comercio, servicios, educación, producción industrial y las condiciones son ideales. La otra cara la constituye en área RURAL, dedicada al 100% a las actividades agrícolas, con menos opción de acceso a servicios (SEGEPLAN, 2010).

La agricultura, la ganadería y la industria son sus potenciales económicos. Las mayores plantaciones pertenecen a la caña de azúcar, café y caucho, también se cultiva el cacao, arroz, algodón, maíz, banano, yuca, chile, frijol, diversas frutas y hierbas comestibles y medicinales, también posee pequeñas plantaciones de tabaco y palma africana (SEGEPLAN, 2010).

6.5.1 Mercados

El Municipio cuenta con cinco mercados ubicados en el casco urbano, conocidos como: Antigua Terminal, Terminal Centro, Terminal Nueva, Mercado de Frutas y Mercado de Comedores, los cuales funcionan todos los días y están contruidos con paredes de block y techo de lámina. En el Anexo 1 (página 94) se muestra la ubicación de los mercados en el casco urbano de Mazatenango. En los mercados se encuentran disponibles alimentos tipo agrícola, ropa, zapatos, animales y alimentos preparados. En el área rural no existen mercados (Arriaga Márquez, y otros, 2017).

6.5.1.1 Comercio del chocolate para mesa en mercados municipales de Mazatenango, Suchitepéquez

El personal administrativo municipal cuenta con un registro de 11 puntos de venta de chocolate para mesa distribuidos en los diferentes mercados de la siguiente forma:

Tabla 3

Distribución de ventas de chocolate para mesa en los mercados municipales de Mazatenango.

Mercado	Cantidad de puntos de venta
Mercado de Comedores (Mercado No. 1)	0
Terminal Centro (Mercado No. 2)	3
Mercado de Frutas (Mercado No. 3)	0
Antigua Terminal (Mercado No. 4)	7
Terminal Nueva (Mercado No. 5)	1
TOTAL	11

Fuente: elaboración propia en el año 2020, con información basada en entrevista realizada a José Hernández (Administrador mercados municipales 1, 2 y 3) y Amilcar Ruíz (Administrador mercados municipales 4 y 5).

Así mismo, en las oficinas administrativas de los mercados municipales de Mazatenango se tiene registro que el chocolate comercializado en dichos lugares proviene únicamente de dos municipios, los cuales son:

- San Antonio, Suchitepéquez.
- Samayac, Suchitepéquez.

Sin embargo, dicha información es general, se desconoce específicamente la procedencia del chocolate según su comercialización (No. de mercado municipal y punto de venta específico).

6.6 Elementos tóxicos

Se refiere a elementos cuyo peso específico es superior a $5g/m^3$ y que tiene un número atómico por encima de 20. Así mismo, no todos los elementos que tienen esas características tienen funciones análogas biológicas. Debido a las pequeñas cantidades que se manejan se denominan, a veces, elementos traza o metales traza y se incluye el aluminio que no se puede calificar como metal pesado. El término elementos químicos tóxicos fue utilizado para nombrar químicos peligrosos. Un elemento químico tóxico es un metal o metaloides que posee un alto efecto tóxico (Juarez, 2006, págs. 11-12).

Desde el punto de vista de los seres vivos, hay elementos que se clasifican como tóxicos que son nutrientes (hierro, manganeso, zinc, cobre y molibdeno), elementos beneficiosos en ciertas circunstancias (níquel, cromo, vanadio y titanio) y elementos que, por ahora, no se consideran que tengan funciones en los seres vivos (cadmio, mercurio y plomo) (Juarez, 2006, págs. 18-22).

6.6.1 El cadmio

El cadmio (cadmia en latín y en griego kadmeia, significa “calamina”, nombre que recibía antiguamente el carbonato de cinc) fue descubierto en Alemania en 1817 por Friedrich Stromeyer como una impureza en el carbonato de cinc. Por lo general, el cadmio no se halla en el ambiente como un metal puro (Pérez García & Azcona Cruz, 2012, pág. 199).

La forma iónica del cadmio está usualmente combinada con formas iónicas del oxígeno (óxido de cadmio), cloruro (cloruro de cadmio) o sulfuros (sulfato de cadmio); se ha estimado que 300,000 toneladas de cadmio son liberadas al medio ambiente cada año de las cuales 4,000 a 13,000 toneladas son derivadas de las actividades humanas (Agency for Toxic Substance and Disease Registry, 2008).

Uno de los mayores agentes tóxicos asociado a contaminación ambiental e industrial es el cadmio, pues reúne cuatro de las características más temidas de un tóxico:

1. Efectos adversos para el hombre y el medio ambiente.
2. Bioacumulación.
3. Persistencia en el medio ambiente.
4. “Viaja” grandes distancias con el viento y en los cursos de agua.

El cadmio (Cd, número atómico 48, masa atómica 111,40) se obtiene como subproducto del tratamiento metalúrgico del zinc y del plomo, a partir de sulfuro de cadmio; en el proceso hay formación de óxido de cadmio, compuesto muy tóxico. Además de contaminar el ambiente desde su fundición y refinación, contamina también por sus múltiples aplicaciones industriales (Ramírez, 2002, pág. 52). Los principales usos y aplicaciones del cadmio o sus compuestos son:

- Como pigmento en pinturas, esmaltes, plásticos, textiles, vidrios, tintas de impresión, caucho, lacas, etc.
- En aleación con cobre, aluminio y plata.
- En la producción de pilas de cadmio-níquel.
- Como estabilizador de termoplásticos, como el PVC.
- En fotografía, litografía y procesos de grabado.
- Como “endurecedor” de ruedas y llantas de automóvil.
- En fabricación de foto - conductores y células solares fotoeléctricas.
- En fabricación de “controles” de reactores nucleares.

Usos tan diversos y su larga vida media no permiten el reciclaje, por lo que se acumula progresivamente en el ambiente (Ramírez, 2002, pág. 52).

6.6.2 El cadmio ambientalmente

Está naturalmente presente en diversas concentraciones en la roca de fosfato. Aparte de la fusión de los minerales de cinc, plomo y cobre, el cadmio es liberado por las emisiones volcánicas y por la quema de combustibles fósiles y de biomasa. Este metal ingresa al medio ambiente a través de diversas fuentes naturales y antropogénicas como las que se muestran en la Tabla 5.

El cadmio que se encuentra en pequeñas partículas o adherido a ellas puede ingresar al aire y viajar grandes distancias antes de regresar a la tierra como polvo, lluvia o nieve. Además, no se descompone en el medio ambiente, pero puede tomar diferentes formas (ATSDR, 1999).

La concentración de cadmio en el aire de áreas rurales varía de 0.1 a 5 ng/m³, en áreas urbanas de 2 a 15 ng/m³ y en áreas industriales de 15 a 150 ng/m³. El tiempo de permanencia del cadmio en los suelos es de 300 años, aproximadamente, y 90% no se transforma.

El cadmio llega a los terrenos agrícolas por deposición aérea (41%), con los fertilizantes fosfatados (54%) y por aplicación de abono de estiércol (5%) (Ramírez, 2002, pág. 52).

Tabla 4

Fuentes de cadmio.

Antropogénicas	Naturales
<ul style="list-style-type: none"> • Lodos residuales y estiércol • Fertilizantes fosfatados y nitrogenados • Industria de plateado y galvanizado • Minería del cinc, cobre, plomo y otros metales • Industria de fundición de metales Incineración • Industria de alimentos fosfatados para animales 	<ul style="list-style-type: none"> • Actividad volcánica • Rocas

Fuente: (Ramírez, 2002, pág. 53).

6.6.3 Contaminación de cacao con cadmio

La contaminación de cacao con metales pesados es posible que se de en las etapas de cultivo, producción y transformación. La planta de cacao absorbe ligeramente los metales pesados que existen por naturaleza en los suelos y los concentra en las semillas grasosas. Según las regiones, el grado de concentración de metales pesados es diferente.

La principal fuente de contaminación de cadmio son los fertilizantes provenientes de roca fosfórica. Conocer la condición actual de los suelos sirve de referencia para el monitoreo de estos metales en el futuro (Barrueta, 2013, pág. 6).

Estudios realizados en Estados Unidos muestran que el factor que más contribuye a la concentración de cadmio en cultivos es el pH del suelo. En suelos ácidos la absorción de cadmio es mayor, pues los suelos donde se cultiva cacao son de tendencia ácida, típico de la región húmeda tropical.

Experimentos realizados en Estados Unidos muestran que la aplicación de cal para la corrección del pH reduciendo la acidez, disminuye significativamente la absorción de cadmio (Barrueta, 2013, pág. 6).

A continuación, se muestran los factores principales que influyen directamente la absorción de cadmio en plantas:

Tabla 5

Factores edáficos que controlan la bioacumulación de cadmio.

Factores	Efectos en la absorción de cadmio por las plantas
Factores edáficos	
pH	Absorción se incrementa cuando disminuye el pH.
Salinidad del suelo	Absorción incrementa con la salinidad.
Cantidad de cadmio	Absorción incrementa con la concentración en el suelo.
Micronutrientes	La deficiencia de zinc y magnesio aumenta su absorción.
Materia orgánica del suelo	Disminuye su absorción con altos contenidos de MOS.
Macronutrientes	Puede incrementar o decrecer.
Potencial Redox	El Cd se vuelve inmóvil en forma de CdS
CIC (Capacidad de Intercambio Catiónico)	A mayor CIC (15 meq/100g) menor absorción.
Temperatura	A mayor temperatura mayor absorción.
Factores del cultivo	
Especies y cultivares	Verduras > raíces > cereales > frutos.
Tejido de la planta	Hoja > grano > fruto y raíces comestibles.
Edad de la hoja	Hojas viejas > hojas jóvenes.
Interacción con metales	Presencia de zinc reduce la absorción de Cd.

Fuente: (Conde de León, 2019).

6.6.4 Exposición al cadmio

En general, la población está expuesta al cadmio principalmente por dos vías: la oral a través del agua e ingesta de comida contaminada con cadmio (hojas de vegetales, granos, cereales, frutas, vísceras animales y pescado).

La segunda vía es a través de la inhalación de partículas de cadmio durante las actividades industriales en personas laboralmente expuestas, mientras que, en la población general, la inhalación es principalmente debida al humo de cigarro que contiene cadmio, la exposición e inhalación del humo de cigarro en fumadores activos y pasivos (Nava-Ruíz & Méndez-Armenta, 2011).

6.6.5 Efectos en la salud

La absorción del cadmio se lleva a cabo a través de un proceso similar al de la absorción de metales esenciales como el hierro y zinc; esta absorción es potenciada cuando existen deficiencias de calcio y hierro en la dieta o dietas bajas en proteínas, el cadmio es transportado por la sangre y distribuido inicialmente al hígado y al riñón y tiene una vida media de 17 a 30 años en humanos.

El cadmio afecta diversos órganos y tejidos como son: riñón (produciendo disfunción renal tubular, proteinuria e insuficiencia renal crónica), corazón (produciendo arterosclerosis aórtica y coronaria, incremento en colesterol y ácidos grasos); huesos, testículos, placenta, y sistema nervioso central y periférico (Nava-Ruíz & Méndez-Armenta, 2011).

6.7 Técnicas analíticas disponibles para la determinación de cadmio en alimentos

En el numeral 3.2 del capítulo “Cadmium” del documento Safety Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants - WHO FOOD ADDITIVES SERIES 64, se resume las diferentes técnicas analíticas para cuantificar cadmio en alimentos, tales técnicas de detección incluyen la espectrometría de absorción atómica de llama (FAAS), electrotermico (horno de grafito y el horno de Zeeman), espectrometría de absorción atómica (ETAAS), espectrometría de fluorescencia atómica con generación de hidruros (HG -AFS), espectrometría de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (ICP- OES) y Espectrofotometría de emisión de plasma con acoplamiento inductivo (ICP- MS) (FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, 2011).

La Espectrometría es una técnica instrumental que permite determinar el mayor número de elementos en una gran variedad de matrices, basada en la identificación de analitos mediante el espectro emitido o absorbido por los mismos, pudiéndose diferenciar entre atómica o de masas (Barrueta, 2013, pág. 12).

6.7.1 Espectrometría atómica

La espectrometría atómica, en términos generales, está basada en la absorción, emisión o fluorescencia por átomos o iones elementales. Hay dos regiones del espectro que dan información atómica: la ultravioleta/visible y la de rayos X. Los espectros atómicos ultravioleta y visible se obtienen mediante un adecuado tratamiento térmico que convierte los componentes de una muestra en átomos o iones elementales gaseosos.

La emisión, absorción o fluorescencia de la mezcla gaseosa resultante sirve a continuación para la determinación cualitativa y cuantitativa de uno o varios de los elementos presentes en la muestra (UMA, 2013).

6.7.2 Espectrometría de absorción atómica

En química analítica, la espectrometría de absorción atómica es una técnica para determinar la concentración de un elemento metálico determinado en una muestra. Puede utilizarse para analizar la concentración de más de 62 metales diferentes en una solución.

La técnica hace uso de la espectrometría de absorción para evaluar la concentración de un analito en una muestra. Se basa en gran medida en la ley de Beer-Lambert.

Los electrones de los átomos en el atomizador pueden ser promovidos a orbitales más altos por un instante mediante la absorción de una cantidad de energía (es decir, luz de una determinada longitud de onda). Esta cantidad de energía (o longitud de onda) se refiere específicamente a una transición de electrones en un elemento particular.

Como la cantidad de energía que se pone en la llama es conocida, y la cantidad restante en el otro lado (el detector) se puede medir, es posible, a partir de la ley de Beer-Lambert, calcular cuántas de estas transiciones tienen lugar, y así obtener una señal que es proporcional a la concentración del elemento que se mide (Barrueta, 2013, págs. 13-14).

6.7.3 Espectrometría de absorción atómica con cámara u horno de grafito (GFAAS)

El espectrómetro de absorción atómica con cámara de grafito (GFAAS), también llamada con atomización electrotérmica, permite trabajar con muestras de volumen muy reducido (inferior a 100 μL) o directamente sobre muestras orgánicas líquidas. Habitualmente se analizan muestras de material biológico de origen clínico (sangre, suero, orina, biopsias hepáticas, etc.).

Por su elevada sensibilidad (niveles de ppb), la técnica se aplica en la detección de metales en productos de alta pureza, como por ejemplo fármacos, alimentos (peces y carne) y productos industriales, y también en aguas de bebida y de acuíferos (determinación de la presencia de Cu, Cd, Pb, As, Hg, etc.) (UMA, 2013).

La espectrometría de absorción atómica por horno de grafito utiliza un tubo de grafito calentado mediante electricidad para vaporizar y atomizar el analito a temperaturas de hasta 3000 °C, antes de su detección. Se pueden analizar muestras de volúmenes de 10–50 µl. Como la totalidad de la muestra se atomiza en un volumen pequeño, se obtiene una alta densidad de átomos. Esto hace que este tipo de espectrometría sea sumamente sensible.

Se han desarrollado métodos que permiten medir concentraciones por debajo de 0,1 µg/dl, sin embargo, en la práctica habitual el límite de detección es de alrededor de 1–2 µg/dl. Actualmente, la espectrometría de absorción atómica por horno de grafito es uno de los métodos más utilizados para determinar las concentraciones de metales pesados en alimentos (Barrueta, 2013, pág. 14).

Las principales etapas de este tipo de análisis son:

- Etapa de Secado, en esta etapa se produce la eliminación del disolvente mediante un calentamiento en rampa.
- Etapa de Mineralización, se destruye la matriz de la muestra sin afectar el analito que se quiere determinar. Se consigue aumentando la temperatura hasta un valor en el que el analito permanezca no atomizado.
- Etapa de atomización, se convierte el analito a determinar en átomos y se evapora, por lo que es importante utilizar una temperatura adecuada para producir la atomización completa.
- Etapa de Limpieza, se realiza para evitar efectos de memoria, de modo que no se produzca interferencias en análisis posteriores. Consiste en el aumento de la temperatura hasta un máximo durante un periodo de tiempo pequeño.

- Etapa de disminución de la temperatura hasta alcanzar temperatura ambiente usando agua como refrigerante y un flujo de gas inerte (Santiago, 2007, pág. 74).

6.8 Diseño experimental

6.8.1 Definición del muestreo

Para seleccionar la muestra de estudio, se utilizará un método de muestreo probabilístico, debido a que, en este tipo de muestreo todos los elementos de la población tienen la misma probabilidad de ser elegidos como objeto de estudio.

6.8.2 Muestreo aleatorio simple (MAS)

En este tipo de muestreo cada elemento de la población tiene una probabilidad de selección conocida y equitativa. Cada elemento se selecciona en forma independiente a otro elemento y la muestra se toma por un procedimiento aleatorio de un marco de muestreo.

La forma más fácil de seleccionar una muestra de manera aleatoria es mediante el uso de números aleatorios. Estos números pueden generarse ya sea con una computadora programada o mediante una tabla de números aleatorios (Malhotra, 2008, pág. 346).

6.8.3 Muestreo estratificado

El muestreo estratificado permite agrupar a los elementos que componen la muestra en estratos homogéneos para mejorar la precisión que componen la muestra. Los elementos que componen un estrato son parecidos dentro del estrato y los estratos son agrupaciones distintas entre sí.

Se puede seleccionar aleatoriamente en cada estrato, un número específico de elementos correspondientes a la proporción del mismo en la relación con la población completa, o extraer el mismo número de elementos de cada estrato. Con cualquiera de los dos planteamientos, el muestreo estratificado garantiza que cada elemento de la población tenga la posibilidad de ser seleccionado (Malhotra, 2008, pág. 348).

6.8.4 Muestreo sistemático

En el muestreo sistemático se elige la muestra al seleccionar un punto de inicio aleatorio y luego se elige cada n elemento en la sucesión del marco de muestreo. El muestreo sistemático es similar al MAS en que cada elemento de la población tiene una probabilidad de selección conocida y equitativa. Sin embargo, es diferente del MAS en que sólo las muestras permisibles de tamaño n que pueden determinarse tiene probabilidad conocida y equitativa de selección (Malhotra, 2008, pág. 347).

6.8.5 Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra depende del objetivo de la investigación, de la naturaleza de la población que se estudia, el nivel de exactitud requerido, el número de variables incluidas en la búsqueda, el tipo de investigación, entre otros aspectos a tener en cuenta (Gamboa, 2017).

En muestreos probabilísticos, además del tamaño de la población, es necesario considerar los márgenes de error que se desean tolerar. Esto se expresa en niveles e intervalos de confianza. Si queremos mayores niveles de confianza entonces se debe incrementar el tamaño de la muestra. Es importante tener conocimiento de tres aspectos: el nivel de confianza que produce un valor crítico, el máximo error permisible y la variabilidad que se tenga que trabajar (Gamboa, 2017).

6.9 Diseño Estadístico

6.9.1 Media aritmética

La media aritmética o promedio simple, muestra el valor central de los datos constituyendo ser la medida de ubicación que más se utiliza. En general, es calculada sumando los valores de interés y dividiendo entre el número de valores sumados (Paz, 2007, págs. 2-13).

6.9.2 Varianza

Es una medida de dispersión, sirve para calcular la medida de las desviaciones cuadráticas de una variable de carácter aleatorio, considerando el valor medio de ésta. Expresa la variabilidad de una distribución por medio de un número.

6.9.3 Intervalo de confianza

Es un intervalo numérico construido en torno al estadístico muestral. El intervalo de confianza consta de tres términos independientes entre sí (Paz, 2007, págs. 2-13).

6.9.4 Desviación estándar

La desviación estándar refleja la media de las diferencias de cada valor respecto a la media, e indica qué tan diferentes son entre sí los datos que se analizan (Sánchez, 2004, pág. 130).

6.9.5 Coeficiente de variabilidad

Es una medida que permite comparar el grado de dispersión, es decir; que tan diferentes son, un valor relativo, dos o más conjuntos de datos (Sánchez, 2004, pág. 134).

7. OBJETIVOS

7.1 Objetivo general

Determinar la presencia de cadmio en chocolate para mesa comercializado en los principales mercados municipales del casco urbano de Mazatenango, Suchitepéquez.

7.2 Objetivos específicos

1. Identificar la procedencia del cacao utilizado como materia prima para la elaboración de chocolate para mesa.
2. Cuantificar el contenido de cadmio en chocolate para mesa por el método de la espectrometría de absorción atómica con horno de grafito.
3. Comparar datos obtenidos en el estudio con los datos de estudios realizados sobre cadmio en chocolate para mesa.

8. HIPÓTESIS

Los niveles de cadmio en el chocolate para mesa comercializado en los principales mercados municipales de Mazatenango, Suchitepéquez, exceden el nivel máximo permisible según el Reglamento. No. 488/2014 de la Unión Europea

9. RECURSOS Y MATERIALES

9.1 Recursos

9.1.1 Humanos

- a) Técnico Universitario: Andrea María de Fátima López Chocooj
- b) Asesor principal: M.Sc. Marvin Manolo Sánchez López
- c) Asesor adjunto: M.V. Edgar Del Cid Chacón
- d) Asesor técnico del Laboratorio INLASA

9.1.2 Institucionales

- a) Mercados Municipales de Mazatenango, Suchitepéquez.
- b) Centro Universitario de Suroccidente (CUNSUROC, USAC).
- c) Laboratorio INLASA Guatemala.

9.1.3 Económicos

Los gastos en los que incurrirá la investigación serán cubiertos por el investigador.

9.2 Materiales

9.2.1 Equipo

- a) Balanza analítica.
- b) Espectrómetro de absorción atómica: provisto con un horno de grafito para determinaciones electrotérmicas, con apropiada corrección de fondo (no atómica).
- c) Lámparas de descarga sin electrodo o con cátodo hueco para cadmio.
- d) Horno de microondas diseñado para uso en laboratorio.
- e) Horno de secado.

9.2.2 Cristalería y utensilios

- a) Pipetas y micropipetas.
- b) Vasos de digestión con teflón de 100 ml, capaz de resistir una presión de al menos 1,4 MPa.
- c) Matraces aforados de 25 y 1000 ml.
- d) Embudos de vidrio o plástico.
- e) Envases de plástico con tapas que cierren herméticamente, de 50-100 ml.

9.2.3 Reactivos

- a) Agua redestilada o desionizada, resistividad $\geq 18 \text{ M}\Omega\text{cm}$.
- b) Ácido Nítrico al 65% (w/w).
- c) Ácido Nítrico al 0.1 M.
- d) Ácido Nítrico a 3 M.
- e) Peróxido de hidrógeno al 30% (w/w).
- f) Solución estándar de cadmio.
- g) Solución estándar de trabajo.

10. DISEÑO ESTADÍSTICO

10.1 Determinación del tamaño de la muestra

Para calcular el tamaño de la muestra del estudio en los principales mercados municipales de Mazatenango, se utilizó la fórmula para una población finita. Tomando en consideración que eran 11 puntos de venta de chocolate para mesa, tal como se muestra en la Tabla 3 (*Véase* página 38).

Fórmula para determinar el tamaño de la muestra

$$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{(N - 1) * e^2 + Z^2 * p * q}$$

$$n = \frac{(1,96)^2 * (0,5) * (0,5) * (11)}{(11 - 1) * (0,05)^2 + (1,96)^2 * (0,5) * (0,5)} = 10.721 \approx 11$$

Dónde:

n = tamaño de muestra

N = cantidad de la población de estudio.

P =probabilidad de éxito, donde el valor es 0,5.

q = probabilidad de error, donde el valor es 0,5.

Z =es el nivel de confianza, el cual se acepta que sea del 95% (*Véase* Anexo 4, página 96).

e = error máximo permitido (5%)

Por lo tanto, se tomaron 11 muestras de chocolate para mesa, una muestra de cada punto de venta. La cantidad de muestra que fue tomada por punto de venta será de 1 kg, lo cual fue suficiente para cubrir cada análisis a realizar.

10.2 Muestreo sistemático

Cada muestra del estudio fue tomada de una forma sistemática en el transcurso de 20 días. Por lo tanto, el intervalo de tiempo entre cada toma de muestra fue de 2 días.

$$K = \frac{T}{n} \rightarrow \frac{20}{11} = 1,8181 \approx 2 \text{ días}$$

Donde:

K= intervalo (días)

T= tiempo de muestreo (días)

n= número de muestras

10.2.1 Muestreo aleatorio

Para que el estudio fuera representativo, fue tomada una muestra de 1 kg de chocolate por cada uno de los 11 puntos de venta según el cronograma de muestreo, en la Tabla 6. Cada muestra fue seleccionada de forma al azar en cada punto de venta.

Tabla 6*Cronograma plan de toma de muestras.*

Octubre de 2020						
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
			1	2 M1E2P1	3	4
5 M2E2P2	6	7 M3E2P3	8	9 M4E4P1	10	11
12 M5E4P2	13	14 M6E4P3	15	16 M7E4P4	17	18
19 M8E4P5	20	21 M9E4P6	22	23 M10E4P6	24	25
26 M11E5P1	27	28	29	30	31	

*M= número de muestra.

E= número de mercado.

P= número punto de venta

Fuente: elaboración propia en el año 2020.

El cronograma de muestreo se realizó en base a un intervalo de tiempo de dos días. Sin embargo, por motivos de disponibilidad de horarios de los mercados municipales, se tomó únicamente en cuenta de lunes a viernes, excluyendo los fines de semana para toma de muestras.

10.2.2 Diseño experimental

Se empleó estadística descriptiva para evaluar los resultados de la concentración de cadmio en el chocolate para mesa comercializado en Mazatenango, con el fin de compararlos con el Límite Máximo Permitido por la UE en el Reglamento No. 488/2014.

Tabla 7

Fórmulas de Estadística diferencial utilizadas para el análisis estadístico.

Descripción	Fórmula
Media Aritmética	$\bar{x} = \frac{\Sigma}{n}$
Desviación Estándar	$S = \sqrt{\frac{\Sigma(x-\bar{x})^2}{n}}$

Fuente: (Facultad de Ingeniería Área de Estadística USAC, 2011).

De igual forma, fue utilizada la Prueba de T de Student para grupos de diferente tamaño para establecer si existía o no influencia en la presencia de cadmio en el chocolate según el municipio de procedencia del producto (San Antonio, Such. o Samayac, Such.) teniendo ambos grupos diferente cantidad de datos.

Tabla 8

Fórmulas utilizadas para la prueba de T de Student.

Descripción	Fórmulas
Paso 1: Media Aritmética de cada grupo	$\bar{A} = \frac{\Sigma A}{nA} \quad \bar{B} = \frac{\Sigma B}{nB}$
Paso 2: Error estándar de la diferencia de los grupos	$\sigma_{dif} = \sqrt{\left[\frac{\Sigma(A - \bar{A})^2 + \Sigma(B - \bar{B})^2}{nA + nB - 2} \right] \left[\frac{1}{nA} + \frac{1}{nB} \right]}$
Paso 4: T calculado	$t_c = \frac{\bar{A} - \bar{B}}{\sigma_{dif}}$
Paso 5: T tabulado	Se busca por medio de tablas con el grado de libertad: $GL = nA + nB - 2$

Fuente: (Martínez Tovar, 2016).

11. MARCO OPERATIVO

Para el desarrollo de la investigación, la parte experimental fue dividida en dos etapas:

11.1 Etapa I

Recopilación de información: fueron ubicados los principales Mercados Municipales de la ciudad de Mazatenango para localizar los puntos de venta de chocolate para mesa procesado artesanalmente.

Mediante una encuesta que fue aplicada a los comerciantes de chocolate para mesa (*Véase* Figura A1, página 102), se recopiló la información necesaria para identificar la procedencia del chocolate comercializado en los Mercados Municipales de dicha ciudad.

En base al diseño estadístico y a la información recopilada se procedió a realiza la toma de las muestras.

11.1.1 Procedimiento de toma de las muestras de chocolate para mesa

1. Identificar en el mercado los puestos donde se comercializa chocolate para mesa.
2. Seleccionar aleatoriamente, un puesto del mercado donde se comercializa dicho tipo de chocolate para la toma de muestra.
3. Observar y anotar las condiciones generales en que se encuentra el chocolate para mesa a muestrear (Ejemplo: contacto con posibles fuentes de contaminación cruzada de otros productos).
4. Seleccionar de manera aleatoria un 1 kg de muestra de chocolate (una tableta, un paquete de chocolate, etc.).
5. Colocar la muestra seleccionada en una bolsa hermética limpia, haciendo uso de guantes.

La bolsa debe de estar debidamente rotulada con su respectivo código de muestra, según se muestra en la Tabla A2 (*Véase* página 103).

6. Llenar el formato de: control de toma de muestras en mercado (*Véase* Tabla A3, página 104).
7. Colocar las muestras en una caja plástica de color oscuro con tapadera, para evitar su exposición a la luz solar directa y que estas no se oxiden.
8. Transportar las muestras de tal manera que se impida su ruptura, alteración o contaminación. Evitar agitar la caja con las muestras.

11.2 Etapa II

Las muestras fueron llevadas al laboratorio INLASA Guatemala, para que les fuera realizado el análisis fisicoquímico de Espectrometría de Absorción Atómica con horno de grafito (según AOAC 999.10), para determinar la presencia de cadmio en las muestras de chocolate para mesa (*Véase* Anexo 5, 6 y 7).

12. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La parte experimental de la presente investigación se desarrolló en dos etapas, que detallan los resultados obtenidos; la Etapa I, comprende los resultados en la identificación de la procedencia del chocolate para mesa.

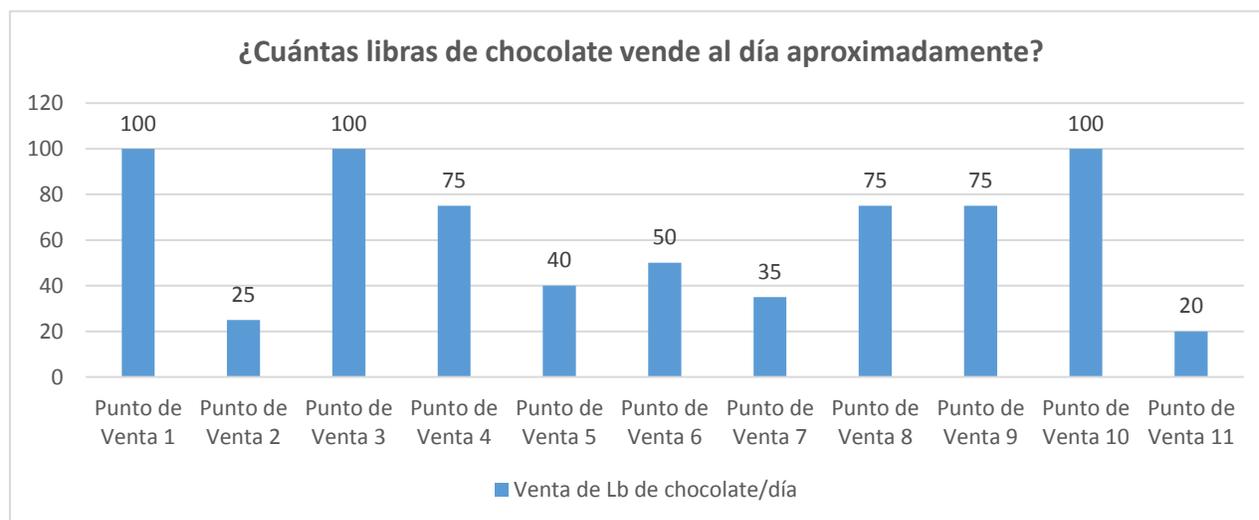
En la Etapa II, se presentan los resultados obtenidos de la determinación de cadmio en chocolate para mesa por el método de la espectrometría de absorción atómica con horno de grafito.

12.1 Resultados Etapa I

A continuación, se detallan los resultados obtenidos en la encuesta titulada: Lugar de Procedencia Chocolate para mesa; la cual fue aplicada a los comerciantes, para identificar la procedencia del chocolate para mesa comercializado en los Mercados Municipales de Mazatenango.

Figura 4

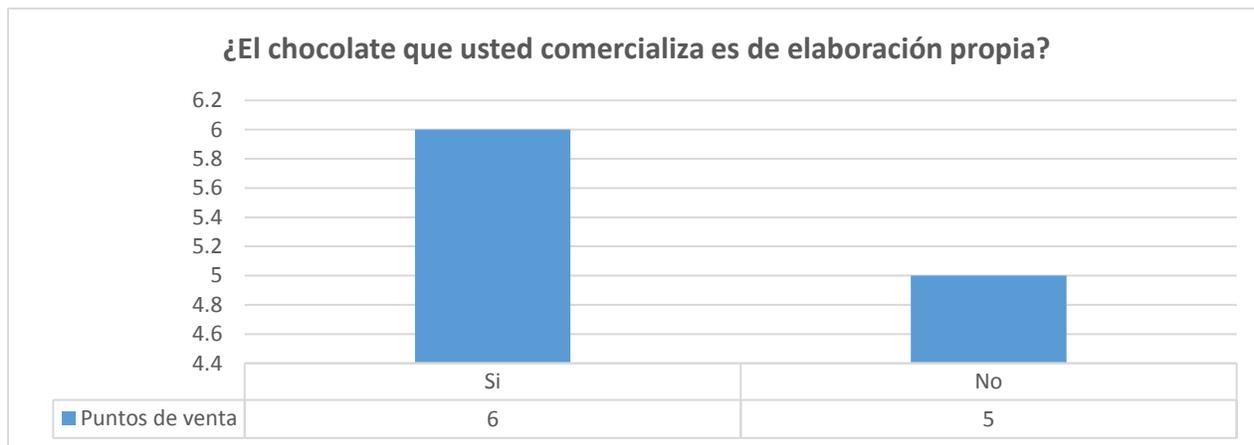
Cantidad de chocolate para mesa comercializado en los principales mercados de Mazatenango, Such. en el periodo de un día.



Fuente: elaboración propia en el año 2020.

Figura 5

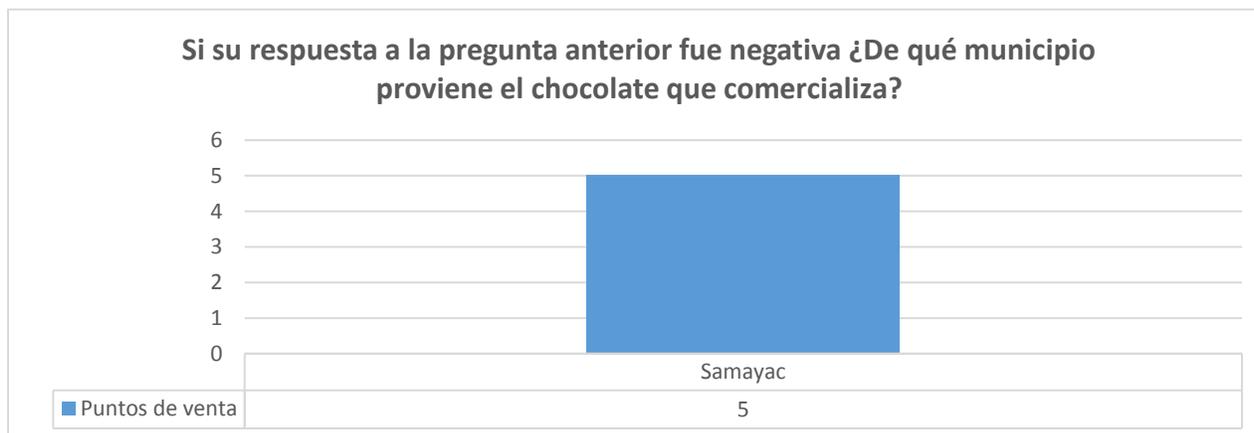
Procedencia según la manufactura del chocolate para mesa comercializado en los principales mercados de Mazatenango, Such.



Fuente: elaboración propia en el año 2020.

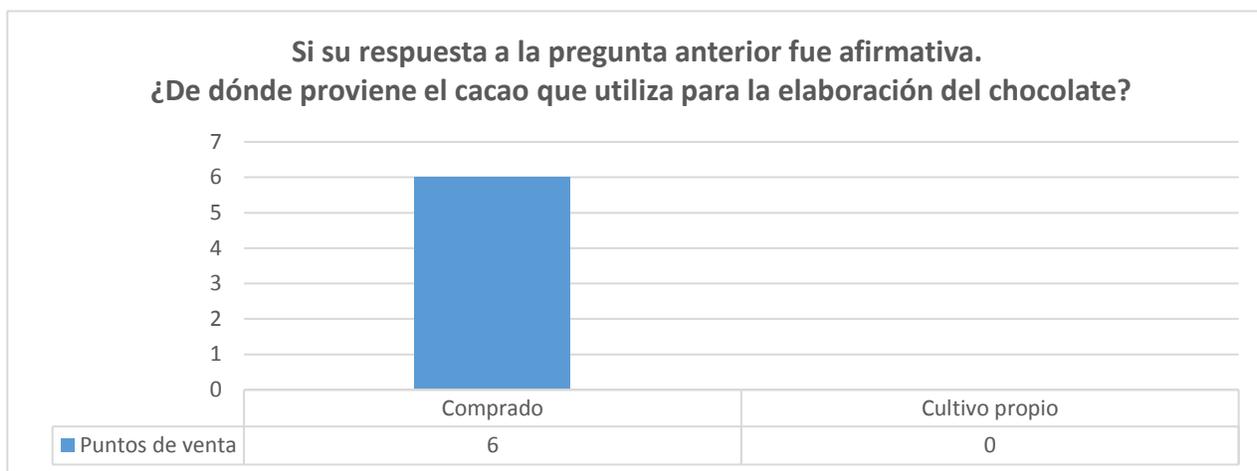
Figura 6

Lugar de procedencia del chocolate para mesa distribuido por los comerciantes que negaron que fuera de elaboración propia dicho producto.



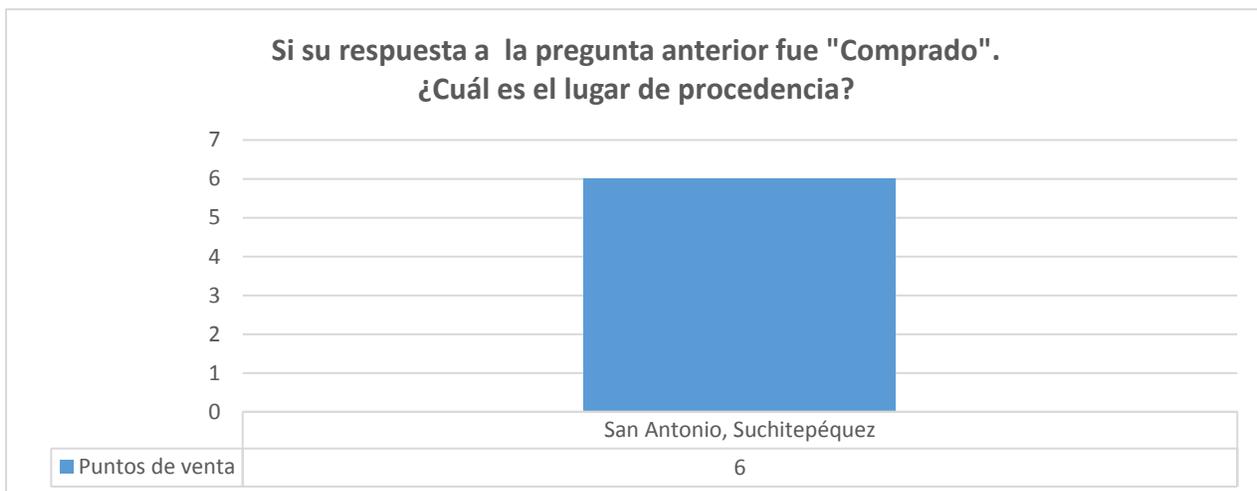
Fuente: elaboración propia en el año 2020.

Figura 7 Procedencia del cacao utilizado por los comerciantes que afirmaron que el chocolate que distribuían era de elaboración propia.



Fuente: elaboración propia en el año 2020.

Figura 8 Lugar de procedencia del cacao utilizado por los comerciantes que indicaron que el cacao para la elaboración del chocolate para mesa que distribuían era “Comprado”.

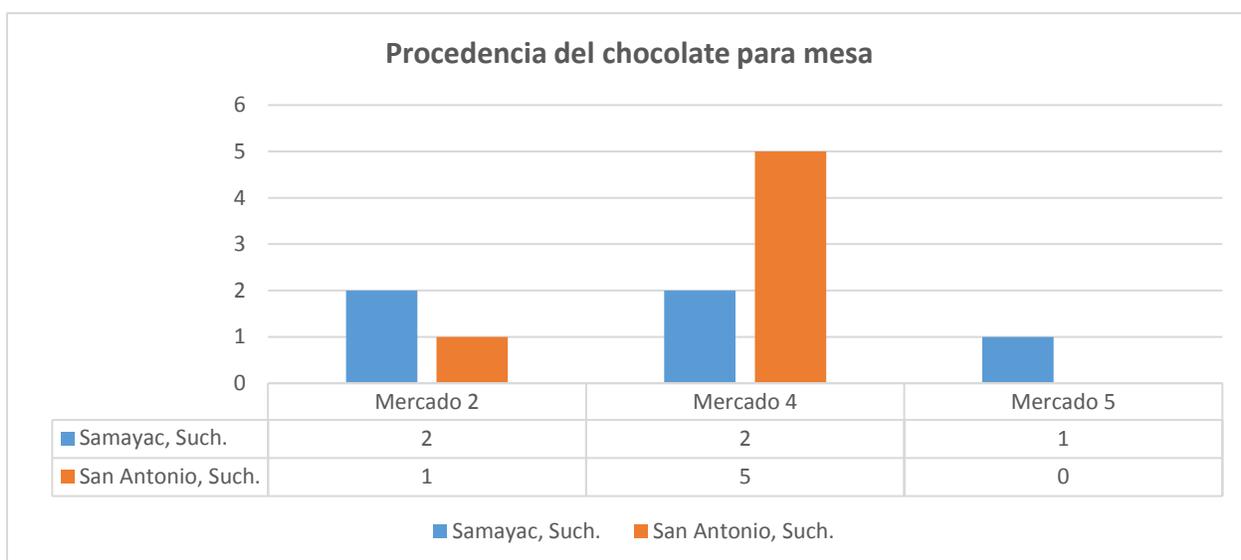


Fuente: elaboración propia en el año 2020.

Nota: Los resultados de las preguntas 6, 7 y 8 de la encuesta no fueron incluidas en la sección de “Resultados” ya que “no aplicaban” acorde a las respuestas anteriores que brindaron las personas encuestadas.

Figura 9

Resumen: lugar de procedencia del chocolate para mesa en cada uno de los mercados de Mazatenango, Such. en los que se comercializa dicho producto.



Fuente: elaboración propia en el año 2020

12.2 Resultados Etapa II

Para identificar los niveles máximos de cadmio permitidos en el chocolate que fue analizado en la presente investigación, según la Normativa de la UE, se tomó como referencia el % de materia seca total de cacao en una de las muestras de chocolate, el cual fue de 33,09% cacao (*Véase Apéndice 4, página 104*).

En base a lo anteriormente mencionado, el chocolate para mesa se puede clasificar en: la sección de chocolate con un contenido de materia seca total de cacao < 50 %. Lo cual indicó que el límite máximo de cadmio para este grupo de muestras es de 0,30 mg de Cd/kg de muestra (*Véase Tabla 1, página 19*).

Luego de obtener los resultados de los análisis de determinación de cadmio indicados en una concentración de mg/kg de muestra, fueron comparados con los niveles permisibles que establece la Unión Europea en el Reglamento No.488/2014. (*Véase Tabla 9, página 67*)

Tabla 9

Resultados determinación de cadmio en chocolate para mesa.

Código de muestra	Resultado Cadmio Total (Cd) mg/kg	Límite Máximo Permitido (LMP) según Reglamento. No. 488/2014 de la Unión Europea mg/kg
M1E2P1	0,04	0,3
M2E2P2	0,21	0,3
M3E2P3	0,06	0,3
M4E4P1	0,06	0,3
M5E4P2	0,08	0,3
M6E4P3	0,15	0,3
M7E4P4	0,07	0,3
M8E4P5	0,10	0,3
M9E4P6	0,18	0,3
M10E4P7	0,27	0,3
M11E5P1	0,26	0,3

Fuente: transcripción de los resultados emitidos por Laboratorio INLASA y LMP según el Reglamento. No. 488/2014 de la Unión Europea.

De acuerdo a los valores obtenido en la etapa de detección, se calculó la concentración promedio de cadmio, así como la desviación estándar del total de los resultados de las muestras, tal como se observa en la Tabla 10.

Tabla 10

Resultados concentración promedio de cadmio en las muestras de chocolate para mesa.

Concentración de cadmio en Chocolate para mesa comercializado en los principales mercados Municipales de Mazatenango, Such.	
Media	0,13 mg/kg
Desviación Estándar	0,08 mg/kg

Fuente: elaboración propia en el año 2020.

Los resultados obtenidos significan que la mayoría de las muestras analizadas (alrededor del 68%, suponiendo una distribución normal) tuvieron una concentración de cadmio en un intervalo de 0,08 mg/kg alrededor de la media (entre 0,05 mg/kg y 0,21 mg/kg). Dicho rango no excede los niveles máximos establecidos por la UE, tal como se muestra en la tabla Tabla 10.

Al clasificar los resultados de los análisis en base al municipio de procedencia del chocolate se obtuvo la Tabla 11.

Tabla 11

Resultados presencia de cadmio en muestras según el municipio de procedencia del producto (San Antonio, Such. o Samayac, Such.)

San Antonio, Such.	Samayac, Such.
0,06 mg/kg	0,04 mg/kg
0,06 mg/kg	0,21 mg/kg
0,08 mg/kg	0,15 mg/kg
0,1 mg/kg	0,07 mg/kg
0,018 mg/kg	0,26 mg/kg
0,27 mg/kg	

Fuente: transcripción de los resultados emitidos por Laboratorio INLASA.

Así mismo, se calculó la diferencia significativa en el análisis de grupos pareados (T Student). Los resultados se presentan a continuación:

Tabla 12

Resultados comparación en la presencia de cadmio en el chocolate según el municipio de procedencia del producto (San Antonio, Such. o Samayac, Such.) por el método de T de Student.

Comparación en la presencia de cadmio en el chocolate según el municipio de procedencia del producto	
Error estándar de la diferencia	3,638612678
t calculado	0,00577143
t tabulado	1,833

Fuente: elaboración propia en el año 2020.

Los datos obtenidos en el análisis estadístico se evaluaron mediante el siguiente criterio de conclusión: si el factor calculado es mayor que el factor tabulado, existe diferencia estadística significativa entre las muestras según su lugar de procedencia, de lo contrario no existe diferencia estadística.

12.3 Discusión de resultados

Los resultados de la encuesta permitieron determinar los lugares de procedencia del chocolate comercializado en los principales mercados municipales de Mazatenango, Suchitepéquez. Del total de las 11 muestras evaluadas, seis muestras provenían del municipio de San Antonio, Such., lo cual equivale a un 55% del total de las muestras y cinco muestras provenientes del municipio de Samayac, Such. (el 45% del total de las muestras).

Según datos obtenidos en la encuesta realizada, las muestras de chocolate provenientes de San Antonio, Such. fueron producidas por las mismas personas que lo comercializaban, es decir, eran de “elaboración propia” e indicaron que compraban la materia prima en el mismo municipio. Sin embargo, no pudieron confirmar que el cacao utilizado fuera guatemalteco. De igual forma, los comerciantes que indicaron que compraban el chocolate para mesa como producto terminado proveniente de Samayac, Such., no pudieron confirmar la procedencia del cacao.

Según registros del MAGA (“Agro en Cifras”, 2015), el 96% de cacao guatemalteco se procesa y se consume en el país. Sin embargo, no es suficiente para abastecer la demanda nacional, por lo que se importa un 40% de otros países de Centro América, siendo Nicaragua su principal abastecedor, seguido de Honduras. En base a esto, es importante no atribuir los resultados del contenido de cadmio en el chocolate para mesa comercializado en Mazatenango, Such., a cacao cultivado en Guatemala.

En cuanto al contenido de cadmio en las muestras analizadas, se puede observar que la media de los resultados, fue de 0,13 mg/kg la cual no sobre pasó el límite de 0,30 mg/kg establecido por el Reglamento 488/2014, de la Unión Europea para chocolate con un contenido de materia seca total de cacao < 50. Utilizando la desviación estándar obtenida se puede afirmar, en base a los resultados, que la cantidad promedio de cadmio de 0,13 mg/kg, puede tener una tendencia a varias por debajo o por encima de dicha cantidad en 0,08 mg/kg de peso. Tomando esto en cuenta, el chocolate aún permanece entre los parámetros permitidos por la UE.

El grupo de muestras provenientes de Samayac, Such. presentó una media aritmética mayor de la concentración de cadmio en comparación con el grupo de muestras de chocolate proveniente de San Antonio, Such. Sin embargo, en los resultados de la prueba de T de Student se pudo observar que no existió diferencia estadística significativa entre los resultados, (siendo estos resultados productos del análisis estadístico) de las muestras de chocolate provenientes de los municipios anteriormente mencionados en cuanto a contenido de cadmio (*Véase* Tabla 12, página 69).

En el año 2020 el Organismo Internacional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA), realizó una investigación en la cual se presentan resultados de niveles de cadmio en muestras de cacao provenientes de Guatemala. En la investigación también exponen los resultados de una simulación (en base a la mediana y la desviación estándar del análisis de muestras de cacao) para estimar el nivel de cadmio presente en chocolate con un contenido de materia seca total de cacao < 50%, donde obtuvieron una media de 0,02 mg/kg y asumiendo la probabilidad del peor escenario, el resultado fue 0,03 mg/kg (OIRSA, 2020).

Las medias aritméticas indicadas en la simulación de la investigación mencionada anteriormente (0,02 mg/kg y 0,03 mg/kg), difieren de la media de los resultados obtenidos en la presente investigación la cual es de 0,13 mg/kg para dicha categoría de chocolate, obteniéndose un resultado siete veces mayor que dicha investigación.

Aunque los parámetros establecidos por la UE en el Reglamento. No. 488/2014 son para productos derivados del cacao, no para la materia prima. Y se desconoce con exactitud el origen y el estado inicial del cacao utilizado como materia prima para la elaboración del chocolate en estudio. Es importante que productores, comerciantes y consumidores de chocolate puedan relacionar el nivel de cadmio en el producto final con el nivel de cadmio en los granos de cacao utilizados como materia prima.

Según la investigación realizada por A. Meter, R.J. Atkinson & B. Laliberte, titulada “Cadmio en el cacao de América Latina y El Caribe”; es posible, mediante una ecuación (*Véase* Apéndice 5, página 107), obtener una aproximación de los niveles máximos permitidos de cadmio en los granos de cacao en base a los niveles del producto final, ya que la masa de cacao y el licor de cacao contendría una cantidad similar de cadmio al de los granos o las semillas de los que origina (Meter, Atkinson, & Laliberte, 2019).

Tomando en cuenta el porcentaje de masa de cacao en el producto final del chocolate comercializado en Mazatenango (33,09%), se pudo estimar el nivel máximo de cadmio permitido en los granos de cacao con que se elaboraron las muestras de chocolate para mesa en estudio; obteniendo un resultado de 0,91 mg/kg.

Es decir, para que el chocolate que se comercializa en Mazatenango, Such., que tiene un 33,09% de materia seca total de cacao permanezca por debajo del umbral pertinente de la UE (0,30mg/kg), el cacao con el que se elabora debe de tener un nivel máximo de cadmio de 0,91 mg/kg de muestra (*Véase* Apéndice 5, página 107). Esta información puede servir de referencia para establecer parámetros, con el fin que el cacao y chocolate producido en Mazatenango, Such. no tenga una barrera para el comercio internacional en Europa en cuanto al contenido de cadmio en cacao.

En base a los resultados obtenidos, se puede concluir que el chocolate para mesa comercializado en los principales mercados municipales de Mazatenango, Suchitepéquez, elaborado mediante un proceso artesanal, no representa un peligro toxicológico en cuanto a los niveles de cadmio para la salud de los consumidores.

13. CONCLUSIONES

1. La hipótesis planteada se rechaza, debido a que el chocolate para mesa comercializado en los principales mercados municipales de Mazatenango, Suchitepéquez, no excede el nivel máximo permisible establecido en la normativa de la Unión Europea en el Reglamento 488/2014, para chocolate con un contenido de materia seca total de cacao $< 50\%$. Ya que la concentración media de cadmio fue de $0,13\text{mg/kg}$ y su desviación estándar fue $0,08\text{mg/kg}$.
2. Se identificó la procedencia del chocolate para mesa comercializado en Mazatenango, Such. cuyos lugares son: Samayac, Such. y San Antonio Such. Sin embargo, no se logró identificar con exactitud el lugar de procedencia del cacao utilizado para la elaboración de las muestras analizadas. Por ello, los resultados del contenido de cadmio no pueden ser atribuidos a cacao cultivado en Guatemala.
3. Los valores obtenidos en la determinación de cadmio en chocolate para mesa por medio del método de espectrometría de absorción atómica con horno de grafito, indican que la mayoría de las muestras analizadas (alrededor del 68% , suponiendo una distribución normal) tuvo una concentración de cadmio en un intervalo de $0,08\text{ mg/kg}$ alrededor de la media, en un rango entre $0,05\text{ mg/kg}$ y $0,21\text{ mg/kg}$. Lo cual denota presencia de cadmio en las muestras analizadas. Sin embargo, dichas concentraciones no representan riesgo de toxicidad para la salud de los consumidores.

4. La media de los niveles de cadmio en el chocolate para mesa obtenida en la presente investigación (0,13 mg/kg), difiere de la estimación teórica en la investigación elaborada por OIRSA en 2020, en donde los resultados fueron 0,02 mg/kg y 0,03 mg/kg para chocolate con un contenido de materia seca total de cacao, < 50%, dichos resultados fueron calculados en base a la cantidad de cadmio en el cacao proveniente de Guatemala.

14. RECOMENDACIONES

1. Realizar otras investigaciones a cerca del contenido de cadmio en otras categorías de productos derivados del cacao, con el fin de generar, normas o reglamentos nacionales que regulen el contenido de cadmio en este tipo de producto.
2. Estudiar a profundidad el lugar de procedencia del cacao utilizado para la elaboración del chocolate para mesa comercializado en los principales mercados municipales de Mazatenango, Suchitepéquez.
3. Establecer parámetros toxicológicos para el cacao nacional y de importación, con el fin de garantizar productos seguros para el consumo humano.
4. Implementar técnicas de mitigación en las prácticas agrícolas para reducir los niveles de cadmio en el cacao utilizado como materia prima para la elaboración de chocolate para mesa.

15. REFERENCIAS

- Acosta L., S., & Pozo P., P. (29 de Noviembre de 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. *infoANALÍTICA*, 1, 69-82. Obtenido de <https://infoanalitica-puce.edu.ec/infoanalitica/article/view/43>
- Administración Nacional de Alimentos. (2012). *Código Sanitario Argentino, Pub. L. No. Capítulo III*. Argentina. Obtenido de https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/anmat_caa_capitulo_iii_prod_alimenticio_sactualiz_2021-03.pdf
- Agency for Toxic Substance and Disease Registry. (2008). *Toxicological Profile for Cadmium*, U.S. Public Health Service, Centers for Diseases Control, Department of Health and Humans Services, Atlanta, GA. Obtenido de Department of Health and Humans Services: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp5.pdf>
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (2012). *Public Health Statement: Cadmium*. Public Health Statement, ATSDR. Obtenido de <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp5-c1-b.pdf>
- AGEXPORT. (Octubre de 2008). *Chocolate y cacao*. Guatemala, Guatemala. Obtenido de <http://portal.export.com.gt/Portal/Documents/Documents/2008-10/6250/2113/Ficha54%20-%20Chocolate%20y%20Cacao.pdf>

- Albarrán-Zavala, E. (2008). *El potencial redox y la espontaneidad de las reacciones electroquímicas*. Universidad Tecnológica de México, Facultad de Ingeniería, Dirección Académica de Ingeniería Química, Atizpán, México. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2735574>
- AOAC Internacional. (2020). *AOAC*. Recuperado el 11 de Marzo de 2020, de <https://www.aoac.org/about-aoac-international/>
- Arévalo-Gandini, E., Arévalo-Hernández, C. O., Baligar, V. C., & He, Z. L. (2017). Heavy metal accumulation in leaves and beans of cacao (*Theobroma cacao* L.) in major cacao growing regions in Peru. *Science of The Total Environment*, 605-606, 792-800. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.122>.
- Argüello, D., Chavez, E., Laurysen, F., Vanderschueren, R., Smolders, E., & Montalvo, D. (2019). Soil properties and agronomic factors affecting cadmium concentrations in cacao beans: A nationwide survey in Ecuador. *Science of The Total Environment*, 649, 120-127. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.292>.
- Arriaga Márquez, A. C., López Jeréz, L. H., Rivera García, U. R., Lima Casiano, M. S., Salazar Buezo, S., Gomez Espino, J., . . . Trujillo Escobar, A. (Noviembre de 2017). *Diagnóstico socioeconómico, potencialidades productivas y propuestas de inversión Municipio de Mazatenango, Suchitepéquez*. (Informe Ejercicio Profesional Supervisado de Administración de Empresas y, Contaduría Pública y Auditoría), Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Económicas, Guatemala. Obtenido de http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03_0951_v1.pdf

ATSDR. (1999). *Resumen de salud pública cadmio*. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. División de Toxicología y Medicina Ambiental., Servicios de Salud Pública, EE.UU. Obtenido de <http://www.davidborowski.com/work/ATSDR%20ToxFAQs%20and%20PHS%202007/Data/Spanish/PHS%20for%20CADMIO.pdf>

Barrueta Rivera, S. V. (Noviembre de 2013). *Guía de métodos de detección y análisis de cadmio en cacao (Theobroma Cacao L)*. Lima, Perú. Obtenido de <https://es.slideshare.net/RIICCHPeru/guia-de-metodos-de-deteccion-y-analisis-de-cadmio-en-cacao>

Beckett, S. T., Fowler, M. S., & Ziegler, G. R. (2009). *Industrial Chocolate Manufacture and Use* (Fourth ed.). Chichester, West Sussex, UK: John Wiley & Sons Inc. Obtenido de https://mastermilk.com/uploads/biblio/beckett_s_t_ed_industrial_chocolate_manufacture_and_use.pdf

Beltrán Iraheta, E., Hernández Acosta, K., & Rodríguez Menjivar, A. (2017). *Determinación de Cadmio en chocolate de mesa comercializado en la zona Metropolitana de San Salvador*. (Tesis de Ingeniería de Alimentos), Universidad de El Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, El Salvador. Obtenido de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/13124/1/Determinaci%C3%B3n%20de%20cadmio%20en%20chocolate%20de%20mesa%20comercializado%20en%20la%20Zona%20Metropolitan%20de%20San%20Salvador.pdf>

Billmeyer, F. W. (1971). *Ciencia de los polímeros*. Barcelona, España: Reverté. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/217321965/Billmeyer-Ciencia-de-los-polimeros>

Cabrero Fraile, F. J. (2007). *Imagen radiológica. Principios Físicos e instrumentación*. Barcelona, España: MASSON, S.A. Obtenido de

[https://books.google.com.gt/books?id=tMVfKAekfSQC&printsec=frontcover&dq=Cabrero+Fraile,+F.+J.+\(2007\).+Imagen+radiol%C3%B3gica.+Principios+F%C3%ADsicos+e+instrumentaci%C3%B3n.+Barcelona,+Espa%C3%B1a:+MASSON,+S.A.&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjC-tCN2ZrxAhXzSzABHc](https://books.google.com.gt/books?id=tMVfKAekfSQC&printsec=frontcover&dq=Cabrero+Fraile,+F.+J.+(2007).+Imagen+radiol%C3%B3gica.+Principios+F%C3%ADsicos+e+instrumentaci%C3%B3n.+Barcelona,+Espa%C3%B1a:+MASSON,+S.A.&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjC-tCN2ZrxAhXzSzABHc)

Centre for food safety. (1997). *Food Adulteration (Metallic Contaminants) Regulations*. The Government of the Hong Kong of special administrative Region, Hong Kong. Obtenido de http://www.cfs.gov.hk/english/food_leg/food_leg_list.html

Centro de Investigación y Desarrollo de Recursos Científicos. (2020). *Estaminodio*. (B. Scripts, Productor) Recuperado el 20 de Abril de 2020, de Bio Dic: <https://www.biodic.net/palabra/estaminodio/#.XqtjGnszBIU>

Chún, E. (1 de Julio de 2000). *Evaluación de cadmio, cobre y plomo en especies marinas de los océanos Atlántico y Pacífico de Guatemala por técnicas de voltametría*. (Tesis de Licenciatura en Química), Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Guatemala. Obtenido de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2036.pdf

Code of Federal Regulations. (2011). *Food for human consumption part 163 Cacao products*. FDA, U.S. Obtenido de <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?CFRPart=163>

Code of Federal Regulations. (2013). : *Subpart B--Requirements for Specific Standardized Beverages Sec. 165.110 Bottled water.* FDA, U.S. Obtenido de <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/cfrsearch.cfm?fr=165.110>

Codex Alimentarius. (2016). *Norma para el chocolate y los productos del chocolate, CODEX STAND 87-1981.* Obtenido de http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B87-1981%252FCXS_087s.pdf

Comisión Guatemalteca de Normas Ministerio de Economía. (1975). *Chocolate de taza en polvo o en tabletas.* Guatemala. Obtenido de http://cretec.org.gt/wp-content/files_mf/ngo34127chocolatedetazaenpolvo.pdf

Comisión Guatemalteca de Normas Ministerio de Economía. (1987). *Chocolate. Especificaciones.* Guatemala. Obtenido de http://cretec.org.gt/wp-content/files_mf/ngo34159chocolates.pdf

Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad. (2008). *Norma técnica obligatoria nicaragüense para el chocolate y productos.* Ministerio de Fomento, Managua. Obtenido de [http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/\(\\$All\)/522B262B90F60FBE062577BB00606E10?OpenDocument](http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/($All)/522B262B90F60FBE062577BB00606E10?OpenDocument)

Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad. (2010). *Cacaco en polvo (cacao) y a las mezclas de cacao y azúcares. Requisitos.* Ministerio de Fomento, Nicaragua. Obtenido de [http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/\(\\$All\)/A1D6DA76A2A9755B062577BB0058DAD1?OpenDocument](http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/($All)/A1D6DA76A2A9755B062577BB0058DAD1?OpenDocument)

Comité del Codex sobre Contaminantes de Alimentos. (2018). *Anteproyecto de niveles máximos para el cadmio en el chocolate y los productos derivados del cacao*. FAO, Comisión del Codex Alimentarius, Utrecht. Obtenido de http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FMeetings%252FCX-735-12%252FWD%252Fcf12_06s.pdf

Conde de León, F. (3 de Abril de 2019). *El cadmio en cacao, factores relacionados a su bioacumulación y ruta de acción para su diagnóstico*. Guatemala, Guatemala. Obtenido de [http://www.agromip.com.gt/ponencias%20/2019/Salon%201/Miercoles%203/1.15.%20FConde.%20MIP%202019_IICA%20\(1\)_web.pdf](http://www.agromip.com.gt/ponencias%20/2019/Salon%201/Miercoles%203/1.15.%20FConde.%20MIP%202019_IICA%20(1)_web.pdf)

CONTAM. (2014). *Reglamento (UE) No 488/2014*. Unión Europea, Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA). Obtenido de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R0488&from=ES>

Das Eidgenössische Departement des Innern. (2009). *Verordnung des EDI über Zuckerarten, süsse Lebensmittel und Kakaoerzeugnisse*. Switzerland. Obtenido de <https://fedlex.data.admin.ch/filestore/fedlex.data.admin.ch/eli/cc/2005/794/20100401/de/pdf-a/fedlex-data-admin-ch-eli-cc-2005-794-20100401-de-pdf-a.pdf>

Díaz, A. A. (2014). *Metales pesados*. Secretaria de Estado de turismo y comercio., España.

Diccionario panhispánico del español jurídico. (2020). *Antropogénico*. Recuperado el 11 de Marzo de 2020, de <https://dpej.rae.es/lema/antropog%C3%A9nico-ca>

Dirección Nacional de Normalización. (2013). *Catálogo de Normas Bolivianas*. La Paz, Bolivia.

Obtenido de

https://www.academia.edu/11346152/CATALOGO_DE_NORMAS_BOLIVIANAS_2013_Enero

3_Enero

Echeverry, A., & Reyes, H. (2019). Determinación de la concentración de cadmio en un chocolate colombiano con 65% de cacao y chocolates extranjeros con diferentes porcentajes de cacao. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 10(19), 22-32. Obtenido de <https://revistas.ucp.edu.co/index.php/entrecienciaeingenieria/article/view/452>

Enríquez, G. A. (1985). *Curso sobre el cultivo del cacao*. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Obtenido de <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/1058>

Escudero Rodríguez, R. R. (Julio de 2015). *Diseño y construcción de un espectrofotómetro para análisis fluorescencia UV-Visible*. (Tesis de Ingeniería Química), Universidad Nacional de Ingeniería, Lima. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/13899>

Facultad de Ingeniería Área de Estadística USAC. (Noviembre de 2011). *Manual de Estadística Descriptiva*. Recuperado el 29 de Junio de 2019, de Estadística Ingeniería USAC: http://estadistica.ingenieria.usac.edu.gt/file.php/1/Manual_E1_PDF.pdf

FAO. (1999). *¿Qué es el Codex Alimentarius?* Roma, Italia. Recuperado el 11 de Marzo de 2020, de <http://www.fao.org/noticias/1999/codex-s.htm>

FAO. (2020). *FAO*. Recuperado el Abril de 20 de 2020, de <http://www.fao.org/about/es/>

FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. (2011). *Safety evaluation of certain food additives and contaminants*. Roma. Obtenido de <http://www.fao.org/3/at881e/at881e.pdf>

- Fernández Gallardo, P. (2008). *Tablas estadísticas*. Madrid, España. Obtenido de https://verso.mat.uam.es/~pablo.fernandez/tablas_ProbI_2007-2008.pdf
- Figueruelo, J. E., & Dávila, M. M. (2004). *Química física del Ambiente y de los procesos medioambientales*. Barcelona: Reverté. Obtenido de <https://es.scribd.com/book/469893190/Quimica-fisica-del-ambiente-y-de-los-procesos-medioambientales>
- Fondonorma. (1995). *Granos de cacao*. Caracas, Venezuela. Obtenido de <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/50-95.pdf>
- Fondonorma. (1998). *Cacao en polvo*. Caracas, Venezuela. Obtenido de <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/1479-98.pdf>
- Fondonorma. (1998). *Licor de cacao. Masa o pasta*. Caracas, Venezuela. Obtenido de <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/1480-98.pdf>
- Fondonorma. (1999). *Chocolate*. Caracas, Venezuela. Obtenido de <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/52-99.pdf>
- Fondonorma. (2000). *Análogos del Chocolate*. Caracas, Venezuela. Obtenido de <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/3585-00.pdf>
- Food Standards Code. (2014). *Maximum levels of contaminants and natural toxicants*. Australia New Zealand. Obtenido de [http://www.foodstandards.gov.au/Search/pages/results.aspx?k=cadmium in chocolate&start1=11](http://www.foodstandards.gov.au/Search/pages/results.aspx?k=cadmium%20in%20chocolate&start1=11)

Fuentes Arderiu, X., Castiñeiras Lacambra, M. J., & Queraltó Compañó, J. M. (1998). *Bioquímica clínica y patología molecular*. Barcelona: Reverté, S.A. Obtenido de [https://books.google.com.gt/books?id=nM8ED6gYou0C&pg=PA565&dq=Fuentes+Arderiu,+X.,+Casti%C3%B1eiras+Lacambra,+M.+J.,+%26+Queralt%C3%B3+Compa%C3%B1%C3%B3,+J.+M.+\(1998\).+Bioqu%C3%ADmica+cl%C3%ADnica+y+patolog%C3%ADa+molecular.+Barcelona:+Revert%C3%A9,+S.A.&](https://books.google.com.gt/books?id=nM8ED6gYou0C&pg=PA565&dq=Fuentes+Arderiu,+X.,+Casti%C3%B1eiras+Lacambra,+M.+J.,+%26+Queralt%C3%B3+Compa%C3%B1%C3%B3,+J.+M.+(1998).+Bioqu%C3%ADmica+cl%C3%ADnica+y+patolog%C3%ADa+molecular.+Barcelona:+Revert%C3%A9,+S.A.&)

Gamboa Graus, M. E. (2017). *Estadística aplicada a la investigación científica*. Las Tunas, Cuba: Redipe-Edacun. Obtenido de <http://roa.ult.edu.cu/handle/123456789/3667>

Google Maps. (06 de Febrero de 2020). *Mercado Municipal Mazatenango*. Obtenido de Google: <https://www.google.com/maps/search/mercado+municipal+de+mazatenango/@14.5328767,-91.5072834,17z/data=!3m1!4b1>

Güiza Patino, A., Quiroga, A., & Ayala, L. M. (2002). *Estudio de factibilidad para la creación de una procesadora y comercializadora de chocolate de mesa en el municipio de Landázuri, departamento de Santander*. (Tesis de Técnico en Comercio y Negocios), Universidad Nacional Abierta y a Distancia "UNAD", Facultad de Ciencias Administrativas, Vélez. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/19764/aguizap.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Herrera Escudero, A. (2014). *Ley de Beer-Lambert*. Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Químicas, Xalapa. Obtenido de <https://www.uv.mx/personal/aherrera/files/2014/05/L.-Ley-de-Bouguer-Lambert-Beer-0.pdf>

- Higuera Ardila, R. M. (1 de Julio de 2016). *Espectroscopia de absorción atómica. Conceptos, instrumentación, técnicas y seguridad Equipo Aanalyst 400 PERKIN ELMER.* Bucaramanga, Santander, Colombia. Obtenido de <https://es.slideshare.net/rosamaria14/espectroscopia-de-absorcion-atmica-parte-1-julio-20-de-2016>
- Huamani-Yupanqui, H., Huauya-Rojas, M., Mansilla-Minaya, L., Florida-Rofner, N., & Neira-Trujillo. (2012). Presencia de metales pesados en cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) orgánico. *Acta Agronómica*, 61(4), 339-344. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169926831006>
- INDECOPI. (2007). *Cacao y chocolate, cacao en polvo (cocoa) y mezclas secas de cacao y azúcar.* Comisión de los reglamentos técnicos y comerciales, Lima, Perú. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/369302867/NTP-208-007-2007-CACAO-Y-CHOCOLATE-Cacao-en-Polvo-Cocoa-y-Mezclas-Secas-de-Cacao-y-Azucar-Requisitos>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1988). *Pasta (masa, licor) de cacao.* Quito, Ecuador. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/623.pdf>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1989). *Cocoa en polvo.* Quito, Ecuador. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/620.pdf>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2010). *Chocolates.* Quito, Ecuador. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/621.pdf>
- Japan External Trade Organization - JETRO. (2011). *Specifications and Standards for Foods, Food Additives, etc. Under the Food Sanitation Act (Abstract) 2010.* Japón. Obtenido de https://www.jetro.go.jp/ext_images/en/reports/regulations/pdf/foodext2010e.pdf

- Jiménez Tobón, C. S. (2015). Estado legal mundial del cadmio en cacao (*Theobroma cacao*): fantasía o realidad. *Producción + Limpia*, 10(1), 89-104. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/revista/17990/V/10>
- Juárez, P. (2006). *Determinación de elementos tóxicos y surfactantes alquilbencénicos en sedimentos del Lago de Petén Itzá*. (Tesis de Licenciatura en Biología), Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Guatemala. Obtenido de <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/tesis/Q168.pdf>
- Legislation Uk. (1990). *Food Safety Act 1990*. England. Obtenido de <https://www.legislation.gov.uk/ukpga/1990/16/contents>
- León, J. (2000). *Botánica de los cultivos tropicales* (3^a. ed.). (IICA, Ed.) San José, Costa Rica: Agroamérica. Obtenido de <http://repositorio.iica.int/bitstream/11324/7228/1/BVE18040317e.pdf>
- MAGA. (Noviembre de 2016). *Plan Estratégico de la Agrocadena de cacao de Guatemala*. Guatemala. Obtenido de <https://www.maga.gob.gt/download/enac16-25.pdf>
- Malhotra, N. K. (2008). *Investigación de mercados* (4^a. ed.). México: Pearson Educación. Obtenido de <http://www.elmayorportaldegerencia.com/Libros/Mercadeo/%5BPD%5D%20Libros%20-%20Investigacion%20de%20Mercados.pdf>
- Martínez Tovar, J. G. (Junio de 2016). *Distribución "T" de Student*. Recuperado el 23 de Junio de 2019, de Estadística en Investigación: <https://estadisticaeninvestigacion.wordpress.com/distribucion-t-de-student/>

- Mejín Flores, L. A., & Argüello Castellanos, O. (2000). *Tecnología para el Mejoramiento del Sistema de Producción de Cacao*. Bucaramanga, Colombia: Corpoica. Obtenido de <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/handle/11348/3832>
- Meter, A., Atkinson, R., & Laliberte, B. (2019). *Cadmio en el cacao de América Latina y el Caribe - Análisis de la investigación y soluciones potenciales para la mitigación*. Roma, Italia: Bioversity Internacional. Obtenido de <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/102354>
- Minister of Justice. (2011). *Food and Drug Regulation*. Canadá. Obtenido de https://laws-lois.justice.gc.ca/eng/regulations/c.r.c.,_c._870/FullText.html
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2004). *La competitividad de las cadenas agroproductivas en Colombia*. Bogotá, Colombia: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Obtenido de <http://repositorio.iica.int/handle/11324/14349>
- Ministerio de Salud. (1996). *Reglamento sanitario de los alimentos. Decreto supremo N° 977/96*. Santiago de Chile, Chile. Obtenido de [https://www.minsal.cl/sites/default/files/files/DECRETO_977_96%20actualizado%20a%20Enero%202015\(1\).pdf](https://www.minsal.cl/sites/default/files/files/DECRETO_977_96%20actualizado%20a%20Enero%202015(1).pdf)
- Ministerio de Salud Pública Uruguay. (1994). *Reglamento Bromatológico Nacional*. Uruguay. Obtenido de <https://www.impo.com.uy/bases/decretos-reglamento/315-1994>
- Nava-Ruíz, C., & Méndez-Armenta, M. (2011). Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio). *Arch Neurocién (Mex)*, 16(3), 140-147. Obtenido de <https://www.medigraphic.com/pdfs/arcneu/ane-2011/ane113f.pdf>

- Niño Bernal, I. D. (2015). *Cuantificación de Cadmio en cacao proveniente del Occidente de Boyacá por la técnica analítica de voltamperometría*. (Tesis de Licenciatura en Química de Alimentos), Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas, Tunja. Obtenido de <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1425/2/TGT-174.pdf>
- Nosti Nava, J. (1963). *Cacao: Café, té* (2ª. ed.). Barcelona, España: Salvat.
- OIRSA. (2020). *Determinación de niveles de cadmio en almendras de cacao (Theobroma cacao), en Centro América y República Dominicana*. San Salvador, El Salvador. Obtenido de https://www.oirsa.org/contenido/2020/Determinaci%C3%B3n%20niveles%20de%20cadmio%20en%20cacao%2010_7_20.pdf
- Paredes, A., & Enríquez Calderón, G. (1989). *El cultivo del cacao*. San José, Costa Rica: EUNED. Obtenido de <https://editorial.uned.ac.cr/book/U00366>
- Paz, K. (2007). *Media Aritmética Simple*. Ciudad de Guatemala, Guatemala. Obtenido de http://fgsalazar.net/LANDIVAR/ING-PRIMERO/boletin07/URL_07_BAS01.pdf
- Pérez García, P. E., & Azcona Cruz, M. I. (2012). Los efectos del cadmio en la salud. *Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas*, 17(3), 199-205. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/473/47324564010.pdf>
- Piedrahita, O. (Junio de 2011). *Capacidad de intercambio cationico*. Obtenido de http://www.nuprec.com/Nuprec_Sp_archivos/CAFE/CAFETO_archivos/Literatura%20cafe/CAPACIDAD%20DE%20INTERCAMBIO%20CATIONICO.pdf

- Pineda, M., Teos, L., & Sosa, J. (2016). *Cuantificación de cadmio en papa y zanahoria por medio de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito*. Universidad Mariano Gálvez, Facultad de Ciencias Médicas y de la Salud, Escuela de Nutrición, Guatemala. Obtenido de https://www.academia.edu/34700022/Cuantificaci%C3%B3n_de_cadmio_en_papa_y_zanahoria_por_medio_de_espectrofotometr%C3%ADa_de_absorci%C3%B3n_at%C3%B3mica_con_horno_de_grafito
- Ramírez, A. (2002). Toxicología del cadmio. Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos. *Anales de la Facultad de Medicina, Universidad Nacional de San Marcos*, 63(1), 51-64. Obtenido de <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/anales/article/view/1477>
- Ramos Miras, J. (2002). *Estudio de la Contaminación por metales pesados y otros procesos de degradación química en los suelos en los invernaderos del poniente almeriense*. (Tesis doctoral), Universidad de Almería, Almería. Obtenido de <http://www.diegomarin.net/ual/es/333-estudio-de-la-contaminacion-por-metales-pesados-y-otros-procesos-de-degradacion-quimica-en-los-suelos-en-los-invernaderos-del-p-9788482406596.html>
- Real Academia de Ingeniería. (2012). *Edafoclimático*. Madrid, España. Recuperado el 06 de Abril de 2020, de <http://diccionario.raing.es/es/lema/edafoclim%C3%A1tico>
- Real Academia Española. (2014). *Cotiledón*. (23). Madrid, España. Recuperado el 2 de abril de 2020, de <https://dle.rae.es/cotiled%C3%B3n?m=form>

Real Academia Española. (Octubre de 2014). *Digestión*. (23). Madrid, España. Recuperado el 2 de Abril de 2020, de <https://dle.rae.es/digerir?m=form>

Real Academia Española. (2014). *Entomófila*. España. Recuperado el 5 de Abril de 2020, de <https://dle.rae.es/entom%C3%B3filo?m=form>

Real Academia Española. (2014). *Espectro*. Madrid, España. Recuperado el 20 de Abril de 2020, de <https://dle.rae.es/espectro?m=form>

Real Academia Española. (2014). *Espectrofotometría*. Madrid, España. Recuperado el 20 de Abril de 2020, de <https://dle.rae.es/espectrofotometr%C3%ADa?m=form>

Real Academia Española. (2019). *Arteriosclerosis*. Madrid, España. Recuperado el 11 de Marzo de 2020, de <https://dle.rae.es/arteriosclerosis>

Sánchez Corona, O. (2004). *Probabilidad y estadística*. México D.F.: McGraw-Hill. Obtenido de <https://mregresion.files.wordpress.com/2010/05/probabilidad-y-estadistica-octavio-sanchez.pdf>

Sánchez Soledispa, C. E. (2019). *Determinación de cadmio en chocolate en polvo comercializado en el cantón Guayaquil, provincia del Guayas-Ecuador*. (Tesis de Ingeniería Ambiental), Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales, Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/44937>

Sandoya Man Ging, M. M., & Vargas Rumazo, S. A. (2 de Septiembre de 2018). *Diseño de un sistema automático para el control y monitoreo del proceso de conchado en la elaboración de chocolate*. (Tesis de Ingeniería en electricidad con especialización en electrónica y automatización industrial). Guayaquil. Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/47606/D-CD106678.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>

Santiago Rivas, S. (2007). *Contribución a la determinación de la fracción de metales traza ligados a las proteínas similares a las metalotioneínas en muestras de mejillón*. (Tesis doctoral), Universidad de Santiago de Compostela, Departamento de Química Analítica, Nutrición y Bromatología. Facultad de Química, Santiago de Compostela.

Secretaría de Salud. (2014). *Norma Mexicana NOM-186-SSAI/SCFI-2013 Cacao, chocolate y productos similares, y derivados del cacao. Especificaciones sanitarias. Denominación comercial. Métodos de prueba*. México. Obtenido de <http://www.cofepris.gob.mx/MJ/Paginas/NormasPorTema/Alimentos.aspx>

SEGEPLAN. (2010). *Perfil Socioeconómico Mazatenango, Suchitepéquez 2010*. Guatemala. Obtenido de [http://sistemas.segeplan.gob.gt/sideplanw/SDPPGDM\\$PRINCIPAL.VISUALIZAR?pID=ECONOMICA_PDF_1001](http://sistemas.segeplan.gob.gt/sideplanw/SDPPGDM$PRINCIPAL.VISUALIZAR?pID=ECONOMICA_PDF_1001)

Skoog, D., Holler, F., & Nieman, T. (2001). *Principios de análisis instrumental* (5ª. ed.). Madrid: McGraw Hill. Obtenido de https://www.academia.edu/37326567/Principios_de_an%C3%A1lisis_instrumental_6ta_Edici%C3%B3n_Douglas_A_Skoog_LIBROSVIRTUAL

The Stationery Office Limited. (2003). *The Cocoa and Chocolate Products (England) Regulations*. England. Obtenido de :

<http://www.legislation.gov.uk/uksi/2004/3279/contents/made>

Turcios Pérez, J. A. (Noviembre de 2010). *Determinación cuantitativa de arsénico, cobre, plomo y cadmio en (Brasica oleracea) [sic] brócoli que se cultiva en la parcela San José, Tecpán municipio de Chimaltenango*. (Tesis de Maestría en gestión de la calidad con especialidad en inocuidad de alimentos), Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Guatemala. Obtenido de <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/Tesis/MAGEC40.pdf>

U.S. Food & Drug Administration. (18 de 03 de 28). *FDA*. Recuperado el 20 de Abril de 2020, de <https://www.fda.gov/about-fda/what-we-do>

UMA. (2013). *Servicio de Espectrometría Atómica*. Recuperado el 26 de Noviembre de 2019, de http://www.uma.es/investigadores/servinv/labea/tec_analiticas/tec_analiticas.html

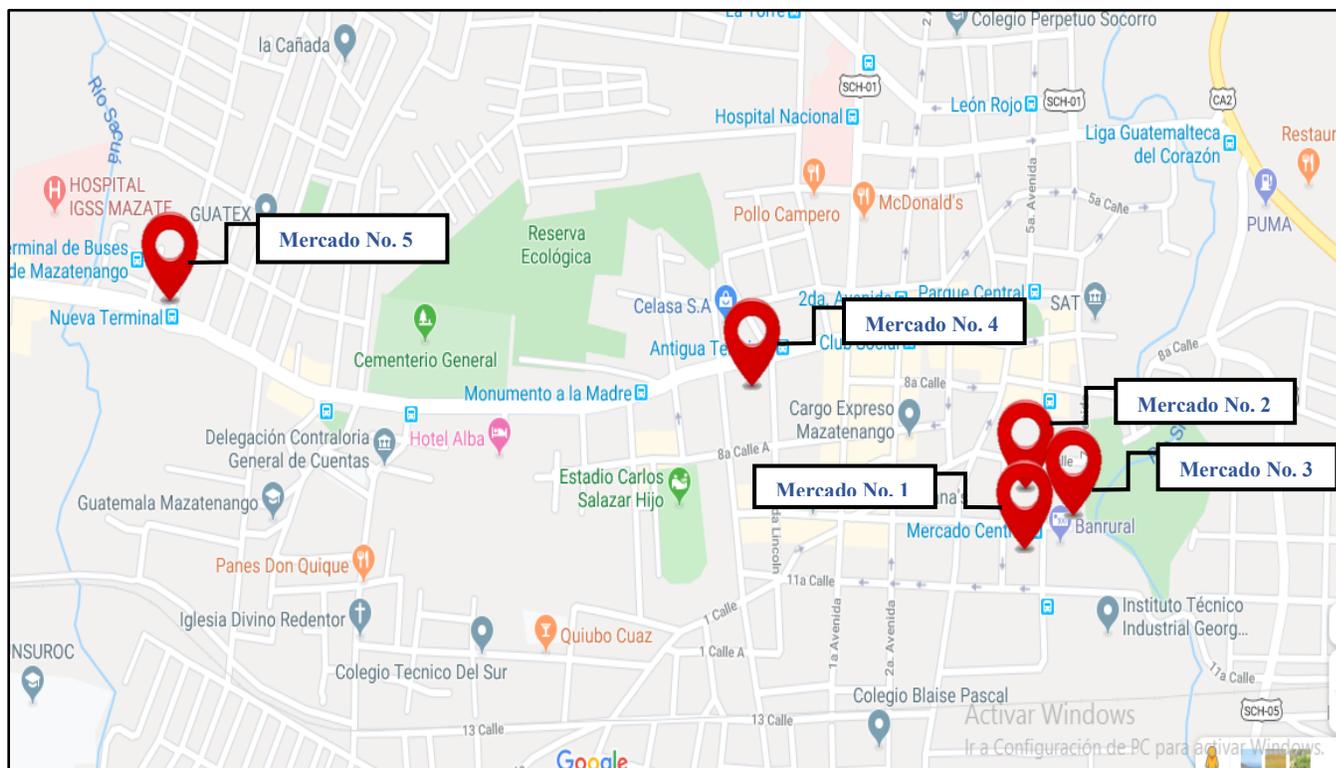
Vo. Bo. 
Lcda. Ana Teresa de González.
Bibliotecaria CUNSUROC.



16. ANEXOS

Anexo 1

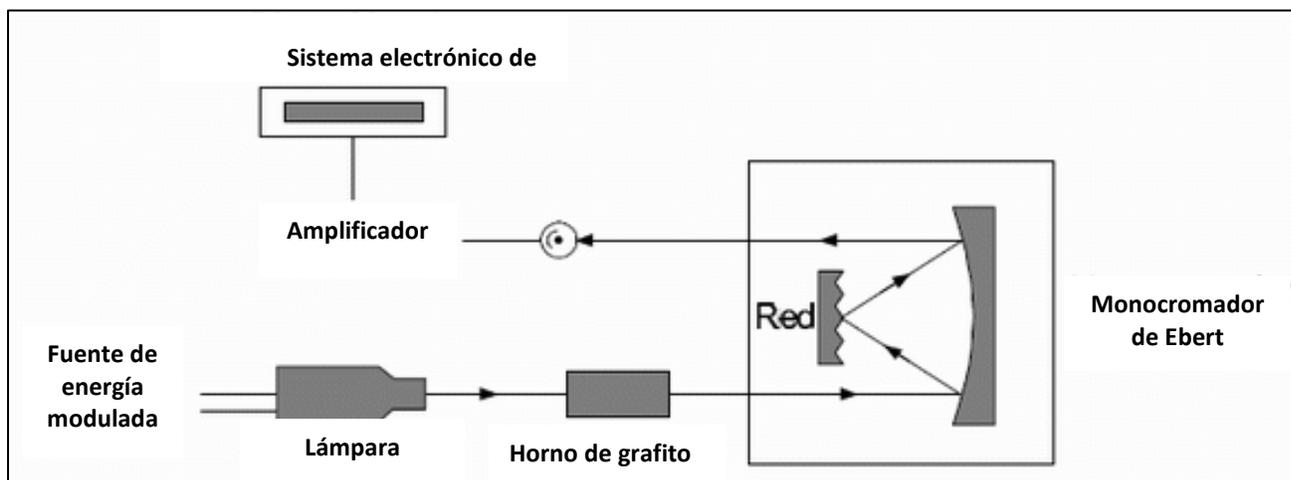
Ubicación geográfica de los Mercados Municipales 1, 2, 3, 4 y 5 de Mazatenango.



Fuente: (Google Maps, 2020).

Anexo 2

Esquema general Espectrometría de absorción atómica con horno de grafito.



Fuente: Skoog, (2001).

Anexo 3

Tabla para valor de la curva normal.

%	Z	Z^2	e	e^2
99	2.58	6.656	0.01	0.000100
97.5	2.24	5.018	0.025	0.000625
95	1.96	3.842	0.05	0.002500
94	1.88	3.534	0.06	0.003600
90	1.645	2.706	0.1	0.01000
85	1.44	2.074	0.15	0.022500
80	1.28	1.638	0.2	0.040000
75	1.15	1.323	0.25	0.062500
50	0.6745	0.455	0.5	0.250000

Fuente: INTECAP "Curso de Control Estadístico de Proceso", 2015.

Anexo 4

Grados de libertad para análisis de T de Student.

α r	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005	0,0005
1	1,000	1,376	1,963	3,078	6,314	12,706	31,821	63,656	636,578
2	0,816	1,061	1,386	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925	31,600
3	0,765	0,978	1,250	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	12,924
4	0,741	0,941	1,190	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	8,610
5	0,727	0,920	1,156	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	6,869
6	0,718	0,906	1,134	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707	5,959
7	0,711	0,896	1,119	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	5,408
8	0,706	0,889	1,108	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355	5,041
9	0,703	0,883	1,100	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250	4,781
10	0,700	0,879	1,093	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169	4,587
11	0,697	0,876	1,088	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106	4,437
12	0,695	0,873	1,083	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055	4,318
13	0,694	0,870	1,079	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012	4,221
14	0,692	0,868	1,076	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977	4,140
15	0,691	0,866	1,074	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947	4,073
16	0,690	0,865	1,071	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921	4,015
17	0,689	0,863	1,069	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898	3,965
18	0,688	0,862	1,067	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878	3,922
19	0,688	0,861	1,066	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861	3,883
20	0,687	0,860	1,064	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845	3,850
21	0,686	0,859	1,063	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831	3,819
22	0,686	0,858	1,061	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819	3,792
23	0,685	0,858	1,060	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807	3,768
24	0,685	0,857	1,059	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797	3,745
25	0,684	0,856	1,058	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787	3,725
26	0,684	0,856	1,058	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779	3,707
27	0,684	0,855	1,057	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771	3,689
28	0,683	0,855	1,056	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763	3,674
29	0,683	0,854	1,055	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756	3,660
30	0,683	0,854	1,055	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750	3,646
40	0,681	0,851	1,050	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704	3,551
60	0,679	0,848	1,045	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660	3,460
120	0,677	0,845	1,041	1,289	1,658	1,980	2,358	2,617	3,373
∞	0,674	0,842	1,036	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576	3,290

Fuente: (Fernández, 2008).

Anexo 5

Procedimiento determinación de cadmio con espectrometría de absorción atómica con horno de grafito según AOAC 999.10

A. Procedimiento de pre-tratamiento de las muestras

1. Triturar cada una de las muestras de chocolate de 1 kg con un mortero cerámico limpio para evitar contaminación con metales.
2. Homogenizar.
3. Almacenar en recipientes herméticos de plástico.

B. Preparación de soluciones estándar y de reactivos (según AOAC 999.10)

1. Solución estándar de cadmio: preparar un sub-estándar de cadmio de 1 mg/ml. Disolver 1,000 mg de Cd en 14 ml de agua + 7 ml de HNO₃ al 65%, en un matraz aforado de 1 L y diluir a volumen con agua.
2. Solución estándar de trabajo: Diluir la solución estándar de cadmio con HNO₃ al 0.1 M, a un rango de estándares que cubran el rango lineal del elemento a determinar.

C. Procedimiento de lavado de materiales de vidrio y plástico previo al análisis (según AOAC 999.10)

1. Preparar una solución de ácido con 500 ml de HNO₃ concentrado + 450 ml de agua desionizada.
2. Primero lavar todos los materiales de vidrio y plástico con agua y detergente, enjuagar con agua potable, seguido de un enjuague con agua desionizada, luego enjuagar con la solución de ácido diluido. Finalmente enjuagar 4-5 veces con agua desionizada.
3. Llevar todos los materiales de vidrio y plástico a un área de secado, los materiales se deben escurrir y el secado debe ser por goteo.

D. Digestión ácida con microondas (según AOAC 999.10)

1. Pesar 0,2 - 0,5g de muestra seca en el envase de digestión, si se utilizan productos que contienen agua, el peso máximo se limita a 2g, pero el contenido de materia seca no debe superar los 0,5g.
2. Añadir 5 ml de HNO₃ concentrado al 65%, y 2 ml de H₂O₂ al 30%, cerrar los vasos herméticamente y someter a digestión en microondas, el perfil de la temperatura permitirá llegar a 180 °C ± 5°C en menos de 5,5 min, y mantener a esa temperatura durante 9,5 minutos para la finalización de las reacciones específicas.
3. Dejar enfriar completamente los vasos de digestión antes de abrirlos, después el contenido del recipiente se puede filtrar, centrifugar, o se les permite que se asiente y luego se procede a decantar.
4. Transferir a un matraz aforado de 25 ml y enrasar con agua desionizada, luego transferir esta solución en un envase de polipropileno de 50 ml. Tratar los blancos de la misma forma.
5. Si la solución requiere dilución por la alta concentración de metal, diluirla con HNO₃, con el fin de mantener la concentración de ácido antes de la determinación de metales.

E. Determinación de cadmio por espectrometría de absorción atómica con horno de grafito (según AOAC 999.10)

1. Encender el equipo de análisis y esperar unos minutos para que todos sus componentes se pongan en marcha y se estabilicen.
2. Depositar un volumen de 10 µl de las muestras en los tubos de grafito.
3. Posteriormente, introducir los tubos de grafito en el horno con la ayuda de una pinza.

4. Ajustar el equipo de absorción atómica en las condiciones adecuadas para la determinación del analito, de acuerdo a las recomendaciones del manual del equipo correspondiente.

Anexo 6

Parámetros del equipo de espectrometría de absorción atómica con horno de grafito para análisis de cadmio en chocolate

Fase	Temperatura / °C	Tiempo/s
Secado	130	30
Cenizas	350	10
Atomización	1200	2
Limpieza	2500	2

Fuente: NTP 208.030-2010, (2010).

La absorbancia de las muestras se lee directamente a una longitud de onda de 228,8 nm. La fase de cuantificación se realiza mediante el uso de un espectrofotómetro, esperando la obtención de resultados en la pantalla del equipo.

Anexo 7

Informe análisis de muestras de chocolate para mesa por el método de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito

	INLASA, S.A. 29 Calle 19-11 Zona 12 Teléfonos: 24761795, 24760337 Fax: 24769349 E-mail: servicioalcliente@laboratoriainlasa.com www.inlasa.com		Página 1 de 2													
	INFORME DE RESULTADOS															
	Cliente ANDREA MARÍA LÓPEZ CHOCÓOJ. Dirección CIUDAD Fecha Ingreso 27/10/2020 Hora Ingreso 10:04:00	Número Informe 1	Fecha Emisión 25/11/2020 Hora Emisión 08:37:00 Res. Muestreo Cliente/Client Número Orden 202003615													
	<hr/>															
Muestra (184435) Chocolate para mesa. Observaciones M1E2P1.																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ANÁLISIS</th> <th>RESULTADO</th> <th>UNIDAD DE MEDIDA</th> <th>LD</th> <th>METODOLOGÍA</th> <th>FECHA ANÁLISIS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cadmio</td> <td>0.04</td> <td>mg/Kg</td> <td>0.02</td> <td>Absorción Atómica</td> <td>27/10/2020</td> </tr> </tbody> </table>					ANÁLISIS	RESULTADO	UNIDAD DE MEDIDA	LD	METODOLOGÍA	FECHA ANÁLISIS	Cadmio	0.04	mg/Kg	0.02	Absorción Atómica	27/10/2020
ANÁLISIS	RESULTADO	UNIDAD DE MEDIDA	LD	METODOLOGÍA	FECHA ANÁLISIS											
Cadmio	0.04	mg/Kg	0.02	Absorción Atómica	27/10/2020											
<hr/>																
Muestra (184436) Chocolate para mesa. Observaciones M2E2P2.																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ANÁLISIS</th> <th>RESULTADO</th> <th>UNIDAD DE MEDIDA</th> <th>LD</th> <th>METODOLOGÍA</th> <th>FECHA ANÁLISIS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cadmio</td> <td>0.21</td> <td>mg/Kg</td> <td>0.02</td> <td>Absorción Atómica</td> <td>27/10/2020</td> </tr> </tbody> </table>					ANÁLISIS	RESULTADO	UNIDAD DE MEDIDA	LD	METODOLOGÍA	FECHA ANÁLISIS	Cadmio	0.21	mg/Kg	0.02	Absorción Atómica	27/10/2020
ANÁLISIS	RESULTADO	UNIDAD DE MEDIDA	LD	METODOLOGÍA	FECHA ANÁLISIS											
Cadmio	0.21	mg/Kg	0.02	Absorción Atómica	27/10/2020											
<hr/>																
Muestra (184437) Chocolate para mesa. Observaciones M3E2P3.																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ANÁLISIS</th> <th>RESULTADO</th> <th>UNIDAD DE MEDIDA</th> <th>LD</th> <th>METODOLOGÍA</th> <th>FECHA ANÁLISIS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cadmio</td> <td>0.06</td> <td>mg/Kg</td> <td>0.02</td> <td>Absorción Atómica</td> <td>27/10/2020</td> </tr> </tbody> </table>					ANÁLISIS	RESULTADO	UNIDAD DE MEDIDA	LD	METODOLOGÍA	FECHA ANÁLISIS	Cadmio	0.06	mg/Kg	0.02	Absorción Atómica	27/10/2020
ANÁLISIS	RESULTADO	UNIDAD DE MEDIDA	LD	METODOLOGÍA	FECHA ANÁLISIS											
Cadmio	0.06	mg/Kg	0.02	Absorción Atómica	27/10/2020											
<hr/>																
Muestra (184438) Chocolate para mesa. Observaciones M4E4P1.																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ANÁLISIS</th> <th>RESULTADO</th> <th>UNIDAD DE MEDIDA</th> <th>LD</th> <th>METODOLOGÍA</th> <th>FECHA ANÁLISIS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cadmio</td> <td>0.06</td> <td>mg/Kg</td> <td>0.02</td> <td>Absorción Atómica</td> <td>27/10/2020</td> </tr> </tbody> </table>					ANÁLISIS	RESULTADO	UNIDAD DE MEDIDA	LD	METODOLOGÍA	FECHA ANÁLISIS	Cadmio	0.06	mg/Kg	0.02	Absorción Atómica	27/10/2020
ANÁLISIS	RESULTADO	UNIDAD DE MEDIDA	LD	METODOLOGÍA	FECHA ANÁLISIS											
Cadmio	0.06	mg/Kg	0.02	Absorción Atómica	27/10/2020											
<hr/>																
Muestra (184439) Chocolate para mesa. Observaciones M5E2P2.																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ANÁLISIS</th> <th>RESULTADO</th> <th>UNIDAD DE MEDIDA</th> <th>LD</th> <th>METODOLOGÍA</th> <th>FECHA ANÁLISIS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cadmio</td> <td>0.08</td> <td>mg/Kg</td> <td>0.02</td> <td>Absorción Atómica</td> <td>27/10/2020</td> </tr> </tbody> </table>					ANÁLISIS	RESULTADO	UNIDAD DE MEDIDA	LD	METODOLOGÍA	FECHA ANÁLISIS	Cadmio	0.08	mg/Kg	0.02	Absorción Atómica	27/10/2020
ANÁLISIS	RESULTADO	UNIDAD DE MEDIDA	LD	METODOLOGÍA	FECHA ANÁLISIS											
Cadmio	0.08	mg/Kg	0.02	Absorción Atómica	27/10/2020											
<hr/>																
Muestra (184440) Chocolate para mesa. Observaciones M6E4P3.																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ANÁLISIS</th> <th>RESULTADO</th> <th>UNIDAD DE MEDIDA</th> <th>LD</th> <th>METODOLOGÍA</th> <th>FECHA ANÁLISIS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cadmio</td> <td>0.15</td> <td>mg/Kg</td> <td>0.02</td> <td>Absorción Atómica</td> <td>27/10/2020</td> </tr> </tbody> </table>					ANÁLISIS	RESULTADO	UNIDAD DE MEDIDA	LD	METODOLOGÍA	FECHA ANÁLISIS	Cadmio	0.15	mg/Kg	0.02	Absorción Atómica	27/10/2020
ANÁLISIS	RESULTADO	UNIDAD DE MEDIDA	LD	METODOLOGÍA	FECHA ANÁLISIS											
Cadmio	0.15	mg/Kg	0.02	Absorción Atómica	27/10/2020											
<hr/>																
Muestra (184441) Chocolate para mesa. Observaciones M7E4P4.																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ANÁLISIS</th> <th>RESULTADO</th> <th>UNIDAD DE MEDIDA</th> <th>LD</th> <th>METODOLOGÍA</th> <th>FECHA ANÁLISIS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cadmio</td> <td>0.07</td> <td>mg/Kg</td> <td>0.02</td> <td>Absorción Atómica</td> <td>27/10/2020</td> </tr> </tbody> </table>					ANÁLISIS	RESULTADO	UNIDAD DE MEDIDA	LD	METODOLOGÍA	FECHA ANÁLISIS	Cadmio	0.07	mg/Kg	0.02	Absorción Atómica	27/10/2020
ANÁLISIS	RESULTADO	UNIDAD DE MEDIDA	LD	METODOLOGÍA	FECHA ANÁLISIS											
Cadmio	0.07	mg/Kg	0.02	Absorción Atómica	27/10/2020											
<hr/>																
Muestra (184442) Chocolate para mesa. Observaciones M8E4P5.																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ANÁLISIS</th> <th>RESULTADO</th> <th>UNIDAD DE MEDIDA</th> <th>LD</th> <th>METODOLOGÍA</th> <th>FECHA ANÁLISIS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cadmio</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					ANÁLISIS	RESULTADO	UNIDAD DE MEDIDA	LD	METODOLOGÍA	FECHA ANÁLISIS	Cadmio					
ANÁLISIS	RESULTADO	UNIDAD DE MEDIDA	LD	METODOLOGÍA	FECHA ANÁLISIS											
Cadmio																
<hr/>																
LD: Límite Detección LMP: Límite Máximo Permisible LMA: Límite Máximo Aceptable NA: No Aplica ND: No Detectable																
"firmado de aprobado y revisando en la última página"																

 INLASA Investigación • laboratorio • análisis • servicio • asesorías	INLASA, S.A. 29 Calle 19-11 Zona 12 Teléfonos: 24761795, 24760337 Fax: 24769349 Email: servicioalcliente@laboratoriainlasa.com www.inlasa.com		Página 2 de 2						
	INFORME DE RESULTADOS								
	Cliente ANDREA MARÍA LÓPEZ CHOCOOL. Dirección CIUDAD Fecha Ingreso 27/10/2020 Hora Ingreso 10:04:00	Número Informe 1	Fecha Emisión 25/11/2020 Hora Emisión 08:37:00 Res. Muestreo Cliente/Client Número Orden 202003615						
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Cadmio</td> <td style="width: 15%; text-align: center;">0.10</td> <td style="width: 15%;">mg/Kg</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">0.02</td> <td style="width: 20%;">Absorción Atómica</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">27/10/2020</td> </tr> </table>			Cadmio	0.10	mg/Kg	0.02	Absorción Atómica	27/10/2020
Cadmio	0.10	mg/Kg	0.02	Absorción Atómica	27/10/2020				

Muestra (184443) Chocolate para mesa.	
Observaciones M9E4P6.	
ANÁLISIS	RESULTADO UNIDAD DE MEDIDA LD METODOLOGÍA FECHA ANÁLISIS
Cadmio	0.15 mg/Kg 0.02 Absorción Atómica 27/10/2020

Muestra (184444) Chocolate para mesa.	
Observaciones M10E4P7.	
ANÁLISIS	RESULTADO UNIDAD DE MEDIDA LD METODOLOGÍA FECHA ANÁLISIS
Cadmio	0.27 mg/Kg 0.02 Absorción Atómica 27/10/2020

Muestra (184445) Chocolate para mesa.	
Observaciones M11E5P1.	
ANÁLISIS	RESULTADO UNIDAD DE MEDIDA LD METODOLOGÍA FECHA ANÁLISIS
Cadmio	0.26 mg/Kg 0.02 Absorción Atómica 27/10/2020

Última línea **

Estos resultados corresponden únicamente a las muestras recibidas por el personal del laboratorio.
Se prohíbe la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización del Director Técnico

Lic. Raúl Paniagua Piloña Químico Biólogo, Colegiado 1347 Director Técnico INLASA, S.A.		Firmado digitalmente por Raúl Paniagua Fecha: 2020.11.25 09:59:02 -06'00'	Supervisado por:		Digitally signed by Julio César Santizo Echeverría Date: 2020.11.25 08:38:52 -06'00'
---	---	--	------------------	---	---

LD: Límite Detección	LMP: Límite Máximo Permisible	LMA: Límite Máximo Aceptable
NA: No Aplica	ND: No Detectable	

Fuente: Laboratorio INLASA, Guatemala, (2020).

17. APÉNDICE

Figura A1

Formato entrevista para comerciantes de chocolate para mesa en los mercados municipales de Mazatenango, Such.

		<p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA -USAC- CENTRO UNIVERSITARIO DE SUR OCCIDENTE -CUNSUROC-</p>	<p>Investigación de Campo</p>
<p>ENCUESTA: LUGAR DE PROCEDENCIA CHOCOLATE PARA MESA</p>			
<p>El objetivo de esta encuesta es poder conocer más acerca de la comercialización de chocolate para mesa.</p>			
<p>No. de mercado: _____ No. Punto de Venta: _____</p>			
<p>1. ¿Cuántas libras de chocolate vende al día aproximadamente?</p>			
<p>_____</p>			
<p>2. ¿El chocolate que usted comercializa es de elaboración propia?</p>			
<p>Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/></p>			
<p>3. Si su respuesta a la pregunta anterior fue negativa ¿De qué municipio proviene el chocolate que comercializa?</p>			
<p>_____</p>			
<p>4. Si su respuesta a la pregunta anterior fue afirmativa. ¿De dónde proviene el cacao que utiliza?</p>			
<p>Comprado <input type="checkbox"/> Cultivo propio <input type="checkbox"/></p>			
<p>Si su respuesta a la pregunta anterior fue “Comprado”:</p>			
<p>5. ¿Cuál es el lugar de procedencia?</p>			
<p>_____</p>			
<p>Si su respuesta fue “Cultivo Propio”:</p>			
<p>6. ¿De qué municipio procede el cacao?</p>			
<p>_____</p>			
<p>7. ¿Utiliza plaguicidas para el cuidado del cultivo de cacao?</p>			
<p>Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/></p>			
<p>8. ¿Ha recibido capacitaciones sobre prácticas correctas para el cultivo del cacao?</p>			
<p>Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/></p>			

Fuente: elaboración propia en el año 2020.

Tabla A2*Codificación para identificación de las muestras de chocolate para mesa.*

No. de Muestra	Mercado	Punto de Venta	Código de muestra
(M)	(E)	(P)	
1	2	1	M1E2P1
2	2	2	M2E2P2
3	2	3	M3E2P3
4	4	1	M4E4P1
5	4	2	M5E4P2
6	4	3	M6E4P3
7	4	4	M7E4P4
8	4	5	M8E4P5
9	4	6	M9E4P6
10	4	7	M10E4P7
11	5	1	M11E5P1

Fuente: elaboración propia en el año 2020.

Tabla A3

Formato de registro para la toma de muestras de chocolate para mesa en Mercados Municipales de Mazatenango, Suchitepéquez.

Código de Mercado	Lugar procedencia	Peso por bolsa	Cantidad de muestras tomadas	Observaciones

Fuente: elaboración propia en el año 2020.

Apéndice 4

Determinación de porcentaje de materia seca de cacao en chocolate para mesa.

Se aplicó una entrevista oral a un comerciante que elaboraba el chocolate para mesa de uno de puntos de venta incluidos en la investigación, para conocer la formulación de dicho producto. Con el fin de determinar el porcentaje de materia seca de cacao en el chocolate para mesa.

En la Tabla A4-1 se presenta la formulación para la elaboración de chocolate para mesa:

Tabla A4-1

Formulación chocolate para mesa producido en Samayac, Suchitepéquez.

Materia Prima	Cantidad	Cantidad en Libras
Azúcar	2 lb	2 lb
Cacao molido	1 lb	1 lb
Canela	10 g	0,022 lb

Fuente: elaboración propia, en base a la entrevista realizada a Justa Mis Solval., productora y comerciante de chocolate para mesa en Samayac, Suchitepéquez, 2021.

A continuación, se presenta un balance de masa en la etapa de mezclado para determinar las concentraciones de cada una de las materias primas en la mezcla final:

- **Balance de masa general de la mezcla**

$$M = A + C + K$$

(Ecuación A4 – 1)

$$M = 2 \text{ lb} + 1 \text{ lb} + 0,022 \text{ lb}$$

$$M = 3,022 \text{ lb}$$

Dónde:

M = masa total de la mezcla

A = masa del azúcar.

C = masa del cacao

K = masa de la canela molida

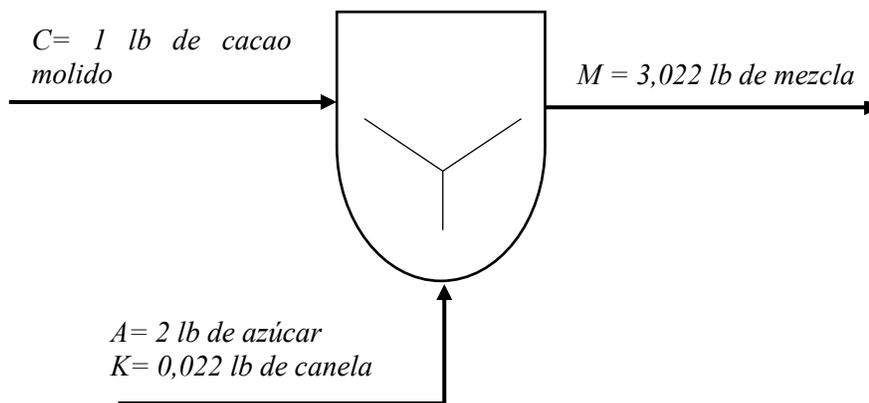


Figura A4-1 Balance de masa en la etapa de mezclado.

Para determinar el porcentaje de cacao en la mezcla final se empleó la *Ecuación A4-2*.

$$\% \text{ materia prima en la mezcla} = \frac{MMP}{M} \cdot 100 \quad (\text{Ecuación A4 - 2})$$

Dónde:

M = masa total de la mezcla

MMP = masa de la materia prima (azúcar "A", cacao "C" ó canela "K")

- **Balance de masa parcial de cacao en la mezcla final**

$$\% \text{ Cacao en la mezcla} = \frac{C}{M} \cdot 100$$

$$\% \text{ Cacao en la mezcla} = \frac{(1 \text{ lb})(100)}{3,022 \text{ lb}}$$

$$\% \text{ Cacao en la mezcla} = 33,09\%$$

De igual forma, para determinar los porcentajes de cada uno de los componentes restantes en la mezcla final se utilizó la *Ecuación A4-2*. Los resultados se presentan a continuación:

Tabla A4-2

Composición de la mezcla final

Materia Prima	Cantidad (lb)	Materia prima %
Azúcar	2	66,18
Cacao molido	1	33,09
Canela	0,022	0,73
TOTAL	3,022 lb	100%

Fuente: elaboración propia, en base a la entrevista realizada a Justa Mis Solval., productora y comerciante de chocolate para mesa en Samayac, Suchitepéquez, 2021.

Nota: como la formulación no contenía agua entre las materias primas añadidas, se puede decir que todo el balance de masa realizado fue en base seca.

Apéndice 5

Determinación nivel máximo de cadmio en cacao o masa de cacao

$$ML_{CM} = \frac{ML_{EU.P}}{X_{\%P}} \quad (\text{Ecuación A5})$$

Dónde:

ML_{CM} = Nivel máxima de cadmio en la masa de cacao (mg/kg)

$ML_{EU.P}$ = Nivel máximo permitido de la UE en el producto terminado P (mg/kg)

$X_{\%P}$ = Porcentaje de masa de cacao en el producto terminado P

Fuente: (Meter, Atkinson, & Laliberte, 2019)

Para determinar el nivel máximo de cadmio que debe de tener el cacao utilizado para la elaboración del chocolate para mesa del presente estudio (el cual contiene 33,09% de masa de cacao), se sustituyeron valores en la *Ecuación A5*.

Considerando que:

$$ML_{EU.P} = 0,3 \text{ mg/kg}$$

$$X_{\%P} = 0,3309$$

El resultado se presenta a continuación:

$$ML_{CM} = \frac{0,3 \text{ mg/kg}}{0,3309}$$

$$ML_{CM} = 0,91 \text{ mg/kg}$$

18. GLOSARIO

- Antropogénico: perteneciente o relativo a lo que procede de los seres humanos que, en particular, tiene efectos sobre la naturaleza (Diccionario panhispánico del español jurídico, 2020).
- AOAC: es la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (por sus siglas en inglés Association of Official Analytical Chemists), la reúne al gobierno, la industria y la academia para establecer métodos estándar de análisis que garanticen la seguridad e integridad de los alimentos y otros productos que afectan la salud pública en todo el mundo (AOAC Internacional, 2020).
- Arteriosclerosis: endurecimiento más o menos generalizado de las arterias (Real Academia Española, 2019).
- Bioacumulación: el término hace referencia a la acumulación de un contaminante en un organismo o una comunidad biológica debida a la captación directa desde el agua y/o por ingestión (Figueruelo & Dávila, 2004, pág. 540).
- Capacidad de intercambio catiónico: o CIC, es el número total de cationes que un suelo puede retener; esto es, su carga negativa total, corresponde a la capacidad de intercambio catiónico del suelo (Piedrahita, 2011).
- Codex Alimentarius: es la compilación de todas las normas, Códigos de Comportamientos, Directrices y Recomendaciones de la Comisión del Codex Alimentarius. La Comisión del Codex Alimentarius es el más alto organismo internacional en materia de normas de alimentación (FAO, 1999).

- Conchado: es una etapa esencial para el desarrollo de este ya que se eliminan los sabores ácidos y se refina la pasta de cacao, consiste en un agitador mecánico con el objetivo de distribuir homogéneamente manteca de cacao y sus demás ingredientes para así tener un chocolate de calidad (Sandoya & Vargas, 2018, pág. 12)
- Cotiledón: Primera hoja del embrión de las plantas fanerógamas. (Real Academia Española, 2014).
- Digestión: degradación de materia orgánica mediante calor, reactivos químicos o microorganismos (Real Academia Española, 2014) .
- Edafoclimático: relativo al suelo y al clima (Real Academia de Ingeniería, 2012).
- Entomófila: dicho de una planta que se poliniza por mediación de los insectos (Real Academia Española, 2014).
- Espectro: Distribución de la intensidad de una radiación en función de una magnitud característica, como la longitud de onda, la energía o la temperatura (Real Academia Española, 2014).
- Espectrofotometría: procedimiento analítico para medir la cantidad de luz absorbida por una sustancia con respecto a una longitud de onda determinada (Real Academia Española, 2014).
- Estaminodio: dicese del estambre atrofiado y estéril quedando reducido sólo al filamento. Flor masculina estéril (Centro de Investigación y Desarrollo de Recursos Científicos, 2020)
- FAO: es la agencia de las Naciones Unidas que lidera el esfuerzo internacional para poner fin al hambre (FAO, 2020).

- FDA: la Administración de Alimentos y Medicamentos es responsable de proteger la salud pública garantizando la seguridad, eficacia y seguridad de los medicamentos humanos y veterinarios, productos biológicos y dispositivos médicos; y garantiza la seguridad del suministro de alimentos, cosméticos y productos que emiten radiación de los Estados Unidos (U.S. Food & Drug Administration, 28).
- Horno de grafito: cámara cilíndrica, a través de la cual pasa el trayecto óptico del aparato de medida, y en cuyo interior se coloca un pequeño volumen de la muestra (generalmente licuada o en semidisolución). La elevación de la temperatura se consigue mediante el paso de una corriente eléctrica a través de la cámara, y puede ser controlada de manera que ascienda progresivamente a fin de evaporar la muestra o completar alguna reacción química previa a la medición en el interior del propio horno de grafito, o que ascienda bruscamente y produzca así la atomización del elemento a medir. Se suelen utilizar temperaturas de 1800 K (Fuentes et al., 1998, pág. 235).
- Lámpara de descarga sin electrodos: consiste en una bombilla de cuarzo bajo una atmósfera de gas inerte que contiene una pequeña cantidad de metal o de sal deseado. Cuando se aplica a la bombilla un campo de radiofrecuencia, el gas inerte es ionizado, originándose los iones que son acelerados por la componente de radiofrecuencia del campo hasta adquirir la energía suficiente para excitar a los átomos del metal. Es útil para analizar elementos volátiles (Higuera, 2016).
- Ley de Beer- Lambert: se trata de un medio o método matemático, el cual es utilizado para expresar de qué modo la materia absorbe la luz. Esta ley afirma que la totalidad de luz que emana de una muestra puede disminuir debido a tres fenómenos de la física, el número de materiales de absorción en su trayectoria, lo cual se denomina concentración.

Las distancias que la luz debe atravesar a través de las muestras, lo cual se denomina distancia del trayecto óptico y las probabilidades que hay de que el fotón de esa amplitud particular de onda pueda absorberse por el material, lo que se denomina coeficiente de extinción (Herrera, 2014, pág. 1).

- Longitud de onda: es la distancia que existe entre dos pulsos sucesivos; o, la distancia que separa dos crestas (elevaciones) o dos valles (depresiones) consecutivos de las ondas que se forman. Hace referencia a la distancia mínima que separa dos puntos que poseen las mismas condiciones de movimiento (elongación, dirección, sentido y velocidad), esto es dos puntos consecutivos que tienen igual fase (Cabrero Fraile, 2007).
- Monocromador: instrumento que proporciona la emisión de una banda estrecha del espectro de luz que sale por una rendija (Escudero Rodríguez, 2015).
- Polipropileno: es un subproducto gaseoso de la refinación de gasolina. Es el más ligero de los plásticos importantes, con una densidad de 0,905. Su alta cristalinidad le proporciona una elevada resistencia a la tracción, rigidez y dureza (Billmeyer, 1971).
- Potencial Redox: es una forma de medir el intercambio de energía química de una reacción de oxidación-reducción mediante un electrodo, convirtiéndola en energía eléctrica (Albarrán-Zavala, 2008).



Mazatenango, Suchitepéquez 19 de julio de 2021

Comité de Trabajo de Graduación
Ingeniería en Alimentos
CUNSUROC. USAC-
Presente

Respetables Miembros de la Comisión de Trabajo de Graduación por este medio nos dirigimos a ustedes deseándole toda clase de éxitos en sus actividades cotidianas.

El objeto de la presente es para hacer de su conocimiento que, como asesores, hemos revisado el Informe titulado: "Determinación de cadmio en chocolate para mesa comercializado en los principales Mercado Municipales de Mazatenango, Suchitepéquez, mediante Espectrometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito (según AOAC 999.10)" elaborado por la estudiante T.U Andrea Maria de Fátima López Chocoj, quien se identifica con el número de carné 20144192. El cual consideramos llena todos los requisitos de trabajo de graduación.

Agradeciendo la atención prestada y sin otro particular, nos suscribimos de ustedes deferentemente.

"Id y Enseñad a Todos"

M.Sc. Marvin Manolo Sánchez López
Asesor principal

M.Sc. Edgar Roberto del Campo Chacón
Asesor adjunto



Mazatenango, 01 de septiembre de 2021.

M.Sc. Ing. Víctor Manuel Nájera Toledo
Coordinador Carrera de Ingeniería en Alimentos.
CUNSUROC –USAC–.
Presente.

Le escribo cordialmente, deseándole éxitos en sus labores diarias.

El motivo de la presente, es para informarle que la Comisión de trabajo de graduación ha recibido el informe revisado de los asesores nombrados y las correcciones correspondientes de la terna evaluadora de la evaluación de seminario II, del Trabajo de Graduación titulado: **“Determinación de cadmio en chocolate para mesa comercializado en los principales Mercados Municipales de Mazatenango, Suchitepéquez, mediante Espectrometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito (según AOAC 999.10)”** del (la) estudiante: **Andrea María de Fátima López Chocooj**, identificado (a) con número de carné: **201441292**.

El documento antes mencionado presenta los requisitos establecidos de redacción y corrección, para que proceda con los trámites correspondientes, para obtener el **Imprimase**.

Deferentemente.

M.Sc. Ing. Marvin Manolo Sánchez López.
Secretario de Comisión de Trabajo de Graduación
Carrera de Ingeniería en Alimentos



Mazatenango, 01 de septiembre de 2021.

Ph.D. Mynor Raúl Otzoy Rosales
Coordinador Centro Universitario de Sur Occidente.
CUNSUROC –USAC–.
Presente.

Le escribo cordialmente, deseándole éxitos en sus labores diarias.

De conformidad con el cumplimiento de mis funciones, como Coordinador de la Carrera de Ingeniería en Alimentos del Centro Universitario de Sur Occidente – CUNSUROC–, de la Universidad de San Carlos de Guatemala –USAC–, he tenido a bien revisar el informe de trabajo de gradación titulado: “**Determinación de cadmio en chocolate para mesa comercializado en los principales Mercados Municipales de Mazatenango, Suchitepéquez, mediante Espectrometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito (según AOAC 999.10)**” el cual ha sido presentado por el (la) estudiante: **Andrea María de Fátima López Chocooj**, quien se identifica con número de carné: **201441292**.

El documento antes mencionado llena los requisitos necesarios para optar al título de Ingeniero en Alimentos. En el grado académico de licenciado, por lo que solicito la autorización del **Imprimase**.

Deferentemente.

M.Sc. Ing. Victor Manuel Nájera Toledo
Coordinador
Carrera de Ingeniería en Alimentos.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE
MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ
DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO

CUNSUROC/USAC-I-54-2021

DIRECCION DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,
Mazatenango, Suchitepéquez, el ocho de septiembre de dos mil veintiuno—————

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del Asesor y Revisor, se autoriza la impresión del Trabajo de Graduación Titulado: **“DETERMINACIÓN DE CADMIO EN CHOCOLATE PARA MESA COMERCIALIZADO EN LOS PRINCIPALES MERCADOS MUNICIPALES DE MAZATENANGO, SUCHITEPÉQUEZ, MEDIANTE ESPECTROMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA CON HORNO DE GRAFITO (según AOAC 999.10)”**, de la estudiante: **Andrea María de Fátima López Chocooj**. Carné 201441292 CUI: 3221 20438 1001 la Carrera Ingeniería en Alimentos.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Lic. Luis Carlos Muñoz López
Director



/gris