



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD MEDIANTE LA  
IDENTIFICACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS  
DEL CACAO DE EXPORTACIÓN EN EL ECUADOR.

DIAZ REQUELME DENIS ESTEFANY  
INGENIERA QUÍMICA

MACHALA  
2020



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD MEDIANTE  
LA IDENTIFICACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS  
ORGANOLÉPTICAS DEL CACAO DE EXPORTACIÓN EN EL  
ECUADOR.

DIAZ REQUELME DENIS ESTEFANY  
INGENIERA QUÍMICA

MACHALA  
2020



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

EXAMEN COMPLEXIVO

EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD MEDIANTE LA  
IDENTIFICACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DEL CACAO  
DE EXPORTACIÓN EN EL ECUADOR.

DIAZ REQUELME DENIS ESTEFANY  
INGENIERA QUÍMICA

GUAMÁN GUAMÁN ANA LUCIA

MACHALA, 07 DE DICIEMBRE DE 2020

MACHALA  
07 de diciembre de 2020

# EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD E IDENTIFICACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DEL CACAO DE EXPORTACIÓN EN EL ECUADOR

*por* Denis Diaz Requelme

---

**Fecha de entrega:** 20-nov-2020 02:18p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 1452533278

**Nombre del archivo:** D\_az\_Requelme\_Denis\_Estefany\_14.docx (661.15K)

**Total de palabras:** 5498

**Total de caracteres:** 30311

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

La que suscribe, DIAZ REQUELME DENIS ESTEFANY, en calidad de autora del siguiente trabajo escrito titulado EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD MEDIANTE LA IDENTIFICACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DEL CACAO DE EXPORTACIÓN EN EL ECUADOR., otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

La autora declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

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

La autora como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

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

Machala, 07 de diciembre de 2020



DIAZ REQUELME DENIS ESTEFANY  
0705489995

## **DEDICATORIA**

*Dedico el presente trabajo de investigación con mucho amor en primer lugar a Dios ya que para mí sin el nada sería posible, luego a mi familia, de manera muy especial a mis Padres y Hermano los cuales han formado un soporte y apoyo fundamental a lo largo de este tiempo de estudio, gracias por brindarme su apoyo incondicionalmente y acompañarme en cada una de las metas que he emprendido.*

*Así mismo agradezco a mi Tutor de Tesis Ingeniera Ana Guamán quien supo guiarme con paciencia y sabiduría a culminar mi trabajo de investigación.*

***Denis Díaz Requelme***

## **AGRADECIMIENTO**

*A la Universidad Técnica de Machala la cual nos brindó la oportunidad de una Educación superior de calidad y calidez forjando día a día nuestros conocimientos profesionales.*

*A nuestros maestros de la Unidad Académica de Ciencias Químicas y la Salud por brindarnos sus enseñanzas y compartir sus conocimientos mejorando así nuestra formación profesional.*

*Son muchas más las personas a las que agradezco por que han formado parte de mi vida como futura profesional a las cuales reitero con infinito cariño sus muestras de amistad, animo, compañía, y, consejos en los momentos fáciles y difíciles en mi vida.*

***Denis Diaz Requelme***

## RESUMEN

El presente trabajo nos permitió identificar, mediante revisión bibliográfica, tres variedades de cacao de exportación en el Ecuador, Cacao Nacional “de Arriba” cultivado en las cuencas del río Daule y Babahoyo, Cacao Naranjal (CCN51) híbrido y Cacao Forastero cultivados en la Amazonía. El primero es empleado para chocolates gourmet, el segundo caracterizado por contener un alto porcentaje de manteca y el tercero utilizado para dar cuerpo a los chocolates. Por otra parte se pudo evidenciar que las características organolépticas del cacao de exportación se deben a una serie de procesos que comienzan en la cosecha, pasan por un proceso de fermentación, secado y tostado, cada etapa es considerada importante, sin embargo las características de sabor y olor se le atribuyen al proceso tostado donde se forman las pirazinas y el linalol, tales compuestos han sido identificados mediante el análisis cuantitativo por Cromatografía de Gases acoplado a la Espectrometría de Masas. Así mismo, se pudo evidenciar que el cacao presenta contaminación por metales pesados, principalmente por Cadmio, Plomo y Arsénico los cuales son identificados y cuantificados mediante la Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC).

**Palabras Claves:** Cacao, cromatografía gaseosa, Espectroscopia de Absorción Atómica, Compuestos Volátiles, características organolépticas.



## ABSTRACT

The present work will pay us to identify, through the bibliographic review, three varieties of cocoa for export in Ecuador, Cacao Nacional “de Arriba” cultivated in the Guayas and Babahoyo river basins, Cacao Naranjal (CCN51) hybrid and Cacao Forastero cultivated in the Amazon. The first is used for gourmet chocolates, the second characterized by containing a high percentage of butter and the third used to give body to the chocolates. On the other hand, it was possible to show that the organoleptic characteristics of export cocoa are due to a series of processes that begin at harvest, go through a fermentation, drying and roasting process, each stage is considered important, however the flavor characteristics and odor are attributed to the roasting process where pyrazines and linalool are formed. Compound stories have been identified through quantitative analysis by Gas Chromatography coupled to Mass Spectrometry. Likewise, it was possible to show that cocoa presents contamination by heavy metals, mainly by Cadmium, Lead and Arsenic which are identified and quantified by High Resolution Liquid Chromatography (HPLC).

**Keywords:** Cocoa, gas chromatography, Atomic Absorption Spectroscopy, Volatile Compounds, Organoleptic Characteristics.

## INDICE

	Pág.
DEDICATORIA .....	I
AGRADECIMIENTO.....	II
RESUMEN .....	III
ABSTRACT .....	IV
INTRODUCCIÓN .....	1
OBJETIVOS.....	2
1. DESARROLLO .....	3
1.1 Cacao .....	3
1.2 Cultivo de Cacao.....	3
1.3 Variedades de Cacao Existentes .....	3
1.3.1 <i>Cacao Nacional o Arriba</i> .....	4
1.3.2 <i>Cacao Criollo o CCN-51 (Colección Castro Naranjal)</i> .....	4
1.3.3 <i>Variedad Forastero</i> .....	5
1.3.4 <i>Variedad Trinitario</i> .....	5
1.4 Variedades cultivadas en Ecuador con fines de exportación.....	6
1.5 Estándares de Calidad para el comercio del Cacao Ecuatoriano.....	6
2.METODOLOGÍA.....	8
2.1 Análisis de las características organolépticas y contenido de metales pesados del Theobroma Cacao.....	8
2.1.1 <i>Determinación cualitativa de características organolépticas de Theobroma Cacao.</i>	8
2.1.2 <i>Determinación cuantitativa de compuestos volátiles de Theobroma Cacao.</i> .....	10
2.2 <i>Determinación cuantitativa de metales pesados presentes en el Theobroma Cacao.</i> ...	11
3. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	13
4. CONCLUSIONES.....	14
BIBLIOGRAFÍA.....	15
ANEXO .....	20
.....	20

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1.</b> Cacao Nacional.....	4
<b>Ilustración 2.</b> Cacao Criollo.....	4
<b>Ilustración 3.</b> Cacao Forastero.....	5
<b>Ilustración 4.</b> Cacao Trinitario.....	5

## ÍNDICE DE TABLA

<b>Tabla 1.</b> Reglamento de la Unión Europea con respecto al contenido máximo de cadmio en productos .....	7
--	---

## ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Ficha de Análisis para la Catación del Theobroma Cacao.....	20
---	----

## INTRODUCCIÓN

Entre los países de mayor exportación que la Organización Internacional del Cacao reconoce como productores de cacao “de fino y de aroma” tenemos República Dominicana 3%, Ecuador 61%, Papua N Guinea 7%, Trinidad y Tobago 2%, Colombia 7%, Indonesia 10%, Venezuela 6%, Otros Países 4% <sup>1</sup>.

Ecuador es uno de los países Latinoamericanos más importantes en la exportación de Cacao, debido a las características que posee dicha materia prima destacándose su fino aroma, color y excelente textura. Estas cualidades han hecho que hoy en día ocupa el 70% de la producción a nivel mundial <sup>2</sup>, siendo así el tercer producto de mayor exportación para el país, generando un gran segmento de economía y afianzando nichos de mercados en otros países<sup>3</sup>.

El Ecuador exporta dos especies de cacao conocidas como “Cacao Nacional”, Cacao Castro Naranjal “CCN51”, para el año 2015 alcanzó una producción aproximada de 4.55 millones de Toneladas, teniendo así una alta demanda en países como Estados Unidos de América 22%, Alemania 13%, Reino Unido 10%, Malasia 9%, Bélgica 7%, Francia 8%, Japón 4%, Italia 5%, Canadá 15%.<sup>4</sup>. Las zonas en donde se cultivan estos tipos de cacao son: en mayor proporción en Guayas, Manabí, Los Ríos, en mediana proporción en El Oro, Esmeraldas y el Nororiente; y en menor proporción Cañar, Bolívar y Cotopaxi. Gran parte de las cualidades que posee el Cacao Ecuatoriano parten principalmente de las características organolépticas, las cuales están determinadas por el proceso de fermentación de la semilla, las condiciones agro/climáticas, las características genéticas del Cacao y el manejo del cultivo, tales características son evaluadas cuantitativamente mediante métodos instrumentales.<sup>3</sup>

En base a lo anterior mencionado, el presente trabajo de investigación tiene la finalidad evaluar las características organolépticas presentes en el Cacao e identificar los parámetros de calidad referentes al contenido de metales pesados en base a la aplicación de métodos instrumentales empleados para su cuantificación.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Evaluar los parámetros de calidad mediante la identificación de las características organolépticas del cacao de exportación en el Ecuador.

### **Objetivo Específicos**

- Revisar los límites permisibles de metales pesados para el cacao de exportación.
- Identificar los métodos analíticos empleados para determinar los metales pesados en el cacao.
- Identificar los métodos analíticos empleados para determinar las características organolépticas del cacao de exportación.

## **1. DESARROLLO**

### **1.1 Cacao**

Es un árbol proveniente de la familia “Esterculiáceas” y su nombre científico *Theobroma Cacao L*, formado por hojas resistente de colores vivos, flores, frutos, la altura máxima de este tipo de árboles es de 15 m aproximadamente. Los árboles de cacao comienzan a producir frutos después de los 5 a 6 años de haberse plantado, pero las especies híbridas (clones) comienzan a producir a los 2 o 3 años<sup>5</sup>.

Con respecto al fruto, en el interior del fruto encontramos varias almendras ovoides que miden de 14 a 20 cm de longitud y de espesor 6 a 10 cm, alcanzan un peso de 400 a 500 gr. Cada fruto depara alrededor de 60 granos en su interior<sup>6</sup>.

### **1.2 Cultivo de Cacao**

El cultivo de cacao se puede propagar de forma sexual (semillas) en este grupo encontramos al cacao Nacional y Forastero, y de forma asexual (injertos) como el cacao Criollo y el Trinitario.

### **1.3 Variedades de Cacao Existentes**

Las diferentes variedades se distinguen de acuerdo al aspecto del fruto, color y aroma de los granos.



### ***1.3.1 Cacao Nacional o Arriba***

***Ilustración 1.***Cacao Nacional



***Fuente:*** <sup>7</sup>

El recubrimiento del fruto es de color amarillo o rojo cuando está en la fase de madurez, está formado por surcos los cuales son rugosos y puntiagudos, en su parte interna posee cotiledones de color blanco o violeta pálido, además que desprende un olor aromático muy agradable. El rendimiento del cacao Nacional es de 7 quintales/ha/año, un punto importante de esta variedad es que tiene una vida útil de 25 años<sup>8</sup>.

### ***1.3.2 Cacao Criollo o CCN-51 (Colección Castro Naranjal)***

***Ilustración 2.***Cacao Criollo



***Fuente:*** <sup>9</sup>

Proviene de la mezcla del Canelo del Oriente Ecuatoriano y un genotipo representa el 70% de producción en el Ecuador, entre las principales cualidades que podemos destacar de esta variedad es que tiene un alto rendimiento, gran tolerancia a plagas, posee muy

poca cáscara y una pequeña cantidad de grasa. El rendimiento del cacao Criollo es de 12 quintales/ha/año, su vida útil es de 8 a 9 años<sup>8</sup>.

### ***1.3.3 Variedad Forastero***

***Ilustración 3.***Cacao Forastero



**Fuente:** <sup>9</sup>.

De origen geográfico Bajo Amazonas (Venezuela, Guayana, Brasil), Alto Amazonas (Ecuador, Perú y Colombia), estos son árboles fuertes, con un amplio follaje, capaces de soportar enfermedades. La mazorca es gruesa, tiene un mesocarpio lignificado, en su interior sus almendras son semi-aplandas, redondeadas, su cotiledón es de color violeta. Las características que lo destacan son: muy fuerte, con connotaciones amargas, levemente ácido y astringente, razones por las cuales es utilizado en las industrias para mezclar y dar cuerpo a los chocolates<sup>9</sup>.

### ***1.3.4 Variedad Trinitario***

***Ilustración 4.***Cacao Trinitario



**Fuente:** <sup>9</sup>

Es una especie híbrida entre el Criollo y Forastero, posee más aroma que el forastero y mucho más resistente que el criollo. Entre sus características más destacadas posee un extenso rango de sabores (roble, manzana, heno, melón), y aroma floral<sup>9</sup>.

#### **1.4 Variedades cultivadas en Ecuador con fines de exportación**

En el país se siembra dos tipos de variedades: el Cacao Nacional o Arriba y el Cacao CCN-51. Para el cultivo de ambas especies requiere de un clima tropical húmedo, los suelos deben tener un buen avenamiento. El crecimiento, desarrollo y producción de la planta está relacionado con las condiciones medioambientales.

*Cacao Nacional:* es un cacao tradicional del Ecuador, conocido como “Arriba” porque es cultivado en la cuenca alta de los ríos Daule y Babahoyo<sup>10</sup>. Esta variedad se caracteriza por tener una fermentación corta, presenta una pequeñas notas frutales y florales lo que permite que sea conocido como fino y de aroma, a partir de sus almendras se puede realizar chocolates gourmet de textura suave con un excelente aroma y sabor<sup>11</sup>.

*Cacao CCN-51:* es un cacao híbrido que proviene de la Amazonía Ecuatoriana, su capacidad productiva es 4 veces mayor a las clásicas producciones y además que su fruto es resistente a enfermedades. Las almendras contienen un gran porcentaje de manteca.

*Cacao El forastero:* estos son árboles fuertes, capaces de soportar enfermedades. Este tipo de cacao tiene gran concentración de aroma, posee un sabor amargo y fuerte, con pequeñas denotaciones ácidas, razón por la cual es muy utilizado para brindar cuerpo en la elaboración de chocolates<sup>9</sup>.

#### **1.5 Estándares de Calidad para el comercio del Cacao Ecuatoriano**

De acuerdo a la constitución de la república del Ecuador, establecido en el artículo 281 Nº 13, nos indica “*es responsabilidad del estado prevenir y proteger a los habitantes del consumo de alimentos que pongan en riesgo su salud e integridad o que la ciencia tenga inseguridad sobre sus efectos*”<sup>13</sup>.

El cultivo de cacao , se ve amenazado por indicios de contaminación de metales pesados como el cadmio y plomo que se encuentran en las almendras del *Theobroma*, entre las principales fuentes de contaminación tenemos: los procesos de lixiviación en zonas mineras, contaminación por derivados de petróleo al secar las almendras del cacao, la presencia de metales en los suelos a razón de fumigaciones en las plantaciones, por gases

generados en las industrias, todos estos factores constituyen un riesgo para la salud. Es por esta razón que existen agencias reguladoras que se encargan de precautelar la salud cuidando que el producto esté en óptimas condiciones para el consumo humano<sup>14</sup>.

En el año 2000 la comisión reguladora de la Unión Europea propuso un valor límite de 0.8 mg/kg al contenido de cadmio en el chocolate y 0.1 mg/kg de plomo. En la actualidad la Unión Europea (EU) y la comisión del Codex Alimentarius han establecido límites máximos para el cadmio y plomo en los productos de cacao con el fin de proteger la salud de los consumidores y facilitar el comercio a nivel internacional, estos límites entraron en vigencia el 01-Enero-2019,(Tabla 1)<sup>15</sup>.

**Tabla 1.**Reglamento de la Unión Europea con respecto al contenido máximo de cadmio en productos alimenticios.

<b>Contenido de cacao en productos derivados</b>	<b>Contenido de Materia Seca Total</b>	<b>Contenido de Cadmio</b>
Chocolate	≥ 50%	0.80 mg/kg
Chocolate con leche	< 30%	0.10 mg/kg
Cacao en polvo vendido al consumidor final/como ingrediente en Cacao en polvo edulcorado		0.60 mg/kg
Chocolate	< 50%	0.30 mg/kg
Chocolate con leche	≥ 30%	

Fuente: <sup>16</sup>.

Mientras que los límites permisibles de plomo en los productos derivados de cacao ya sea en grano, chocolate o polvos será de 0.10 mg/kg para los aceites y grasas minerales. Y que la Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y Alimentación y la Organización Mundial de la Salud establecen los límites máximos de metales pesados como Cadmio y Plomo en granos de Cacao en peso fresco será de 40 a 50 ppm<sup>15</sup>.

## 2.METODOLOGÍA

### 2.1 Análisis de las características organolépticas y contenido de metales pesados del *Theobroma Cacao*.

#### 2.1.1 Determinación cualitativa de características organolépticas de *Theobroma Cacao*.

Para determinar la calidad de las almendras del cacao ecuatoriano se debe enfocar esencialmente en una serie de procesos que constituyen una parte fundamental y decisiva para obtener una buena calidad del grano y permitir su adecuada comercialización.

- *Proceso de cosecha* inicia en el campo escogiendo las mazorcas que se encuentren maduras y sanas, tenemos que resaltar que el fruto de este tipo de plantas se forma en un lapso de 120 a 150 días hasta su madurez, otra forma en la que se puede apreciar la maduración es en el cambio de sus colores por lo general son coloraciones de verdes pasa a amarillos, de rojo pasa a anaranjado, amarillo pasa a anaranjado. Las primeras cosechas del *Theobroma* se realizan en los meses de Octubre a Diciembre y la segunda cosecha en el mes de Marzo a Abril<sup>17</sup>. Se sugiere cosechar frutos únicamente maduros cada 15 días en cosecha y cada 20 a 25 días en época baja de producción.
- *Proceso de Fermentación* posterior al proceso de recolección del fruto, el grano y la pulpa que están ligadas son trasladadas a recipientes ya sean cajas, sacos, cestas o pilas. En esta fase bajo condiciones anaerobias los microorganismos llegan a producir etanol y ácido, ambos propician en la almendra una hinchazón la cual es muy útil para evitar la germinación de la semilla y así otorgar cambios estructurales<sup>18</sup>.
- El tiempo de fermentación será: en el Cacao Nacional será de 4 a 5 días, en el Cacao Forastero de 5 días, en el Criollo 6 a 7 días, Trinitario de 5 a 6 días, para todas estas variedades se deben realizar una remoción de los granos dentro de las primeras 48 horas <sup>19</sup> Una almendra bien fermentada tendrá apariencia hinchada, su parte interna tendrá forma arriñonada, de color oscuro con sabor y aroma a chocolate<sup>20</sup>.

- El *proceso de secado* tiene como finalidad reducir la humedad en un porcentaje del “55 a 7%” que es la aceptada durante la fase de comercialización del grano de cacao seco, se forma la oxidación de polifenoles que propician componentes de aroma, también se da la pérdida de la membrana la cual incita a la formación del color de la almendra. Según <sup>21</sup> señala que existen 2 métodos para secar el cacao; el primer método es el artificial empleando máquinas como las secadoras las cuales funcionan a diésel o gas las más utilizadas tenemos la secadora marca “Samoa” el tiempo de secado usando este tipo de máquinas es de 1 a 2 horas a temperatura de 50 y 70°C ; el segundo método es natural en el cual las muestras son secadas al sol ya sea en carreteras de concreto, en tendales de madera, tendales de caña picada o bambú en un lapso de 5 a días<sup>22</sup>. Concluido con el secado las semillas de Theobroma tiene un sabor particular amargo, ácido, nueces o astringente.
- *Proceso de Tostado o Torrefacción* corresponde a una parte esencial para el desarrollo del sabor y aroma a chocolate, el tostado permite la liberación de la cáscara para que pueda ser extraída fácilmente durante la fase del aventado. Gracias a este paso se logra aminorar la acidez, reduciendo las concentraciones de ácidos volátiles como el ácido tartárico, acético, oxálico, etc. El tostado a bajas temperaturas se lo utiliza para chocolates oscuros y los que se hacen a base de leche.<sup>18</sup>. Por el contrario si se extiende el proceso de tostado a temperaturas extremadamente altas aproximadamente de 150 a 160°C elimina las propiedades aromáticas de los cacaos finos, otorgándole un sabor a quemado<sup>23</sup>.
- La elección de los granos una vez tratados y secos se los realizará de manera manual, o a través de maquinaria como lo son las zarandas las cuales están conformadas por mallas las cuales permiten limpiar y seleccionar las semillas por tamaños.

Esta elección está sujeta a condiciones como: los granos deben pesar de 250 a 400 g, poseer una humedad del 7%, no deben estar defectuosos, no exceder el 1% de granos partidos, libre de olores(moho, humo, ácido, húmeda)<sup>24</sup>. Una vez concluido los procesos anteriores se realiza un *análisis sensorial*, el cual está constituido de 9 a 10 especialistas capacitados en el área de catación, con el fin de establecer las diferencias en la textura, color sabor y aroma. Dichos especialistas realizan una prueba sensorial de tipo descriptiva cuantitativa, por lo cual ellos emplean un

formulario o ficha de catación las cuales incluyen una tabla de caracterización de las muestras de cacao, para determinar las diferencias que existen entre ellas como lo es la intensidad de aroma, textura de las almendras y sabores. “Anexo 1”<sup>25</sup>

- Proceso de *Almacenamiento*, el empaque de las almendras se lo realiza en sacos de fique con capacidad de 50 a 60 kg, estos sacos deben ser almacenados en un ambiente que sea ventilado, secos y cubiertos los cuales encuentre libre de humedad, libre de insectos, alejadas de productos como plaguicidas, hidrocarburos, desinfectantes que puedan dañar las características de sabor, aroma, textura que han adquirido a lo largo del proceso.

### ***2.1.2 Determinación cuantitativa de compuestos volátiles de Theobroma Cacao.***

Según el estudio realizado por<sup>26</sup> se trabajó con almendras secas y tostadas de la variedad Forastero.

Hoy en día resulta más exigente el mercado en cuanto a la uniformidad de las características aromáticas de la almendra del cacao, lo que ha llevado a realizar análisis para determinar los compuestos responsables del aroma, para ello se ha empleado la Cromatografía de Gases Acoplada a un Espectrómetro de Masas, mediante esta técnica se han podido identificar más de 100 compuestos presentes en el cacao fresco, los cuales van desapareciendo a medida que el cacao es secado y durante el proceso del tostado se forman nuevos como las familias de los aldehídos, terpenos, cetonas, ésteres, pirazinas, pirroles y compuestos azufrados que aportan con las características aromáticas al cacao y con la calidad sensorial del chocolate<sup>27</sup>. El linalol (terpeno) es uno de los compuestos más sobresalientes y le atribuye el sabor floral al chocolate, este compuesto sirve para clasificar los cacaos finos provenientes de diferentes países como los del Ecuador<sup>28</sup>, así mismo la pirazina es un compuesto predominante y se dice que también aporta con un aroma floral al chocolate.

El proceso de obtención de la muestra para llevar a cabo el Análisis por Cromatografía de Gases, consiste en obtener los compuestos volátiles a partir del cacao tostado y triturado mediante destilación por arrastre de vapor, la muestra previamente tratada es inyectada al Cromatógrafo de Gases el cual separa e identifica los compuestos mediante el espectrómetro de masas, como resultado se genera un espectro y un reporte con tiempos de retención, áreas de pico e índices de Kóvats, a partir de éste último se lleva a efecto la

identificación de los compuestos comparando el mismo con los que proporciona la biblioteca NIST y Wiley<sup>27</sup>.

## **2.2 Determinación cuantitativa de metales pesados presentes en el Theobroma Cacao.**

Según el estudio realizado por <sup>29</sup> se recogieron muestras de almendras de cacao ubicado en 2 haciendas, la primera muestra era de la variedad Nacional (fermentada) y la segunda muestra de la variedad Criollo (seca); con el fin de determinar la presencia de metales pesados presentes en el *Cacao*. Para ello se realiza el *método de Digestión Asistida por Microondas*; es un proceso a través del cual se efectúa la digestión de la muestra en este caso se utilizara 5 gr de dichas muestras de almendras de cacao previamente pulverizado, las cuales se colocaran en un tubo de teflón en el que se añadirá 6 ml de HNO<sub>3</sub> (Ácido Nítrico), 1 ml de HCl (Ácido Clorhídrico) y 0,5ml (Agua Oxigenada) para después ser trasladado al digestor de microondas en un tiempo aproximado de 30 a 40 min y de enfriamiento será de 15 a 20 min logrando así el exterminio de la materia orgánica por oxidación con el fin de romper la unión entre los metales y la materia orgánica.

Después se realizará la cuantificación de metales presentes en la muestra a través del Espectrofotómetro de Absorción Atómica (EAA) relacionando la concentración del metal en µg/g de los metales como plomo, cadmio y arsénico con la señal producida construyendo de esta forma la curva de calibración. De acuerdo con los resultados obtenidos por el autor <sup>29</sup> de este análisis la almendra fermentada arrojó que la concentración de Cadmio es de 0.08 µg/g, de Arsénico 0.07 µg/g; los cuales no superan los límites permisibles; mientras que las concentraciones plomo 0.10 µg/g está dentro de los límites permisibles. Y en la almendra seca arrojó que la concentración de Cadmio es de 0.09 µg/g, de Arsénico 0.07 µg/g; los cuales no superan los límites permisibles; mientras que las concentraciones plomo 0.12 µg/g si superan los límites permisibles.

Otro estudio realizado por <sup>30</sup> trabajo con dos muestras de almendra de cacao secas de diferentes fincas con el fin de determinar la presencia del metal pesado Cadmio (Cd) presentes en el *Theobroma Cacao*. Para ello se realiza el *método de Espectroscopia de Absorción Atómica con horno de grafito*.

La *Espectroscopia de Absorción Atómica con horno de grafito* comprende la etapa de *secado* en la cual se coloca el tubo de grafito con la muestra inyectada en su interior que



será calentado a temperaturas que oscilan 75 y 170<sup>0</sup> C logrando así la evaporación del solvente.

De acuerdo al trabajo realizado por <sup>29</sup> la muestra de *Theobroma Cacao* es calcinada a temperaturas de 340 y 1500<sup>0</sup> C donde se logra apartar gran parte de la materia orgánica sin pérdida del analito, luego se continúa con la etapa de *atomización* a 1700 a 2700 °C de temperatura; en esta etapa se mide la absorbancia. Los resultados de este análisis indica que la muestra uno de almendras fermentadas tiene un porcentaje de Cadmio de 0.54 ppm, la muestra dos de almendras secas tiene un porcentaje de Cadmio de 0.26 ppm, dichos valores están dados en miligramos por kilogramos lo cual equivale a parte por millón (ppm).

### 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

La determinación cualitativa organoléptica del *Theobroma cacao* nos permite obtener un producto de calidad deseada el cual conlleva una serie de procesos empezando por la cosecha que debe ser cuando las mazorcas estén sanas y en su punto de madurez exacto para pasar al proceso de fermentación que debe tomar el tiempo y temperatura pertinente para posteriormente llevarlo al secado y finalmente al tostado del cual depende el color aroma y sabor, proceso en el cual intervienen los catadores que son los que certifican su calidad.

Para la determinación Cuantitativa de las características organolépticas es necesario cuantificar los componentes volátiles del cacao mediante la Cromatografía de Gases Acoplada a la Espectrometría de Masas. En este caso el proceso debe llevarse a cabo con las almendras de cacao seca y tostada, ya que es donde se encuentran los componentes que le atribuyen las características de sabor y olor. Los compuestos corresponden a las familias de los aldehídos, terpenos, cetonas, ésteres, pirazinas, pirroles los cuales se generan durante el secado y tostado. Dentro de los compuestos considerados como parámetros de calidad se encuentran las pirazinas ya que son predominantes y otorgan un aroma floral al cacao, así como el linalol que es considerado un parámetro para identificar el lugar de procedencia del cacao de calidad.

En cuanto a la Determinación Cuantitativa de Metales Pesados, permitieron identificar la presencia de metales pesados en muestras de almendras de cacao a través de dos métodos como lo es la Espectrofotometría de Absorción Atómica (EAA) y la Espectroscopia de Absorción Atómica con horno de grafito (GFAAS), ambos métodos generaron fuente de energía los cuales emiten longitudes de onda del metal de interés en este caso los metales de interés fueron cadmio, plomo y arsénico. La diferencia entre estos dos métodos está en la fase de atomización de las muestras; es decir; la Espectrofotometría de Absorción Atómica utiliza en la fase de atomización una llama, mientras que Espectroscopia de Absorción Atómica con horno de grafito la fase de atomización se produce en horno. Los resultados que arrojen cualquier de los dos métodos son confiables, coinciden en que las almendras contienen metales pesados como cadmio y plomo los cuales no deben sobrepasar los límites establecidos por las entidades reguladoras, para así obtener un producto que esté dentro de los parámetros para su respectiva comercialización.

#### 4. CONCLUSIONES

- Los límites permisibles de cadmio establecidos por la Unión Europea indican que los productos derivados del cacao no deben exceder los siguientes valores: los chocolate con un contenido de materia seca de cacao mayor o igual al 50 % debe contener un máximo de 0.80 mg/kg de cadmio, que los productos de chocolates con leche con un contenido de materia seca de cacao inferiores al 30% deben tener un máximo de 0.10 mg/kg de cadmio, el cacao en polvo como ingrediente final o como polvo edulcorado debe tener un máximo de 0.60 mg/kg de cadmio y que los chocolates con un contenido de materia seca menor al 50% y chocolates con leche mayor o igual al 30% no excedan el 0.30 mg/kg de Cadmio.
- Los metales pesados presentes en el cacao de exportación son determinados mediante la absorción atómica en horno de grafito el cual permite identificar metales como el cadmio y plomo presente en las muestras de cacao de la variedad nacional y Criollo, mediante este análisis se pudo determinar que los niveles de Cadmio y Plomo en las almendras de cacao se encuentra por debajo de los límites permisibles establecidos por la Unión Europea.
- Las características del aroma del cacao se deben a la presencia de compuestos como los son las Pirazinas, Ésteres y Ácidos los cuales son compuestos volátiles encargados de otorgar el aroma y sabor a las almendras, para lograr determinar la presencia y porcentaje de estos compuestos se puede emplear el método de Cromatografía de gases Acoplado a la Espectrometría de Masas.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Gonzáles Apolo D. *Cacao Fino y de Aroma del Ecuador "Cacao Arriba."* Published online **2011**. <https://core.ac.uk/download/pdf/144233053.pdf>
2. *Economía Cacaotera Sostenible: Un enfoque amplio y participativo*. ICCO (International Cocoa Organ. **2007**;14:1-13. <https://www.icco.org/sites/www.roundtablecocoa.org/documents/CB-14-2> - ICCO - Sust Cocoa Econ - Comprehensive and Participatory Approach - Sp.pdf
3. Alvis A, Pérez L, Arrazola G. *Determinación de las Propiedades de Textura de Tabletas de Chocolate Mediante Técnicas Instrumentales*. *Rev Inf Tecnológica*. **2011**;22(3):11-18. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642011000300003>
4. León Villamar F, Calderón Salazar J, Mayorga Quinteros E. *Estrategias para el cultivo, comercialización y exportación del cacao fino de aroma en Ecuador*. *Rev Cienc UNEMI*. **2016**;9(18):45-55. <http://ojs.unemi.edu.ec/index.php/cienciaunemi/article/view/303/265>
5. López Medina SE, Gil Rivero AE. *Características germinativas de semillas de Theobroma cacao L. (Malvaceae) "cacao."* *Rev Arnaldoa*. **2017**;24(02):609-618. doi:<http://doi.org/10.22497/arnaldoa.242.24212>
6. Enríquez Calderón GA. *Manual de Cacao Para Agricultores*. CATIE-ACRI. (Universidad Estatal a Distancia, ed.); **1987**.
7. Romero CA. *Estudio del Cacao en el Perú y en el Mundo*. Dirección General de Políticas Agrarias. Published **2017**. [http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/videoconferencias/2017/estudio\\_cacao\\_para\\_iica.pdf](http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/videoconferencias/2017/estudio_cacao_para_iica.pdf)

8. Rodríguez BA, Pino Peralta S, Aguilar Azuero R. *Una mirada al escenario agro socioeconómico de los cacaoteros en la Cordillera Oriental del Ecuador*. In: *Universidad de Guayaquil*, ed. *El Gran Cacao de Los Pequeños Productores*. 19/07/19; **2016**:1-96.  
[https://www.researchgate.net/profile/Sergio\\_Pino\\_Peralta/publication/338014361\\_LIBRO\\_CACAO/links/5dfa3167a6fdcc28372906d2/LIBRO-CACAO.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Sergio_Pino_Peralta/publication/338014361_LIBRO_CACAO/links/5dfa3167a6fdcc28372906d2/LIBRO-CACAO.pdf)
  
9. Lineo C. *Estudio del CACAO en el Perú y en el Mundo. Un Análisis de la producción y el comercio*. Ministerio de Agricultura y Riego. Published **2016**.  
<https://bibliotecavirtual.minagri.gob.pe/index.php/analisis-economicos/estudios/2016/21-estudio-del-cacao-en-el-peru-y-en-el-mundo/file>
  
10. López Guerrero A. *Producción y Comercialización de Cacao Fino de Aroma en el Ecuador - Año 2012-2014*. Superintendencia de Control del Poder del Mercado. Published **2017**. Accessed October 10, 2017. <http://www.scpm.gob.ec/biblioteca>
  
11. Gutiérrez A. *Caracterización Morfológica de tres genotipos Criollos promisorios de Theobroma cacao L., en Panamá*. *Rev Ciencias Agropecu*. **2020**;30:150-169.  
doi:<http://revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/134/98>
  
12. Sosa Vera AP. *Estudio del Cacao Fino de Aroma*. Published online **2019**.  
<http://dspace.uhemisferios.edu.ec:8080/jspui/bitstream/123456789/818/1/ESTUDIO DEL CACAO FINO DE AROMA.pdf>
  
13. *Constitución de la República del Ecuador. Principios de aplicación de los derechos*. Published **2015**. <https://www.cosede.gob.ec/wp-content/uploads/2019/08/CONSTITUCION-DE-LA-REPUBLICA-DEL-ECUADOR.pdf>

14. Ubilla Díaz LE, Mendoza Hidalgo E, Bravo Bustamante M, Domínguez Vergara N. *Determinación de Cadmio y Plomo en almendras de cacao (Theobroma cacao), proveniente de fincas de productores orgánicos del cantón Vinces. Rev Espirales. 2018;2(15):77-92. doi:https://doi.org/10.31876/re.v2i15.213*
  
15. Diario Oficial de la Unión Europea. *REGLAMENTO (CE) N o 1881/2006 DE LA COMISIÓN de 19 de diciembre de 2006 por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. doi:https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/ALL/?uri=CELEX%3A32006R1881*
  
16. Federation of Cocoa Commerce. *Cacao en Grano: Requisitos de Calidad de la Industria del Chocolate y del Cacao. In: Cocoa Industry Quality, ed. ; 2016:1-110.*
  
17. Malespín M, Chavarría D, Ramón Peralta J. No Titl. In: Estación Experimental El Recreo, ed. El Cacao. Midinia-DG. ; **1982**: 9-61.
  
18. González Muñoz Y, Pérez Sira E, Palomino Camargo C. *Factores que inciden en la calidad sensorial del chocolate. Actual y Nutr. 2012;13(4):314-331.*
  
19. Paredes Andrade N. *Manual de cultivo de cacao para la amazonia ecuatoriana. In: Orellana, EC: INIAP, Estación Experimental Central de la Amazonía U de RF, ed. ; 2009:1-43. doi:http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4786*
  
20. Compañía Nacional de Chocolates. *El Cultivo del Cacao. doi:http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2016/12/paquete\_tecnologico\_cacao\_cnch\_enero\_2012.pdf*
  
21. Braudeau J. *Le Cacaoyer. Académie des Sciences d'Outre-Mer. Published 1990. https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/76836/Le\_cacaoyer.pdf?sequence=1&isAllowed=y*

22. Chila Reynel VH, Loor Castro O, Bolaños M, Tezara W. *Efectos del tipo de secado en la calidad Organoléptica del Cacao (Theobroma Cacao L.)* En Esmeraldas, Ecuador. *Rev Científica Interdiscip Investig y Saberes*. **2016**;1:22-38.
23. Aldave Palacios GJ. *Efecto de la temperatura y tiempo de tostado en los caracteres sensoriales y en las propiedades químicas de granos de cacao (Theobroma cacao L.) procedente de Uchiza, San Martín – Perú para la obtención de NIBS*. Published online **2016**.
24. Vallejo Torres CA, Loayza Flores GL, Morales Rodríguez W, Vera Chang J. *Perfil sensorial de genotipos de cacao (Theobroma cacao L.) en la parroquia Valle Hermoso-Ecuador*. *Rev Espamciencia*. **2018**;9(2):103-113.
25. Díaz L, Pinoargote M, Castillo P. *Análisis de las Características Organolépticas del Chocolate a partir de Cacao CCN51 Tratado Enzimáticamente y Tostado a Diferentes Temperaturas*. Published online **2013**. doi:<https://core.ac.uk/download/pdf/12414316.pdf>
26. Alvarado M, Portillo E, Boulange R, Bastide P. *Precursores aromáticos en Cacao (Theobroma cacao L.) Chabasquén Portuguesa*. *Rev la Fac Agron*. **2014**;1(0):812-823.
27. Portillo E, Labarca M, Grazziani L, et al. *Formación del aroma del cacao Criollo (Theobroma cacao L.) en función del tratamiento poscosecha en Venezuela*. *Rev Udo Agric*. **2010**;9(2):458-468.
28. Zambrano A, Romero C, Gómez Á, et al. *Evaluación química de precursores de aroma y sabor del cacao criollo merideño durante la fermentación en dos condiciones edafoclimáticas*. *Rev Agron Trop*. **2010**;60(2).

29. Condezo Nuñez S, Huaraca Mezones CV. *Cuantificación de Plomo, Cadmio, Arsénico en granos de Cacao Theobroma cacao L. y Café Coffea arábica L. de la zona de Jaen-Cajamarca durante el periodo Febrero – Julio 2018.* Published online **2018**.
30. Araujo Abad S, Tapia W, Villamarín Ortiz A. *Verificación del método analítico de espectroscopia de Absorción Atómica con Horno de Grafito para la Cuantificación de cadmio en la Almendra de Cacao (Theobroma cacao). La granja* *Revista Cienc la Vida.* **2020**;31(1):56-70. doi:<http://doi.org/10.1763/lgr.n.31.2020.04>
31. Aguilar H. *Manual Para La Evaluación de La Calidad Del Grano de Cacao.* Centro de comunicacìon Agrícola FHIA.; **2016**. doi:[file:///C:/Users/PC/Desktop/tesis%20articulos%20cientificos/Manual\\_para\\_la\\_Evaluacion\\_de\\_la\\_Calidad\\_del\\_Grano\\_de\\_Cacao.pdf](file:///C:/Users/PC/Desktop/tesis%20articulos%20cientificos/Manual_para_la_Evaluacion_de_la_Calidad_del_Grano_de_Cacao.pdf)



## ANEXO

### Anexo 1. Ficha de Análisis para la Catación del Theobroma Cacao.

<b>Cooperativa/Proveedor:</b>	<input style="width: 95%;" type="text"/>	<b>Fecha:</b>	<input style="width: 95%;" type="text"/>				
<b>Código de Lote:</b>	<input style="width: 95%;" type="text"/>	<b>Peso, (kg):</b>	<input style="width: 95%;" type="text"/>				
Primera cosecha (octubre-marzo.)	<input style="width: 20px;" type="text"/>	Segunda cosecha (abril-septiembre)	<input style="width: 20px;" type="text"/>				
<b>Variedad:</b>	Trinitario <input style="width: 20px;" type="checkbox"/>	Forastero <input style="width: 20px;" type="checkbox"/>					
<b>Certificación:</b>	Orgánico <input style="width: 20px;" type="checkbox"/>	Transición <input style="width: 20px;" type="checkbox"/>	Sin fermentar <input style="width: 20px;" type="checkbox"/>				
<b>Resultados</b>							
1. Humedad del grano	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="2">Resultado</th></tr> <tr><td style="width: 70%;"></td><td style="width: 30%; text-align: center;">%</td></tr> </table>			Resultado			%
Resultado							
	%						
2. Peso de granos							
- Peso promedio por grano	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 70%;"></td><td style="width: 30%; text-align: center;">g</td></tr> </table>				g		
	g						
3. Prueba de corte	1	2	3	4	5	6	Resultado promedio
- Bien fermentados							
- Ligeramente violetas							
- Violetas							
- Sobre fermentados							
- Moho interno							
- Pizarrosos							
- Dañados por insectos							
Total:							
Nota: para cada prueba debe usarse una muestra de 50 granos							
4. Grano defectuoso y dañado	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="2">Resultado</th></tr> <tr><td style="width: 70%;"></td><td style="width: 30%; text-align: center;">%</td></tr> </table>			Resultado			%
Resultado							
	%						
5. Contenido de impurezas	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="2">Resultado</th></tr> <tr><td style="width: 70%;"></td><td style="width: 30%; text-align: center;">%</td></tr> </table>			Resultado			%
Resultado							
	%						
6. Análisis sensorial	Resultado	Especificaciones					
- Sabor de cacao	<input type="checkbox"/> Poco <input type="checkbox"/> Mediano <input type="checkbox"/> Alto						
- Acidez	<input type="checkbox"/> Ligeramente ácido <input type="checkbox"/> Ácido <input type="checkbox"/> Muy ácido						
- Amargura	<input type="checkbox"/> Ligeramente amargo <input type="checkbox"/> Amargo <input type="checkbox"/> Muy amargo						
- Aroma y sabor indeseable (Humo, jamón, mohoso, combustible, plaguicida)	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No						
Decisión:	<input type="checkbox"/> Comprar <input type="checkbox"/> Rechazar			Calidad:	A: <input type="checkbox"/> B: <input type="checkbox"/> Otra: <input style="width: 100px;" type="text"/>		
Observaciones: _____							
Persona responsable: _____							
Nombre y firma del responsable							

Fuente: <sup>31</sup>.

La evaluación de calidad sensorial se debe realizar en un ambiente silencioso y tranquilo, en donde se seleccionan las muestras de Cacao dependiendo su variedad, estas muestras deben ser representativas al lote y las almendras serán extraídas al azar.

Los especialistas inician la evaluación con la apreciación visual (tamaño del grano, observar si hay o no granos defectuosos, que posean el tamaño adecuado), táctil (al apretar el grano entre los dedos se debe quebrar con facilidad), aroma (olor suave y agradable a chocolate) y sabor (los granos con o sin testas se pueden morder para de esta forma determinar su acidez, astringencia o amargor).