



Universidad de Cuenca
Facultad de Ciencias Químicas
Carrera de Ingeniería Química

***“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE TOSTADO DE
THEOBROMA CACAO L. VARIEDAD CCN-51 UTILIZADO EN LA
ELABORACIÓN DE CHOCOLATE AMARGO”***

Trabajo de titulación para
la obtención del título de
Ingeniero Químico

Autor:

Roberto Daniel Jachero Puin
C.I. 0105746754

Director:

Ing. Juan José Vázquez Guillén., Mgt.
C.I. 0104053863

Cuenca – Ecuador

Julio de 2018



Universidad de Cuenca

RESUMEN

La investigación realizada es de tipo cualitativa, experimental y analítica, se determinaron las variables óptimas de temperatura-tiempo de tostado-humedad inicial, siendo, 150°C, 45min y 3% respectivamente, se alcanzó una mejora en el aprovechamiento de los tiempos de proceso y desarrolló el mejor perfil de sabor del Theobroma Cacao L.

El experimento utilizó un diseño factorial 2^k , con k igual a tres y un modelo Screening. Se realizó en tres fases. La primera fase fue tratamiento térmico de los granos de cacao. La segunda consistió en la valoración organoléptica para la determinación del perfil de sabor establecida por la FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola). Finalmente, la tercera desarrolló el análisis fisicoquímico de la muestra más aceptada en la fase dos con la cual se comprobó el cumplimiento de la Norma INEN 623.

Los resultados obtenidos indican que los sabores básicos se favorecen con altas temperaturas, reduciendo amargor, acidez y astringencia; mientras que los sabores específicos se ven afectados negativamente, pues altas temperaturas y tiempos de tostado, eliminan estas características.

La evaluación del chocolate en leche no puede compararse con normas o estándares, debido a la ausencia de los mismos, por lo que se utilizó una escala Likert de satisfacción. El nivel de satisfacción obtenido para el chocolate en leche alcanza gran parte de la totalidad de la escala, por lo que se toma como un producto óptimo.

PALABRAS CLAVES: CCN-51; CHOCOLATE AMARGO; CURVAS DE SECADO; DISEÑO EXPERIMENTAL; OPTIMIZACIÓN; PERFIL DE SABOR; SCREENING, THEOBROMA CACAO L.



ABSTRACT

The research carried out is of qualitative, experimental and analytical type, the optimal temperature-time variables of toasting-initial humidity were determined, being, 150 ° C, 45min and 3% respectively, an improvement was achieved in the use of the times of process and developed the best flavor profile of Theobroma Cacao L.

The experiment used a 2^k factorial design, with k equal to three and a Screening model. It was carried out in three phases. The first phase was thermal treatment of cocoa beans. The second consisted in the organoleptic evaluation for the determination of the flavor profile established by the FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola). Finally, the third one developed the physicochemical analysis of the most accepted sample in phase two, with which compliance with the INEN 623 Standard was verified.

The obtained results indicate that the basic flavors are favored with high temperatures, reducing bitterness, acidity and astringency; while the specific flavors are negatively affected, because high temperatures and roasting times eliminate these characteristics.

The evaluation of chocolate in milk can not be compared with standards or standards, due to the absence of them, so a Likert scale of satisfaction was used. The level of satisfaction obtained for milk chocolate reaches a large part of the whole scale, which is why it is considered an optimal product.

KEYWORDS:

CCN-51; Bitter chocolate; Drying curves; Experimental design; Optimization; Flavor profile; Screening, Theobroma Cacao L.



CONTENIDO

RESUMEN	2
ABSTRACT	3
CONTENIDO	2
INDICE DE TABLAS.....	7
INDICE DE ILUSTRACIONES.....	9
INDICE DE ANEXOS	10
CLÁUSULA DE LICENCIA Y AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL.....	11
CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL	12
AGRADECIMIENTO	13
DEDICATORIA	14
CAPÍTULO 1: DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	15
1. INTRODUCCIÓN	15
1.1. ANTECEDENTES.....	15
1.2. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.3. JUSTIFICACIÓN	16
1.4. OBJETIVOS	17
1.4.1. <i>Objetivo General</i>	17
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i>	17
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO.....	18
2. MATERIA PRIMA, PROCESOS, REACCIONES Y ESPECIFICACIONES.....	18
2.1. CACAO.....	18
2.1.1. <i>Taxonomía del cacao</i>	18
2.1.2. <i>Generalidades</i>	18
2.1.3. <i>Clasificación del cacao</i>	20
2.1.4. <i>Tipos de Cacao</i>	21
2.1.4.1. <i>Cacao Forastero</i>	21
2.1.4.2. <i>Criollo</i>	21
2.1.4.3. <i>Trinitario</i>	21
2.1.4.4. <i>Diferenciación entre tipos de cacao</i>	21
2.1.5. <i>Tipos de Cacao en Ecuador</i>	22
2.1.5.1. <i>Nacional</i>	22
2.1.5.2. <i>CCN-51</i>	23
2.1.6. <i>El cacao en el Ecuador</i>	23
2.2. CALIDAD DEL CACAO	24
2.2.1. <i>Calidad física del grano</i>	25
2.2.1.1. <i>Grado de fermentación</i>	27
2.2.2. <i>Calidad química del grano</i>	28
2.2.3. <i>Calidad organoléptica del grano</i>	28
2.2.3.1. <i>Sabor y aroma</i>	30
2.2.3.2. <i>Perfil de Sabor</i>	30
2.2.3.2.1. <i>Sabores básicos</i>	31



Universidad de Cuenca

2.2.3.2.2.	Sabores específicos	31
2.2.3.2.3.	Sabores adquiridos	31
2.3.	PROCESAMIENTO DEL CACAO	32
2.3.1.	Fermentación	32
2.3.2.	Secado	33
2.3.3.	Tostado.....	34
2.3.4.	Descascarillado y triturado.....	35
2.3.5.	Molienda.....	35
2.4.	REACCIÓN DE MAILLARD	35
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA		38
3.	PROCEDIMIENTOS.....	38
3.1.	DEFINICIÓN DE CONDICIONES EXPERIMENTALES	38
3.1.1.	Diseño factorial.....	39
3.1.2.	Población de estudio y Unidad de análisis.....	40
3.1.3.	Tamaño de muestra	40
3.1.4.	Selección de muestra.....	41
3.2.	DEFINICIÓN DE PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	41
3.2.1.	Caracterización de materia prima	41
3.2.2.	Métodos de laboratorio.....	41
3.2.2.1.	Obtención de curvas de secado.....	41
3.2.2.2.	Contenido de humedad	42
3.2.2.3.	Prueba de corte.....	43
3.2.2.4.	pH de cotiledón y testa.....	43
3.2.2.5.	Actividad acuosa (a_w).....	44
3.2.2.6.	Peso promedio de grano y %Testa.....	44
3.2.2.7.	Clasificación de calidad.....	44
3.2.3.	Procedimiento en planta.....	44
3.2.3.1.	Obtención de chocolate amargo y en leche.....	45
3.3.	EVALUACIONES.....	46
3.3.1.	Evaluación de cumplimiento de Norma INEN 623 1988-06.....	46
3.3.2.	Evaluación organoléptica	46
3.3.2.1.	Sala de cata.....	46
3.3.2.2.	Selección y capacitación de evaluadores	46
3.3.2.3.	Evaluación sensorial	47
3.3.3.	Chocolate Amargo.....	47
3.3.4.	Chocolate en leche.....	48
3.4.	DEFINICIÓN DE HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS	48
3.4.1.	Diseño de cribado/Barrido (SCREENING).....	48
3.4.2.	Análisis de varianza (ANOVA)	48
3.4.3.	Análisis cualitativo descriptivo (QDA)	49
3.4.4.	Análisis de componentes principales (PCA)	49
3.5.	APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS	49
3.5.1.	Propiedades Físicoquímicas	49
3.5.2.	Análisis sensorial.....	49
CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....		50
4.	EXPOSICIÓN DE RESULTADOS	50
4.1.	CARACTERIZACIÓN DE MATERIA PRIMA.....	50
4.1.1.	Caracterización física.....	50



Universidad de Cuenca

4.1.2.	Caracterización química	51
4.2.	CURVAS DE SECADO	51
4.3.	EVALUACIÓN DE LOS GRANOS DE CACAO TOSTADOS	52
4.3.1.	Evaluación química	52
4.3.1.1.	pH y a_w	52
4.3.2.	Evaluación organoléptica	54
4.3.2.1.	Perfil de sabor	54
4.3.2.1.1.	Análisis QDA	56
4.3.2.1.2.	Metodología Screening	59
4.3.2.1.3.	Análisis estadístico en IBM SPSS 25.....	62
4.4.	COMPARATIVA DEL PRODUCTO DE PROCESO OPTIMIZADO	66
4.4.1.	Características químicas	66
4.4.2.	Características organolépticas	66
4.5.	EVALUACIÓN DEL CHOCOLATE EN LECHE	67
4.5.1.	Características organolépticas	67
4.6.	ANÁLISIS PCA.....	67
CAPÍTULO 5: DISCUSIÓN.....		71
5.	DICUSIÓN.....	71
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES.....		73
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
6.1.	CONCLUSIONES.....	73
6.2.	RECOMENDACIONES	74
BIBLIOGRAFÍA		75
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75
ANEXOS		85



INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación taxonómica del cacao	18
Tabla 2 Caracteres diferenciales de los grupos de cacao: Criollo, Forastero y Trinitario	22
Tabla 3 Características generales de la calidad de almendra de cacao según grupo genético/país/región y usos	24
Tabla 4 Componentes químicos de los granos de cacao seco sin fermentar	25
Tabla 5 Especificaciones de calidad para cacao calidad A y B.	26
Tabla 6 Requisitos y patrones de calidad física del cacao en grano	26
Tabla 7 Matriz de diseño factorial.....	39
Tabla 8 Variables y límites del diseño factorial	40
Tabla 9 Matriz de experimentos	40
Tabla 10 Equipos y materiales: Curvas de secado.....	41
Tabla 11 Equipos y materiales: Contenido de humedad	42
Tabla 12 Equipos y materiales: Prueba de corte	43
Tabla 13 Equipos y materiales: pH de cotiledón y testa	43
Tabla 14 Equipos y materiales: Actividad acuosa.....	44
Tabla 15 Equipos y materiales: Obtención de chocolate amargo	45
Tabla 16 Resultados del ensayo de corte.....	50
Tabla 17 Resultados de Peso de grano promedio y %Testa	50
Tabla 18 Resultados de clasificación según calidad	51
Tabla 19 Resultados de %Humedad y pH.....	51
Tabla 20 Resultados estadístico-descriptivos de pH y aw	52
Tabla 21 Resultados ANOVA: características física.....	53
Tabla 22 Resultados test de Tukey: Actividad acuosa	54
Tabla 23 Resultados promedio del Perfil de sabor: Sabores básicos	55
Tabla 24 Resultados promedio del Perfil de sabor: Sabores específicos	55
Tabla 25 Resultados promedio del Perfil de sabor: Sabores adquiridos	56
Tabla 26 Parámetros de ponderación de datos para análisis QDA.....	56
Tabla 27 Análisis comparativo de muestras radiales por pares.....	57
Tabla 28 Respuesta de valoración de calidad en la matriz factorial	59
Tabla 29 Resultados promedio de variable respuesta y variables de control	60
Tabla 30 Resultados del modelo Screening: Función.....	60
Tabla 31 Resultados de análisis ANOVA: Sabores básicos y específicos	63
Tabla 32 Resultados de la prueba de Tukey: Amargor	64



Universidad de Cuenca

Tabla 33 Resultados de la prueba de Tukey: Floral	64
Tabla 34 Resultados de la prueba de Tukey: Frutal	65
Tabla 35 Contraste de resultados de análisis químico	66
Tabla 36 Resultados de la evaluación de Chocolate en leche	67
Tabla 37 Análisis PCA: Tabla de comunalidades	68
Tabla 38 Análisis PCA: Matriz de componente rotado.....	69
Tabla 39 Análisis PCS: Matriz de transformación de componente	69



INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Variedades de mazorcas de cacao maduras	19
Ilustración 2 Granos de distintos tipos de cacao, secos sin fermentar.....	19
Ilustración 3 Organigrama de evaluación de Calidad del cacao y parámetros principales.....	25
Ilustración 4 Aspecto visual de granos de cacao en distintos grados de fermentación	27
Ilustración 5 Diagrama de bloques del proceso de obtención de chocolate amargo	32
Ilustración 6 Esquema cinético simplificado de la reacción de Maillard	36
Ilustración 7 formación de los principales compuestos aromáticos vía reacción de Maillard	37
Ilustración 8 Resumen de metodología experimental.....	39
Ilustración 9 Diagrama de bloques de proceso de obtención de chocolate en leche	45
Ilustración 10 Curvas de secado de cacao a 115°C; 150°C	52
Ilustración 11 Gráfica de medias - Test de Tukey: pH cotiledón	53
Ilustración 12 Gráfica de medias - Test de Tukey: pH testa	54
Ilustración 13 Resultados de valor de Aceptabilidad.....	57
Ilustración 14 Análisis QDA comparativo 1/8.....	58
Ilustración 15 Análisis QDA comparativo 2/8.....	58
Ilustración 16 Análisis QDA comparativo 3/8.....	58
Ilustración 17 Análisis QDA comparativo 4/8.....	58
Ilustración 18 Análisis QDA comparativo 5/8.....	58
Ilustración 19 Análisis QDA comparativo 6/8.....	58
Ilustración 20 Análisis QDA comparativo 7/8.....	59
Ilustración 21 Análisis QDA comparativo 8/8.....	59
Ilustración 22 Gráfica de dispersión de coeficientes de modelo experimental	61
Ilustración 23 Gráficas de puntuaciones medias de sabores básicos y específicos.	62
Ilustración 24 Gráfica de puntuaciones medias de sabores adquiridos.....	62
Ilustración 25 Gráfica de medias - prueba de Tukey: Amargor.....	64
Ilustración 26 Gráfica de medias - prueba de Tukey: Floral.....	65
Ilustración 27 Gráfica de medias - prueba de Tukey: Frutal.....	65
Ilustración 28 Nivel de satisfacción - características organolépticas.....	67
Ilustración 29 Gráfico de sedimentación de componentes principales.....	68
Ilustración 30 Análisis PCA: Gráfica de componente en espacio rotado.....	70



INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 Formato de Evaluación de chocolate amargo	86
ANEXO 2 Codificación de muestras para evaluación.....	87
ANEXO 3 Formato de Evaluación de chocolate en leche.....	88



CLÁUSULA DE LICENCIA Y AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, *Roberto Daniel Jachero Puin*, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE TOSTADO DE THEOBROMA CACAO L. VARIEDAD CCN-51 UTILIZADO EN LA ELABORACIÓN DE CHOCOLATE AMARGO", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 15 de Julio de 2018



Roberto Daniel Jachero Puin


C.I: 0105746754



CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Yo, *Roberto Daniel Jachero Puin*, autor/a del trabajo de titulación "OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE TOSTADO DE THEOBROMA CACAO L. VARIEDAD CCN-51 UTILIZADO EN LA ELABORACIÓN DE CHOCOLATE AMARGO", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 15 de Julio de 2018



Roberto Daniel Jachero Puin

C.I: 0105746754



Universidad de Cuenca

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi agradecimiento a los profesores que durante mi vida estudiantil me brindaron su apoyo, a todos aquellos que supieron entender la importancia del lado humano dentro de la educación. Aquellos docentes que con su compromiso ayudaron a formarme como profesional.

De manera muy especial a la Ing. Carola Jerves, Ing. Alexandra Guanuchi e Ing. Sonia Astudillo, que me permitieron brindar ayudantías de Cátedra, ayudándome a fortalecer los conocimientos fundamentales de mi carrera y brindándome un ejemplo de profesionalismo.

A mi Director de Tesis, Ing. Juan José Vázquez por el apoyo brindado en las actividades académicas y personales.

Al personal de los laboratorios, especialmente a la Ing. Verónica Saetama que ha brindado su apoyo incondicional hacia la búsqueda de conocimiento.

A la empresa La Purita® por facilitar esta investigación y permitir desenvolverme como profesional.

A mis compañeros que han ayudado a hacer la experiencia de mi vida universitaria algo memorable, y que compartieron dichas y desventuras a mi lado.

A mis amigos, Fernanda y David, que han sido un gran apoyo en mi vida, en lo académico y lo personal, siempre los llevaré en mi corazón.



Universidad de Cuenca

DEDICATORIA

Quiero dedicar este logro a mi Madre, Susana, mujer fuerte y luchadora que jamás se ha dado por vencida ante las adversidades y que ha sido siempre el engranaje fundamental que hace funcionar mi vida, ya que, sin su apoyo y presencia incondicional no podría haber llegado hasta donde estoy.

A mi Hermano Andrés, que ha sido como mi Padre, con su ejemplo y apoyo en las buenas y malas.

Mi hermana Vanessa que ha visto cada meta que me he propuesto y ha sido quien me ha motivado a hacer lo que me gusta, siendo optimista.

A mi novia Jessica, que ha acompañado mi vida durante toda mi carrera y más, que ha alcanzado metas a mi lado, siendo la confidente y consuelo en las adversidades, siempre presente y confiable, mi fiel compañera.

A todas las personas que amo, quiero y estimo...

¡LO LOGRÉ!



CAPÍTULO 1: DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

Las exportaciones ecuatorianas de cacao cerraron el año 2015 alcanzando un volumen total de 260 millones de toneladas métricas de cacao en grano y productos derivados de cacao, representando un incremento del 10% en relación al 2014 (Anecacao, 2016).

El mercado de chocolates especiales, básicamente los chocolates oscuros con alto contenido de cacao y las coberturas, ha crecido en más de 35% anual desde el 2010 y que coincide con la reactivación de nicho de mercados para cacaos nacionales de exportación (CEPAL, 2015).

Debido al crecimiento de la industria del cacao y el chocolate en los últimos años, los productores se han visto en la necesidad de aumentar sus volúmenes de producción con el fin de cubrir su mercado. Para que los derivados de cacao ecuatorianos sean más competitivos a nivel mundial, se requiere mejorar los procesos productivos de pasta de cacao, que es ingrediente principal del chocolate y determina sus parámetros de calidad.

1.2. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La fábrica La Purita® ubicada en el sector de San Joaquín en la ciudad de Cuenca provincia del Azuay, produce alrededor de 2Tn mensuales de pasta de cacao y para esto destina un tiempo 24 horas desde que el grano es clasificado hasta el empaque de la pasta de cacao, representando un tiempo de producción elevado, debido principalmente a la etapa de tostado la cual requiere de aproximadamente 2 horas para procesar 300lb, incurriendo en altos gastos de energía y combustible puesto que no existe un control de temperatura y el manejo de tiempo de tostado es empírico. El mejorar el aprovechamiento de recursos representará una baja significativa en los costos de producción y un tiempo total menor del proceso.

Díaz (2012), en su investigación “Análisis de las características organolépticas del chocolate a partir de cacao CCN-51 tostado a diferentes temperaturas”, indica que el criterio más importante para definir la calidad del grano de cacao es el sabor, el cual es desarrollado en dos etapas fundamentales, la fermentación y el tostado. Ésta y demás características se obtienen por medio de reacciones químicas como oxidación,



Universidad de Cuenca

polimerización de polifenoles, degradación de proteínas y principalmente por la reacción de Maillard. (Ramli et al., 2006).

Las temperaturas y tiempos de tostado dependerán de la humedad con la que ingrese el grano al tostador. Dichos parámetros se determinan de manera experimental para analizar su comportamiento, por medio de una curva de tiempo de tostado, la cual indica el tiempo que se debe tostar con relación a la humedad inicial del cacao a una temperatura determinada (Plúa, 2008).

1.3. JUSTIFICACIÓN

El tostado es considerado como la operación tecnológica de mayor relevancia en el procesamiento de granos de cacao, debido a que los precursores de aromas desarrollados durante la fermentación se modifican en este proceso o son potenciados para producir el deseado sabor a chocolate; así al optimizar sus condiciones, implica el máximo desarrollo del potencial aromático del grano de cacao (Díaz, 2012).

Debe considerarse la eliminación de microorganismos patógenos al momento de definir los parámetros óptimos para el tostado del cacao, no solo el sabor del chocolate, para asegurar así la inocuidad del producto. (Knight 1999).

Las semillas de cacao representan un riesgo potencial, ya que si se han elaborado bajo malas prácticas de manufactura pueden encontrarse contaminadas con *Salmonella* spp. A pesar de que el chocolate es un producto seco, con una actividad de agua alrededor de 0.4 (Beckett 2009), condiciones en las que ningún microorganismo puede crecer, en el chocolate más que en otras matrices alimenticias, la *Salmonella* spp, puede sobrevivir durante más tiempo (Cordier 1994); se cree que la matriz grasa del chocolate genera resistencia, pues envuelve y protege los microorganismos (D'Aoust 1997). El procedimiento adecuado de tostado de cacao es suficiente para destruir microorganismos vegetativos, incluidos patógenos resistentes como se ha mencionado. (Swanson 2011).

Para el desarrollo del estudio se plantea optimizar el proceso de tostado del *Theobroma Cacao* L. variedad CCN-51, mediante el análisis de los parámetros de temperatura, tiempo de tostado y humedad inicial, que brinden las mejores características físicas, químicas y organolépticas de los granos de cacao que pasarán a formar el chocolate amargo, reemplazando así los métodos empíricos utilizados en la actualidad, garantizando su inocuidad y buscando una disminución en el tiempo de proceso.



Universidad de Cuenca

Con el fin de alcanzar los resultados esperados, se pretende utilizar un modelo de diseño experimental 2^k , con valor de k igual a 3, el cual ha brindado resultados excelentes según Bonilla (2014) y Aldave (2016), el mismo permitirá encontrar la relación de las variables tiempo-temperatura-humedad inicial, y así, observar el comportamiento y la influencia entre variables, a fin de seleccionar la combinación más adaptable a la línea de producción que asegure la calidad del producto final.

1.4.OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

- Optimizar el proceso de tostado del Theobroma Cacao L. variedad CCN-51 utilizado en la elaboración de chocolate amargo.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la humedad inicial, tiempo y temperatura óptimos de tostado que desarrollen las mejores características organolépticas y cumplan con la Norma INEN 623 1988-06.
- Evaluar las características físicas, químicas y organolépticas de los granos de cacao antes y después de la optimización del proceso de tostado.
- Evaluar las características físicas, químicas y organolépticas del producto final (chocolate en leche).



CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2. MATERIA PRIMA, PROCESOS, REACCIONES Y ESPECIFICACIONES

2.1. CACAO

Theobroma Cacao L. es el nombre científico que recibe el árbol del cacao, que en griego significa “alimento de los dioses”; además, viene del vocablo maya *Ka'kaw* que significa “fruto rojo de fuerza”. Siendo endémica de América del Sur, la planta de cacao es originaria del valle que se encuentra entre los ríos Orinoco y Amazonas (Pound, 1933, p. 27), en territorios que hoy corresponden a Colombia, Ecuador, Perú, Brasil, Venezuela y las Guayanas. Actualmente se extiende desde Brasil a México en zonas tropicales, y también se lo siembra en el oeste de África (BARTLEY, 2005).

2.1.1. Taxonomía del cacao

Con el fin de darle una clasificación general e identificación al cacao se utiliza su taxonomía que consiste en una ordenación jerarquizada y sistemática de los grupos de animales y de vegetales. La taxonomía del cacao se resume en la Tabla 1:

Tabla 1 Clasificación taxonómica del cacao

Reino:	Phylum:	Clase:	Orden:
<i>Plantae</i>	<i>Tracheophyta</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Malvales</i>
Familia:	Género:	Especie:	
<i>Sterculiaceae</i>	<i>Theobroma</i>	<i>Theobroma cacao</i>	

Fuente: (Batista, 2009)

2.1.2. Generalidades

El árbol de cacao requiere temperaturas entre 24-26°C, lluvias abundantes y regulares, además de un suelo rico en potasio, nitrógeno y oligoelementos. El árbol joven de cacao es particularmente sensible al sol y al viento, por lo tanto, necesita desarrollarse a la sombra de árboles comúnmente llamados “madres del cacao”, como son el plátano, la carambola, el algodónero y el caucho, principalmente. Llega a medir cerca de 5m en tres años y alcanza 8m a la edad de diez años (BARTLEY, 2005).

El fruto es una mazorca de forma alargada, en su madurez mide de 15 a 30 cm de largo por 7 a 12 cm de ancho, pesa aproximadamente 450g y es roja o amarillo purpúrea. Las semillas son de forma oblonga y varían de tamaño de acuerdo al tipo de cacao pudiendo ser redondeadas en la parte más larga, como en el caso del cacao tipo Criollo y del



Universidad de Cuenca

Nacional de Ecuador; y otras, aplanadas como el caso de los Forasteros. Poseen un recubrimiento que protege a los cotiledones y en la parte exterior el mucílago que es la parte dulce y mucilaginoso que permite la fermentación de las semillas (BECKETT, 2011).



Ilustración 1 Variedades de mazorcas de cacao maduras
Fuente: (Batista, 2009; M&O CONSULTING, 2008)



Ilustración 2 Granos de distintos tipos de cacao, secos sin fermentar
Fuente: (M&O CONSULTING S.A.C, 2008)

La corteza del grano, llamada cascarilla o testa representa 10-14% de peso seco del grano de cacao, mientras que el cotiledón, que confiere sabores y aromas característicos del chocolate, está compuesto por la mayor parte, del 86-90% restante (Osman et al., 2004).

Aproximadamente del 48 al 57% del peso del grano seco y sin testa corresponde a su contenido en lípidos. Se conoce como manteca de cacao a la fracción lipídica del cacao y que es responsable de buena parte de las propiedades sensoriales del chocolate. En la fracción grasa de la semilla de cacao, los ácidos grasos (AG) predominantes son mayoritariamente saturados (AGS), esteárico (C18:0 - 35%) y palmítico (C16:0 - 25%); pero también contiene una alta proporción de AG monoinsaturados (AGMI) representados casi exclusivamente por el ácido oleico (C18:1- 35%) y también una pequeña cantidad de poliinsaturados (AGPI) en forma de linoleico (C18:2 - 3%). El resto corresponde a un 2-5% de agua, un 11-16% de proteínas, un 6-9% de hidratos de



Universidad de Cuenca

carbono, un 2.6-4.2% de sales minerales y otro 2.1 - 3.2% de fibra (Parra et al. 2003; Fowler 2009).

En las semillas de cacao destaca la presencia de compuestos bioactivos como los polifenoles que representan entre el 12 y 18% del peso seco de los granos, los cuales se encuentran fuertemente asociados con la actividad antioxidante y con las características organolépticas de los productos elaborados a partir de los granos (Wollgast y Anklam, 2000; Jonfia-Essien et al., 2008; Latif, 2013).

Los procesos a los que son sometidos los granos de cacao influyen a que el contenido de polifenoles difiera sustancialmente en los derivados del cacao. Las semillas son ricas en flavonoides, principalmente en flavanoles, y en una menor proporción flavonas, antocianos y otros compuestos fenólicos (Sanbongi et al. 1998; Dreosti 2000).

2.1.3. Clasificación del cacao

Desde el punto de vista comercial e industrial, en el mercado mundial generalmente se clasifican los granos de cacao en dos categorías (Centro de Comercio Internacional UNCTAD/GATT, 1991):

- ✓ Cacao ordinario: granos producidos por los cacaos tipo Forastero, éstos son utilizados en la fabricación de manteca de cacao y de productos que tengan una elevada proporción de chocolate.
- ✓ Cacao fino o de aroma: en términos generales, en el mercado mundial son cacaos Criollos, Nacionales y Trinitarios. Éste es utilizado usualmente en mezclas con cacao Forastero para producir sabores específicos en los productos terminados.



2.1.4. Tipos de Cacao

2.1.4.1. Cacao Forastero

El árbol de cacao tipo forastero es originario de la cuenca del río Amazonas, es caracterizado por una alta resistencia a plagas y enfermedades, es cultivado en Asia, África Occidental, Centro y Sudamérica (Hall et al., 2010).

Las mazorcas están dotadas de surcos y rugosidades notables, las almendras producen un chocolate con un sabor básico de cacao (Calderón, 2002).

2.1.4.2. Criollo

El cacao de genotipo criollo es considerado de bajo rendimiento debido a la reducida cantidad de semillas, gran espesor de corteza y alta susceptibilidad a plagas y enfermedades, se siembra desde México hasta Perú (M&O CONSULTING, 2008).

Las mazorcas usualmente tienen una forma alargada, con punta acentuada en el extremo inferior. Este tipo de cacao requiere de dos a tres días para completar su fermentación, es muy aromático (Arguello, 2000).

Se incluye en este grupo a varios genotipos característicos por sus almendras dotadas de cotiledones de color blanco marfil, presentes mayormente en América central, México y regiones de Venezuela y Colombia (INIAP, 1993).

2.1.4.3. Trinitario

El cacao trinitario es un híbrido de las variedades criollo y forastero, por lo que destaca por su alta producción y baja susceptibilidad a plagas y enfermedades (Augstburger et al., 2000).

Las mazorcas inmaduras son rojas, tornándose amarillas en la madurez. Durante su procesamiento desarrolla un sabor a chocolate pronunciado, acompañado de tonalidades afrutadas en el sabor y aroma (SUKHA, 2008).

Los caracteres botánicos de este grupo son difíciles de definir ya que pertenecen a una población híbrida polimorfa originada en la Isla Trinidad, pudiéndose observar los tipos intermedios con cacaos Criollos y Forastero (BRAUDEAU, 1970).

2.1.4.4. Diferenciación entre tipos de cacao

Con la finalidad de lograr una mejor comprensión de las diferencias entre las especies de cacao, M&O CONSULTING S.A.C, 2008 establece diferencias generales que se presentan en la Tabla 2.



Universidad de Cuenca

Tabla 2 Caracteres diferenciales de los grupos de cacao: Criollo, Forastero y Trinitario

	Órgano/Característica	Criollo	Forastero	Trinitario
Semilla	1. Color de cotiledones	Blanco o violeta	Morado, excepcionalmente blanco	Morado
	2. Forma (transversal)	Redondeada	Aplanada	Variable
Fruto	1. Color (inmaduro)	Rojo o verde	Verde o verde pigmentado	Rojo o verde
	2. Rugosidad	Rugoso o ligeramente liso	Liso o medio	Variable
	3. Grosor de cáscara	Delgada o media	Gruesa o media	Delgada o media
	4. Numero de semillas	20 - 40	20 - 60	30 - 45
Agroindustria	1. Inicio de producción	4 – 6° año	3 – 5° año	3 – 4° año
	2. Periodo de fermentación	3 – 4 días	5 – 7 días	5 – 6 días
	3. Sabor y aroma	Extrafino – fino	Corriente	Fino – medio
	4. Contenido de grasa	< 54%	45 – 60%	45 – 57%

Fuente: M&O CONSULTING S.A.C, 2008

2.1.5. Tipos de Cacao en Ecuador

La producción de cacao en el Ecuador se divide mayoritariamente en dos grandes grupos, el cacao Nacional y el CCN-51 (El Agro, 2013).

2.1.5.1. Nacional

El cacao Nacional es el único grupo natural de cacao que se cultiva en el occidente de Ecuador. Es originario de la región oriental de la Amazonía alta del Ecuador. La calidad de su almendra lo relaciona más al tipo Criollo que al Forastero (Lecerteau, 1997).

El tipo Nacional antes era considerado como Forastero, pero análisis genéticos han probado que es una variedad existente solo en Ecuador y caracterizada por poseer tonalidades aromáticas muy desarrolladas como flores, frutas y nueces (Fowler, 2009).

Ésta variedad produce mazorcas grandes, pero con surcos más profundos. Las almendras son moradas claras, el mucílago es poco abundante y tiene un sabor mucho más dulce que los tipos Trinitario y Forasteros (ANECACAO, 2004).



Universidad de Cuenca

Las semillas fermentan en 4-5 días y sus cultivos comparten plantación con variedades del grupo Trinitario desde 1892 que fueron introducidos en el Ecuador (Eskes & Lanaud, 2001)

2.1.5.2. CCN-51

El CCN-51 es un cacao clonado de origen ecuatoriano declarado en 2005 como un bien de alta productividad por el Ministerio de Agricultura. El clon CCN-51 cultivado en el Ecuador, es considerado cacao ordinario, corriente o común (ANECACAO, 2015).

Esta variedad se caracteriza por ser un cultivo precoz, pues inicia su producción a los 24 meses de edad, no necesita de polinización cruzada y es tolerante a la “Escoba de Bruja”, enfermedad que ataca a la mayoría de variedades de cacao destruyendo su producción.

Las características de este clon lo hacen muy cotizado en la industria, podemos citar algunas como su excelente índice de mazorca: 8 mazorcas/libra de cacao seco en comparación con el índice promedio de 12 mazorcas/libra; excelente índice de semillas: 1.45 gr/semilla seca y fermentada comparado con el índice promedio de 1.2 gr/semilla. Es un clon que se adapta a casi todas las zonas tropicales y posee un alto porcentaje de manteca (54%) (Fierro, 2008).

2.1.6. El cacao en el Ecuador

La Organización Internacional de Cacao (ICCO) indica que, en el mundo se producen alrededor de 3,5 millones de toneladas de cacao; de las cuales, el Ecuador apenas aporta con el 3% de la oferta mundial. Los principales países productores de cacao son Costa de Marfil, Ghana e Indonesia. Sin embargo, nuestro país produce y exporta la variedad de cacao fino o de aroma, representando el 61% del total mundial, convirtiéndolo en el primero en el mundo en esta variedad de cacao. En el plano nacional, al concluir el 2015 las exportaciones ecuatorianas de cacao cerraron alcanzando un volumen total de 260 millones de toneladas métricas de cacao y productos derivados de cacao, un incremento del 10% en relación al 2014 (Anecacao,2015).

Ecuador produce mayoritariamente dos tipos de cacao el CCN-51 y el nacional. El CCN-51 es un cacao ordinario, cuyas iniciales significan Colección Castro Naranjal, fue desarrollado por el agrónomo Homero Castro en 1965 con la finalidad de obtener resistencia a enfermedades. La variedad nacional es el producto insignia del país por ser un cacao fino y muy solicitado por confiterías gourmet. Debido a la sensibilidad de esta variedad a enfermedades, el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias



Universidad de Cuenca

(INIAP) ha desarrollado clones que la mezclan con variedades: trinitario y forastero (ANECACAO, 2013).

Del total de cacao en grano, el tipo nacional representa el 90% y el CCN-51 representa el 10% restante, aunque en los últimos años la presencia de esta nueva variedad en las exportaciones ha ido en ascenso, con el 3% (2300 TM) en el 2004, hasta alcanzar el 23% (37500 TM) en el año 2011. Dicho comportamiento se mantiene casi con los mismos porcentajes cuando se analiza el valor monetario de las exportaciones, tanto del cacao tipo nacional como de CCN-51 (El Agro, 2013).

2.2. CALIDAD DEL CACAO

La calidad del cacao es uno de los aspectos de mayor importancia en el proceso productivo cacaotero, y el nivel que se logre conseguir de la misma determinará su demanda en el mercado como producto final, cacao en grano o chocolate (Armijos, 2002) (Calderón, 2002) (Graziani, 2003). Algunas características de calidad se exponen en la tabla 3.

Tabla 3 Características generales de la calidad de almendra de cacao según grupo genético/país/región y usos

Grupo	País Productor	Características	Usos	País/Región destacado(a) por su calidad
FORASTERO (Cacao corriente)	Perú, Brasil, Costa de Marfil, Ghana, Indonesia, Malasia	Sabor afrutado, Almendra morada, amarga y astringente	Chocolate en leche	Ghana
CRIOLLO (Cacao fino)	Venezuela	Sabor a nueces, almendra blanca	Chocolates muy finos	Chuao, Maracaibo
TRINITARIO (Cacao fino)	Trinidad, Venezuela, Granada	Sabor afrutado y marcado amargor	Chocolate finos	Isla Carenero, Río Caribe, Ocumare
NACIONAL (Cacao fino)	Ecuador	Sabor floral y frutal, almendra morado pálido y/o marrón	Chocolates finos	Los Ríos, Guayas, Manabí, Esmeraldas

Fuente: (M&O CONSULTING S.A.C, 2008)

Según Graziani (2003), la calidad del cacao depende de las exigencias del mercado específico y del fin al que se lo destine, teniendo el chocolate al cacao como su materia prima, la calidad comprende las características físicas y organolépticas que posea una determinada muestra de cacao, que asegure su elaboración. (Cros, et al, 1994).



Universidad de Cuenca

Gutiérrez (2000), menciona que la calidad del cacao, involucra también las características químicas de las almendras fermentadas y secas, en la Tabla 4, se observa la composición química de almendras secas no fermentadas.

Tabla 4 Componentes químicos de los granos de cacao seco sin fermentar

Componentes	Porcentaje
Agua	3.65
Materia grasa	53.05
Nitrógeno total	2.28
Proteínas	1.50
Teobromina	1.71
Cafeína	0.08
Glucosa	0.30
Mucilago	0.38
Taninos	7.54
Ácido acético libre	0.01
Ácido oxálico	0.29

Fuente: (Sanchez, 2007)

Podemos resumir el análisis de calidad en el organigrama establecido en la Ilustración 3, incluyendo la determinación utilizada con mayor frecuencia.

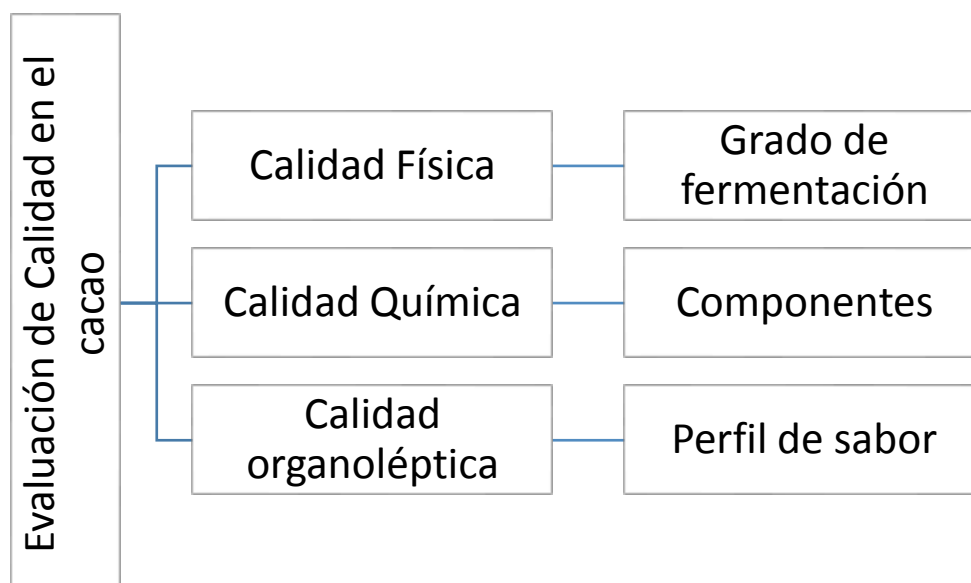


Ilustración 3 Organigrama de evaluación de Calidad del cacao y análisis principales

2.2.1. Calidad física del grano

La calidad física se basa principalmente en la presentación exterior del grano, que, según Moreira (1994), no necesariamente es un indicador de buen sabor y aroma a chocolate. Por su parte, Enríquez (1995) y Pastorelly (1992), relacionan la calidad del



Universidad de Cuenca

grano con la calificación que dan los países compradores y fabricantes de chocolate, por su apariencia, usando parámetros como el grado de fermentación, humedad, materiales extraños, daño por mohos, daño por insectos, entre otros.

Existen parámetros físicos recomendados que permiten categorizar a los granos de cacao según su calidad. Los parámetros físicos utilizados con mayor frecuencia se exponen en las Tablas 5 y 6.

Tabla 5 Especificaciones de calidad para cacao calidad A y B.

Atributo		Calidad A	Calidad B
A. Contenido de humedad	1) Humedad del grano	Máx: 6.5%	Máx: 6.5%
	B. Peso promedio por grano	Mín: 1.05g Máx: sin límites	Mín: 0.80g Máx: sin límites
C. Prueba de corte	3) Bien fermentados	Mín: 75%	Mín: 65%
	4) Ligeramente violetas	Máx: 20%	Máx: 30%
	5) Violetas	Máx: 8%	Máx: 20%
	6) Sobre fermentado	Máx: 3%	Máx: 15%
	7) Moho interno	Máx: 3%	Máx: 5%
	8) Pizarrosos	Máx: 1%	Máx: 4%
	9) Gemelos, planos, quebrados y otros	Máx: 2.5%	Máx: 3.5%
	10) Daños por insectos	Máx: 1%	Máx: 1.5%

Fuente: (FHIA, 2016)

Tabla 6 Requisitos y patrones de calidad física del cacao en grano

Requisitos	Unidad	ASSPS*	ASSS*	ASS*	ASNS*	ASN*	ASES*	ASE*
Peso de 100 almendras	g	135-140	130-135	115-120	120-125	110-115	120-125	105-110
Buena fermentación	%	75	65	60	50	42	35	20
Mediana fermentación	%	10	10	5	10	10	15	15
Total fermentación	%	85	75	65	60	52	50	35
Violeta máximo	%	10	15	20	25	25	30	25
Pizarra	%	5	9	12	13	18	18	30
Defectos Insectos-moho	%	0	1	3	2	5	2	10

*ASSPS = Arriba Superior Summer Plantación Selecta; *ASSS = Arriba Superior Summer Selecto;

*ASS = Arriba Superior Selecto; *ASNS = Arriba Selección Navidad Selecto;

*ASN = Arriba Selección Navidad; *ASES = Arriba Superior Época Selecta;

*ASE = Arriba Superior Época

Fuente: (FAO, 2000); (INEN 176, 2018)



Universidad de Cuenca

2.2.1.1. Grado de fermentación

La norma NTE INEN 176 (2018) establece los términos y definiciones necesarios para la evaluación del ensayo de corte, sin embargo, estos no indican las características de los granos.

Ramos (2000) y Jiménez (2003), determinan que el grado de fermentación se clasifica de forma visual dentro de las siguientes categorías:

- ✓ Almendras de color marrón a café: grado de fermentación elevado, se considera fermentación completa, indica que los ácidos han matado al embrión, estas almendras se muestran muy hinchadas y se separan fácilmente del cotiledón.
- ✓ Almendras de color marrón a violeta: grado de fermentación parcial, los ácidos no han penetrado al embrión, los cotiledones se muestran poco compactos y la testa algo suelta.
- ✓ Almendras violetas: grado de fermentación bajo, son muestra de una fermentación incompleta, por ello aparecen ácidos inalterados procedentes de la pulpa. Las almendras no están hinchadas y la apariencia interna es compacta, desarrollan un sabor altamente astringente y ácido.
- ✓ Almendras pizarrosas (de color gris): grado de fermentación muy bajo, indicador de que no existe efecto debido a la fermentación, presentan un aspecto compacto de color gris negruzco, por lo que desarrollan sabores amargos y astringentes.

Las características visuales para la identificación del grado de fermentación, se muestran en la Ilustración 4.

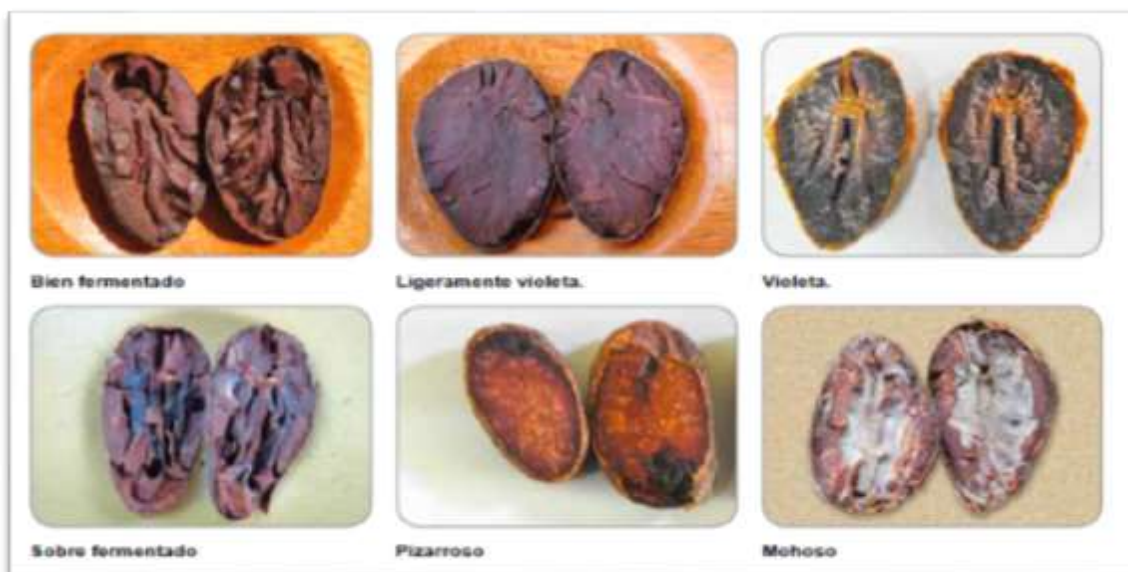


Ilustración 4 Aspecto visual de granos de cacao en distintos grados de fermentación



Universidad de Cuenca

2.2.2. Calidad química del grano

No existen parámetros para medir la calidad química del cacao, solo existen parámetros y valores establecidos como requisitos por Normas nacionales como la Norma INEN 176 (2006) o INEN 623 (1988); o internacionales como la ISO 2451 (2017) que aplican como guías de referencia.

Se ha determinado que existen alrededor de 400 especies químicas responsables del sabor y aroma característico del cacao, las cuales han sido aisladas e identificadas, fundamentalmente pirazinas (2,3-dimetil-pirazina; 2,5-dimetil-pirazina; 2,6-dimetil-pirazina; 2,3,5-trimetilpirazina; 2,3,5,6-tetrametil-pirazina; 2-etil-3,5-dimetil-pirazina; 2-metil-6-vinil-pirazina), tiazoles, oxazoles, terpenos (linalol), furanos, aldehídos (benzaldehído), ácidos (ácidos acético, ácido cítrico, ácido butírico, ácido láctico), entre otros (Portillo, 2009; Misnawi y Ariza, 2011).

Serra-Bonvehí (2005), asegura que resulta difícil saber qué componentes son realmente importantes y cuáles no lo son, pues no todos los componentes individuales identificados pueden considerarse como compuestos de aroma significativos, puesto que el impacto del aroma depende de la concentración de los compuestos que los genera y su consistencia durante la evaluación sensorial.

2.2.3. Calidad organoléptica del grano

En la actualidad, no basta caracterizar un alimento desde un punto de vista físico, químico, microbiológico y nutricional, sino que, para asegurar su calidad en el mercado nacional e internacionales, hay que considerar la calidad sensorial del producto como un factor crítico para el acceso a mercados más competitivos (Quintana Fuentes & Gómez Castelblanco, 2011). Las características organolépticas del cacao, son un punto dominante en la calificación de calidad, sabores tales como el amargor y la astringencia, que están intrínsecas en las almendras de cacao, requisito fundamental para la elaboración de chocolates finos (Armijos, 2002) y (Calderón, 2002).

Navarrete (1992), Moreira (1994), Pérez (1999) y CAOBISCO/ECA/FCC (2015), coinciden en que las cualidades organolépticas deseadas por los fabricantes y que los granos de cacao deben reunir para convertirse en un producto de buena calidad pueden resumirse como:

1. Capacidad para desarrollar un buen chocolate, aroma a cacao; y
2. Libres de sabores secundarios especialmente humo, moho y acidez excesiva.



Universidad de Cuenca

Los fabricantes de chocolate determinan las cualidades organolépticas del grano por medio de pruebas complejas. Así, encontrar delicados matices de sabor es el objetivo principal en los cacaos finos, mientras que en los básicos se preocupan más de que no tengan sabores extraños.

Los defectos de mayor impacto que se pueden encontrar en los licores de cacao, son el sabor a humo, resultantes de un secado artificial del cacao o el olor a jamón ahumado ocasionado por una sobre fermentación (Romero, 2004).

Según Jiménez (2003), para el fabricante, la evaluación sensorial es la única prueba confiable para determinar si puede utilizar determinado cacao para sus productos. Esta prueba permite medir, analizar e interpretar reacciones de las características de los alimentos, los cuales son percibidos por los sentidos de la vista, olfato y gusto, es decir, sabor y aroma principalmente.

Resulta difícil definir propiedades de sabor y aroma del cacao en las etapas de producción y comercialización desde la cosecha hasta la producción de chocolate. Se requiere distinguir las características de aroma y sabor del cacao hasta la etapa previa de la producción de chocolate, como una herramienta de control de calidad. Los protocolos actualmente utilizados por los fabricantes de chocolate sólo identifican defectos específicos en cacao en grano y licores, tales como, el sobretostado, sabor ahumado y mohoso, quedando sin respuesta los perfiles de sabor, principalmente los relacionados a sabores frutales y florales (Ramos, González, Zambrano, & Gómez, 2013).

Si bien la química analítica ha jugado un papel fundamental en la determinación de los compuestos asociados a los olores y sabor de los alimentos, donde el cacao perfila como uno de los productos estudiados con mayor frecuencia y especificidad, pues se han desarrollado una gran cantidad de procedimientos que involucran técnicas como cromatografía de gases (CG), cromatografía líquida, UV-visible, entre otras, donde indudablemente la CG con detección de masas es la más empleada por su precisión y exactitud (Summa, 2006; Brunetto, 2009; Bertazzo, 2011). En contraposición, Murray (2001), Reineccius (2006) y Reed (2010) coinciden con que sigue siendo el gusto y olfato humano el mejor instrumento de identificación de aromas y sabores. Por esta razón, un panel de cata es la pieza clave en el control de calidad tanto a nivel industrial como de investigación.



Universidad de Cuenca

2.2.3.1. Sabor y aroma

Voltz (1990), Ramos y Azócar (2000) y Jiménez (2003), coinciden que el sabor es una sensación que se percibe en las papilas gustativas de la lengua y en la pared de la boca que son estimuladas por ciertas sustancias solubles y permiten encontrar en cada producto los sabores básicos como son: dulce, salado, astringente, ácido y amargo.

Según Braudeau (1970), el aroma a chocolate se forma desde el momento en que ocurre la muerte del embrión, al tiempo que se producen la rápida destrucción de las antocianinas, proporcionándole a las almendras de cacao el sabor y aroma característico del chocolate. Por lo que, ni las células con pigmentos, ni las células de reserva de los cotiledones de las almendras frescas contienen alguna sustancia que darán el aroma a chocolate, concluyendo que, las almendras no fermentadas son incapaces de producir un aroma tal, incluso después del tostado, lo cual confirma que las sustancias aromáticas del cacao únicamente se crean durante el proceso de fermentación (Braudeau, 1970).

Se ha determinado la importancia de los compuestos involucrados en el desarrollo de los precursores del sabor a chocolate mediante estudios específicos, pudiéndose explicar que, los compuestos volátiles como las pirazinas y los aldehídos representan sabores básicos, mientras que los ésteres originan el sabor a fruta. Del mismo modo, el grado de astringencia del chocolate se atribuye a compuestos polifenólicos y el amargor por las purinas (cafeína y teobromina), el complejo polipéptidos, fenoles y pirazinas intervienen en el sabor dulce y a nuez (Jeanjean, 1995).

El sabor “arriba” del cacao Nacional es muy particular y diferente, se lo describe como sabor floral fuerte, con matices de astringencia, sabor a leguminosas verdes, flores de cítricos, una sensación de frescura que invade la boca y que desaparece con rapidez (Saltos, 2005).

2.2.3.2. Perfil de Sabor

Con la definición de precursores de sabor, se ha dado la razón de la generación de sabores del chocolate en general. Sin embargo, los descriptores se dividen en tres grupos de sabores: sabores básicos, sabores específicos y sabores adquiridos (INIAP, 2009) (CAOBISCO/ECA/FCC, 2015).



Universidad de Cuenca

2.2.3.2.1. Sabores básicos

- ✓ Acidez: se la describe como un sabor ácido, debido a la presencia de los mismos, formados durante el proceso de fermentación, intervienen principalmente dos, el ácido acético que es volátil y el ácido láctico que es no volátiles. Se perciben a los lados y al centro de la lengua, se lo puede relacionar con las frutas cítricas y el vinagre. Un elevado valor de acidez impide el correcto desarrollo del sabor a chocolate.
- ✓ Amargor: descrito como un sabor fuerte que se percibe en la parte posterior del paladar o en la garganta, se lo puede relacionar con alimentos como el café, cerveza caliente y la toronja. Es producto de una fermentación incompleta y no puede eliminarse en la elaboración industrial.
- ✓ Astringencia: se considera más una sensación que un sabor, causa una contracción de la superficie de las mucosas de la boca, produce una sensación de sequedad y aspereza en la lengua, además produce mayor salivación y puede percibirse en la boca, lengua, garganta y hasta en los dientes. Se puede experimentar con alimentos como vino tinto y hojas de plátano.

2.2.3.2.2. Sabores específicos

- ✓ Cacao: sabor típico a granos de cacao bien fermentados, tostados y libre de defectos.
- ✓ Floral: son aquellos que poseen tonalidades perfumadas, sabor y aroma a flores, puede experimentarse con flores de cítricos, lilas o violetas.
- ✓ Frutal: sabor que describe una nota de aroma dulce y agradable. Puede referenciarse con cualquier fruta fresca o seca.
- ✓ Nuez: se describe como un sabor similar a la almendra y la nuez.

2.2.3.2.3. Sabores adquiridos

- ✓ Moho: sabor mohoso/húmedo, generalmente debido a una sobre fermentación de las almendras, a un incorrecto secado o almacenado. Una muestra con sólo un 3% de granos mohosos puede transmitir un sabor mohoso. Puede experimentarse como un sabor a pan viejo o musgo.
- ✓ Crudo/verde: sabor y aroma desagradables, generalmente debido a la falta de fermentación o falta de tostado.
- ✓ Humo: describe aroma a humo de madera, usualmente debido al secado artificial.
- ✓ Quemado: sabor desagradable, aroma térmico y ausencia de sabores específicos. Se puede referenciar como el sabor a pan quemado.



2.3. PROCESAMIENTO DEL CACAO

En el procesamiento industrial de la pasta de cacao, distintas etapas son comunes entre los productores (Afoakwa, 2010). Un flujo de proceso típico para la transformación de granos de cacao a chocolate amargo se representa en la Ilustración 5, con las etapas más comunes en la industria (Paredes, 1983).

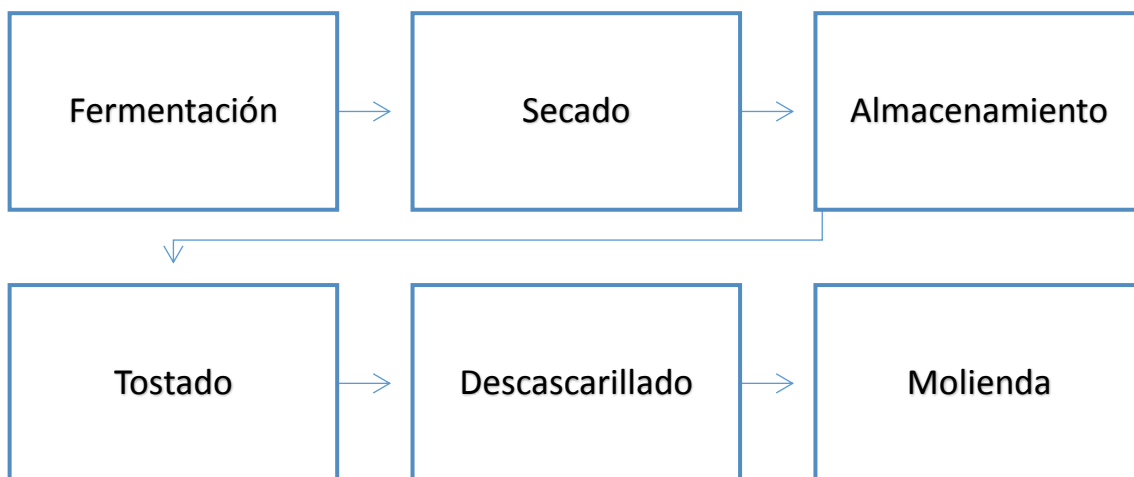


Ilustración 5 Diagrama de bloques del proceso de obtención de chocolate amargo

2.3.1. Fermentación

El principal objetivo de la fermentación de cacao es la inducción de transformaciones bioquímicas dentro de los granos, las cuales son responsables de los precursores del sabor de chocolate. Sin este tratamiento, los granos de cacao son excesivamente amargos, ácidos y astringentes, y luego de ser procesados no desarrollan el aroma y sabor característico del chocolate (THOMPSON, et al., 2001).

De acuerdo a THOMPSON, et al., 2001 e INIAP, 2009; el sistema de fermentación del cacao varía considerablemente según el país y el volumen de producción.

El proceso de fermentación ocurre en dos etapas; la primera es la fermentación de los azúcares de la pulpa que cubren los granos, causado por una sucesión microbiana (levadura, bacterias de ácido láctico, acetobacter). Los azúcares se transforman en alcohol y luego en ácido acético (similar a la fermentación de la uva para producir vino y vinagre); la segunda es donde el ácido acético, producido externamente, penetra a través de la cáscara y produce reacciones bioquímicas en el grano, las cuales son responsables de la formación de los precursores del sabor a chocolate (Pinzón et al., 2008).



Universidad de Cuenca

El resultado más importante de la fermentación es la obtención de los precursores de aroma y sabor, que se generaron por el proceso autolítico dentro de la semilla (C. O. CHICHESTER, B. S. SCHWEIGERT, 1986), dichos precursores son: aminoácidos libres, péptidos y azúcares reductores, los mismos que serán modificados por la reacción de Maillard durante el tostado de los granos secos, produciendo el característico sabor a chocolate (CAMU, et al, 2008).

2.3.2. Secado

El principal objetivo del secado es disminuir la humedad desde 55% hasta por debajo del 8% para evitar la contaminación con hongos durante el almacenamiento. (Dostert, 2012). Durante este proceso cambian los colores de los granos, apareciendo el color marrón o pardo, típico del cacao fermentado y secado correctamente. (Nogales, 2006). De forma complementaria, los granos terminan de desarrollar el sabor característico a chocolate (Portillo, 2005).

Debido a las propiedades fisicoquímicas de los componentes formados en la fermentación, el proceso de secado debe llevarse a temperaturas menores a los 70°C para no perder la calidad nutricional y organoléptica del grano (Hii et al., 2009; Rodríguez-Campos, 2012).

El secado puede llevarse a cabo por convección natural o forzada; La primera, llamada secado natural, consiste en la exposición directa al sol o en sombra de los granos de cacao, es recomendado porque permite eliminar acidez volátil, secar lentamente y desarrollar satisfactoriamente los cambios para lograr un buen sabor y aroma (Nogales et al., 2006); La segunda, en cambio, llamada secado artificial, emplea una fuente de calor, su rapidez de secado es mayor y se aplica en zonas de alta precipitación donde el secado al sol presenta dificultades (Zahouli, 2010).

La diferencia fundamental en los procesos de secado natural y artificial radica en el tiempo del proceso, normalmente, los de tipo natural tardan de 7 - 14 días, pues dependen de las condiciones ambientales, mientras que a los artificiales les toma de 12 a 24 horas. Tanto en los secadores naturales como en los artificiales, el aire caliente que ingresa a las semillas debe mantenerse entre 40 - 65 °C, una temperatura inferior permite que el grano se pudra y una superior ocasiona tostación. Al finalizar el tostado, se obtienen cotiledones color marrón, con valores de pH cercanos a 5.5, con sabor amargo y ácido menor (Batista, 2009).



2.3.3. Tostado

El tostado se realiza con tres propósitos: disminuir la humedad de los granos hasta menos de 2,5%, eliminar compuestos volátiles no deseados como el ácido acético y generar nuevos compuestos volátiles. Las principales reacciones químicas que desarrollan durante el tostado son: las reacciones de Maillard, caramelización de azúcares, degradación de proteínas y la síntesis de compuestos azufrados. Las reacciones de Maillard en el grano de cacao ocurren entre los azúcares reductores (glucosa y fructosa) y aminoácidos libres o péptidos de cadena corta. Mediante estas reacciones se producen componentes, tales como éteres, fenoles, ácidos, ésteres, aldehídos, cetonas, pirazinas, pirroles, entre otros, que contribuyen en especificidades de aromas como, frutal, floral, nuez, almendra, caramelo y malta, que le otorgan una agradable impresión sensorial característica del cacao (Nebesny y Rutkowski, 1998).

El tiempo, temperatura y humedad utilizados durante el proceso de tostado dependen del tipo de grano y de la clase de chocolate o producto final que se quiera elaborar. Los cambios físicos y químicos que ocurren durante el tostado del cacao están relacionados con el tiempo y la temperatura del tostado, y también, con el grado de humedad que se elimine (Awua, 2002). La reducción de la humedad de los granos de cacao produce en consecuencia que la cascarilla se desprenda con facilidad y las semillas sean más rígidas facilitando su posterior molienda. (Ziegleder, 2009)

Para obtener chocolate, el cacao es tostado a 110-150 °C durante 25 a 50 min para garantizar un producto de mayor calidad. La importancia del tostado del cacao es más que simplemente ser un paso en la conversión a producto final, pues es considerado el proceso clave que determina el sabor y la calidad; considerando que la calidad del chocolate también depende de los requerimientos de sus consumidores, en Europa se prefieren chocolates con menor tiempo de tostado, mientras que, en América, se prefiere que hayan tenido un tiempo mayor (Cuesta 2008).

Las condiciones de tostado deben ser las adecuadas a la variedad de cacao, ya que las altas temperaturas y tiempo prolongado de tostado eliminan las especificidades aromáticas de los cacaos finos de aroma (Cros, 2004).

Para el tostado de la semilla de cacao existen dos alternativas: el tostado convencional y el pre-tostado. El tostado convencional consiste en tostar las semillas aún con cáscara en hornos industriales a temperaturas comprendidas entre 100 y 150 °C durante 15 o 45 minutos, respectivamente. En cambio, el pre-tostado, como su nombre lo indica,



Universidad de Cuenca

consiste en someter a las semillas a un tratamiento térmico previo a temperaturas inferiores a 100°C por cortos periodos de tiempo (15 minutos) para desprender la cáscara de la semilla y posteriormente someterla de manera directa a otros niveles de temperatura u otros procesos (Ramli et al., 2006).

2.3.4. Descascarillado y triturado

El descascarillado es simplemente la remoción de la cascarilla que recubre al cotiledón, luego de haber atravesado correctamente el proceso de tostado se genera un espacio entre la cáscara y el cotiledón. Los equipos usados en esta operación aplastan las almendras que después pasan por ventiladores de aire y tamices, las semillas se rompen, la testa se retira y se clasifican los cotiledones (Beckett, 2008).

El primer proceso que se efectúa para la disminución de tamaño es la trituración, en ella se consigue pedazos de cotiledones de 5 mm de diámetro, este proceso suele llevarse a cabo antes del descascarillado, pero cada vez es más común equipos que realizan el descascarillado y triturado de forma conjunta en una sola etapa (Kamphuis, 2009).

2.3.5. Molienda

El objetivo de esta operación es reducir el tamaño de partícula de los cotiledones hasta obtener un diámetro de 2 - 10 μm , a este producto se lo llama pasta de cacao. El alto contenido de grasa del cacao (50 – 55 %), provoca que a temperaturas superiores a 50 °C la pasta alcance una consistencia de fluido viscoso, el punto de fusión de los lípidos que está entre 17 – 36 °C es la causa de este comportamiento, y dependiendo del tipo de forma del cristal se facilita la fusión. En esta operación se utilizan molinos de piedras, bolas, matillo o discos (Kamphuis, 2009).

2.4. REACCIÓN DE MAILLARD

Según NOOR-SOFFALINA (2009), la reacción de Maillard juega un papel importante durante el tostado para la potenciación del aroma del cacao. Los azúcares reductores son precursores del sabor carbonilo, formados a través de la hidrólisis de la sacarosa por la acción de la invertasa y la hidrólisis enzimática de las antocianinas.

La reacción de pardeamiento no enzimático está envuelta en la formación de pigmentos marrones, comprende la reacción de condensación entre los compuestos carbonilos reductores como los azúcares reductores, aldehídos o cetonas; y compuestos con grupos amino libres, tales como aminas, aminoácidos, proteínas o cualquier compuesto nitrogenado (BIN HASNY, 2012).

La reacción de Maillard puede resumirse según la cinética resumida en la Ilustración 6, donde se aprecian las diversas reacciones que ocurren dentro y en la superficie del grano.

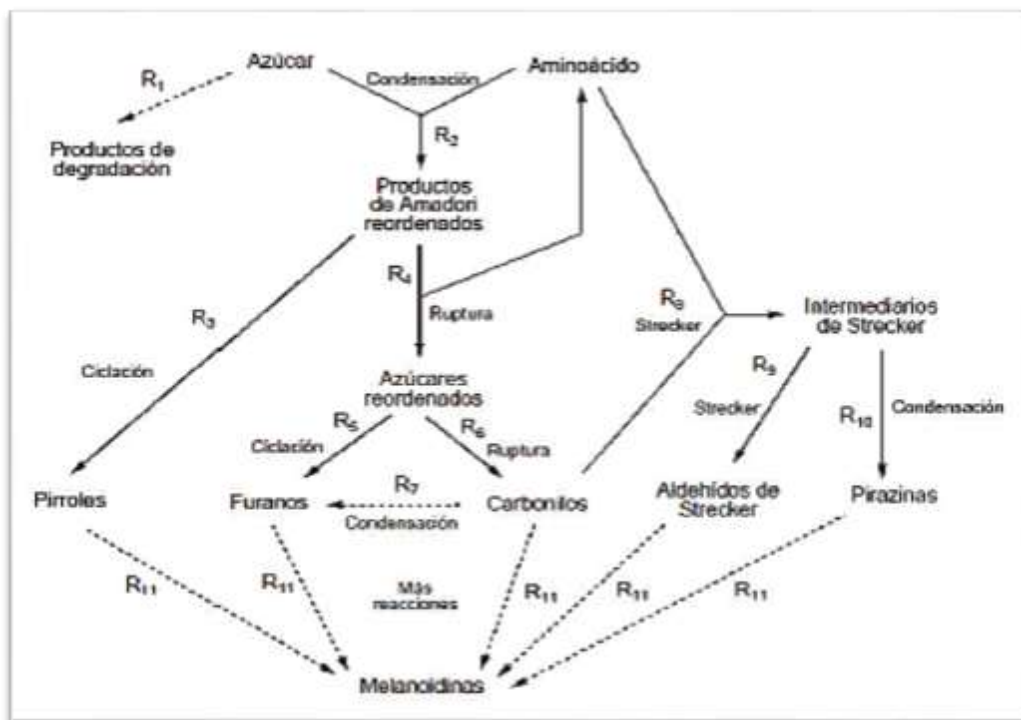


Ilustración 6 Esquema cinético simplificado de la reacción de Maillard
Fuente: (Jousse, Jongen, Agterof, Russell, y Braat, 2002)

Los compuestos Amadori se forman a partir de la unión de aminoácidos libres y azúcares reductores, luego, se polimerizan de forma cíclica y generan los pirroles. La degradación de Strecker requiere grupos dicarbonílicos y aminoácidos libres para formar la base de Schiff. Después, dicha base se descarboxila para formar un enamínol (Afoakwa, Paterson, Fowler, y Ryan, 2008; Ziegleder, 2009).

Cuando una molécula de agua se incorpora y el residuo de aminoácido se elimina, produce un aldehído, este aldehído, es el responsable de formar compuestos de olor como las pirazinas y sabor como melanoidinas (Alegría, 2015).

En resumen, la deshidratación de azúcares forma furanos, pironas, ciclopentenos, y ácidos, mientras que, la degradación de aminoácidos produce los aldehídos de Strecker y compuestos con azufre (Counet, 2004). Estas moléculas polimerizan en forma cíclica para formar los compuestos de olor (pirazinas) y en forma lineal genera compuestos que contribuyen al color y sabor característico del chocolate (melaninas).



Universidad de Cuenca

En la Ilustración 7, pueden apreciarse los principales compuestos aromáticos formados durante la reacción de Maillard. Los compuestos más importantes son pirazinas, pirroles, piridinas, timidazoles, tiazoles y oxazoles (BIN HASNY, 2012).

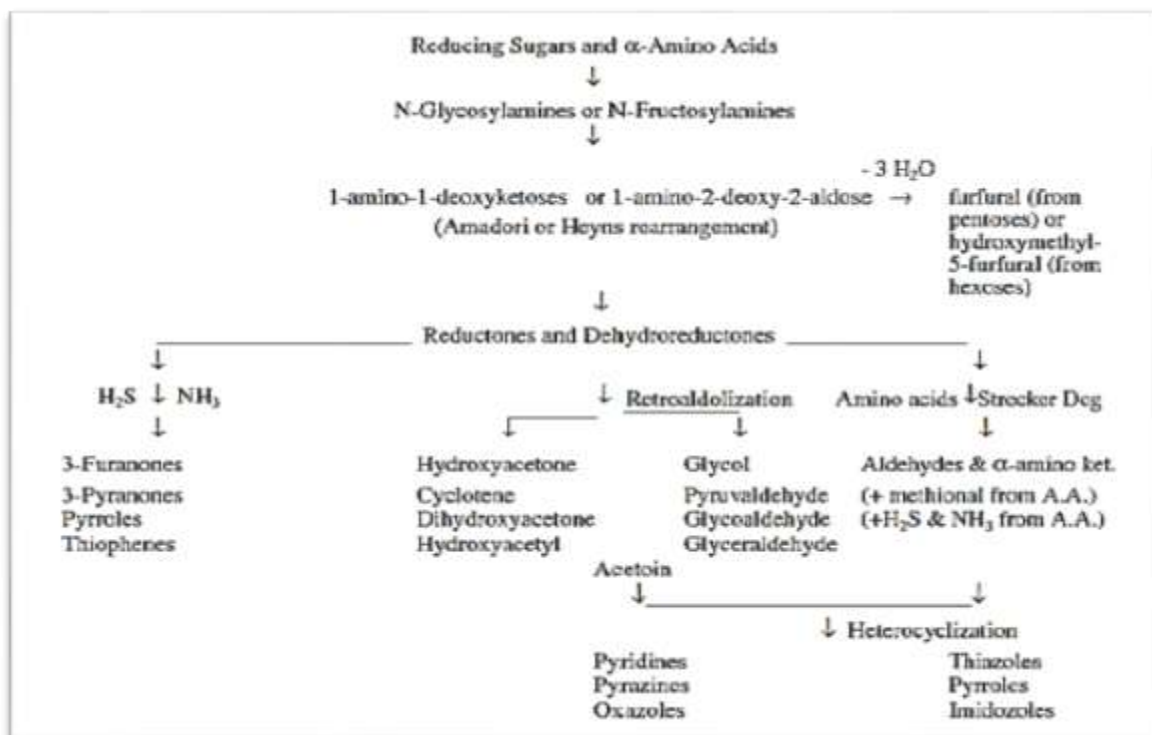


Ilustración 7 formación de los principales compuestos aromáticos vía reacción de Maillard
Fuente: REINECCIUS, 2006



CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

3. PROCEDIMIENTOS

3.1. DEFINICIÓN DE CONDICIONES EXPERIMENTALES

La investigación es de tipo cualitativa, experimental y analítica debido a la rigurosidad en el control de las variables externas, pues se determinó la terna de datos temperatura-tiempo de tostado-humedad inicial, que brindó una mejora en el aprovechamiento de los tiempos de proceso y desarrolló las mejores características físicas, químicas y organolépticas del Theobroma Cacao L. de la variedad CCN-51.

El punto de partida de todo proceso es la caracterización de la materia prima (MP), de modo que establezca un referente para analizar los cambios que se dan durante el tratamiento de la muestra.

El experimento constó de tres fases, la fase uno consistió en el tratamiento de los granos de cacao a las condiciones establecidas por la terna de variables según el diseño experimental, todas ellas por triplicado, para esto, se utilizó un diseño factorial 2^k , con un valor de k igual a tres

La fase dos consistió en la valoración organoléptica y de parámetros básicos como pH y actividad acuosa (aw) de los granos de cacao tostados bajo las condiciones establecidas por el diseño experimental; como herramienta de evaluación, se utilizó una valoración del perfil de sabor establecida por la FHIA y utilizadas en amplitud de investigaciones de cacao en Colombia, Venezuela y Ecuador. Para esta fase se utilizó un panel de evaluadores previamente capacitados según el protocolo recomendado en el Manual para la evaluación de calidad de granos de cacao detallado en el apartado **3.3.2** para realizar un protocolo de evaluación de calidad de los mismos.

Finalmente, la fase tres consistió en el análisis fisicoquímico de la muestra más aceptada en la fase dos para asegurar el cumplimiento con la Norma INEN 623 1988-06: Pasta de Cacao – Requisitos.

De forma paralela se evaluaron las características físicas, químicas y organolépticas del producto final (PF) (Chocolate en leche) de la muestra más aceptada de la fase dos.

El resumen metodológico se muestra en la Ilustración 8, donde se especifica los parámetros a evaluar.

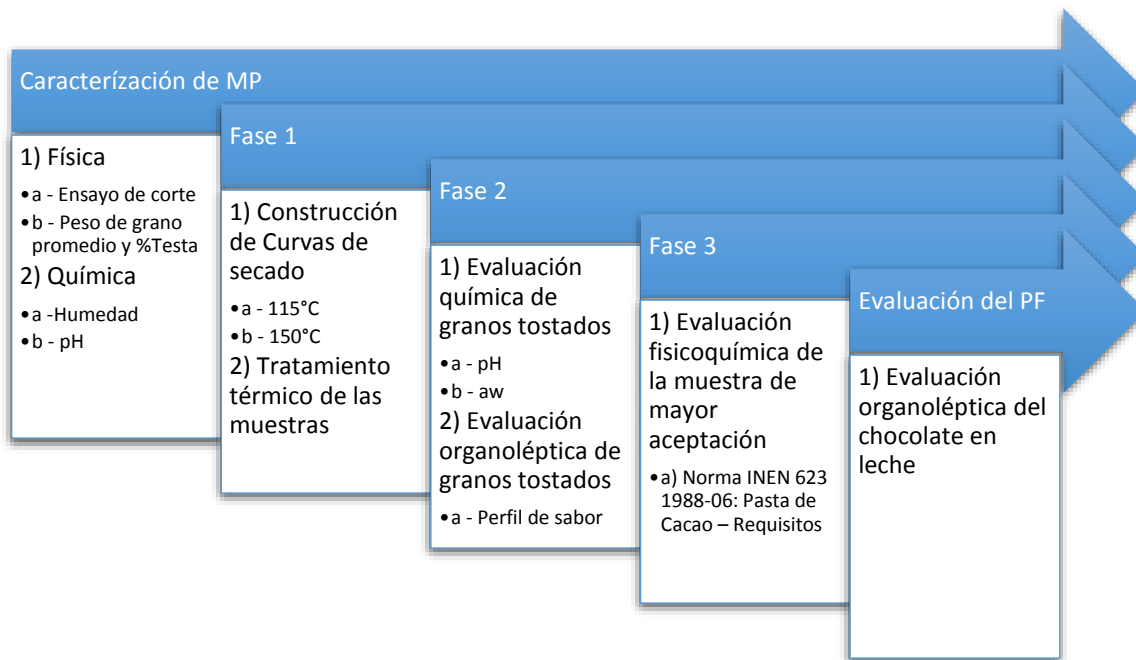


Ilustración 8 Resumen de metodología experimental

3.1.1. Diseño factorial

Se establecieron como variables de estudio: tiempo de tostado, temperatura de tostado y humedad inicial en la variedad de cacao CCN-51. La matriz de diseño factorial que determina la distribución de los experimentos se muestra en la Tabla 7 y los límites seguidos se explicitan en la Tabla 8. La Tabla 9 resume las combinaciones de condiciones en las que se llevarán los experimentos usando las tres variables de estudio.

Tabla 7 Matriz de diseño factorial

Experimento	X ₁	X ₂	X ₃
1	-1	-1	-1
2	1	-1	-1
3	-1	1	-1
4	1	1	-1
5	-1	-1	1
6	1	-1	1
7	-1	1	1
8	1	1	1



Tabla 8 Variables y límites del diseño factorial

Variable	Límite Mínimo (-1)	Límite Máximo (+1)
X₁: Temperatura de tostado	115°C	150°C
X₂: Tiempo de tostado	45min	60min
X₃: Humedad inicial	3%HR	5%HR

Tabla 9 Matriz de experimentos

Experimento	X ₁ : T (°C)	X ₂ : t (min)	X ₃ : %H
1	115	45	3
2	150	45	3
3	115	60	3
4	150	60	3
5	115	45	5
6	150	45	5
7	115	60	5
8	150	60	5

3.1.2. Población de estudio y Unidad de análisis

Granos de cacao fermentadas y secas de la variedad CCN-51 cosechados, fermentados y secados en el cantón La Troncal, provincia de Cañar, suministradas por la Industria de Chocolate La Purita® mantenida a condiciones ambientales, en la ciudad de Cuenca, provincia del Azuay. Dichos granos se muestrearon de forma aleatoria siguiendo la Norma NTE INEN 177: Cacao en grano – Muestreo y cumplen con la Norma NTE INEN 176: Granos de cacao – Requisitos.

3.1.3. Tamaño de muestra

Para la construcción de cada curva de secado se requirió de lotes de 50g para cada lectura, se tomaron 14 lecturas, siendo las primeras 4 cada 10min y las 4 últimas cada hora. Más de 14 lecturas representan una utilización de muestra injustificada, debido a que luego de los 60min la variación de peso no era significativa. Las curvas se construyeron a 2 temperaturas y por triplicado, con un tiempo total de 7h por curva hacen un total de 4.2kg.

Para la primera fase de investigación se requirió de lotes de 455g, con 8 unidades experimentales y trabajando con replicas por triplicado, sumaron un total de 10.92kg.

El requerimiento total de muestra para todo el estudio fue de 15.12kg de granos de cacao.



3.1.4. Selección de muestra

La muestra se tomó mediante muestreo aleatorio simple, puesto que se trata de una población homogénea respecto a las características de nuestro estudio, debido a que la materia prima corresponde a un solo lote cosechado, fermentado y almacenado bajo las mismas condiciones en el mismo periodo de tiempo, así, que se les asignó la misma probabilidad a todos los elementos de la población.

El muestreo aleatorio simple es el muestreo utilizado con mayor frecuencia en diseños de tipo experimental.

3.2. DEFINICIÓN DE PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

3.2.1. Caracterización de materia prima

La materia prima fue caracterizada con el fin de tener un punto de partida y un referente para comparación en el análisis de los datos. Se realizaron los siguientes ensayos de caracterización:

- ✓ Contenido de Humedad
- ✓ Grado de fermentación: Prueba de corte
- ✓ pH de grano y testa
- ✓ Peso de grano promedio
- ✓ %Testa
- ✓ Clasificación de Calidad: FAO, FHIA, INEN 176

3.2.2. Métodos de laboratorio

3.2.2.1. Obtención de curvas de secado

Equipos y Materiales

Tabla 10 Equipos y materiales: Curvas de secado

Equipo		Materiales	
Cantidad	Especificación	Cantidad	Especificación
1	Balanza analítica digital Mettler	14	Mallas metálicas rectangulares 12x10cm
1	Estufa Memmert por convección		

Procedimiento

Se pesaron 14 muestras de 50g de gramos de cacao entero, fermentado y seco, libres de impurezas. Se colocaron las muestras en mallas metálicas, las mismas se colocaron en una Estufa Memmert de convección previamente acondicionada a las temperaturas



Universidad de Cuenca

establecidas (T1:115°C – T2:150°C), se tomaron 14 lecturas, siendo las primeras 4 cada 10min y las 4 últimas cada hora. Se registraron los pesos de cada medición y se las graficó en función del tiempo (peso perdido vs tiempo). Se repite el procedimiento para cada experimento y por triplicado.

3.2.2.2. Contenido de humedad

Equipos y Materiales

Tabla 11 Equipos y materiales: Contenido de humedad

Equipo		Materiales/Reactivos	
Cantidad	Especificación	Cantidad	Especificación
1	Balanza analítica digital Mettler	1	Cápsula de porcelana
1	Desecador	-	Material desecante (CaCl ₂)
1	Estufa Memmert por convección	1	Mortero cerámico

Procedimiento

Se procedió tomando una muestra de 10g de granos de cacao fermentado y seco, según recomendación del Manual para la evaluación de calidad de graos de cacao de la FHIA, luego se trituró con la ayuda de un mortero hasta obtener un tamaño de partícula no mayor a 5mm (aprox.), se tomó como consideración, la precaución de evitar una fricción excesiva que produzca fundición de la manteca contenida en el cacao. Es necesario recordar la elevada higroscopicidad del cacao por lo que estas operaciones deben realizarse rápidamente.

Se colocó la muestra en la cápsula de porcelana y se procedió a introducirlo en una estufa Memmert por convección, regulado a 103± 2 °C durante 16 horas ± 1 hora. Se consideró evitar pérdidas de calor al abrir el horno durante este proceso.

Al culminar el periodo de secado la capsula se tapó y colocó dentro de un desecador con desecante efectivo (CaCl₂), por 40 minutos antes de pesarlo.

$$\text{Cálculo: } \%H = \frac{(m_1 - m_2)}{(m_1 - m_0)} \bullet 100; \text{ (Ec. 1) (INEN 1676)}$$

Donde:

- ✓ H% = contenido de humedad del grano de cacao (%)
- ✓ m₀ = peso de cápsula vacía y tapa (g)
- ✓ m₁ = peso de cápsula con muestra húmeda tapada (g)
- ✓ m₂ = peso de cápsula con muestra seca tapada (g)



3.2.2.3. Prueba de corte

Equipos y Materiales

Tabla 12 Equipos y materiales: Prueba de corte

Equipo		Materiales	
Cantidad	Especificación	Cantidad	Especificación
-	-	1	Cuchillo/Navaja/Guillotina de granos

Procedimiento

Se tomaron aleatoriamente 50 granos de cacao seco y fermentado según el procedimiento de la norma INEN 175 y se colocaron sobre una superficie uniforme en color y textura. Luego con la ayuda de una navaja se realizó un corte longitudinal por la mitad del grano y se contabilizó y clasificó los granos en función de sus características físicas como indica el literal 2.2.1.1.

El ensayo se realizó por triplicado y se utilizó el promedio como resultado.

$$\text{Cálculo: } \% \text{ grano}_{\text{categoría}} = \frac{\# \text{ granos}_{\text{categoría}}}{\# \text{ granos}_{\text{Totales}}} ; (\text{Ec. 2}) (\text{FAO}, 2000)$$

3.2.2.4. pH de cotiledón y testa

Equipos y Materiales

Tabla 13 Equipos y materiales: pH de cotiledón y testa

Equipo		Materiales/Reactivos	
Cantidad	Especificación	Cantidad	Especificación
1	Potenciómetro	-	Agua destilada
1	Licuada	-	Buffer pH 7
		2	Vasos de precipitación 100mL

Procedimiento

Se tomaron 10 granos de cacao fermentado y seco, basados en las instrucciones de la FHIA para parámetros de calidad. Se procedió a separar el cotiledón de la testa en vasos de precipitación distintos, posteriormente, tanto el cotiledón como la testa, individualmente se trituraron por medio de una licuadora junto con 100 ml de agua destilada por un lapso de 2 a 3 minutos. Finalmente se tomó la medición de cada pH con ayuda del potenciómetro.



3.2.2.5. Actividad acuosa (a_w)

Equipos y Materiales

Tabla 14 Equipos y materiales: Actividad acuosa

Equipo		Materiales/Reactivos	
Cantidad	Especificación	Cantidad	Especificación
1	Higrómetro Rotronic	1	Mortero cerámico

Procedimiento

Primero se midió la Humedad Relativa del ambiente, haciendo que se establezca el higrómetro. Luego se procedió a triturar la muestra, en cantidad suficiente para ocupar el 80% del espacio de la cápsula del equipo, se introdujo la cápsula en el equipo, se cerró y esperamos hasta que el equipo brinde la respuesta de la medición (temperatura y humedad relativa)

Cálculo:
$$a_w = \left(\frac{\%HR}{100} \right)_T ; \text{(Ec. 3)} \text{ (Parra, 2003)}$$

3.2.2.6. Peso promedio de grano y %Testa

Se tomó una muestra de 100g de cacao fermentado y seco, posterior a ello, se procedió a contar la cantidad de granos contenidos en la muestra.

De la muestra tomada se procedió a separar el cotiledón y la testa y registrar los valores de peso de cada uno.

Cálculos:
$$\bar{m}_{grano} = \frac{m_{granos}}{\#granos} ; \text{(Ec. 4)} \quad \%Testa = \frac{m_{testa}}{m_{total}} ; \text{(Ec. 5)}$$

Donde:

- ✓ \bar{m} = peso promedio de grano (g)
- ✓ m = peso de muestra (g)

3.2.2.7. Clasificación de calidad

Se enlistaron los valores obtenidos en la caracterización y se compararon con los parámetros de las Tablas 5 y 6, además de los parámetros de la Norma NTE INEN 176.

3.2.3. Procedimiento en planta

La obtención de chocolate amargo, debido a la necesidad de equipos específicos que brindarán un rendimiento superior que por métodos de laboratorio fue realizada en la planta de La Purita®.



3.2.3.1. Obtención de chocolate amargo y en leche

Equipos y Materiales

Tabla 15 Equipos y materiales: Obtención de chocolate amargo

Equipo		Materiales	
Cantidad	Especificación	Cantidad	Especificación
1	Balanza	24	Mallas metálicas rectangulares 12x10cm
1	Descascarrilladora	24	Moldes metálicos 18x12x3cm
1	Estufa Memmert por convección	-	Fundas Ziploc
1	Molino de discos		
1	Trituradora comercial de granos		

Procedimiento

El proceso se realizó según indica la ilustración 9, partiendo de granos de cacao fermentado y seco se realizó cada una de las etapas, siendo el tostado el punto de variación en las muestras, ya que todos los demás procesos se llevaron a cabo bajo las mismas condiciones y en los mismos equipos

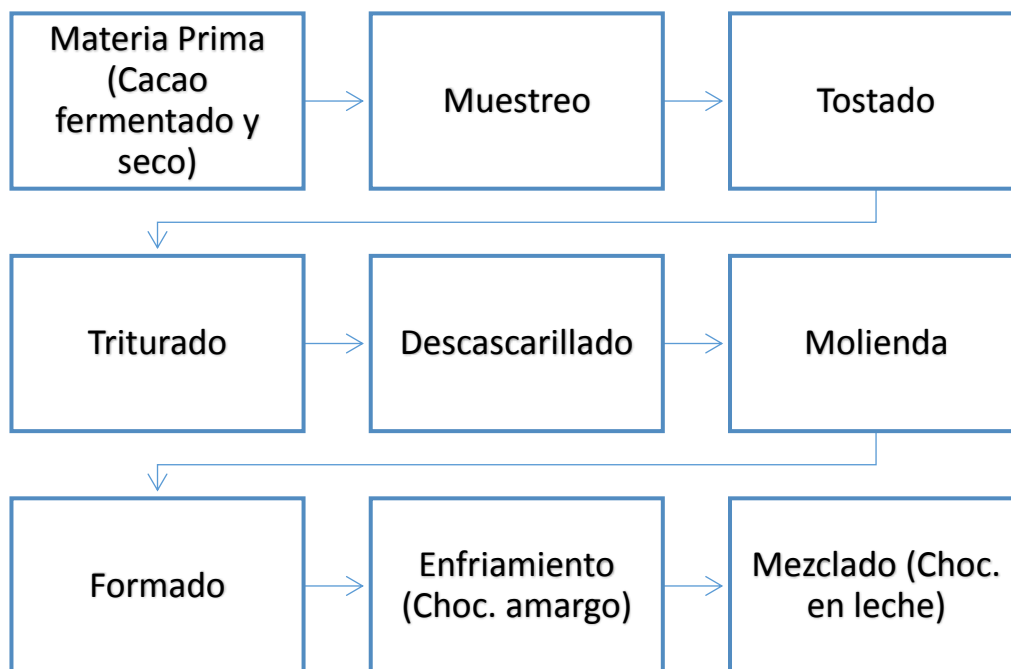


Ilustración 9 Diagrama de bloques de proceso de obtención de chocolate en leche

El proceso de tostado se llevó a cabo como indica la matriz de experimentos en la Tabla 9, cada experimento se llevó a cabo con 455g de muestra de cacao distribuido en 7 mallas metálicas. Se utilizaron los parámetros que establece la matriz de experimentos



Universidad de Cuenca

y para aquellos ensayos que requerían partir de una humedad inicial de 3% se utilizó una muestra que fue sometida a un pretratamiento térmico a 63°C por 2h en una cabina de secado.

El proceso de triturado, descascarillado, molienda, formado y enfriamiento se realizaron en la planta de chocolate la Purita®. La trituración se llevó a cabo en un molino de granos. El descascarillado se realizó por medio de circulación de aire frío en contracorriente, el proceso de formato tomó lugar en moldes metálicos y el enfriamiento se dio por convección natural a temperatura ambiente.

El producto final se obtuvo mediante la preparación con azúcar y leche considerando que cumpla con la definición de chocolate en leche considerada por la norma NTE INEN 621: Chocolate – Requisitos.

3.3. EVALUACIONES

3.3.1. Evaluación de cumplimiento de Norma INEN 623 1988-06

Se realizó la evaluación de parámetros químicos que establece la norma y se los comparó. Los parámetros evaluados fueron:

- ✓ Determinación de Grasas totales – Norma INEN 535
- ✓ Determinación de %Humedad – Norma INEN 1676
- ✓ Determinación de contenido de Almidón natural de cacao – Norma INEN 636
- ✓ Determinación de contenido de Fibra cruda – Norma INEN 534
- ✓ Determinación de Cenizas totales – Norma INEN 533

3.3.2. Evaluación organoléptica

3.3.2.1. Sala de cata

La sala de evaluación sensorial, se instaló en el Centro Tecnológico de la Facultad de Ciencias Químicas, específicamente en el laboratorio de Conservas, la cual cumplía con los requisitos de la norma ISO 8589:2007, la cual especifica condiciones ambientales adecuadas para una sala de cata.

3.3.2.2. Selección y capacitación de evaluadores

El reclutamiento de los candidatos se efectuó mediante una entrevista, donde los potenciales panelistas dieron a conocer información respecto a sus hábitos alimenticios, alergias, tiempo disponible e información general que conocían sobre el cacao y el chocolate. Dicha información se la obtuvo mediante una entrevista con cada evaluador. De esta manera se pudo realizar una pre-selección, rechazando a los candidatos



Universidad de Cuenca

considerados no aptos, ya sea por escaso tiempo disponible, fumadores, personas con alergias a los aromas en general o a los constituyentes del cacao.

Serra-Bonvehí (2005) y Sukha (2008), recomiendan como parte de la capacitación fundamental, que primero se realice evaluaciones de muestras de sabores básicos utilizando soluciones acuosas:

- ✓ Dulce (sacarosa 10g/L)
- ✓ Amargo (cloruro de quinina 0.144g/L)
- ✓ Salado (cloruro de sodio 1,6g/L)
- ✓ Acido (ácido cítrico 0,5g/L),
- ✓ Astringencia (ácido maleico 0,5g/L).

Del mismo modo, los sabores específicos de licores de cacao como el frutal y el floral se prepararon en dilución de 1:250 del sabor a cola y naranja. Luego de hacerlos probar sabores aislados, se les pidió identificar sabores en alimentos como granadilla, café, cítricos y pasta de cacao con avellana, con el fin de comprobar que la capacitación fue exitosa.

Se capacitó a los evaluadores mediante la exposición a sabores aislados y complejos, con el fin de familiarizarlos con la metodología, relacionarlos con variantes olfato-gustativas, incrementar la habilidad individual para reconocer e identificar los atributos sensoriales; y mejorar la sensibilidad y memoria sensorial para conseguir juicios estables.

3.3.2.3. Evaluación sensorial

El protocolo de evaluación de la FHIA y FAO establecieron que el evaluador no debía fumar ni beber alcohol, café o infusiones que contengan canela u otras especias, ya que pueden afectar el paladar. El día de la evaluación se prohibía el uso de perfumes, cosméticos o jabones aromáticos, cuyo olor persistan en el momento de la evaluación sensorial, del mismo modo que usar dentífricos, enjuague bucal, pastillas o gomas de mascar por lo menos 2h antes de las sesiones. El evaluador debía estar sano, sin resfriados, tos, gripe o cualquier otra afección en el tracto respiratorio, ya que representarían interferencia al momento de la evaluación, lo que se comprobó mediante la evaluación de una muestra piloto (Chocolate amargo), previamente analizada.

3.3.3. Chocolate Amargo

Antes del proceso de evaluación las muestras fueron codificadas con números aleatorios de 3 cifras, de manera que el identificativo de las muestras no sugestione a



Universidad de Cuenca

los evaluadores, se utilizaron las 8 muestras del diseño factorial por triplicado más una muestra de referencia, que es el chocolate actualmente producido por la empresa.

Las muestras a evaluar consistieron en alícuotas de aproximadamente 2 mL de licor de cacao a 40 – 45°C, que los evaluadores debían mantener en la boca por al menos 20s. Luego de evaluar cada muestra, el evaluador debía estabilizar su gusto, que consistía en limpiar o aclarar la boca, para lo que se emplearon galletas sin sal y agua mineral a temperatura ambiente.

Con cada muestra, los participantes debían llenar un formulario (ANEXO 1) que se les facilitó con antelación donde debían registrar el código de la muestra (ANEXO 2) y la valoración. Si los panelistas lo deseaban podían desechar la muestra o tragarla.

3.3.4. Chocolate en leche

La muestra consistió en chocolate preparado en leche y endulzado con sacarosa. La evaluación se llevó a cabo con la muestra que obtuvo mayor aceptación de los 8 experimentos propuestos en el diseño experimental, se les facilitó a los evaluadores un formulario (ANEXO 3) donde debían anotar las valoraciones que asignaron a la muestra de chocolate en leche.

3.4. DEFINICIÓN DE HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS

3.4.1. Diseño de cribado/Barrido (SCREENING)

El término "Screening" se refiere a un plan experimental que pretende encontrar los pocos factores importantes de una lista de muchos posibles. Se trata de un diseño cuyo objetivo principal es identificar los efectos principales significativos, en lugar de efectos de interacción (Zey, 2002).

En resumen, los diseños de detección son planes experimentales económicos que se centran en determinar la importancia relativa de muchos efectos principales.

3.4.2. Análisis de varianza (ANOVA)

La técnica de análisis de varianza nos permite conocer si hay diferencias significativas entre las medias de las calificaciones asignadas a más de dos muestras, basado en el principio de t-Students (ICONTEC, 2001). Aplicamos la técnica para explicar el desarrollo del comportamiento de los datos del proceso de evaluación del licor de cacao por parte de los jueces. En nuestro caso la aplicamos en dos niveles (Hernández, 2006):

- I. Una vía, donde se explica la diferencia entre una variable del estudio.
- II. Dos vías, donde se explica la diferencia entre dos variables del estudio.



Universidad de Cuenca

3.4.3. Análisis cualitativo descriptivo (QDA)

El análisis sensorial descriptivo cuantitativo (QDA, Quantitative Descriptive Analysis) puede ser considerado como el primer paso a la hora de caracterizar un producto, aportando una terminología propia que lo defina. Permite obtener una descripción completa de las características sensoriales de un producto (Ares, 2011).

El Análisis (QDA) es una de las metodologías más extendidas en la Evaluación Sensorial. Implica la selección de un grupo de individuos seleccionados y entrenados que evalúan objetivamente las características sensoriales definidas de los productos para su posterior análisis.

3.4.4. Análisis de componentes principales (PCA)

El análisis de componentes principales tiene el objetivo de analizar un fenómeno de p variables y concluir si es posible representar adecuadamente la misma información con un número menor de variables construidas como combinaciones lineales de las originales (Marie, 1996).

Usando un PCA se puede resumir la mayor parte de las variables obtenidas en un análisis sensorial a dos o tres de mayor importancia que nos permitirán, al final, diferenciar el licor de cacao y poder relacionar sus características (ICONTEC, 1997).

3.5. APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS

3.5.1. Propiedades Físicoquímicas

Se sometió a los valores de pH y actividad acuosa a un análisis de varianza (ANOVA) y para la comparación de medias de los tratamientos se empleó la prueba de Tukey. Dichas pruebas se desarrollaron en el programa SPSS Statistics 25 en el laboratorio de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca.

3.5.2. Análisis sensorial

Los resultados de las evaluaciones sensoriales se compararon de 3 maneras, estadísticamente; por medio del análisis de varianza mediante el software SPSS Statistics 25, por medio del modelo de Screening y como es común, un análisis por medio de métodos de análisis descriptivo (QDA) mediante comparación de gráficas radiales; de forma complementaria se utilizó un análisis de componentes principales (PCA) para determinar las variables de evaluación de las que se pueden prescindir. Se utilizó Microsoft Excel 2016 (Microsoft Office 2016) para el desarrollo de los gráficos radiales de la metodología QDA.



CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS

4. EXPOSICIÓN DE RESULTADOS

4.1. CARACTERIZACIÓN DE MATERIA PRIMA

4.1.1. Caracterización física

La Tabla 16 resume los resultados del ensayo de corte, valores obtenidos por evaluación visual y clasificación de 50 granos de cacao cortados transversalmente.

Tabla 16 Resultados del ensayo de corte

Característica	Valor	Requisito*
Bien fermentados	81.34%	Min: 75%
Ligeramente violeta	12.66%	Max: 15%
Violeta	5,34%	-
Sobre fermentados	0%	-
Mohoso	0.66%	Max: 1%
Pizarroso	0%	Max: 9%
Daño por insectos	0%	0%

*Se considera los requisitos de la norma NTE INEN 176 (2018)

Se puede apreciar claramente que los valores obtenidos de la unidad de estudio cumplen la norma, sin encontrarse en los límites, pues poseen una diferencia de al menos un 3%, por lo que difícilmente cambiará de forma súbita ya provienen del mismo proceso fermentativo.

El valor de Peso de grano promedio y %Testa se realizó sobre una muestra de 100.5g mediante balanza analítica, obteniendo se los resultados expuestos en la Tabla 17.

Tabla 17 Resultados de Peso de grano promedio y %Testa

Parámetro	Valor
Peso de grano promedio	2.01g/grano
%Testa	9.99%

El valor de peso promedio del grano en comparación con lo establecido en la norma NTE INEN 176 (135g/100granos) es superior con casi un 50%, mientras que, si bien la norma no establece un requerimiento para %testa, si es relevante junto con la humedad para conocer el rendimiento resultante al procesar el grano.

Con el fin de dar una clasificación a la unidad de estudio, se comparó con estándares recomendados en las Tablas 5 y 6, parámetros de calidad física del cacao según la FHIA



Universidad de Cuenca

y la FAO respectivamente. Complementariamente se comparó con la Norma INEN 176 para asegurar su cumplimiento. La Tabla 18 muestra la clasificación obtenida:

Tabla 18 Resultados de clasificación según calidad

Organización/Norma	Clasificación de calidad
FHIA	A
FAO	ASSPS
INEN 176	ASSS

La calidad obtenida según los tres organismos es la más alta, es decir, es la que mejores parámetros presenta, sin embargo, esto se debe a que, los estándares de calidad son límites con bastante holgura, no hacen distinción de tipo de cacao, ni valoración organoléptica o química, que son los que establecerían una clasificación más confiable.

4.1.2. Caracterización química

Los resultados de humedad fueron obtenidos mediante método gravimétrico y el pH se obtuvo por medición directa en disolución (1:5; P/V), estos resultados usados como parámetros de calidad química se presentan en la Tabla 19.

Tabla 19 Resultados de %Humedad y pH

Parámetro	Valor
Humedad	5.19%
pH de cotiledón	5.96
pH de testa	5.1

El valor de humedad es característico de los granos fermentados y secos, ya que este no puede ser superior a un 8%, el valor se justifica por el almacenamiento adecuado, por lo que no posee riesgo de desarrollo de microorganismos, principalmente mohos.

El pH del cotiledón es superior al de la testa, esta relación nos sirve como referente de comportamiento para evaluarlo en cada muestra.

4.2. CURVAS DE SECADO

La representación de curvas secado puede hacerse como porcentaje de humedad (%H), agua perdida (g H₂O) o peso perdido (g m) en relación al tiempo. Se utilizó la representación de peso perdido vs tiempo, debido que a temperaturas superiores a 105°C la pérdida de volátiles representa una interferencia al no poder calcularse por métodos gravimétricos sino por métodos instrumentales.



Universidad de Cuenca

Los datos de peso perdido y tiempo nos permitieron trazar las curvas de secado (peso_{perdido} vs tiempo) a las temperaturas de 115 y 150°C, representadas en la Ilustración 7, donde puede apreciarse el comportamiento del cacao bajo el efecto de la temperatura en un periodo de 7h.

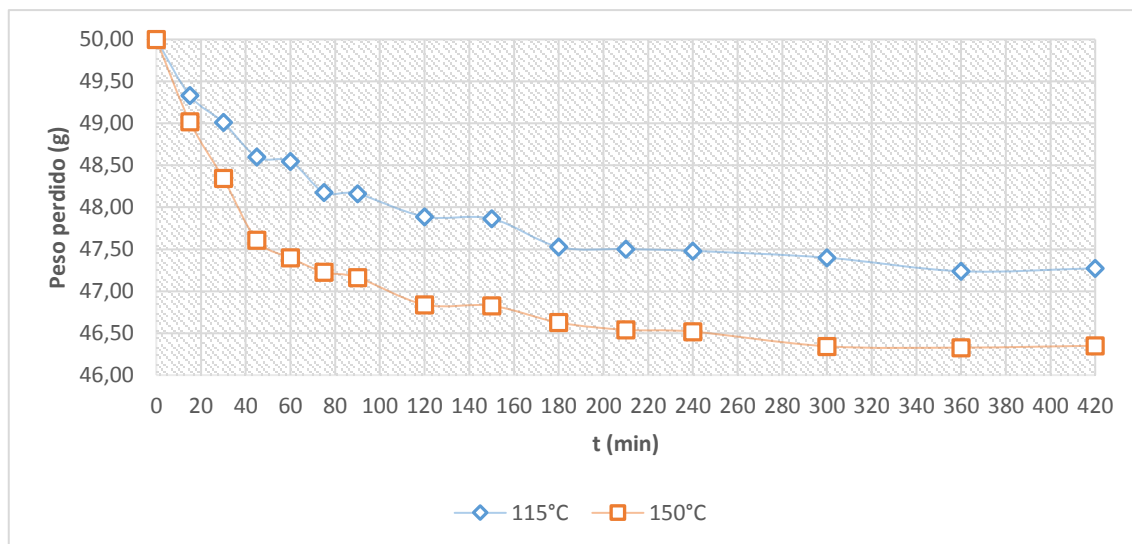


Ilustración 10 Curvas de secado de cacao a 115°C; 150°C

Las curvas obtenidas muestran el comportamiento esperado, dándose la mayor pérdida de humedad en los primeros 45min, seguida de una disminución menor que se extiende hasta los 120min, después de los cuales la curva tiende a la humedad de equilibrio.

4.3. EVALUACIÓN DE LOS GRANOS DE CACAO TOSTADOS

4.3.1. Evaluación química

4.3.1.1. pH y a_w

Los valores de pH y actividad acuosa fueron utilizados como parámetro de control en caso de existir poca diferenciación entre las variables organolépticas. La descripción estadística de resultados se expone en la Tabla 20, con ella podemos representar los resultados de la población.

Tabla 20 Resultados estadístico-descriptivos de pH y a_w

	Estadísticos descriptivos				
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación
pH cotiledón	27	5.30	5.96	5.5852	0.16299
pH testa	27	4.78	5.10	4.8967	0.07504
actividad acuosa	27	3.04	4.21	3.5596	0.28498



Universidad de Cuenca

A partir de los datos estadísticos descriptivos podemos apreciar que los tratamientos térmicos del cacao no inciden sobre el pH, ya que la desviación presente en las muestras es pequeña. La única diferenciación se da entre el pH del cotiledón y la testa debido a su comportamiento natural por la localización de los ácidos volátiles y no volátiles, siendo los primeros los más concentrados en la cascarilla.

Se realiza el análisis estadístico mediante ANOVA y Tukey, los resultados se exponen en la Tabla 21 y 22; y en la Ilustraciones 11 y 12.

Tabla 21 Resultados ANOVA: características física

		ANOVA				
Variable		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig. (p)
pH cotiledón	Entre grupos	0.566	8	0.071	10.222	0.000
	Dentro de grupos	0.125	18	0.007		
	Total	0.691	26			
pH testa	Entre grupos	0.095	8	0.012	4.101	0.006
	Dentro de grupos	0.052	18	0.003		
	Total	0.146	26			
actividad acuosa	Entre grupos	2.023	8	0.253	51.574	0.000
	Dentro de grupos	0.088	18	0.005		
	Total	2.111	26			

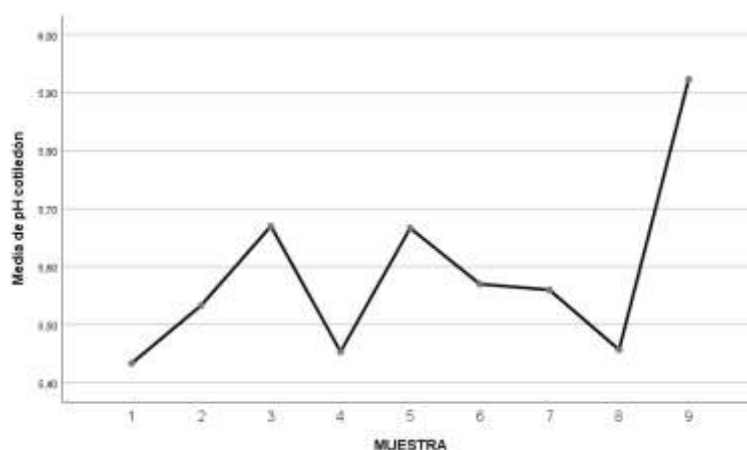


Ilustración 11 Gráfica de medias - Test de Tukey: pH cotiledón

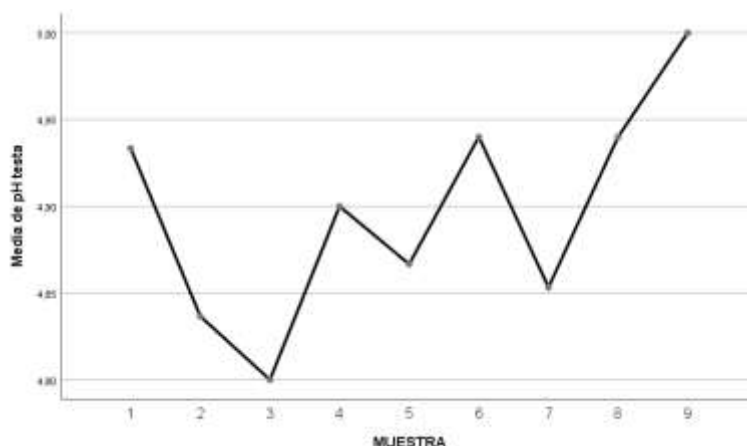


Ilustración 12 Gráfica de medias - Test de Tukey: pH testa

La gráfica de medias es la mejor manera de hacer notoria la diferencia entre muestras cuando los subgrupos formados no son mayores a dos. En caso de que la cantidad de subgrupos sea mayor a dos, es conveniente presentarlos como tabla, como es el caso de la actividad acuosa que posee 4 subgrupos (Tabla 22).

Tabla 22 Resultados test de Tukey: Actividad acuosa

MUESTRA	N	Actividad acuosa			
		Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
4	3	3.1033			
8	3	3.1600			
3	3		3.5000		
2	3		3.5500		
7	3		3.6033	3.6033	
9	3		3.6167	3.6167	
1	3		3.7000	3.7000	
6	3			3.7533	
5	3				4.0500
Sig.		0.982	0.051	0.243	1.000

Los resultados de actividad acuosa resultan peculiares, pues se forman cuatro subgrupos. Dichos grupos comparten en común la variable temperatura más que la variable tiempo, por lo que podemos inferir la influencia que tiene, al estar la a_w relacionada a la humedad.

4.3.2. Evaluación organoléptica

4.3.2.1. Perfil de sabor

Los resultados de evaluación de los catadores nos permitieron obtener un promedio de las características necesarias para formar el perfil de sabor, divididas en 3 categorías



Universidad de Cuenca

como son, sabores básicos, sabores específicos y sabores adquiridos, mismos que se resumen en las Tablas 23, 24 y 25 respectivamente.

Tabla 23 Resultados promedio del Perfil de sabor: Sabores básicos

Muestra	Sabores Básicos								
	Amargo			Astringencia			Ácido		
E1	4	3.6	3.4	2	2.4	2	2.4	2.4	2.8
E2	2.4	3	3	2	2.6	1.8	2	2.2	2
E3	3.4	4.2	3.8	3	2.8	3.8	2	2.4	2.6
E4	4.2	2.8	3.6	3	2.4	3.8	3	1.6	2.6
E5	3.6	3	3.6	2.2	2.6	2.8	2.2	2	2.2
E6	3	2.8	3.2	1.6	2.2	2.4	1.8	2.2	2.8
E7	3.2	3.2	3	2	2.4	2.8	1.6	3	2
E8	3.6	3.6	3.4	2.4	2.8	3.4	3	3.6	3
E9*		3			2			3	

*E9 es la muestra comercial de la empresa

Por motivo de realizar un análisis comparativo, se ha introducido la muestra E9, misma que no forma parte de la matriz de diseño factorial, sino que es la muestra comercial actual que produce la empresa La Purita® y puede utilizarse como referente.

Tabla 24 Resultados promedio del Perfil de sabor: Sabores específicos

Muestra	Sabores Específicos											
	Cacao			Floral			Frutal			Nuez		
E1	2.8	2.8	3.2	1	1	1	1.2	1.2	1.2	0.6	0.4	1
E2	3.6	3.6	4	1.4	1.2	1.4	1.8	1.2	2	1.4	1.4	1.4
E3	2.8	2.6	4	1	1	1.2	1.2	0.8	1.4	0.6	0.6	1.6
E4	3.4	3.6	4	0.8	1.2	1	1	2	1.2	1	1	1.2
E5	3.6	3.2	3.6	0.8	0.8	1	1	1.2	1.2	0.8	0.6	1.6
E6	3	3.6	3.6	1.6	1.4	1	1.6	1.4	1.2	1.4	1.2	1.2
E7	3.4	3.6	3.8	1.2	1	1	1.4	1	0.8	1.4	1.2	1.4
E8	3.2	3.2	3.8	1	1.2	1	1	1.6	1.6	1	1.6	1.2
E9		3			0			2			1	

La Tabla 25, resultado promedio de perfil de sabor: Sabores adquiridos, nos muestra valoraciones sumamente bajas, por lo que no va a presentar gran relevancia en un modelo, pero, si puede ser usado como variable de control para la selección de la mejor combinación de variables experimentales.



Universidad de Cuenca

Tabla 25 Resultados promedio del Perfil de sabor: Sabores adquiridos

Muestra	Sabores Adquiridos								
	Crudo			Moho			Quemado		
E1	0.2	0.2	0.2	0	0	0	0.2	0	0.2
E2	0.2	0.2	0.2	0	0	0	0	0.2	0.4
E3	0.2	0.2	0	0	0	0	0	0	0.2
E4	0.2	0.2	0.2	0	0	0	0	0	0.2
E5	0.2	0.2	0.2	0	0	0	0.2	0	0
E6	0.2	0.2	0.2	0	0	0	0.4	0	0
E7	0.4	0.2	0	0	0	0	0	0	0
E8	0.2	0	0.2	0	0	0	0.4	0.2	0
E9		0.2			0			0.4	

Para desarrollar el correcto análisis entre los tratamientos se utilizaron las metodologías, Screening, Análisis QDA por comparación de gráficas radiales y Análisis estadístico en SPSS. Se usan estos métodos con el fin de demostrar consistencia de los resultados y justificar la selección del mejor tratamiento.

4.3.2.1.1. Análisis QDA

Para realizar el análisis QDA por comparación de gráficas radiales fue necesario considerar una ponderación como indica la Tabla 26, con el fin de interpretar de mejor manera las gráficas. Dicha ponderación, consideró los rangos normalmente aceptables para los consumidores y estableció la Valoración de Aceptabilidad como nueva escala.

Tabla 26 Parámetros de ponderación de datos para análisis QDA

Ajuste de escala para Aceptabilidad - Sabores básicos		
Escala	Descripción	Valoración
[0]	Sabores básicos ausentes	0
[1-2]	Sabores básicos poco acentuados	3
[3]	Sabores básicos medianamente acentuados	2
[4-5]	Sabores básicos altamente acentuados	1
Ajuste de escala para Aceptabilidad - Sabores específicos		
Escala	Descripción	Valoración
[0]	Sabores específicos ausentes	0
[1-2]	Sabores específicos poco desarrollados	1
[3]	Sabores específicos medianamente desarrollados	2
[4-5]	Sabores específicos altamente desarrollados	3

Las valoraciones tuvieron que ser comparadas por pares, de forma que se pueda encontrar la mejor opción con el menor número de comparaciones, evitando generar errores, considerando que los sabores específicos son de mayor relevancia al ser los



Universidad de Cuenca

más difíciles de desarrollar y mantener. La Tabla 27 indica los resultados y la forma sucesiva en la que se desarrollaron las comparaciones. De cada comparación se tomó la mejor opción y se la llevó a la siguiente evaluación. Las comparaciones de las gráficas radiales se presentan desde la ilustración 13 a la 21, donde se aprecia que el experimento que mejor valoración de aceptabilidad obtuvo fue el experimento 2 (E2) superando incluso a la muestra de referencia (E9).

Tabla 27 Análisis comparativo de muestras radiales por pares

Experimentos	1° test	2° test	3° test	4° test
E1				
E2	E2			
E3		E2		
E4	E4			
E5			E2	
E6	E6			E2
E7		E6		
E8	E7			
		E9		

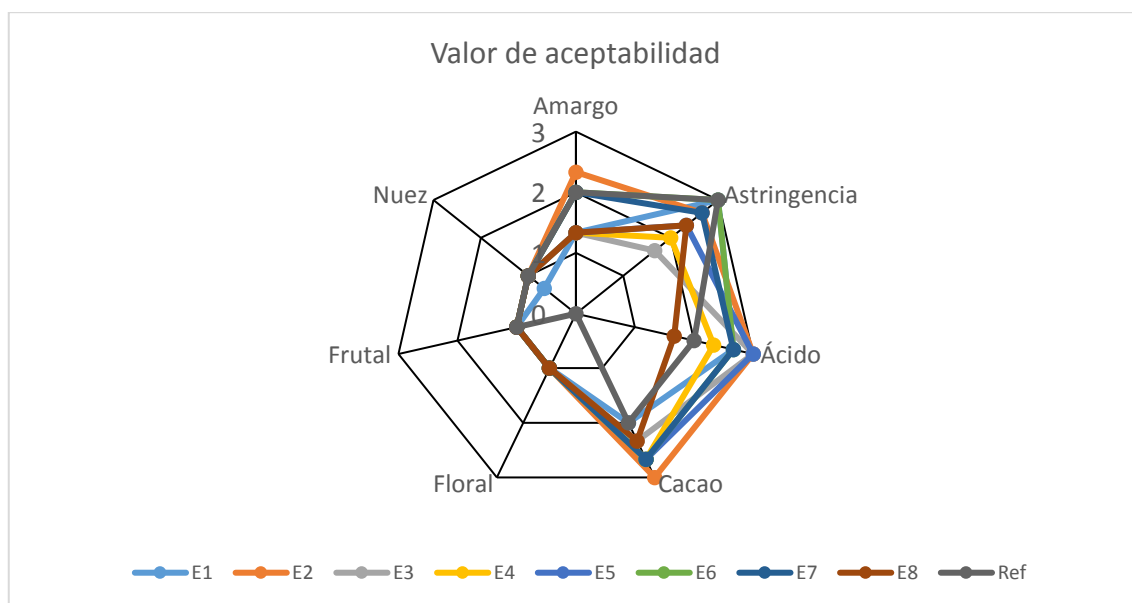


Ilustración 13 Resultados de valor de Aceptabilidad

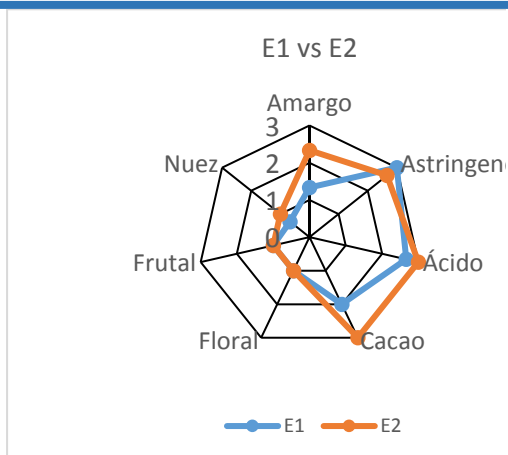


Ilustración 14 Análisis QDA comparativo 1/8

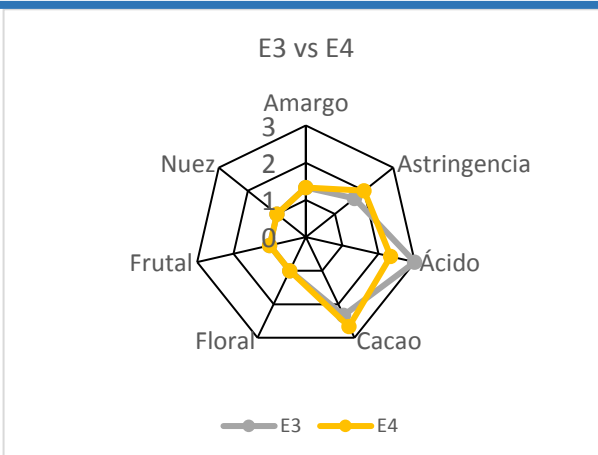


Ilustración 15 Análisis QDA comparativo 2/8

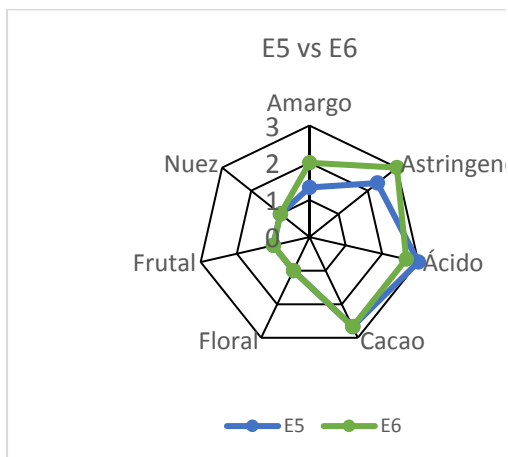


Ilustración 16 Análisis QDA comparativo 3/8

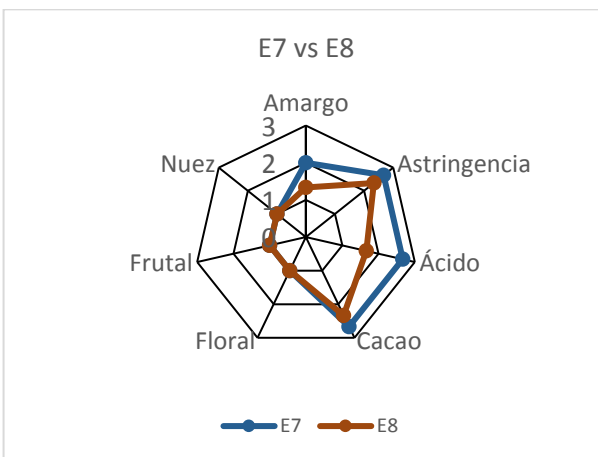


Ilustración 17 Análisis QDA comparativo 4/8

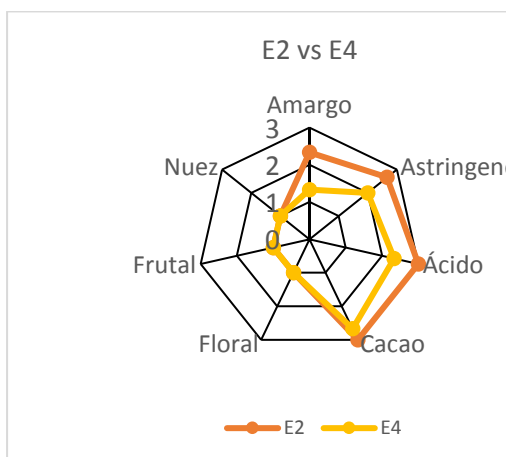


Ilustración 18 Análisis QDA comparativo 5/8

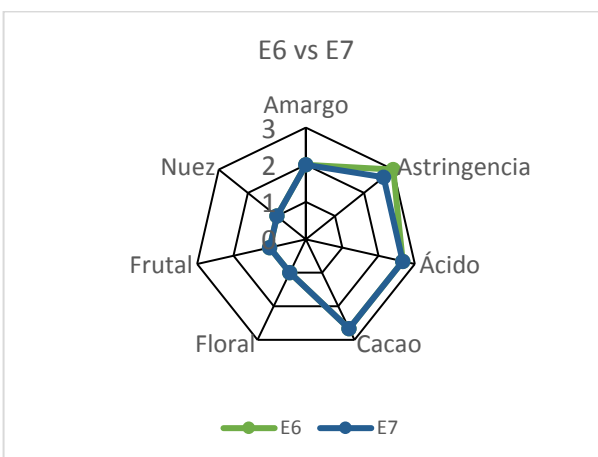


Ilustración 19 Análisis QDA comparativo 6/8

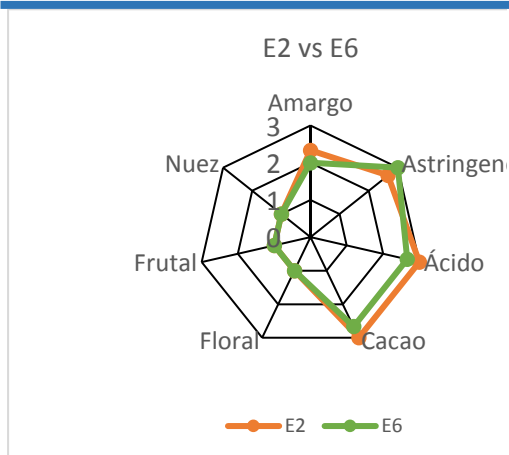


Ilustración 20 Análisis QDA comparativo 7/8

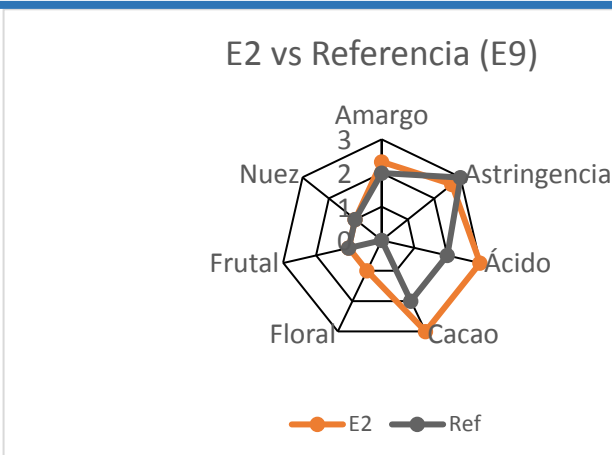


Ilustración 21 Análisis QDA comparativo 8/8

4.3.2.1.2. Metodología Screening

El análisis basado en la metodología Screening se realizó por medio de Excel, manteniendo la ponderación de aceptabilidad. La Tabla 28, expone la matriz que representa la suma de valoraciones de calidad para cada experimento.

Tabla 28 Respuesta de valoración de calidad en la matriz factorial

Experimento	Variables*								Valoración de Calidad		
	I	X1	X2	X3	x4	x5	x6	x7	R1	R2	R3
1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	12	11	12
2	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	15	13	14
3	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	12	11	11
4	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	10	14	10
5	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	13	12	12
6	1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	13	14	13
7	1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	13	13	13
8	1	1	1	1	1	1	1	1	11	9	12
Referencia										11	

*Las variables x_1 , x_2 y x_3 representan las variables puras del diseño factorial, en cambio, las variables x_4 , x_5 , x_6 y x_7 representan las interacciones de x_1x_2 , x_1x_3 , x_2x_3 y $x_1x_2x_3$ respectivamente.

En la Tabla 29 se muestra las variables de respuesta en promedio y los valores estadísticos generales necesarios para evaluar el modelo y seleccionar el mejor tratamiento. La variable Sabores adquiridos, será un parámetro de control junto con los valores estadísticos (desviación y error estándar). Se realizó una diferenciación de coloración en los datos de manera de que sea más fácil identificar las mejores combinaciones de respuestas.



Universidad de Cuenca

Tabla 29 Resultados promedio de variable respuesta y variables de control

Experimento	Defectos	Valoración	Desviación	Error Estándar
1	0.14	11.7	0.5774	0.6667
2	0.09	14.0	1	2
3	0.07	11.3	0.5774	0.6667
4	0.08	11.3	2.3094	10.6667
5	0.14	12.3	0.5774	0.6667
6	0.20	13.3	0.5774	0.6667
7	0.13	13.0	0	0
8	0.20	10.7	1.5275	4.6667
Referencia	0.60	11	Suma:	20
Var. Combinada:				1.25
Desviación Estándar Modelo				1.1180
Grados de libertad (GL)				16
T student (GL=16; Incertidumbre 5%)				2.4728
Coeficiente U				0.9775

Considerando únicamente la variable respuesta (Valoración de aceptabilidad), la mejor opción resulta el experimento 2, sin embargo, considerando las variables de control podemos analizar que la opción inmediatamente inferior en aceptabilidad, y que presenta menor desviación, es el experimento 6. Los dos experimentos (E2 y E6) deben considerarse en el análisis general, comparando las respuestas obtenidas en los demás métodos.

Con el diseño Screening se pudo obtener el valor de los coeficientes de la función que modela el comportamiento de la variable respuesta. Los resultados del modelo se muestran en la Tabla 30.

Tabla 30 Resultados del modelo Screening: Función

Coefficientes:	b_0^*	b_1	b_2	b_3	b_{12}	b_{13}	b_{23}	b_{123}
Valor:	12.21	0.125	-0.625	0.125	-0.7083	-0.4583	0.12	-0.13

Función modelo:

$$y = 12.21 + 0.13x_1 - 0.63x_2 + 0.13x_3 - 0.71x_4 - 0.46x_5 + 0.12x_6 - 0.13x_7$$

* b_0 representa el efecto promedio y se calcula como el promedio de la variable respuesta

Considerando los coeficientes del modelo resultante, es necesario interpretar que las variables que presentan mayor influencia son, como variable pura, la variable tiempo (x_2); y como variable combinada, la combinación tiempo-temperatura (x_1x_2) resultando



Universidad de Cuenca

ser antagónicas las dos, es decir que, al aumentar los valores de entrada, disminuyen la variable respuesta.

En este modelo, no pudo discriminarse ningún coeficiente, pues los coeficientes restantes de las variables puras poseen el mismo valor y son sinérgicas, es decir, al aumentar los valores de entrada, aumentan la variable respuesta.

Si analizamos de forma aislada cada coeficiente podemos interpretar que, a medida que aumentamos la temperatura de tostado, la valoración de calidad aumenta de igual manera, eso debido a que componentes relacionados con el sabor a chocolate (pirazinas) se desarrollan mejor a altas temperaturas. Así mismo sucede con la variable humedad inicial, que a valores superiores aumenta también dicha valoración, pudiendo justificarse con el hecho de que se encuentra mayor cantidad de agua y la pérdida de peso será mayoritariamente de dicho compuesto, antes que de componentes volátiles propios del cacao. La variable tiempo de tostado resultó ser antagónica, pues aumentar sus valores desfavorece la valoración de calidad, justificándose con la pérdida de componentes volátiles debido a la intensidad del tratamiento térmico.

Las interacciones entre las variables resultan ser antagónicas, a excepción de la que hay entre las variables tiempo de tostado y humedad inicial que resulta favorable por la razón de que son dependientes la una de la otra, pues mayores humedades iniciales requerirán mayores tiempos de tostado, algo que no sucede entre el tiempo y la temperatura de tostado, ya que mayores temperaturas requerirán menores tiempos.

Además, si representamos los coeficientes en una gráfica de dispersión, como indica la Ilustración 22, podemos apreciar que no se da el comportamiento de gráfica de distribución Normal que se esperaría, sino que más bien posee un comportamiento lineal.

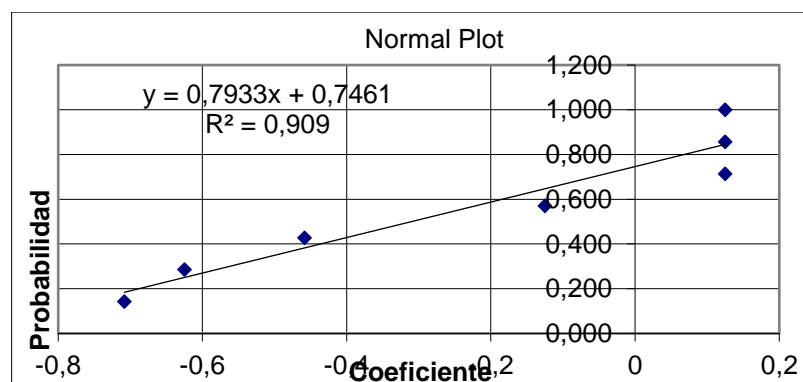


Ilustración 22 Gráfica de dispersión de coeficientes de modelo experimental



Universidad de Cuenca

4.3.2.1.3. Análisis estadístico en IBM SPSS 25

Utilizando el software IBM SPSS 25 se ha realizado el análisis estadístico de los valores obtenidos en el perfil sensorial, realizado el análisis de la varianza y el análisis de componente principales. La selección del mejor tratamiento se realizará de forma gráfica, mediante barras, una para Sabores básicos y específicos; y la otra para sabores adquiridos como se indica en las Ilustraciones 23 y 24.

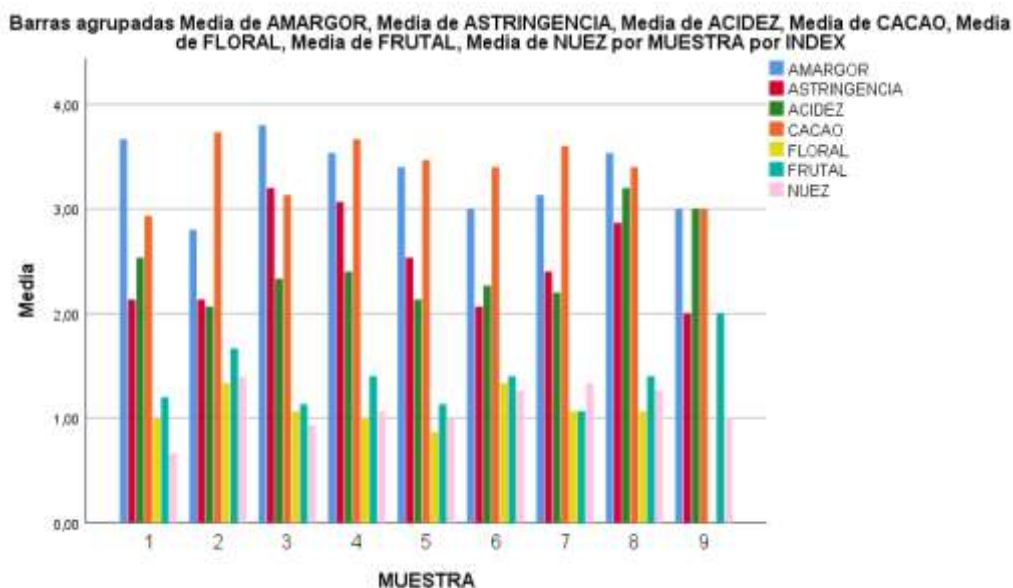


Ilustración 23 Gráficas de puntuaciones medias de sabores básicos y específicos

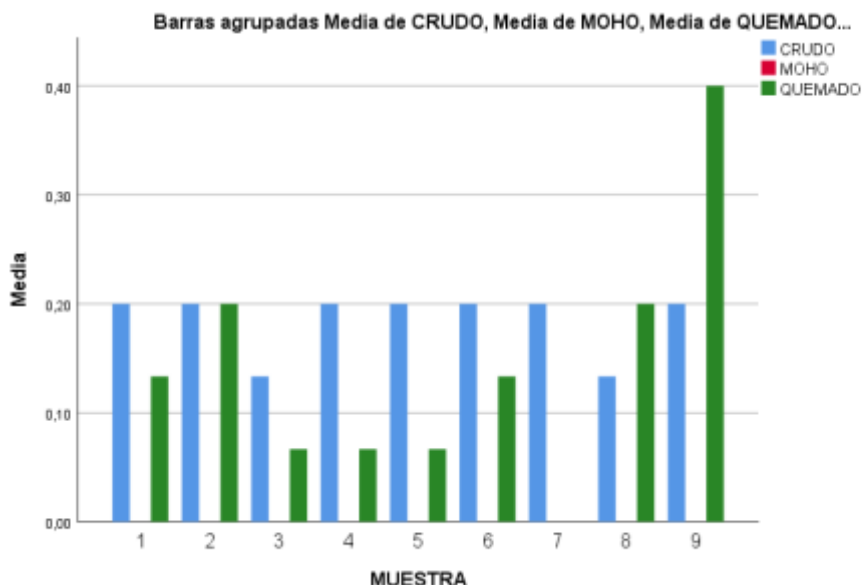


Ilustración 24 Gráfica de puntuaciones medias de sabores adquiridos

El análisis realizado en las gráficas favorece a E2 tanto en sabores básicos como específicos, mostrándose como la opción que mejores atributos sensoriales desarrollo, le sigue E6, aunque sin superarlo en sabores específicos.



Universidad de Cuenca

Realizando el análisis ANOVA se obtiene los valores resumidos en la Tabla 31, donde se encuentran los niveles de significancia que nos muestran que, sí existe diferencia significativa en la población ($p < 0.05$).

Tabla 31 Resultados de análisis ANOVA: Sabores básicos y específicos

		ANOVA				
	Variable	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig. (p)
AMARGOR	Entre grupos	2.874	8	0.359	3.070	0.023
	Dentro de grupos	2.107	18	0.117		
	Total	4.981	26			
ASTRINGENCIA	Entre grupos	4.987	8	0.623	3.339	0.016
	Dentro de grupos	3.360	18	0.187		
	Total	8.347	26			
ACIDEZ	Entre grupos	3.692	8	0.461	2.618	0.043
	Dentro de grupos	3.173	18	0.176		
	Total	6.865	26			
CACAO	Entre grupos	2.003	8	0.250	2.036	0.100
	Dentro de grupos	2.213	18	0.123		
	Total	4.216	26			
FLORAL	Entre grupos	3.736	8	0.467	21.017	0.000
	Dentro de grupos	0.400	18	0.022		
	Total	4.136	26			
FRUTAL	Entre grupos	2.160	8	0.270	2.988	0.026
	Dentro de grupos	1.627	18	0.090		
	Total	3.787	26			
NUEZ	Entre grupos	1.310	8	0.164	1.754	0.153
	Dentro de grupos	1.680	18	0.093		
	Total	2.990	26			

Se realiza la prueba de Tukey para identificar los grupos homogéneos o los causales de la diferencia significativa entre las medias poblacionales de las variables cuyo valor de significancia corresponde a $p < 0.05$. Se resumen los grupos en las Tablas 32, 33 y 34, que corresponden a las variables Amargor, floral y frutal y a las ilustraciones 25, 26 y 27 respectivamente.



Universidad de Cuenca

Tabla 32 Resultados de la prueba de Tukey: Amargor

MUESTRA	N	AMARGOR	
		Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
2	3	2.8000	
6	3	3.0000	3.0000
9	3	3.0000	3.0000
7	3	3.1333	3.1333
5	3	3.4000	3.4000
4	3	3.5333	3.5333
8	3	3.5333	3.5333
1	3	3.6667	3.6667
3	3		3.8000
Sig. (p)		0.107	0.163

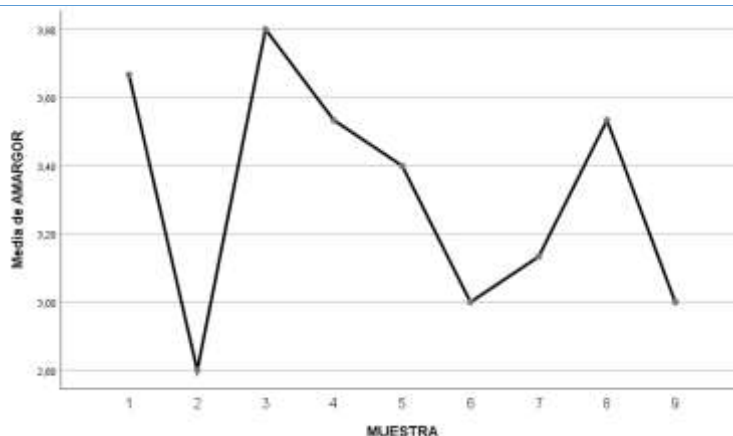


Ilustración 25 Gráfica de medias - prueba de Tukey: Amargor

Tanto en la gráfica, como en las tablas se aprecia la diferencia estadística que existe entre E2 y E3, pues se encuentran en los pico inferior y superior respectivamente. Dichos experimentos difieren en sus variables temperatura y tiempo, manteniendo únicamente la humedad inicial del 3% como variable en común.

Tabla 33 Resultados de la prueba de Tukey: Floral

MUESTRA	N	FLORAL		
		Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
9	3	0.0000		
5	3		0.8667	
1	3		1.0000	1.0000
4	3		1.0000	1.0000
3	3		1.0667	1.0667
7	3		1.0667	1.0667
8	3		1.0667	1.0667
2	3			1.3333
6	3			1.3333
Sig. (p)		1.000	0.771	0.202



Universidad de Cuenca

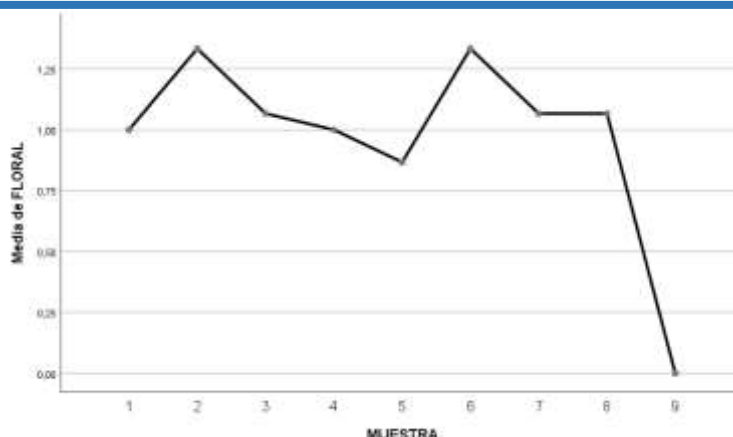


Ilustración 26 Gráfica de medias - prueba de Tukey: Floral

En la gráfica de medias de sabor Floral, podemos apreciar la caída súbita, causada por la ausencia de este sabor en la muestra E9 que es nuestra referencia comercial, mostrándonos así, que dicho sabor se desarrolló de mejor manera en todos los experimentos a comparación del comercial, lo que comprueba una mejora estadísticamente significativa.

Tabla 34 Resultados de la prueba de Tukey: Frutal

MUESTRA	N	FRUTAL	
		Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
7	3	1.0667	
3	3	1.1333	
5	3	1.1333	
1	3	1.2000	1.2000
4	3	1.4000	1.4000
6	3	1.4000	1.4000
8	3	1.4000	1.4000
2	3	1.6667	1.6667
9	3	2.0000	2.0000
Sig. (p)		0.319	0.080

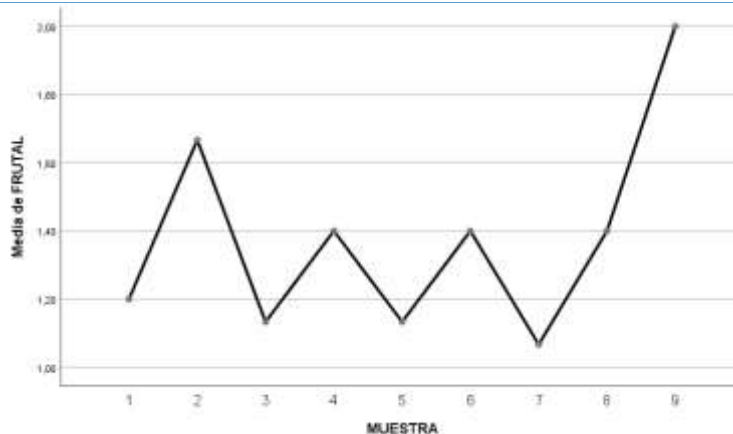


Ilustración 27 Gráfica de medias - prueba de Tukey: Frutal



Universidad de Cuenca

Así como en el sabor Floral, en el Frutal también existe un límite extremo, sin embargo, este es favorable hacia la muestra referencia E9 que posee la mayor valoración de este parámetro, seguida de E2, lo que muestra que en nuestros tratamientos se ha desfavorecido, en lugar de potenciarlo, por lo que podría profundizarse en un estudio específico para determinar sus causales.

4.4. COMPARATIVA DEL PRODUCTO DE PROCESO OPTIMIZADO

4.4.1. Características químicas

Mediante análisis químico se obtuvieron los siguientes resultados, representados en la Tabla 35 y se realizó una comparación de los parámetros químicos antes y después de la optimización y se lo contrastó con la Norma INEN 623.

Tabla 35 Contraste de resultados de análisis químico

Variable(unidad) /Muestra	No optimizada	Optimizada	NTE INEN 623
Grasa (%)	48.90	48.88	48 – 54
Humedad (%)	2.50	2.02	3
Almidón (%)	8.71	8.70	8.5 – 9
Fibra (%)	1.40	1.04	4.7
Cenizas (%)	2.90	2.07	7.5

4.4.2. Características organolépticas

Tal como se comprobó en la Tabla 27 y en la Ilustración 21, la resultante del proceso optimizado supera en el perfil de sabor a su predecesora no optimizada. Todos los análisis del perfil de sabor convergen en la selección del experimento E2 como el más óptimo para cacao CCN-51 en los límites propuestos.



4.5. EVALUACIÓN DEL CHOCOLATE EN LECHE

4.5.1. Características organolépticas

Por medio del análisis de puntuación de los evaluadores, se pudo realizar un análisis de la aceptación organoléptica completa del producto final. Los promedios de los resultados se resumen en la Tabla 36.

Tabla 36 Resultados de la evaluación de Chocolate en leche

Característica organoléptica	Puntuación
Color	4.6
Apariencia	4.2
Olor	4
Aroma	4.4
Sabor	4.6
Textura	5

Podemos apreciar que las puntuaciones son altas y están minimamente por debajo del límite máximo de la escala. Además, si expresamos los resultados en una gráfica radial, se obtiene la Ilustración 28, donde puede apreciarse que el nivel de satisfacción global alcanza gran parte del valor total.

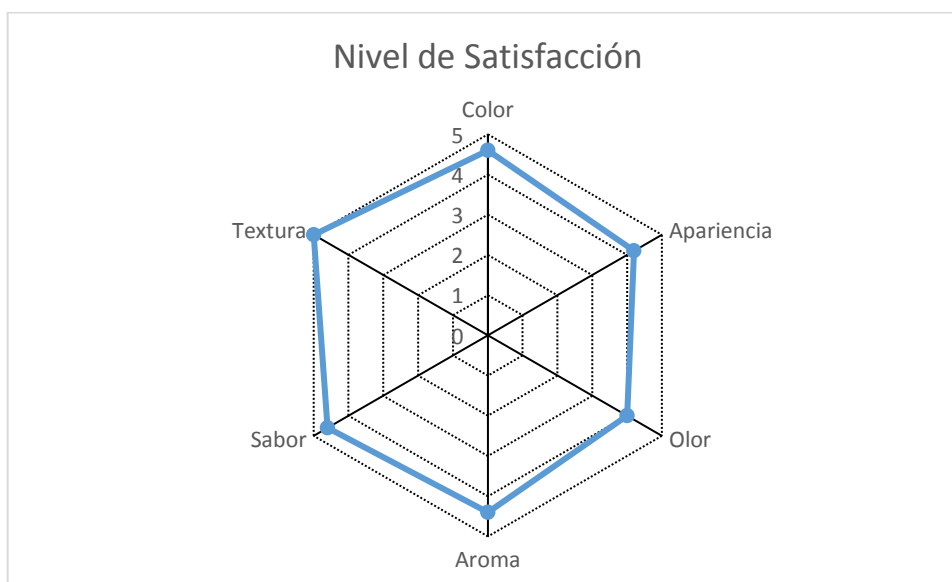


Ilustración 28 Nivel de satisfacción - características organolépticas

4.6. ANÁLISIS PCA

El análisis PCA nos ayudó a determinar los componentes principales que tuvieron mayor impacto sobre el experimento, es decir, nos permitió constatar que variables pueden ser



Universidad de Cuenca

reducidas por su baja influencia, sin generar gran variación en los resultados. La Tabla 37 nos muestra los valores de comunalidad entre los componentes de la variable respuesta.

Tabla 37 Análisis PCA: Tabla de comunalidades

Variable	Comunalidades	
	Inicial	Extracción
AMARGOR	1.000	0.750
ASTRINGENCIA	1.000	0.752
ACIDEZ	1.000	0.779
CACAO	1.000	0.765
FLORAL	1.000	0.674
FRUTAL	1.000	0.749
NUEZ	1.000	0.802
CRUDO	1.000	0.587
QUEMADO	1.000	0.660

La Tabla de Comunalidades nos muestra valores superiores a 0.5, por lo que consideramos que todos nuestros componentes tienen influencia, a excepción de la variable Moho, que se retiró por generar un error por poseer valor promedio y de varianza cero. Por medio de la gráfica de sedimentación, expresa en la Ilustración 29, podemos determinar que hay 3 componentes donde está localizada la mayor probabilidad de resultados. Dichos componentes se hallan en la Tabla 38.

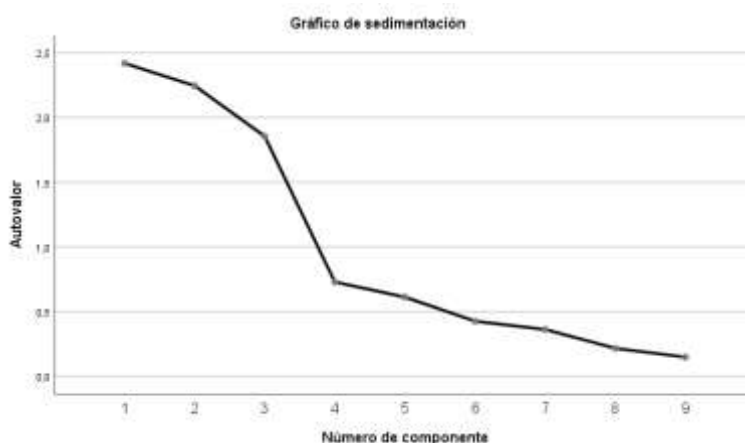


Ilustración 29 Gráfico de sedimentación de componentes principales

La matriz de componente rotado, resumido en la Tabla 38 nos muestra los posibles equipos que pueden formarse como componentes de la variable respuesta.



Tabla 38 Análisis PCA: Matriz de componente rotado

Variable	Matriz de componente rotado		
	1	2	3
AMARGOR	0.806	-0.212	0.237
FRUTAL	-0.805	0.139	0.286
ASTRINGENCIA	0.746	0.437	
NUEZ	-0.241	0.861	
CACAO		0.838	-0.251
CRUDO	-0.332	-0.576	-0.380
ACIDEZ	0.259		0.839
FLORAL	0.121	0.382	-0.717
QUEMADO	-0.496		0.643

Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser.

En la matriz de componente rotado podemos apreciar las combinaciones de variables que conforman los componentes que mejor se ajustan a nuestro modelo. Considérese que se eliminó la variable Moho de sabores adquiridos, debido a que su varianza era cero y no era válido para el análisis PCA.

La matriz de transformación de componente indicada en la Tabla 39, nos indica la correlación estadística entre los equipos formados. No existe una correlación directa fuerte (<0.8) entre ninguno de los equipos, pero sí una correlación directa media del componente 2 con los restantes, pudiendo usarse dicho componente como la mejor representación del experimento.

Tabla 39 Análisis PCS: Matriz de transformación de componente

Componente	Matriz de transformación de componente		
	1	2	3
1	0,775	0,543	-0,323
2	-0,631	0,647	-0,427
3	-0,023	0,535	0,844

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser.

La Ilustración 30 muestra los coeficientes de correlación, permitiendo observar que los parámetros que se encuentran más próximos en la gráfica de espacio rotado, son los que más se relacionan como componente de la variable respuesta.



Gráfico de componente en espacio rotado

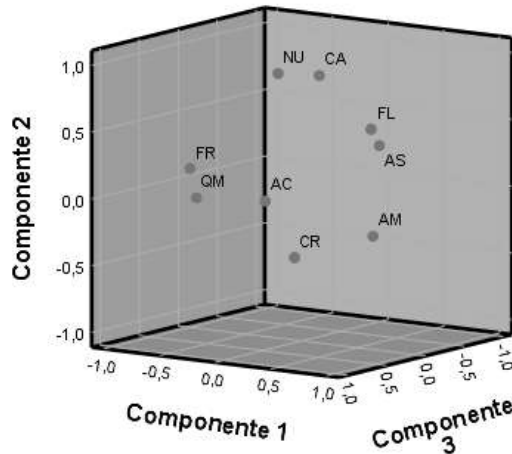


Ilustración 30 Análisis PCA: Gráfica de componente en espacio rotado

En la gráfica es notoria la correlación entre algunos sabores específicos y sabores adquiridos, como el sabor frutal y quemado, que se muestran próximos en la representación, lo que podría servir como planteamiento para investigaciones posteriores de mejoramiento del perfil de sabor.



CAPÍTULO 5: DISCUSIÓN

5. DISCUSIÓN

La caracterización de la materia prima nos permitió apreciar que la normativa ecuatoriana NTE INEN 176 (2018) actual que establece los requerimientos de calidad del cacao, no hace distinción de tipo/variedad de cacao, más bien, considera una categorización general, por lo que resulta insuficiente al momento de querer establecer un punto de partida en una investigación. Los límites de calidad poseen un rango demasiado amplio, muy generalizado que solo puede especificarse gracias a estudios particulares, sin embargo, estos deberían encontrarse en la norma.

El comportamiento de las curvas de secado es el esperado, considerando que en los 45min ha alcanzado más de la mitad del valor de pérdida de peso, comprobando el estudio de Díaz (2012) "Análisis de las características organolépticas del chocolate a partir de cacao CCN51 tratado enzimáticamente y tostado a diferentes temperaturas". Sin embargo, se comete un error si se considera que el peso perdido se debe únicamente a agua, puesto que los componentes volátiles que se eliminan a temperaturas superiores a los 105°C solo pueden ser caracterizados y cuantificados mediante métodos instrumentales. Reineccius (2006) justificó algunas de estas pérdidas, pues, mientras que 1,3 g de reducción de azúcares y aminoácidos se perdieron durante el tostado de los granos de cacao, sólo 0,9 mg de pirazinas se formaron.

Krysiak (2005), en el estudio "Influencia de las condiciones de tostado en la coloración de los granos de cacao tostado", consideraron temperaturas de 110, 135 y 150 °C por 35 y 45min, obteniendo, como se constató en este estudio, mejores resultados en las muestras tratadas a 150 °C, sin embargo, dicho autor no considera la influencia de la humedad inicial que como pudimos ver es una variable sinérgica.

De los parámetros de a_w y pH que se plantearon como variables de control, la segunda no brindó una diferencia significativa marcada, algo que, si sucedió con la a_w , que se vio influenciada más por la temperatura que por el tiempo, pues el tiempo deja de ser una variable relevante más allá de los 45min.

El perfil de sabor mostró ser la mejor forma de evaluación de la calidad del cacao, aunque sería más objetivo, si se incluyera un análisis instrumental para caracterizar los componentes que definen el perfil de sabor. Si analizamos las tendencias para



Universidad de Cuenca

interpretar el comportamiento de los diferentes perfiles sensoriales, comprobamos la que el tratamiento a 150°C por 45min y que parte de 3% de humedad inicial es el que ha desarrollado un perfil de sabor mayormente aceptado. Además, se destaca valores altamente aceptados de sabores básicos, con valores de sabores específicos en menor medida. Observamos que a mayores temperaturas de tostado aumentan sabores básicos y se reducen específicos, menos el sabor a cacao ya que, según Beckett (2009) las pirazinas se producen favorablemente a temperaturas mayores y son excepcionalmente importantes para el sabor de chocolate.

Las variables amargor y astringencia muestran resultados similares, al realizar los tratamientos mejoran, pero numéricamente tienen poca variación estadística, esto se debe a que son el resultado básicamente del proceso de fermentación, donde se encuentra su mayor producción de compuestos, como los polifenoles que son los que confieren estas características; la acidez en cambio debe sus valores al proceso de secado, pues en él, se disminuyen los ácidos volátiles.

Se puede decir que la fermentación no es la única etapa que provee el potenciamiento total de aromas en el chocolate, pues se ha podido evidenciar que, el tostado logra incrementar aún más las características sensoriales deseadas, como se comprobó en el sabor floral y frutal.

Los métodos de análisis estadístico, aunque con ligeras variaciones concordaron en la selección del mejor tratamiento, que sin duda disminuye el tiempo de tostado actual de 2h que maneja la empresa, demostrándose así la importancia del control de temperatura en el proceso de tostado. El análisis Screening nos facilitó la forma de organizar el experimento, mientras que el software SPSS permitió el análisis de gran cantidad de datos con relativa facilidad. Tanto el análisis Screening como el estadístico en SPSS nos permiten obtener modelos matemáticos para predecir el comportamiento e identificar las interacciones entre variables.

La evaluación del chocolate en leche se llevó con dificultad, puesto que no existe normativa o marco de referencia para compararlo, de modo que resulta más sencillo establecer una escala Likert, que no es más que una puntuación basada en la satisfacción del evaluador con el producto en características establecidas. Dicha escala nos permitió comprobar que efectivamente se escogió la mejor opción, pues el nivel de satisfacción fue sumamente elevado, considerándose un producto óptimo.



CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

Se optimizó el proceso de tostado del *Theobroma Cacao* L. variedad CCN-51 utilizado en la elaboración de chocolate amargo por medio de un diseño de análisis factorial, determinando que los parámetros 150°C, 45min y 3% de humedad inicial desarrollaron las mejores características evaluadas de forma sensorial, y que concuerdan con el comportamiento descrito por los coeficientes obtenidos mediante análisis Screening, la mayor temperatura y la mejor combinación tiempo de tostado – humedad inicial.

Se determinó que, en un proceso llevado a cabo a 150°C, 45min y 3% de humedad inicial, los parámetros que establece la Norma INEN 623 1988-06, son cumplidos exitosamente, además de cumplir con los requerimientos de calidad física establecidos por la FAO, determinando de esa manera que el producto cumple con los requerimientos de calidad industrial. Analizando además que la normativa no considera diferenciaciones entre los tipos de cacao, siendo que, tanto la composición como los parámetros físicos son diferentes entre ellos y no pueden evaluarse bajo los mismos parámetros.

Se evaluó exitosamente las características físicas, químicas y organolépticas de los granos de cacao antes y después de la optimización del proceso de tostado y se demostró estadísticamente una mejora significativa de este último en el perfil de sabor, considerando sabores básicos, específicos y adquiridos; Se encontraron cambios poco significativos en los parámetros químicos, a excepción de la humedad, donde ha resultado ser menor con casi 0.5%, que para el chocolate que se clasifica como un producto seco, es una gran diferencia, pues limita el desarrollo de microorganismos.

No existe normativa para establecer parámetros de calidad del chocolate en leche, por lo que resulta complejo la correcta evaluación, pero puede evaluarse la satisfacción del consumidor mediante una escala Likert. Las características del chocolate con leche evaluadas bajo dicha escala nos mostraron una aceptación sumamente alta, alcanzando casi la totalidad de la escala de satisfacción, pudiendo considerarse así, un producto óptimo.



Universidad de Cuenca

6.2. RECOMENDACIONES

Es necesario desarrollar el experimento propuesto en este trabajo de titulación, extrapolándolo a los diferentes tipos de cacao encontrados en el Ecuador.

Se puede investigar sobre la influencia del tipo de tostado, los cambios que se desarrollan al realizarlo en tostadores de parrilla o en tostadores rotatorios.

Se recomienda que se realice un estudio sobre la mejor combinación de parámetros entre el proceso de Fermentación y Tostado de manera de potenciar incluso aún más los valores del perfil de sabor.

Existe una correlación entre los sabores específicos y sabores adquiridos del cacao que podrían estudiarse a profundidad a manera de mejorar el perfil de sabor.



BIBLIOGRAFÍA

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Afoakwa, E. 2010. *Chocolate Science and Technology*. Singapore, Wiley-Blackwell. 275p.

Afoakwa, E. O., Paterson, A., Fowler, M., y Ryan, A. (2008). Flavor formation and character in cocoa and chocolate: a critical review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(9), 840–857. doi:10.1080/10408390701719272

Aldave Palacios, G. (2016). 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. Doctorado. UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS.

Alegría, E. (2015). Evaluación de tratamientos previos al proceso de tostado de semillas de cacao para el diseño del área de producción de pasta de cacao. Quito: Escuela Politécnica Nacional.

ANECACAO. (2013). Cacao CCN 51. Recuperado de: <http://www.anecacao.com/es/cacao-ccn-51/> (marzo, 2018)

ANECACAO, Origen del Cacao en el Ecuador: Características de los Cacaos Finos y Ordinarios, Primera Edición, Quito-Ecuador, 2004.

ANECACAO. (2015). Cacao CCN-51. Recuperado de: <http://www.anecacao.com/es/quienes-somos/cacaoccn51.html>

ANECACAO. (2015). Información nacional e internacional. Recuperado de: <http://www.anecacao.com/es/estadisticas/> (marzo, 2018)

Ares, G. (2011). Nuevas metodologías para la caracterización sensorial de alimentos. *Nuevas Metodologías Para La Caracterización Sensorial de Alimentos*.

Arguello, O.; Mejía, A. & Palencia, g. Clasificación de especies cultivares de *Theobroma cacao* L. para el mejoramiento del sistema de multiplicación de cacao. *Corpoica - Colombia*, 2000, Pág. 11.

Armijos, A. 2002. Caracterización de acidez como parámetro químico de calidad en muestras de cacao (*Theobroma cacao* L.) fino y ordinario de producción Nacional



Universidad de Cuenca

durante la fermentación, Tesis Lic. en Química, Quito, Ecuador, Pontificia Universidad Católica 103 p.

Augstburger, F., Berger, J., Censkowsky, U., Heid, P., Milz, J., y Streit, C. (2000). Cacao. In Agricultura Orgánica en el Trópico y Subtrópico (1era. ed.). Gräfelfing, Alemania: Naturland. Recuperado de <http://www.naturland.de/fileadmin/MDB/documents/Publication/Espanol/cacao.pdf>

Awua, P.K. (2002). Cocoa Processing and Chocolate Manufacture in Ghana. Essex, UK: David Jamieson and Associates Press Inc.

Bartley B. (2005). The Genetic Diversity of Cocoa and its Utilization. First Edition, CABI Publishing, Oxfordshire-U.K, Pág. 337.

Batista, L. (2009). El Cultivo de Cacao (1era. ed.). Santo Domingo, República Dominicana: CEDAF. Recuperado de <http://www.rediaf.net.do/publicaciones/guias/download/cacao.pdf>

Beckett, Industrial Chocolate Manufacture and Use, Cuarta Edición, 2009.

Bertazzo, A.; S. Comai, I. Brunato, M. Zancato and C. V. L. Costa. 2011. The content of protein and non-protein (free and protein-bound) tryptophan in Theobroma cacao beans. Food Chemistry. 124 (1): 93-96.

Beuchat, & T. J. Montville (Eds.), Food microbiology, fundamentals and frontiers (pp. 721–733). Washington, DC: American Society for Microbiology.

Bin Hasny Muhamad, "Optimisation of Cocoa Bean Roasting Conditions Based on the Development of Flavour Compound", (Thesis, Faculty of Applied Science, UniversitiTeknologi MARA, 2012).

Bonilla Oliva, J. (2014). Evaluación de tostado y desarrollo de chocolate con leche a partir de cacao (Theobroma cacao) var. Trinitario. Licenciatura. Escuela Agrícola Panamericana.

Braudeau, Jean. (1970). El cacao. La industria del cacao y del chocolate; Fabricación del chocolate. México, D.F.

Brunetto, M.; C. Y. Delgado, L. Gutiérrez, R. S. Clavijo, Y. Contreras, M. Gallignani, A. Zambrano, A. Gómez and G. Ramos. 2009. Headspace gas chromatography-



Universidad de Cuenca

massspectrometry determination of alkylpyrazines in cocoa liquor samples. Food Chemistry 112 (1): 253-257.

Calderón, L. 2002. Evaluación de los compuestos fenólicos del cacao (*Theobroma cacao* L.) de tipo fino y ordinario de producción Nacional durante la fermentación en relación con la calidad. Tesis Lic. en Química, Quito Ecuador, Pontificia Universidad Católica. 144 p.

Camu, N.; De Winter, T.; Addo, S.; Takrama, J.; Bernaert, H.; De Vuyst, L. (2008). Fermentation of cocoa beans: influence of microbial activities and polyphenol concentrations on the flavour of chocolate. J Sci Food Agric.; 88: 2288-2297.

CAOBISCO/ECA/FCC Cocoa Beans: Chocolate and Cocoa Industry Quality Requirements. September 2015 (End, M.J. and Dand, R., Editors)

CENTRO DE COMERCIO INTERNACIONAL UNCTAD/GATT. 1987. Cacao. Guía del comerciante. Ginebra: UNCTAD/GATT.

CEPAL, C. E. (2015). Diagnóstico de la Cadena Productiva del Cacao en el Ecuador. Secretaría Técnica del Comité Interinstitucional para el Cambio de la Matriz Productiva. Recuperado el Junio de 2018, de <https://www.vicepresidencia.gob.ec/wp-content/uploads/2015/07/Resumen-Cadena-de-Cacao-rev.pdf>

Chichester c., Mrak e. & Schweigert b., Advances in Food Research, Primera Edición, Volume 30, Orlando-USA, 1986, Pág. 93, 221-231.

Cordier, J. 1994. HACCP in the Chocolate Industry. Food Control 5:171-175.

Counet, C., Callemien, D., Ouwere, C., y Collin, S. (2002). Use of gas chromatography-olfactometry to identify key odorant compounds in dark chocolate. Comparison of samples before and after conching. Agriculture and Food Chemistry, 50(1), 2385–2391. doi:10.1021/jf0114177

Cros, E.; Mermet G.; Jeanjean N.; y Georges G. 1994. Relation précurseurs développement de l'arôme cacao. In 11^o Conferencia Internacional de Investigación en Cacao, (11, 1993, Coted' Ivoire) Memorias, Lagos, Nigeria, Cocoa Producer's Alliance. 723 – 726 p.

Cross, E. (2004). Factores que afectan el desarrollo del sabor a cacao, bases bioquímicas del perfil aromático, Taller Internacional de Calidad Integral de Cacao. Noviembre 15-17, Quevedo EC. 20 p.



Universidad de Cuenca

Cuesta, J. 2008. Diseño de una línea procesadora de pasta de cacao artesanal. Tesis. Ing. de Alimentos. Guayaquil, Ecuador, Escuela Superior Politécnica del Litoral. 72p.

D'Aoust, J. 1997. Salmonella and the Chocolate Industry, A review. *Journal of Food Protection* 40:718-727.

Díaz, S.; Pinoargote, M. (2012). "Análisis de las características organolépticas del chocolate a partir de cacao CCN51 tratado enzimáticamente y tostado a diferentes temperaturas. Tesis de grado, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencia de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.

Dostert, N., Roque, J., Cano, A., La Torre, M., y Weigend, M. (2012). Hoja botánica: Cacao (1era. ed.). Lima, Peru: Botconsult GmbH. Recuperado de: http://www.botconsult.com/downloads/Hoja_Botanica_Cacao_2012.pdf (Marzo, 2018)

Dreosti, I.E. (2000). Antioxidant polyphenols in tea, cocoa and wine. *Nutrition*, 16, 692-694.

El Agro. (2013). El Cacao en la economía del Ecuador | | Revista El Agro. [online] Available at: <http://www.revistaelagro.com/el-cacao-en-la-economia-del-ecuador/> [Accessed 4 Apr. 2018].

Eskes, B; & C. Lanaud. 2001. Cocoa. In: *Tropical Plant Breeding*. Charrier et. al., (eds) CIRAD, France. pp : 78-105

FAO. 2000. Inocuidad y Calidad de los alimentos en relación con la agricultura orgánica, 22º Conferencia Regional de la FAO para Europa, oporto Portugal. Consultado el 30 de septiembre del 2005 disponible en: www.fao.org/docrep/meeting/x49835.htm

Fierro, S., & Antoño, E. (2008). Evaluación del prendimiento de dos tipos de injerto con tres clones de cacao (*theobroma cacao*), investigados por el INIAP y dos cultivares de la zona.

Fowler, M. S. (2009). Cocoa Beans: from Tree to Factory. In *Industrial chocolate manufacture and use* (4ta. ed., pp. 10–47). Oxford, Reino Unido: John Wiley y Sons Ltd.

Graziani, L. F. 2003. Calidad del cacao, Memorias del Primer Congreso Venezolano del Cacao y su Industria, Instituto de Química y Tecnología, Facultad de Agronomía. UCV. Consultado el 18 de Enero del 2005 disponible en: www.Cacao.sian.info.ve/memorias/html/18html



Universidad de Cuenca

Gutiérrez, J. 2000. Cacao producto fino y de aroma, en cultivos controlados, (Julio2002, Quito Ecuador), Vol. 2, p. 12.

Hall, H., Yuncong, L., Comerford, N., Arévalo, E., Zuñiga, L., Baligar, V., y Popenoe, H. (2010). Cover crops after phosphorus soil fractions and organic matter accumulation in a Peruvian cacao. *Agroforestry Systems*, 80(3), 447–455. doi:10.1007/s10457-010-9333-8

Hernández, R, Fernández, C y Baptista, P (2006). Metodología de la investigación. México D.F.: Mc- Graw Hill.

Hii, C.L., C.L. Law, M. Cloke y S. Suzannah. 2009. Thin layer drying kinetics of cocoa and dried product quality. *Biosyst. Eng.* 102(2), 153-161. Doi: 10.1016/j.biosystemseng.2008.10.007

ICONTEC. (2001). NTC 4934. Analisis sensorial. Metodología. Guía general para establecer un perfil sensorial. Bogotá D.C.: ICONTEC.

ICONTEC. (1997). Analisis sensorial. Guia general para la selección y seguimiento de evaluadores. Parte 1 evaluadores seleccionados. Bogotá D.C.: ICONTEC.

INIAP, Manual del Cultivo del Cacao 25: Antecedentes Históricos, Zonificación y Ecología del Cultivo, Segunda Edición, Quevedo-Ecuador, 1993.

INIAP, Boletín Técnico 135: Entorno Ambiental, Genética, Atributos de Calidad y Singularización del Cacao en el Nor Oriente de la Provincia de Esmeraldas, Quevedo-Ecuador, 2009.

INEN. (1988). NTE INEN 623 Pasta de cacao Requisitos. Quito, Ecuador.

INEN. (1989a). NTE INEN 173 Cacao en grano. Determinación de la humedad (pp. 1–3). Quito, Ecuador.

INEN. (1989b). NTE INEN 174. Cacao en grano. Determinación del contenido de grasa (pp. 1–4). Quito, Ecuador.

INEN. (1995). NTE INEN 177. Cacao en grano. Muestreo. Quito, Ecuador.

INEN. (2012). NTE INEN 176 Cacao en grano Requisitos. Quito, Ecuador.

INEN. (2013). NTE INEN 174. Cacao (productos derivados). Determinación del contenido de grasa. Método de extracción por Soxhlet. Quito, Ecuador.



Universidad de Cuenca

INEN. (2013). NTE INEN-ISO 2291. Granos de cacao. Determinación del contenido de humedad (método de rutina) (IDT). Quito, Ecuador.

INIAP. (2009). Entorno ambiental, genético, atributos de calidad y singularización del cacao en el Nororiente de la provincia de Esmeralda. Boletín técnico n° 135. Quevedo los Ríos, Ecuador.

Jeanjean, N. 1995. Influence du genotype, de la fermentation et de la torrefaction sur le developpement de l'arôme cacao. These de doctorat. Universite Montpellier II. MontpellierFrance. 202 p. Disponible en: www.cacao.sian.info.ve.

Jiménez, J.C. 2003. Prácticas del Beneficio del Cacao y su Calidad Organoléptica, 12 p. Mimeografiado.

Jonfia-Essien, W.A., G. West, P.G. Alderson and G. Tucker. 2008. Phenolic content and antioxidant capacity of hybrid variety cocoa beans. *Food Chemistry* 108(3): 1155–1159.

Jousse, F., Jongen, T., Agterof, W., Russell, S., y Braat, P. (2002). The Maillard Reaction. *Food Science*, 67(7), 2534–2542. doi:10.1111/j.1365-2621.2002.tb08772

Kamphuis, H. (2009). Production and quality standards of cocoa mass, cocoa butter and cocoa powder. In *Industrial chocolate manufacture and use* (4ta. ed.). Oxford, Reino Unido: John Wiley y Sons Ltd.

Knight, I. 1999. *Chocolate & Cocoa: Health and Nutrition*. Londres, Inglaterra, Blackwell Publishing Ltd. 341p.

KRYSIAK W., Influence of Roasting Conditions on Coloration of Roasted Cocoa Beans, *Journal of Food Engineering*, Lodz-Poland, 2006.

Latif, R. 2013. Health benefits of cocoa. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care* 16(6): 669-674.

Lecerteau, E., Robert, T., Pétiard, V., & Cruzillat, D. (1997). Evaluation of the extent of genetic variability among *Theobroma cacao* accessions using RAPD and RFLP. *Theoretical and Applied Genetics*, 95, 10-citation_lastpage.

Marie, P. D. (1996). *Evaluación sensorial de los alimentos. Métodos analíticos*. México D.F.: Alhambra Mexicana.



Universidad de Cuenca

Misnawi, J. and B. T. S. Ariza. 2011. Use of gas chromatography–olfactometry in combination with solid phase micro extraction for cocoa liquor aroma analysis. *International Food Research Journal* 18: 829-835.

Moreira, D. M. 1994. La Calidad del Cacao, *Revista INIAP* No 4, 24 26.

Murray, J. M.; C. M. Delahunty and I. A. Baxter. 2001. Descriptive sensory analysis: past, present and future. *Food Research International* 34: 461-171.

M&O CONSULTING S.A.C. (2008). Estudio de caracterización del potencial genético del cacao en el Perú. Lima: MINCETUR.

Navarrete, J. 1992. Evaluación de tiempos y métodos de fermentación con diferentes volúmenes de cacao (*Theobroma cacao* L.) de ascendencia nacional, para condiciones tropicales húmedas. Tesis Ing. Agr. Portoviejo Ecuador. Universidad Técnica de Manabí. 85 p.

Nebesny, E.; Rutkowski, J. (1998). Effect of cocoa bean enrichment and chocolate mass conching on the composition and properties of chocolates. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 7 (4), 673-681.

Nogales, J., Graziani, L., y Ortiz, L. (2006). Cambios físicos y químicos durante el secado al sol dle grano de cacao fermentado en dos diseños de cajones de madera. *Agronomía Tropical*, 56(1), 5–20. Recuperado de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0002-192X2006000100001yscript=sci_arttext (marzo, 2018)

Noor-Soffalina s.; Jinap s.; Nazamid s. & Nazimah s., Effect of Polyphenol and pH on Cocoa Maillard-Related flavor Precursors in Lipidic Model System, *International Journal of Food Science & Technology*, Vol 44, 2009.

Osman, H., Nazaruddin, R. & Lee, S. L. (2004). Extracts of cocoa (*Theobroma cacao* L.) leaves and their antioxidation potential. *Food Chemistry*, 86, 41–45.

Paredes, A. (1983). El cultivo del cacao (No. 4). EUNED.

Parra, P., Ortiz de Bertorelli, L., & Graziani de Fariñas, L. (2003) Características químicas de la semilla de diferentes tipos de cacao de la localidad de Cumboto, Aragua. *Agronomía Tropical*, 53(2), 133-144.

Pérez, R. 1999. Manejo postcosecha del Cacao, INIAP, Quevedo, Ecuador. 12p. mimeografiado.



Universidad de Cuenca

Pinzón, J.; Ardila, J.; Rojas, F. (2008). Guía Técnica para el Cultivo del Cacao. 3ª edición: 152-164.

Plúa, Juan Carlos. (2008). Diseño de una Línea Procesadora de Cacao Artesanal (Theobroma cacao). Tesis, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.

Portillo, E, Graziani de Farinas, L, & Betancourt, E. (2005). Efecto de los Tratamientos post-cosecha sobre la Temperatura y el Índice de Fermentación en la calidad del cacao criollo Porcelana (Theobroma cacao L.) en el Sur del Lago de Maracaibo. Revista de la Facultad de Agronomía, 22(4), 394-406. Recuperado en 21 de junio de 2018, de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182005000400007&lng=es&tlng=es.

Portillo, E.; M. Labarca, L. Grazziani, E. Cros, S. E. Assemat, F. R. B. Davrieux y M. Marcano. 2009. Formación del aroma del cacao Criollo (Theobroma cacao L.) en función del tratamiento poscosecha en Venezuela. Revista Científica UDO Agrícola 9 (2): 458-468.

Pound, F. J. (1933). Criteria and methods of selection in cacao. Imperial. College of Tropical Agriculture, 2(27-29), 1933

Quintana Fuentes, L., & Gómez Castelblanco, S. (2011). Perfil del Sabor del Clon CCN51 del Cacao (Theobroma cacao L.) Producido en Tres Fincas del Municipio de San Vicente de Chucurí. Publicaciones E Investigación, 5(1), 45. doi: 10.22490/25394088.594

Ramli, N.; Hassan, O.; Said, M.; Samsudin, W.; Idris, N.A. (2006). Influencia de las condiciones de tostado en el sabor volátil de tostar los granos de cacao de Malasia. Diario de procesamiento y conservación de alimentos, 30, 280-298.

Ramos, G., González, N., Zambrano, A., & Gómez, Á. (20 de octubre de 2013). Olores y sabores de cacaos (Theobroma cacao L.) venezolanos obtenidos usando un panel de. Mérida, Mérida, Venezuela: Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas del Estado Mérida (INIA-Mérida).

Ramos, G, Ramos, P. y Azócar, A., 2000. Beneficio del Cacao, In Manual del Productor de cacao, Mérida Venezuela, p. 58 69.



Universidad de Cuenca

Reed, S. 2010. Sensory analysis chocolate licor. *The Manufacturing Confectioner*. p. 43-52.

Reineccius, G. 2006. *Flavor chemistry and flavor technology*. Taylor & Francis Group, 2nd Ed. LLC. Boca Raton, Florida, United States of America. 465 p.

Rodriguez-Campos, J., H.B. Escalona Buendia, S.M. Contreras Ramos, I. Orozco Avila, E. Jaramillo Flores y E. Lugo Cervantes. 2012. Effect of fermentation time and drying temperature on volatile compounds in cocoa. *Food Chem.* 132(1), 277-288. Doi: 10.1016/j.foodchem.2011.10.078

Romero, G. 2004. Mercadeo nacional e internacional del cacao. In *Taller Internacional de Calidad Integral de cacao Teoría y Práctica (15-17nov. / 2004, Quevedo – Ecuador)*. Memorias INAP. Quevedo, Ecuador. 20 p.

Sanchez, V. (2007). *Caracterización organoléptica del cacao (Theobroma Cacao L.) para la selección de árboles con perfiles de sabor de interés comercial*. Quevedo: UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO.

Sanbongi, C., Osakabe, N., & Natsume, M. (1998). Antioxidative polyphenols isolated from *Theobroma Cacao*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 16(2), 446-454.

Serra Bonvehí, J. 2005. Investigation of aromatic compounds in roasted cocoa powder. *European Food Research and Technology* 221 (1-2): 19-29.

Sukha, D.A.; Butler, D.R., Umaharan, P. and Boulton, E. (2008). The use of an optimised assessment protocol to describe and quantify different flavour attributes of cocoa liquors made from Ghana and Trinitario beans. *Journal of European Food Research and Technology* 226 (3): 405-413. DOI. 10.1007/s00217-006-0551-2, Published online by Springer-Verlag 8 December 2006.

Summa, C.; F. Cordeiro Raposo, J. McCourt, R. L. Scalzo, K. H. Wagner, I. Elmadfa and E. Anklam. 2006. Effect of roasting on the radical scavenging activity of cocoa beans. *European Food Research and Technology* 222 (3-4): 368-375.

Swanson, K. 2011. *Chocolate, Cocoa and Confectionery In Micro-Organisms in Foods*. Londres, Inglaterra, Blackie Academic & Professional.

Thompson, S. S., Miller, K. B., & Lopez, A. S. (2001). Cocoa and coffee. In M. P. Doyle, M. P.



Universidad de Cuenca

Wollgast, J., y Anklam, E. (2000). Review on polyphenols in Theobroma cacao: changes in composition during the manufacture of chocolate and methodology for identification and quantification. *Food Research International*, 33(6), 423–447. doi:10.1016/S0963-9969(00)00068-5

Zahouli, G.I.; Guehi, S.T.; Fae, A.M.; Ban-Koffi, L.; Nemlin, J.G. (2010). Effect of drying methods on the chemical quality traits of cocoa raw material. *Adv J Food Sci Technol*; 2(4): 184-190.

Zey, C. (2002). *Engineering statistics handbook*. C. Croarkin, & P. Tobias (Eds.). NIST iTL.

Ziegleder, G. (2009). Flavour development in cocoa and chocolate. In *Industrial chocolate manufacture and use* (4ta. ed.). Oxford, Reino Unido: John Wiley y Sons Ltd.



ANEXOS



Universidad de Cuenca

ANEXO 1 Formato de Evaluación de chocolate amargo

Trabajo de titulación:

OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE TOSTADO DE *Theobroma Cacao* L. VARIEDAD CCN-51 UTILIZADO EN LA ELABORACIÓN DE CHOCOLATE AMARGO

Nombre: _____

Fecha: ___/___/___

Estimado Evaluador: Usted ha sido invitado a participar en la evaluación sensorial de cacao tostado, a continuación, se le presentan ___ muestras identificadas con un número de tres dígitos, para la evaluación siga las instrucciones.

Instrucciones:

1. Tome una de las muestras.
2. Anote en la casilla de los códigos el número de tres dígitos correspondiente a la muestra que va analizar.
3. Evalúe la característica solicitada según la escala propuesta.
4. Anote sus resultados en la casilla correspondiente.
5. Consuma agua y ¼ de galleta entre cada muestra y espere al menos 1 minuto antes de tomar una nueva muestra
6. Si tiene observaciones adicionales escribalas en el espacio asignado.

Escala	Criterio
0	Ausente
1 - 2	Intensidad baja
3	Intensidad media
4 - 5	Intensidad alta

Código	Sabores											
	Amargo	Básicos		Específicos	Adquiridos					Moho	Quemado	Otros; _____
		Astringencia	Ácido	Cacao	Floral	Frutal	Nuez	Crudo				



ANEXO 2 Codificación de muestras para evaluación

Muestra	Réplica		
	R1	R2	R3
E1	303	271	629
E2	771	327	393
E3	397	291	295
E4	229	624	103
E5	857	100	787
E6	139	890	369
E7	200	849	707
E8	360	410	590
Referencia	514		



ANEXO 3 Formato de Evaluación de chocolate en leche

Trabajo de titulación:

OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE TOSTADO DE *Theobroma Cacao L.* VARIEDAD CCN-51
UTILIZADO EN LA ELABORACIÓN DE CHOCOLATE AMARGO

Nombre: _____

Fecha: __/__/__

Estimado Evaluador: Usted ha sido invitado a participar en la evaluación sensorial de chocolate en leche, a continuación, se le presenta una muestra, por favor siga las instrucciones.

Instrucciones:

1. Tome la muestra que se le ha proporcionado.
2. Evalúe las características que se indican según la escala de satisfacción propuesta.
3. Anote en la casilla los valores correspondientes.
4. Entre cada atributo puede hacer una pausa no mayor a 20 segundos.
5. Si tiene observaciones adicionales escríbalas en el espacio asignado.

Escala propuesta	
Característica	Valor
<i>Nada satisfecho</i>	1
<i>Poco satisfecho</i>	2
<i>Medianamente satisfecho</i>	3
<i>Satisfecho</i>	4
<i>Muy satisfecho</i>	5

Característica organoléptica	Puntuación
<i>Color</i>	
<i>Apariencia</i>	
<i>Olor</i>	
<i>Aroma</i>	
<i>Sabor</i>	
<i>Textura</i>	

Observaciones:
