

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



**DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE SABOR DE DOCE CACAOS AUTÓCTONOS
(*Theobroma cacao* L.) PRODUCIDOS EN SIETE FINCAS CACAOTERAS DE EL
SALVADOR.**

Por:

García Escobar, Héctor Mauricio

Martínez Ramírez, Rebeca Nohemy

Ciudad Universitaria, Mayo de 2018

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA



**DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE SABOR DE DOCE CACAOS AUTÓCTONOS
(*Theobroma cacao* L.) PRODUCIDOS EN SIETE FINCAS CACAOTERAS DE EL
SALVADOR.**

POR:

GARCÍA ESCOBAR, HÉCTOR MAURICIO
MARTÍNEZ RAMÍREZ, REBECA NOHEMY

REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERO (A) AGROINDUSTRIAL

CIUDAD UNIVERSITARIA, MAYO DE 2018

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

M.SC. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL

LIC. CRISTÓBAL HERNÁN RÍOS BENÍTEZ

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

DECANO

ING. AGR. M.SC. JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA

SECRETARIO

ING. AGR. M.SC. LUIS FERNANDO CASTANEDA ROMERO

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

ING. FIDEL ÁNGEL PARADA BERRÍOS

DOCENTES DIRECTORES

ING. AGR. CARLOS MARIO APARICIO

ING. AGR. M.SC. MARIO ANTONIO BERMÚDEZ MÁRQUEZ

COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN

ING. AGR. MARIO ALFREDO PÉREZ ASCENCIO

RESUMEN

La determinación del perfil de sabor en cacao autóctonos de El Salvador, se llevó a cabo en dos fases: de campo y de laboratorio, desarrolladas en siete fincas ubicadas en la región oriental y occidental del país y en el laboratorio de microbiología de CENSALUD respectivamente, entre los meses de octubre 2016 a Julio de 2017.

Se cosecharon mazorcas de cacao en su punto óptimo de madurez, evaluando tamaño de mazorca, grosor de la cascara, coloración, número y tamaño de semillas. Posteriormente se procesaron las muestras utilizando el protocolo de micro-fermentación de Edward Seguíne, el cual permite extraer la mayor cantidad de los componentes de sabor de pequeñas cantidades de granos de cacao. El secado, que duró aproximadamente 5 días, se dividió en un día de pre-secado bajo sombra y cuatro días de secado al sol, hasta alcanzar 7% de humedad en los granos.

Los granos fueron tostados en estufa a 120 °C por 30 min, descascarillados y molidos en molino de nixtamal marca Victoria, hasta obtener un licor fino y suave, el cual se sometió a un análisis sensorial descriptivo, para desarrollar los perfiles de sabor de los cacao en estudio. Los datos obtenidos se evaluaron estadísticamente por métodos multivariados de componentes principales, con nivel de significancia del 5.0 %, para conocer el comportamiento de las muestras con respecto a los atributos evaluados, utilizando Infostat versión estudiantil, con función “R” para análisis sensorial.

Los perfiles de los cacao autóctonos se compararon con los 50 perfiles de los mejores cacao establecidos en la International Cocoa Awards en 2015, aplicando una prueba de “t” Student donde se identificaron los cacao con los valores de probabilidad más altos de cada comparación ($p\text{-valor} > 0.05$), seleccionando aquellos con los porcentajes de intercepción más altos compartidos en los perfiles de cada comparación. Los cacao autóctonos FRLP y FCR presentaron los mayores porcentajes de intercepción determinados de todas la comparaciones, mostrando un alto grado de similitud con los perfiles de sabor de los cacao clasificados como Coex Code 214, 275, 028 y 035 provenientes de Perú, Australia, trinidad y Tobago y Colombia, respectivamente.

Palabras claves: cacao autóctono, perfil de sabor, micro-fermentación (Ed Seguíne), licor de cacao, análisis sensorial.

ABSTRACT

The determination of the flavor profile in autochthonous cocoa from El Salvador, was carried out in two phases: field and laboratory, developed in seven farms located in the eastern and western region of the country and in the CENSALUD microbiology laboratory respectively, between the months of October 2016 to July 2017.

Cocoa pods were harvested at their optimum point of maturity, evaluating ear size, skin thickness, coloration, number and size of seeds. Later the samples were processed using the micro-fermentation protocol of Edward Seguíne, which allows extracting as many of the flavor components of small amounts of cocoa beans. The drying, which lasted approximately 5 days, was divided into a day of pre-drying under shade and four days of sun drying, until reaching 7% moisture in the grains.

The beans were roasted in an oven at 120 ° C for 30 min, peeled and ground in Victoria brand nixtamal mill, until obtaining a fine and smooth liquor, which was subjected to a descriptive sensory analysis, to develop the flavor profiles of the cacaos in study. The obtained data were statistically evaluated by multivariate methods of main components, with a level of significance of 5.0%, to know the behavior of the samples with respect to the evaluated attributes, using Infostat student version, with "R" function for sensory analysis.

The profiles of the autochthonous cocoa were compared with the 50 profiles of the best cocoas established in the International Cocoa Awards in 2015, applying a "t" Student test where the cocoas were identified with the highest probability values of each comparison (p - value > 0.05), selecting those with the highest interception percentages shared in the profiles of each comparison. The autochthonous cocoa FRLP and FCR had the highest percentages of intercept determined from all the comparisons, showing a high degree of similarity with the flavor profiles of the cocoas classified as Coex Code 214, 275, 028 and 035 from Peru, Australia, Trinidad and Tobago and Colombia, respectively

Key words: autochthonous cocoa, flavor profile, micro-fermentation (Ed Seguíne), cocoa liquor, sensory analysis.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darnos la sabiduría y el entendimiento a lo largo de toda nuestra carrera y brindarnos fuerza en los momentos de debilidad y paciencia en los momentos de desesperación.

A nuestros asesores, Saúl Ovidio González Rosales, MS y al Ing. Agr. Mario Antonio Bermúdez Márquez, por todo el apoyo brindado en la parte técnica y estadística de la investigación, que nos ayudó a resolver las diferentes dificultades encontradas.

A la Dra. Vianney Castañeda de Abrego, por compartir todos sus conocimientos relacionados al cacao y ser el principal apoyo durante todas las visitas de campo y las pruebas de laboratorio de la investigación.

A los productores, por recibirnos muy amablemente en sus fincas y proporcionarnos las mazorcas de cacao necesarias, para poder llevar a cabo la investigación.

Al Centro de Investigación y Desarrollo en Salud CENSALUD, por poner a disposición las instalaciones del laboratorio de microbiología, para poder realizar la micro-fermentación de las muestras de cacao.

A los catadores, Víctor Manuel Avelar, Yanelis Brito Mojena, Israel Andrés Steinau, Gerardo Aarón Pardo y Sara Raquel Crespín González, miembros del primer panel de catadores de cacao de El Salvador, por su valiosa colaboración en la evaluación sensorial de las muestras de licores de cacao.

A nuestros padres y familia, por darnos su apoyo incondicional y ser el principal motor impulsador de nuestros sueños, el cual nos mantuvo firmes desde el inicio de nuestra carrera hasta la etapa final del trabajo de investigación.

Héctor Mauricio García Escobar
Rebeca Nohemy Martínez Ramírez

ÍNDICE

CONTENIDO	Pág.
1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISION BIBLIOGRAFICA	2
2.1. Origen del cacao.....	2
2.2. Domesticación del cacao.....	3
2.3. Taxonomía del cacao <i>Theobroma cacao L.</i>	4
2.4. Morfología del cacao <i>Theobroma cacao L.</i>	4
2.5. Requerimientos eco fisiológicos y de manejo para el cultivo del cacao.....	5
2.6. Tipos genéticos del cacao.....	6
2.7. Metodologías de Micro-fermentación en cacao	8
2.7.1. Micro-fermentación por Inserción de Lotes.....	8
2.7.2. Fermentación en Nevera de Poliestireno.....	8
2.7.3. Micro-fermentación de una sola mazorca.....	9
2.8. Proceso bioquímico y microbiológico durante la fermentación	10
2.9. Duración y finalización de la fermentación	10
2.9.1. Prueba básica para determinar el grado de fermentación.....	10
2.9.2. Prueba de corte en húmedo.....	11
2.10. Secado del cacao.....	11
2.11. Tostado del cacao.....	12
2.12. Elaboración del licor de cacao.....	13
2.13. Calidad del grano de cacao.....	14
2.13.1. Prueba de corte de cacao seco.....	14
2.13.2. Contenido de humedad.....	14
2.13.3. Determinación del peso del grano.....	15
2.13.4. Análisis sensorial	16
2.14. Evaluación sensorial	19
2.14.1. Análisis sensoriales	20
2.14.2. Análisis descriptivo.....	21
2.14.2.1. Perfil de sabor	21
2.14.2.2. Perfil de textura	21
2.14.2.3. Panel de evaluación sensorial	21
2.15. Perfil sensorial de los alimentos	22
2.15.1. Creación del perfil sensorial de los alimentos.....	22
2.15.2. Importancia del perfil sensorial.....	23
3. MATERIALES Y METODOS.....	24
3.1. Metodología de campo.....	26
3.1.1. Identificación de las muestras.....	26
3.1.2. Colecta de mazorcas.....	26
3.1.3. Colecta de microorganismos ambientales en fincas cacaoteras de El Salvador..	27
3.2. Metodología de Laboratorio.....	27
3.2.1. Preparación del cultivo iniciador.....	27
3.2.2. Determinación del crecimiento de levaduras mediante incubación de filtrado.	28
3.2.3. Ensayo de micro-fermentación.....	28

3.2.3.1.	Limpieza y desinfección de mazorcas.....	28
3.2.3.2.	Medición de tamaño de semilla, grados Brix y Acidez.	29
3.2.3.3.	Preparación de las muestras de cacao para Micro-fermentación.....	29
3.2.3.4.	Inoculación de las muestras de cacao	29
3.2.3.5.	Fermentación de muestras de cacao.....	29
3.2.3.6.	Evaluación de las muestras de cacao durante la fermentación.....	30
3.3.	Secado.....	31
3.3.1.	Pre-secado.....	31
3.3.2.	Secado.....	31
3.3.3.	Calidad física del grano de cacao.	31
3.3.4.	Determinación del índice de grano.....	32
3.3.5.	Determinación del índice de mazorca.	32
3.4.	Evaluación del sabor.....	32
3.4.1.	Tostado.....	32
3.4.2.	Elaboración de licor de cacao.	33
3.4.3.	Análisis sensorial.	33
3.4.3.1.	Calibración del panel de catadores.....	33
3.4.3.2.	Catación.	33
3.5.	Metodología estadística.	34
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
4.1.	Evaluación de los componentes del rendimiento, físico-químicos y de calidad, de cacaos autóctonos.....	35
4.1.1.	Potencial de rendimiento de los cacaos en evaluación.....	35
4.1.1.1.	Índice de grano (IG).....	35
4.1.1.2.	Índice de mazorca (IM)	36
4.1.2.	Características físico-químicas de semillas frescas de doce cacaos autóctonos.	38
4.1.2.1.	Tamaños de los granos	38
4.1.2.2.	Grados Brix en pulpa de cacao.....	39
4.1.2.3.	Acidez.....	40
4.1.3.	Determinación de la calidad del grano fermentado.....	41
4.1.3.1.	Prueba de corte.....	41
4.1.3.2.	Evaluación del protocolo de Ed Seguire.....	43
4.2.	Perfiles de sabor de doce cacaos autóctonos de El Salvador.	45
4.2.1.	Comportamiento de los cacaos autóctonos con respecto a los atributos.....	57
4.2.2.	Efecto de los atributos en las muestras.....	59
4.2.3.	Medias y códigos de diferencias significativas entre atributos y muestras.....	60
4.2.4.	Comparación de los perfiles de sabor generados contra los 50 perfiles de los mejores cacaos del mundo (ICA 2015).....	63
5.	CONCLUSIONES.....	67
6.	RECOMENDACIONES.....	68
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	69
8.	ANEXOS.....	73

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Clasificación botánica de <i>Theobroma cacao</i> L.	4
Cuadro 2 Requerimientos eco-fisiológicos para el cultivo de cacao.	6
Cuadro 3 Características de los principales grupos de cacao.	7
Cuadro 4 Principales granos y cereales analizados por el medidor GEHAKA AGRI G600	15
Cuadro 5 Descriptores de sabor evaluados en licores de cacao, según Sukha, D y Seguíne, E. (2015).	18
Cuadro 6 Caracterización agroecológica de siete fincas cacaoteras de El Salvador.	25
Cuadro 7. Parámetros de evaluación de las semillas de cacao durante la micro-fermentación de las muestra.	30
Cuadro 8 Evaluación física del cacao en grano, fermentado y seco.	32
Cuadro 9 Escala de evaluación para licores de cacao de 0-10.	34
Cuadro 10. Resumen comparativo entre el índice de grano e índice de mazorca de doce cacaos autóctonos.	38
Cuadro 11 Factores ambientales de siete fincas cacaoteras de El Salvador.	39
Cuadro 12. Requisitos específicos del grano de cacao, según la Norma Técnica Colombiana 1252.	42
Cuadro 13 Autovectores del análisis multivariado de componentes principales.	57
Cuadro 14. Resumen de p-valores para los efectos muestra y juez.	59
Cuadro 15. Resumen de medias y códigos de diferencias significativas entre muestras para los atributos cacao, dulce o caramelo, amargo, astringente, ácido, afrutado, floral, nueces y crudo o verde.	60
Cuadro 16 Porcentajes de intercepción entre los perfiles de sabor de los cacaos autóctonos y los mejores cacaos del mundo (ICA 2015).	64

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa del suroeste de la región amazónica. Las áreas sombreadas indican la localización de las zonas focales de divergencia. (A) Piedemonte oriental ecuatoriano; (B) Provincia de Caravaya.	2
Figura 2 Zonas productoras de cacao en El Salvador durante la época precolombina. (A) Núcleo primario los Izalcos; (B) Núcleo secundario San Miguel.	3
Figura 3 A) Árbol con crecimiento dimórfico, B) Coloración de brotes de hojas jóvenes verde pálido y rojizo, C) Flor, D) Cojinete Floral, E) Formas del fruto: amelonado, angoleta y cundeamor, F) Disposición de las semilla dentro de la mazorca.	5
Figura 4 Microfermentación por inserción de lotes.	8
Figura 5 Microfermentación en nevera de poliestireno.	9
Figura 6 Niveles de fermentación en cacao criollo moderno: A) Grano bien fermentado, B) Levemente fermentado y C) Pizarroso.	14
Figura 7 Ubicación geográfica de siete fincas productoras de cacao. (A) Fincas de la región occidental de El Salvador: Santa Luisa, El Carmen y la Sierra; (B) Fincas de la región Oriental de El Salvador: Concepción, Cáceres, Josefina y Rogelio Luna.	24

Figura 8 Corte longitudinal de mazorca de cuatro meses,, finca Rogelio Luna.	26
Figura 9 Cacao criollo moderno. (A) Mazorca de cacao madura color amarillo y (B) mazorca de cacao inmadura color verde, finca El Carmen.	26
Figura 10 Colecta de microorganismos ambientales en mazorcas de cacao abiertas y expuestas dentro de los cacaotales, finca El Carmen.	27
Figura 11 Procedimiento de extracción de azúcares y microorganismos presentes en la pulpa de cacao. (A) despulpado de semillas, (B) filtrado de pulpa y (C) incubación de filtrado.	28
Figura 12. Inoculación de muestras de cacao preparada en bolsas estériles.	29
Figura 13 Curva de temperatura típica de una fermentación tradicional en cacao, durante la fase anaeróbica y aeróbica.	30
Figura 14 Índice de granos de doce cacaos autóctonos de El Salvador.	36
Figura 15 Índice de mazorca de doce cacaos autóctonos de El Salvador.	37
Figura 16 Tamaños de los granos de doce cacaos autóctonos.	39
Figura 17 Condiciones iniciales de °Brix y Acidez de doce cacaos autóctonos.	40
Figura 18 Evaluación de la calidad de la fermentación de doce cacaos autóctonos utilizando la prueba de corte.	41
Figura 19 Comparación de los porcentajes de fermentación y el tamaño de semilla de doce cacaos autóctonos.	44
Figura 20 Perfil de sabor del cacao FCV.	45
Figura 21 Perfil de sabor del cacao FCA.	46
Figura 22 Perfil de sabor del cacao FCR.	47
Figura 23. Perfil de sabor del cacao FLS.	48
Figura 24 Perfil de sabor del cacao FSL-I.	49
Figura 25 Perfil de sabor del cacao FSL-II.	50
Figura 26 Perfil de sabor del cacao FECA.	51
Figura 27 Perfil de sabor del cacao FECAR.	52
Figura 28 Perfil de sabor del cacao FCT.	53
Figura 29 Perfil de sabor del cacao FJC.	54
Figura 30 Perfil de sabor del cacao FRLG.	55
Figura 31 Perfil de sabor del cacao FRLP.	56
Figura 32 Representación gráfica del análisis de componentes principales de los atributos sensoriales de doce cacaos autóctonos de El Salvador. Circulo amarillo: trinitario, círculo azul: criollo moderno y círculo verde: criollo ancestral y moderno.	58
Figura 33 Comparación del perfil de sabor del cacao FRLP con los cacaos clasificado como Coex code 214 y 275 (ICA 2015).	65
Figura 34 Comparación del perfil de sabor del cacao FCR con los cacaos clasificados como Coex Code 028 y 035 (ICA 2015).	66

INDICE DE ANEXOS

Cuadro A- 1 Evaluación física del cacao FCV.....	73
Cuadro A- 2 Evaluación física del cacao FCA.....	73
Cuadro A- 3 Evaluación física del cacao FCR.....	74
Cuadro A- 4 Evaluación física del cacao FLS.	74
Cuadro A- 5 Evaluación física del cacao FSL-I.	75
Cuadro A- 6 Evaluación física del cacao FSL-II.	75
Cuadro A- 7 Evaluación física del cacao FECA.	76
Cuadro A- 8 Evaluación física del cacao FECAR.....	76
Cuadro A- 9 Evaluación física del cacao FCT.....	77
Cuadro A- 10 Evaluación física del cacao FJC.	77
Cuadro A- 11 Evaluación del cacao FRLG.....	78
Cuadro A- 12 Evaluación física del cacao FRLP.....	78
Cuadro A- 13 Resumen de p-valor entre las comparaciones de los cacos autóctonos y los cacos premiados en la ICA en 2015.	79
Cuadro A- 14 Significado de códigos de cacaos autóctonos.....	79

Figura A- 1 Comparación de los índices de grano y de mazorca de doce cacaos autóctonos.	80
Figura A- 2 Comparación de ...los valores de amargor y dulce de doce cacaos autóctono...80	
Figura A- 3 Comparación del porcentaje de granos levemente fermentados y la intensidad del sabor amargo en doce cacaos autóctonos.....	81
Figura A- 4 Comparación del porcentaje de granos levemente fermentados y la intensidad de la astringencia en doce cacaos autóctonos.....	81
Figura A- 5 Comparación de los porcentajes de granos levemente fermentados y la intensidad del sabor afrutado en doce cacaos autóctonos.....	82
Figura A- 6 Comparación de ...los valores de amargor y nuez de doce cacaos autóctono....82	

1. INTRODUCCION

El cacao es una de las especies más antiguas cultivadas en El Salvador, su domesticación se realizó durante la época pre-colombina en el siglo VI, siendo la zona de los Izalcos y la zona oriental las más preponderantes en el cultivo. La región de los Izalcos junto con la del Soconusco en México constituyeron los principales centros productores de cacao en el pacífico, durante la época prehispánica, llegando a su plena explotación en el siglo XVI. Sin embargo, las zonas productoras de El Salvador se vieron afectadas por diferentes situaciones económicas, sociales y naturales, las cuales dieron paso al ocaso del cultivo de cacao en el país (Castañeda *et al.* 2015).

Actualmente, la producción de cacao en El Salvador ha sido baja en comparación con las de otros países de Centroamérica. La demanda nacional de esta materia prima es de aproximadamente 1000 Tm al año, de las cuales el país produce apenas el 20% (200 Tm) y solo el 1% (2 Tm) es destinado a la exportación. Para los pocos productores de El Salvador resulta muy difícil competir en el mercado nacional e internacional con la comercialización de grandes volúmenes de cacao debido a que existen pocas áreas para dicha producción; sin embargo, la genética demuestra la existencia de gran potencial en sabor para la producción de cacao fino y de aroma, el cual se ve desaprovechado por la baja fertilidad de los suelos, mal manejo post cosecha y poco control en el secado y almacenamiento del grano.

La conveniencia de apostarle a producir calidad para mejorar la competitividad de la producción nacional de cacao, debe de ser la estrategia a seguir para que los productores puedan obtener mejores beneficios económicos por un aumento en el precio de sus productos. Por lo tanto, es de gran importancia conocer el perfil sensorial de los materiales autóctonos, lo cual permitiría identificar aquellos con características de un cacao fino de aroma que puedan ser comercializados en mercados más selectivos, a fin de diferenciar la calidad de los cacaos de El Salvador de los de otros países.

En la investigación se determinaron los perfiles de sabor de doce cacaos autóctonos provenientes de siete fincas ubicadas en las regiones oriental y occidental del país. Las muestras fueron preparadas siguiendo el protocolo de micro-fermentación establecido por Ed Seguíne, las cuales a su vez se sometieron a un análisis sensorial descriptivo, con el objetivo de identificar perfiles con características especiales mediante la comparación con los 50 perfiles de los mejores cacaos del mundo establecidos por la International Cocoa Awards en 2015.

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1. Origen del cacao.

Según Castañeda, V *et al.* (2016), un centro de origen es aquel donde hay mayor diversidad de tipos de una especie. Motamayor *et al.* Citado por Castañeda, V *et al.* (2016), señala que el *Theobroma cacao L.*, es una especie endémica¹ de América del Sur cuyo centro de origen está localizado en la región entre las cuencas de los ríos Caquetá, Putumayo y Napo tributarios del río Amazonas. Los análisis de datación actuales indican que la especie *Theobroma cacao L.*, se separó de su antepasado común hace aproximadamente 10 millones de años como parte del levantamiento de los Andes durante la mitad del Mioceno. Según Bartley (2005) el centro de diversificación y dispersión de ésta especie se desarrolló en las zonas focales de divergencia, Piedemonte oriental ecuatoriano y la provincia de Caravaya, ubicadas en las estribaciones orientales de los Andes en Ecuador y el sureste del Perú y las zonas fronterizas adyacentes de Brasil y Bolivia, respectivamente (Figura 1).

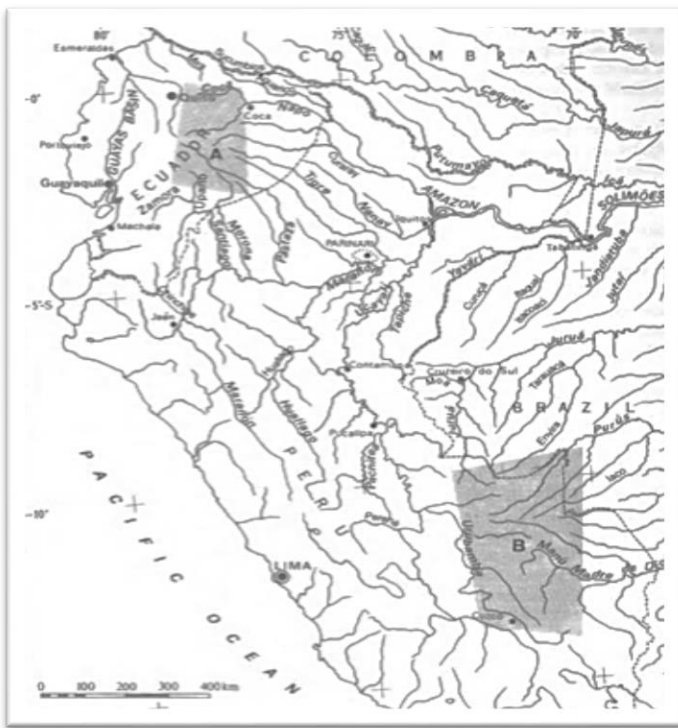


Figura 1. Mapa del suroeste de la región amazónica. Las áreas sombreadas indican la localización de las zonas focales de divergencia. (A) Piedemonte oriental ecuatoriano; (B) Provincia de Caravaya.

Fuente: Tomado de Bartley, BD 2005.

¹ Se considera que una especie es endémica cuando se conoce únicamente de un determinado lugar, ya sea país o región.

2.2. Domesticación del cacao.

Castañeda, V *et al.* (2016), Señala que la domesticación consiste en poner una especie silvestre bajo el cuidado del hombre. Se ha sostenido que el punto de origen de la domesticación del cacao se encuentra en Mesoamérica (México, Guatemala, El Salvador y Honduras) donde su uso está atestiguado alrededor de 2000 años antes de Cristo. La domesticación por los indígenas de Centroamérica, se realizó durante la época precolombina, siendo cultivado desde el siglo VI d. C. En El Salvador, la zona de los Izalcos y la zona oriental fueron las más preponderantes en el cultivo del cacao durante la época precolombina y colonial, constituyendo como núcleo primario de producción la zona de los Izalcos y el secundario el de San Miguel (Figura 2).

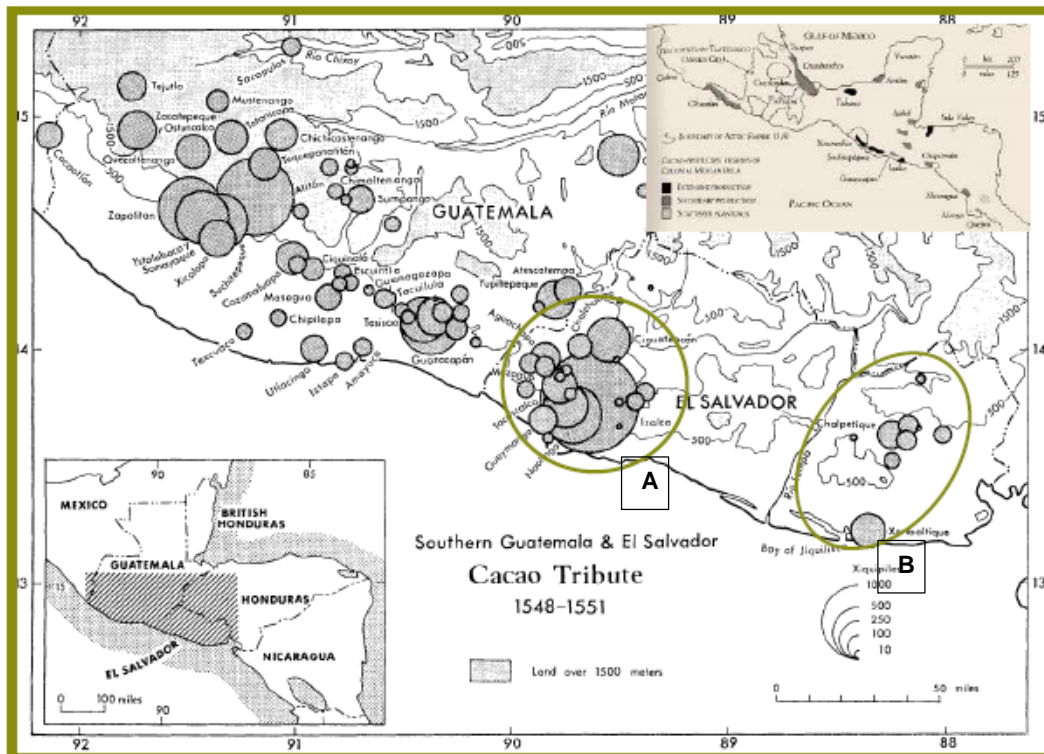


Figura 2. Zonas productoras de cacao en El Salvador durante la época precolombina. (A) Núcleo primario los Izalcos; (B) Núcleo secundario San Miguel.

Fuente: Adaptado de Bartley, BD 2005.

2.3. Taxonomía del cacao (*Theobroma cacao* L.).

El nombre del género es *Theobroma* que significa “alimento de los dioses”. Comprende alrededor de unas 25 especies, pero solo *Theobroma cacao* L. se cultiva comercialmente, El cuadro 1 ilustra la taxonomía de *Theobroma cacao* L.

Cuadro 1. Clasificación botánica de *Theobroma cacao* L.

Reino	Plantae
División	Spermatophyta
Clase	Angiospermae
Sub-clase	Dicotyledoneae
Orden	Malvales
Sub-Orden	Malvinae
Familia	Sterculiaceae
Tribu	Byttnerieae
Genero	<i>Theobroma</i>
Especie	<i>Theobroma cacao</i> L.

Fuente: Tomado de Castañeda, V *et al.* 2016.

2.4. Morfología del cacao (*Theobroma cacao* L.)

El cacao es un árbol leñoso y fuerte, de porte relativamente bajo, aunque puede alcanzar alturas hasta de veinte metros cuando crece bajo sombra intensa (Pérez citado por Castañeda, V *et al.* 2016). Presenta dos tipos de raíces: una principal que alcanza hasta 2 m de longitud y las secundarias que se concentran desde la superficie del suelo hasta unos 30 cm de profundidad. El tallo desarrolla un crecimiento dimórfico, en su primera fase de crecimiento es ortotrópico (vertical) que perdura por 12-15 meses, luego se interrumpe para dar lugar a la formación de 4-5 ramitas secundarias (“horqueta”), que son de crecimiento plagiotrópico (horizontal) (Figura 3 “A”).

Las hojas son de superficie lisa y brillante por ambas caras, los brotes terminales jóvenes son de color variables que van desde púrpura, rojizo y verde pálido (Figura 3 “B”), la longitud del peciolo varía en tamaño dependiendo si son ramas ortotrópicas o plagiotrópicas, siendo este más largo en las primeras. Las flores son pequeñas de color rosado, púrpura o blanco (Figura 3 “C”), nacen agrupadas en sectores especializados que se denominan cojinetes florales los cuales se localizan alrededor del punto de inserción de las hojas, tanto en el tronco como en las ramas (Figura 3 “D”) (Castañeda *et al.* 2016).

El fruto es una baya conocida como mazorca o bellota, los tamaños, formas y colores varían según los tipos regionales de cacao. Se destacan las formas amelonadas y calabacillos en los tipos amazónicos y los angoletas y cundeamor en los tipos acriollados (Figura 3 “E”), en su parte interna se encuentran las semillas o almendras recubiertas por una pulpa mucilaginosa de color blanco y sabor dulce y acidulado, dispuestas en cinco filas adheridas a una placenta central (Figura 3 “F”) (Dubón y Sánchez 2016).

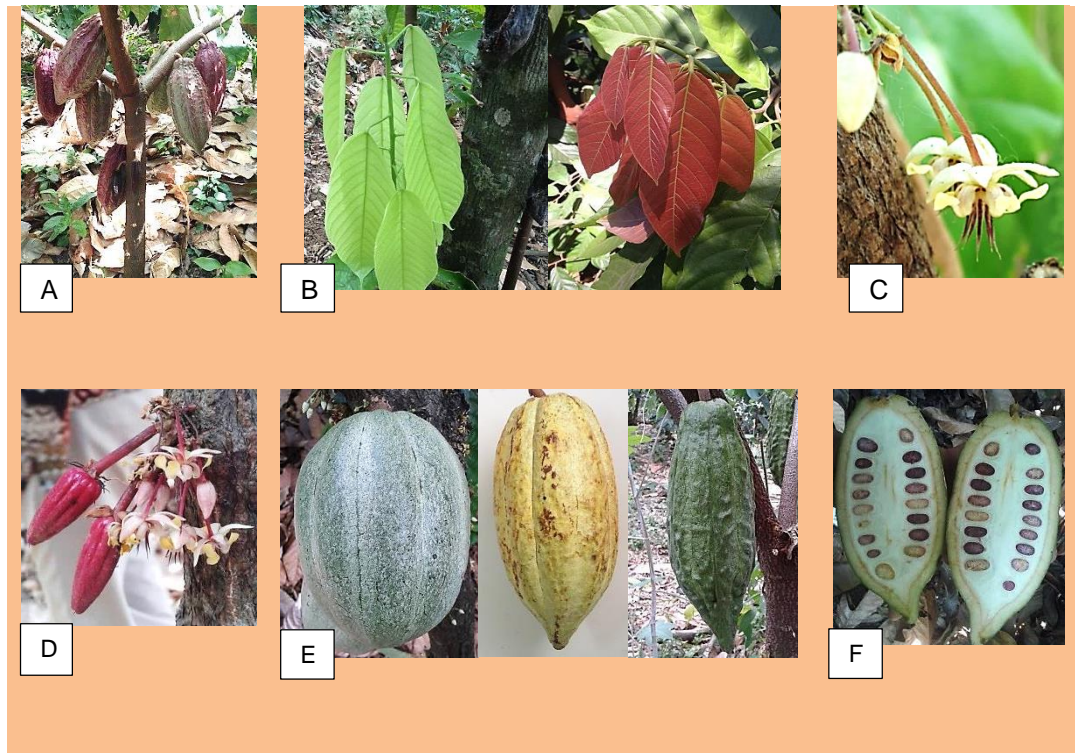


Figura 3. A) Árbol con crecimiento dimórfico, B) Coloración de brotes de hojas jóvenes verde pálido y rojizo, C) Flor, D) Cojinete Floral, E) Formas del fruto: amelonado, angoleta y cundeamor, F) Disposición de las semilla dentro de la mazorca.

Fuente: Fotografías propias.

2.5. Requerimientos eco fisiológicos y de manejo para el cultivo del cacao.

Según Dubón y Sánchez (2016) La eco-fisiología relaciona los diferentes factores ecológicos o ambientales con los procesos fisiológicos que la planta realiza para su crecimiento y desarrollo. El cacao es un cultivo que se adapta a una gran variedad de condiciones agroclimáticas las cuales se detallan en el cuadro 2.

Cuadro 2. Requerimientos eco-fisiológicos para el cultivo de cacao.

Características	Sumamente apta (X)	Moderadamente apta(X)	Marginalmente apta(X)	No apta(X)
Altura sobre el nivel del mar (msnm)	$400 \leq X \leq 800$	$0 \leq X < 400$ y $800 < X \leq 1000$	$1000 < X \leq 1200$	$1200 < X$
Temperatura media anual (°C)	$24 \leq X \leq 28$	$20 \leq X < 24$ y $28 < X \leq 30$	$18 \leq X < 20$ y $30 < X \leq 32$	$18 > X > 32$
Precipitación anual (mm)	$1800 \leq X \leq 2600$	$1500 \leq X < 1800$ y $2600 < X \leq 3200$	$1200 \leq X < 1500$ y $3200 < X \leq 3800$	$1200 > X > 3800$
Drenaje natural del suelo	Moderadamente o bien drenado.		Imperfectamente o moderadamente excesivo drenado	Muy pobre, pobre o excesivamente drenado.
Profundidad efectiva del suelo (cm).	$100 < X$	$50 \leq X < 100$	$25 \leq X < 50$	$25 > X$
NUTRIENTES DISPONIBLES				
Ph	$5,5 \leq X \leq 6,5$	$5,0 \leq X < 5,5$ y $6,8 \leq X \leq 7,0$	$4,5 \leq X < 5,0$ y $7,0 < X \leq 8,0$	$8,0 < X < 4,5$
Materia orgánica (%)	$5 < X$	$4 \leq X < 5$	$3 \leq X < 4$	$3 > X$
P ₂ O ₅ (kg/ha)	$69 < X$	$57 \leq X < 69$	$46 \leq X < 57$	$46 > X$
K (meq/100 gr)	$0,3 < X$			$0,15 > X$
Ca (meq/100 gr)	$3,5 \leq X \leq 4$	$4 < X \leq 8$	$8 < X \leq 12$	$2 > X > 12$
Mg (meq/100 gr)	1 a $1,5$			Menor de 1
Ca/Mg (meq/100 gr)	$3:1$			Relación mayor (3:1)
cm= centímetros. mm= Milímetros. °C= Grados centígrados. meq = Miliequivalentes. m.s.n.m= Metros sobre el nivel del mar. Kg/ha= Kilogramos por hectárea.				

Fuente: Tomado de SIG-CORPOICA citado por FEDECACAO 2013.

2.6. Tipos genéticos del cacao.

Según Dubón y Sánchez (2016) existen dos poblaciones básicas de cacao, que a la vez determinan dos calidades de granos; ellos son los tipos criollos y los amazónicos, los cuales dieron origen a la población híbrida que es una mezcla de ambos (cuadro 3). Esta antigua clasificación se emplea actualmente más por conveniencia comercial que por aspectos técnicos científicos. Sin embargo actualmente Motamayor citado por Dubón y Sánchez (2016), utilizando marcadores moleculares (microsatélites) en más de 1200 accesiones, propone una nueva clasificación del germoplasma del cacao en 10 grupos representativos los cuales son: Maraón, Curaray, Criollo, Iquitos, Nanay, Contamara, Amelonado, Purús, Nacional y Guiana en reemplazo de los tres grupos que se conocían.

Cuadro 3. Características de los principales grupos de cacao.

GRUPO GENETICO	REPRESENTANTES DE CADA GRUPO EN EL SALVADOR.
<p>Criollos:</p> <p>Frutos Con superficie rugosa, forma alargada y puntiaguda, con surcos bien pronunciados, se asemejan a los designados como angoleta y cundeamor.</p> <p>Predominan los colores verdes y rojos cuando los frutos están inmaduros, o amarillo y anaranjado cuando están maduros</p> <p>Los cotiledones de las semillas son de color blanco o cremoso</p> <p>Los brotes terminales jóvenes son afelpados o gamuzados (pubescentes), de color verde claro.</p>	
<p>Amazónicos:</p> <p>Porte del árbol más vigoroso</p> <p>Fruto de apariencia amelonada y calabacillo, cascara lisa, de color verde pálido o blanquecino antes de la madurez y surcos apenas perceptibles</p> <p>Almendras de color morado oscuro o violeta oscuro</p> <p>Granos pequeños.</p> <p>Los brotes terminales jóvenes son poco afelpados, de color violeta o rojizos.</p>	
<p>Híbridos:</p> <p>Las características botánicas de este grupo son una mezcla de sus dos progenitores con cotiledones cuya coloración varía entre blanco y púrpura, mazorcas con diferentes coloraciones, tamaños y texturas.</p>	

Fuente: Elaborado con base en Dubón, A y Sánchez, J 2016.

2.7. Metodologías de Micro-fermentación en cacao

La Micro-fermentación es una metodología que permite evaluar pequeñas cantidades de cacao utilizando equipos de laboratorio básicos o a pequeña escala. En la Micro-fermentación se desarrollan adecuadamente las diferentes etapas pos-cosecha para la evaluación sensorial del sabor cuando solo se dispone con cantidades limitadas de granos frescos de cacao (1 kg) (Sukha, D y Seguíne, E 2015). Se han desarrollado diferentes metodologías de Micro-fermentación que van desde procesar un pequeño lote de granos (30 kg) hasta poder evaluar el contenido de una sola mazorca, entre las cuales se destacan las siguientes:

2.7.1. Micro-fermentación por Inserción de Lotes

Esta técnica se puede emplear para fermentar muestras de granos introducidos en una bolsa de malla dentro de una masa de fermentación más grande (Figura 4). El tamaño de la bolsa de malla se puede adaptar en función de la cantidad de granos disponibles; la técnica se ha utilizado con éxito para muestras de alrededor de 200 g a 300 g, aunque las muestras de aproximadamente 750 g a 1000 g son más típicas (Sukha y Seguíne 2015).



Figura 4. Micro-fermentación por inserción de lotes

Fuente: Tomado de Sukha y Seguíne 2015.

2.7.2. Fermentación en Nevera de Poliestireno

Las neveras de poliestireno de 27 cm (L) x 26 cm (A) x 17 cm (P) ó 44 cm (L) x 28 cm (A) x 29 cm (D) constituyen un medio adecuado para la fermentación de pequeñas cantidades de granos (15 – 30kg) del mismo tipo o bien una mezcla definida de tipos de cacao (Figura 7). Las neveras de poliestireno son relativamente económicas, y fáciles de encontrar en la mayoría de los países. Se deben realizar entre seis y ocho agujeros de 1,5 cm de diámetro a intervalos regulares a una distancia de 4 cm entre sí, en la parte inferior de la nevera (Sukha y Seguíne 2015).



Figura 5. Micro-fermentación en nevera de poliestireno
Fuente: Tomado de Sukha y Seguíne 2015.

2.7.3. Micro-fermentación de una sola mazorca.

Existen actualmente varios métodos patentados para la micro-fermentación de una sola mazorca, permitiendo así la preparación de muestras procedentes de un solo árbol; de esta forma, también se puede trabajar con muestras de granos húmedos de un peso inferior a 1 kg.

Casi todos los métodos emplean un cultivo iniciador de algún tipo, obtenido de una fermentación anterior (por ejemplo, las raspaduras o exudados tomados de una caja de fermentación) o bien una matriz predefinida de inóculo añadida a distintos intervalos. En uno de los métodos, se añaden sustancias aromáticas durante la fermentación, mientras que en otro se perforan físicamente los granos antes de su fermentación (Sukha y Seguíne 2015).

A continuación, se presenta el nombre y patente de cada método:

- Single pod micro fermentation processes: WO2013025621 A1 (Seguíne, E; Mills, D.; Marelli, J-P.; Motomayor, J-C. and Coelho, I.)
- Starter cultures and fermentation method: WO2007 031186 A1 (De Vuyst, L. and Camu, N.)
- Processing cocoa beans and other seeds: US 20120282371 A1 (Miller, C.)
- Process for the fermentation of cocoa beans to modify their aromatic profile: WO 2009103137 A2 (Dario, A. and Eskes, A.B.)
- Improved cocoa fermentation via de-pulping: EP 0442421 B1 (Bangerter, U.; Beh, B.H.; Callis, A.B. and Pilkington, I.J.)
- Plant for the fermentation of vegetable or agricultural products such as cacao beans, and process for carrying out such a fermentation: EP 0343078 B1 (Barel, M.).

2.8. Proceso bioquímico y microbiológico durante la fermentación

Durante la fermentación, el grano de cacao sufre diferentes transformaciones fisiológicas y bioquímicas. Estos cambios ocurren tanto en la parte interna como externa de la almendra por la acción de levaduras y bacterias anaeróbicas y aeróbicas. Las levaduras anaeróbicas predominan durante las primeras 24 horas debido a la ausencia de oxígeno, esto se conoce como fermentación anaeróbica en la que se transforman los azúcares en alcohol. Al realizar el primer volteo inicia la fermentación aeróbica en la cual las bacterias ácido acéticas transforman el alcohol en ácido acético, generando calor que eleva la temperatura de las semillas de cacao hasta 45 a 50 °C. El ácido acético migra hacia el interior del cotiledón, disminuyendo el pH de 6 a 4 (Dubón y Sánchez 2016).

La alta temperatura que se desarrolla y el efecto del ácido acético disminuyen la estructura celular interna de las almendras, los compuestos del grano se mezclan e inician las reacciones químicas terminando con la muerte del embrión. Estas reacciones entre proteínas, enzimas y polifenoles son cruciales para el cambio de color y la formación de los precursores del sabor a chocolate (Dubón y Sánchez 2016).

2.9. Duración y finalización de la fermentación

Según Dubón y Sánchez (2016) la duración de la fermentación es variable y está condicionada al tipo de material genético, condiciones climáticas y las exigencias del mercado. Investigaciones realizadas confirman que en general la fermentación para el cacao amazónico dura entre 6 a 8 días; para el cacao criollo entre 3 a 4 días y para el cacao híbrido entre 5 a 6 días. Es importante determinar cuándo finalizar la fermentación puesto que al excederse en el tiempo se generarán características indeseables en las que predominan un sabor rancio (fermentación butírica y láctica), el cual se caracteriza porque los granos desprenden un olor desagradable.

2.9.1. Prueba básica para determinar el grado de fermentación.

Esta prueba se utiliza para monitorear el grado de fermentación en los granos y es considerada únicamente para visualizar el avance del proceso en la fermentación, consiste principalmente en observar los granos. Si los granos fermentados se encuentran hinchados, con forma rolliza, un color carnoso o canela, al apretar el grano entre los dedos se logra exprimir jugo, realizando un corte longitudinal se observa en el interior un agrietamiento pronunciado del cotiledón y la presencia de líquido color marrón achocolatado, en ese momento se puede concluir que la fermentación ha finalizado, ésta prueba no especifica el

número de granos a utilizar, y puede considerarse solo como una guía dentro del gran proceso fermentativo.

2.9.2. Prueba de corte en húmedo

Se realiza un muestreo del cacao para determinar el porcentaje de fermentación, esto es tomar 50 granos de diferentes puntos en la fermentación y se van depositando en un recipiente plástico durante un minuto para homogenizar la muestra, una vez mezclados se toman 25 granos del total de la muestra los cuales se parten longitudinalmente y se evalúan para conocer el grado de fermentación. El grano bien fermentado tiene un agrietamiento pronunciado del cotiledón, color café o marrón oscuro y presencia en el interior de líquido color vinoso o marrón achocolatado. Si se tienen entre 16 y 17 granos (65-68%) bien fermentados, la fermentación se da por finalizada.

2.10. Secado del cacao.

Finalizado el proceso de fermentación del grano de cacao, es necesario someterlo al proceso de secado, el cual consiste en reducir la humedad con que sale el grano de cacao una vez finalizada la etapa de fermentación (55% aproximadamente) hasta un contenido de humedad final máxima del 7% que es la aceptada durante la fase de comercialización del grano de cacao seco, la cual permite conservar la calidad del grano durante el almacenamiento y sin riesgo de deterioro por aparición de hongos (Mahecha y Revelo 2009).

Los fabricantes requieren que el cacao en grano tenga un contenido de humedad de aproximadamente el 7% si supera el 8%, implica no sólo una pérdida de material comestible, sino también un mayor riesgo de crecimiento de mohos y bacterias, con consecuencias potencialmente graves para la salud de los consumidores, el sabor y la calidad para la elaboración. Con un contenido de humedad inferior al 6,5%, la cáscara será demasiado frágil y los granos se desintegrarán, dando lugar a una proporción elevada de granos rotos. Esto es de especial importancia si el cacao se transporta y/o se almacena a granel, dado que los granos se encuentran menos protegidos frente a posibles daños si no se introducen en sacos, y por lo tanto es probable que los niveles de lipólisis sean superiores, dando lugar a ácidos grasos libres (Sukha y Seguíne 2015).

El desarrollo del aroma a partir de los precursores de los granos de cacao continúa durante el secado con el apareamiento de un color marrón característico. Las principales reacciones de oxidación de los polifenoles son catalizadas por polifenol oxidasas, dando lugar a nuevos componentes del aroma y a la pérdida de la integridad de la membrana celular; esto conduce

a la formación del color marrón. Los indicadores de un buen secado y de la calidad de los granos son un buen color marrón, baja astringencia y amargura y la ausencia de aromas y sabores no deseados como notas ahumadas y acidez excesiva (Dubón 2016).

2.11. Tostado del cacao.

El tostado es una operación muy importante en el procesado del cacao, ya que determina en gran medida el color, aroma y sabor de los derivados del cacao. Durante el tostado el color del cacao sufre pardeamiento adicional al observado durante las etapas previas de fermentación y secado. En este pardeamiento participan múltiples reacciones, como oxidaciones y polimerizaciones de polifenoles, degradación de proteínas y reacciones de Maillard. En cambio, en el aroma y sabor tienen especial influencia las diferentes temperaturas y tiempos a los que se somete la semilla (grano) durante el tostado (Díaz y Pinoargote 2012).

Según Sukha y Seguíne (2015), existen muchas opciones en cuanto al tostado de las muestras para la evaluación de su sabor. Entre ellas se destacan los siguientes:

- Hornos estáticos de bandeja, tales como los hornos tostadores de mesa y los hornos domésticos.
- Tostadoras de café a pequeña escala, de tipo rotatorio, debidamente convertidas, y hornos asadores.
- Hornos de cámara, sin ventilación, para laboratorios.
- Hornos de convección con ventilación mecánica.
- Hornos de convección de alto rendimiento.

Las condiciones de tostado deben seleccionarse con el fin de maximizar el potencial aromático de cada tipo de grano, identificándose la combinación de temperatura, tiempo y capacidad de carga adecuada para cada variedad y para el tipo específico de tostador empleado. La combinación recomendada a continuación es la que se suele utilizar, y se sugiere como guía inicial para la selección de condiciones para un tostado individual empleando un horno de convección con bandejas según Sukha y Seguíne (2015):

- Tipos Trinitarios - 120°C, durante 25 minutos
- Tipos Forastero - 130°C, durante 25 minutos
- Tipos Criollo Antiguo - 112°C, durante 25 minutos

El proceso de tostado contribuye a desarrollar el aroma característico del cacao. En esta etapa son importantes, el control del tiempo y de la temperatura de tostado; altas temperaturas y largo tiempo de tostado eliminan las especificidades aromáticas de los cacaos finos de aroma y favorecen primero al desarrollo de un aroma térmico y luego un sabor a quemado (Cros 2004). Los tamaños de las almendras también tienen que ver con el proceso de tostado o torrefacción, a una determinada temperatura y tiempo de fermentación, si las almendras son muy pequeñas usualmente corren el riesgo de sobre tostarse; mientras que las almendras grandes se pueden tostar solo parcialmente, esto afectará la calidad del licor y de los chocolates que a partir de ellos se fabriquen (Amores 2009).

2.12. Elaboración del licor de cacao.

Industrialmente el cacao tostado es descascarillado, donde se quita la "cascarilla" que lo recubre, elemento no deseado en la fabricación de chocolate. Como resultado se obtiene el grano ya partido o "nib de cacao", como comúnmente se lo llama en la industria los cuales continúan el proceso de fabricación. Luego los nibs de cacao son sometidos a un proceso de molienda, la temperatura en el molino ayuda a que se desprenda el alto contenido de grasa presente en los nibs, haciendo que los fragmentos de cacao sólido se conviertan en una pasta conocida como "pasta, masa o licor de cacao" (Proceso general para la obtención de licor cacao s.f.).

A nivel de Micro-fermentación, existen varias opciones para la molienda de los granos y el refinado del licor. Entre ellas, destacan las siguientes:

- Licuadoras de mesa para la molienda gruesa y el refinado grueso del licor (hasta 100 g de granos descascarillados).
- Morteros de mesa de distintas capacidades (100 – 500 g de granos descascarillados).
- Molinos de laboratorio con capacidad entre 200 g y 2,5 kg de granos descascarillados.

Independientemente del equipo utilizado para la molienda, el tamaño de partícula determinado con un micrómetro constituye un parámetro crítico a la hora de determinar el momento óptimo para detener la molienda. Un tamaño de partícula de entre 14 y 25 micras se considera óptimo para una evaluación organoléptica efectiva, dado que asegura la liberación de todos los compuestos volátiles de la muestra y la ausencia de la sensación arenosa que distraería al catador durante la evaluación del sabor (Sukha y Seguire 2015).

2.13. Calidad del grano de cacao.

Según Dubón y Sánchez (2016), diferentes tipos de análisis se hacen a nivel de centros de acopio y laboratorio para determinar la calidad física del grano de cacao. Entre ellos están: a) prueba de corte, b) contenido de humedad, c) peso del grano y d) evaluación sensorial; todas estas se detallan a continuación:

2.13.1. Prueba de corte de cacao seco

Dubón y Sánchez (2016), indican que para efectos de la clasificación del cacao se realiza la prueba de corte que consiste en tomar una muestra representativa de 300 granos se mezclan y se toman 50 granos, con una navaja o con una guillotina especial se parten en forma longitudinal de manea que el interior de los cotiledones quede expuesto en dos mitades. De esta manera se pueden hacer las observaciones de las características que permiten clasificar los granos en:

- **Bien fermentado:** Presenta una textura agrietada y color café en su totalidad (Figura 6 A).
- **Violeta:** Presentan un color violeta-morado intenso debido al mal manejo del beneficiado
- **Parcialmente violetas o levemente fermentado:** Presentan un color violeta claro (Figura 6 B)
- **Pizarroso:** Un grano sin fermentar cuya superficie no está agrietada sino compacta (Figura 6 C)
- **Mohoso:** Presenta colonias con puntos blanquecinos en el interior del grano
- **Dañado o defectuoso:** perforaciones de insectos, granos germinados, dos o más granos unidos, plano-vano, quebrado o partido.



Figura 6 Niveles de fermentación en cacao criollo moderno: A) Grano bien fermentado, B) Levemente fermentado y C) Pizarroso.

2.13.2. Contenido de humedad

El contenido de humedad se determina en laboratorio pesando una muestra de aproximadamente 100 g, la cual se pesa nuevamente después de secar en un horno de aire forzado a 103 °C por 24 h. Se recomienda hacer tres a cuatro repeticiones de esta prueba para obtener un promedio de la humedad del grano en base húmeda (Dubón y Sánchez 2016).

Otra metodología que se puede utilizar para determinar la humedad de los granos secos de cacao es el uso de un medidor digital de humedad para granos, hay variedad de equipos y marcas sin embargo a continuación se explica el uso del medidor de humedad GEHAKA AGRI G600.

El modo de utilización del GEHAKA AGRI G600 es muy sencilla para diferentes muestras (Cuadro 4), los pasos a seguir son los siguientes: 1) encendido del medidor de humedad en la tecla ON, 2) calibración para medición en cacao (medición de humedad en un rango del 3-18%), 3) peso de la muestra (100 g de cacao), 4) introducción de la muestra en la cámara de medición y 5) observación de la medición en la pantalla digital.

Cuadro 4. Principales granos y cereales analizados por el medidor GEHAKA AGRI G600

Maní	Cebada	Lenteja	Quínoa
Arroz	Colza	Lino	Trigo
Avena	Guisante	Mija	Triticale
Cacao	Haba	Maíz	Soja
Malta	Girasol	Sorgo	
Centeno	Guaraná	Café	

Fuente: Tomado de GEHAKA 2017.

2.13.3. Determinación del peso del grano.

La masa o peso promedio del grano es un atributo importante para la industria procesadora de cacao, puesto que a mayor tamaño de grano el rendimiento industrial será mayor. Esto se debe a que el tamaño de grano está inversamente relacionado con la cantidad de testa o cascarilla y la adecuada acumulación de nutrimentos en el cotiledón. Pero lo más importante es la uniformidad en el tamaño del grano, ya que en lotes con mucha variación en el peso del grano (granos grandes, medianos y muy pequeños) afecta la calidad del tostado y el sabor final del chocolate (Aguilar 2016).

Para esta determinación se toma una muestra representativa del lote (300 granos) que se pesan en una balanza analítica. El peso obtenido se divide entre 300 (que corresponden a la cantidad de granos tomados), obteniéndose el peso promedio de un grano, lo ideal es que cada grano pese más de 1.0 g (Aguilar 2016).

$$\text{Peso promedio de grano (g)} = \frac{\text{peso de la muestra (g)}}{300}$$

2.13.4. Análisis sensorial

El sabor es un criterio clave de calidad para los fabricantes de productos de cacao. El criterio del sabor incluye la intensidad del sabor a cacao o chocolate, junto con otras notas aromáticas secundarias, así como con la ausencia de sabores indeseados. Entre los defectos, destacan la falta de fermentación, la fermentación excesiva y la contaminación. Para evaluar el sabor de una muestra de cacao en grano, primero la muestra se debe convertir en licor o bien en chocolate; a continuación, se procede a su degustación, que suele correr a cargo de un panel de cata formado por entre cinco y diez catadores experimentados. No obstante, también se puede emplear a un solo catador experto tanto para la detección de sabores indeseados como para la descripción detallada de los aromas, siempre que se efectúen catas adicionales para asegurar un mayor rigor estadístico (Sukha y Seguíne 2015).

En la evaluación de las muestras se analiza la intensidad del sabor a cacao o a chocolate, la acidez residual, el amargor y la astringencia, que suelen estar presentes tanto en el licor como en el chocolate, además de la presencia de sabores no deseados y de aromas secundarios positivos, tales como notas afrutadas o florales; cabe mencionar que el potencial aromático intrínseco de un chocolate viene determinado más que nada por la variedad genética del cacaotero; aunque independientemente de los antecedentes genéticos de los cacaoteros, el desarrollo del sabor depende también de unas prácticas adecuadas de fermentación y secado, y de las etapas de proceso posteriores tales como el tostado, la alcalización o el conchado (Sukha y Seguíne 2015).

Según Sukha y Seguíne (2015), todos los tipos de cacao pueden producir sabores no deseados; éstos se describen a continuación:

Sabores no deseados a moho: Estos se deben a la presencia de mohos, principalmente en el interior de los granos; una muestra con sólo un 3% de granos mohosos puede transmitir un sabor mohoso/húmedo al licor y por consiguiente, al chocolate. El fabricante no puede

eliminar este tipo de sabor no deseado durante la elaboración. Las principales causas del sabor defectuoso son una fermentación demasiado prolongada, un secado inadecuado o demasiado lento (debido, por ejemplo, al mal tiempo) y la absorción de humedad durante el almacenamiento bajo condiciones adversas.

Sabores no deseados a humo: La contaminación por humo procedente de fuegos de leña o de otras fuentes durante el secado o el almacenamiento provoca un sabor característico a humo en el licor y en el chocolate. Se trata de otro sabor no deseado que tampoco puede ser eliminado durante la fabricación del chocolate.

Sabores no deseados a tierra: Los sabores terrosos no deseados suelen aumentar en los últimos granos del silo debido a la acumulación de suciedad y desechos. Estos sabores pueden resultar muy desagradables, y cuando están presentes en grandes cantidades, se debe rechazar el lote.

Sabor ácido: Este sabor se debe a cantidades excesivas de ciertos ácidos que se forman durante la fermentación. Intervienen dos ácidos: el ácido acético, volátil, y el ácido láctico, que no es volátil. El secado adecuado reducirá la acidez en los granos fermentados, pero en caso de un secado demasiado rápido, la acidez persistirá. Durante la elaboración, el ácido acético presente en los granos secos se suele reducir a un nivel bajo aceptable, pero el ácido láctico, al no ser volátil, seguirá presente; un nivel excesivo de ácido láctico provoca un sabor indeseado en el chocolate. Además, la presencia de acidez excesiva suele reflejar un desarrollo insuficiente del sabor del chocolate. La presencia de ácido acético se detecta fácilmente al oler los granos, pero la acidez provocada por el ácido láctico sólo se puede detectar catando el licor de cacao o el chocolate elaborado a partir de éste.

Amargor y Astringencia: Cierta grado de amargor y astringencia forma parte del complejo sabor del chocolate, pero su presencia excesiva llega a ser desagradable. El exceso de amargor y de astringencia no se puede eliminar con la elaboración industrial normal. Estos sabores están asociados con una fermentación insuficiente y/o ciertas variedades. El cacao en grano sin fermentar o pizarroso, identificado en la prueba de corte, produce licores muy amargos y astringentes, y las muestras con más del 3% de granos pizarrosos normalmente dan al chocolate una astringencia excesiva. Los granos completamente morados también producen sabores amargos y astringentes. Aunque se debe evitar una cantidad excesiva de granos pizarrosos y morados, los fabricantes de chocolate no esperan recibir granos exclusivamente marrones. Un cacao correctamente cosechado, fermentado y secado al sol contendrá un alto porcentaje de granos parcialmente marrones/morados.

Para la evaluación organoléptica tanto de licores como de chocolate es muy útil contar con un indicador de la Calidad Global, que se refiere no a los atributos individuales de la muestra sino a la calidad de su sabor global. La puntuación para este indicador no debe obtenerse por fórmula o cálculo a partir de las puntuaciones individuales, sino que cada catador debe poder indicar de forma independiente su impresión de la calidad global. A continuación, se presenta un glosario de términos indicado por Sukha y Seguíne (2015), para las evaluaciones de sabor con los descriptores correspondientes (Cuadro 5).

Cuadro 5. Descriptores de sabor evaluados en licores de cacao, según Sukha, D y Seguíne, E. (2015).

DESCRIPTOR DE SABOR	DESCRIPTORES CORRESPONDIENTES EN COMENTARIOS
Cacao	Describe el sabor típico de los granos bien fermentados, tostados y libres de defectos - Barras de chocolate, cacao fermentado/tostado
Acidez	Ácido cítrico – Frutas Ácido acético - Vinagre (se puede oler en la muestra) Ácido Láctico - Como vómito, leche agria o melaza Ácido Mineral - Gusto metálico
Amargor	Por lo general, se debe a la falta de fermentación; es percibido en la parte posterior de la lengua/garganta - cafeína (café), cerveza, pomelo
Astringencia	Por lo general, se debe a la falta de fermentación; sensación de sequedad en la boca y/o efecto de fruncimiento de los labios que aumenta la producción de saliva; es percibida entre la lengua y el Paladar o en la parte posterior de los dientes delanteros. – Cascaras de frutos secos crudos, piel de plátano, algunos vinos
Dulce	Describe los licores con un sabor característico a jugo de cana caramelizada sin refinar (Panela). - Caramelo, azúcar moreno, dulce de azúcar.
Fruta fresca	Amplia gama de frutas frescas: Bayas - pasas, frambuesas no totalmente maduras. Fruta cítrica - esencia de cítricos. Fruta tropical - plátano, maracuyá, naranja; casi siempre se aprecia alguna nota cítrica.
Frutas marrones	Frutas de árbol oscuras - ciruela, cereza oscura. Fruta seca - albaricoque seco, banano, etc., caramelizarían del azúcar de la fruta, la esencia de una fruta que ha sufrido el proceso de Secado, con notas de azufre y también de frutos secos. Fruta demasiado madura - comienzo de la sobre fermentación, fruta excesivamente madura como paso hacia la sobre fermentación. Fruta marrón - ciruelas pasas o dátiles.
Frutos secos	Frutos secos - frutos secos sin cascara Cáscara/piel de frutos secos – asociado con alguna sensación astringente como las pieles de almendras y cacahuets etc.
Floral	Amplia gama desde pastos/césped/hierba verdes hasta flores y notas perfumadas:

	<p>Floral - procedentes del entorno natural, se puede percibir dando un paseo por el jardín, verde terroso, herbal y amaderado.</p> <p>Hierba Floral -el verde de la hierba recién cortada, hierba muy fresca, hojas jóvenes (verde floral).</p> <p>Verde floral vegetativo (verde oscuro) - verde vegetativo, hoja vieja de cacao triturada, notas de color verde oscuro. Judías verdes, pimientos cocinados (verduras de color verde oscuro)</p> <p>Amaderado floral (genérico) - Plantas ya transformadas en aceite esencial seco, bases estructurales, paseos en el bosque antes del invierno, flores secas.</p> <p>Floral setas - setas, carnoso, sabroso, MSG.</p> <p>Floral terroso - bosque después de la lluvia, el olor a humedad que sube del suelo del cacao.</p> <p>Floral herbal - Especies secas envejecidas. Común a todas las hierbas secas y vinculado a veces con la astringencia.</p> <p>Floral Perfumado - una intensidad que perdura como cuando se añaden fijadores (por ejemplo, vainilla) a un perfume para que persista</p> <p>Floral flores - Se respira una vez, y en seguida desaparece. Diferencia entre la mayoría de las rosas y una rosa muy fragante como la Mister Lincoln</p> <p>Floral azahar - es esencialmente floral-flores, pero con sabor específico a azahar</p>
Madera	<p>Madera clara - fresno, haya, arce, pino blanco, cacao cortado.</p> <p>Madera oscura - roble, nogal, teca.</p> <p>Madera resinosa - pinotea, bálsamo de resinas de árboles oscuros o claros.</p>
Especiado	<p>Especiado a tabaco - El especiado a tabaco es el aroma en la puerta de la tienda de tabaco, no ceniciento ni sucio, sino más bien como el tabaco de pipa, dulce</p> <p>Especiado picante - especiado, picante, salado.</p>
Sabores indeseados	<p>Jamón - carnes en lonjas, jamón, fermentación inadecuada.</p> <p>Ahumado - sucede cuando se quema materia vegetal (madera, hierba, corteza de cacao, etc.). Otros sabores extraños - cacao contaminado con gases de diésel. Cuero - no recién curtido en una tienda de cuero, sino más como el cuero con el sudor y la orina, como sillas de montar.</p> <p>Estiércol sobre-fermentado - patio de la granja, estiércol. Sobre fermentación pútrida - Heces. Carácter sucio – molesto, como los utensilios sucios, a menudo asociado con la calidad astringente; si aumento la astringencia = aumento el sabor sucio, etc. Función de polvo. Corteza de madera - no es bueno, por lo general desagradable, seco y polvoriento, maloliente, no un olor a limpio. Baja fermentación, astringencia, crudo, cuero, sucio; suelen estar asociados también a la corteza de madera.</p>

Fuente: Tomado de Sukha *et al.* 2015.

2.14. Evaluación sensorial

Según la División de evaluación sensorial del IFT define la evaluación sensorial como la disciplina científica utilizada para preparar, medir, analizar e interpretar las reacciones de

aquellas características de sustancias que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído (Schutz. citado por Hernández 2005).

2.14.1. Análises sensoriales

El análisis sensorial de alimentos es un conjunto de técnicas de medida y evaluación de determinadas propiedades de los alimentos, a través de uno o más de los sentidos humanos, el análisis sensorial da respuesta a una gran cantidad de preguntas sobre la calidad de un producto. A través de ellas se puede hacer referencia a si existen o no diferencia entre dos o más muestras o productos, describir y medir las diferencias que se puedan presentar, conocer el grado de preferencia, gusto o disgusto y de satisfacción que pueda presentar un panelista por un producto determinado. Es así entonces que el análisis sensorial a través de pruebas permite conceptuar sobre un producto alimenticio para así poder llegar a tomar decisiones (Cordero 2013).

Según Hernández (2005) Las pruebas sensoriales empleadas en la industria de alimentos se dividen en tres grupos, los cuales se detallan a continuación:

- 1) Pruebas discriminativas: Las pruebas discriminativas consisten en comparar dos o más muestras de un producto alimenticio, en donde el panelista indica si se percibe la diferencia o no, además se utilizan estas pruebas para describir la diferencia y para estimar su tamaño, las pruebas discriminativas se clasifican en:
 - Pruebas de diferenciación (Prueba de pares, prueba de duo-trío, prueba triangular, prueba de ordenación, prueba escalar de control).
 - Pruebas de sensibilidad (Umbral de detección, umbral de reconocimiento).
- 2) Pruebas descriptivas: Estas pruebas permiten conocer las características del producto alimenticio y las exigencias del consumidor. A través de las pruebas descriptivas se realizan los cambios necesarios en las formulaciones hasta que el producto contenga los atributos para que el producto tenga mayor aceptación del consumidor; las pruebas analíticas descriptivas se clasifican en:
 - Escala de atributos (Escala de categorías, escala de estimación de la magnitud)
 - Análisis descriptivo (Perfil de sabor, perfil de textura)
 - Análisis cuantitativo
- 3) Pruebas afectivas: Las pruebas afectivas, son pruebas en donde el panelista expresa el nivel de agrado, aceptación y preferencia de un producto alimenticio, las pruebas afectivas se clasifican en las siguientes:

- Prueba de referencia (Prueba de preferencia pareada, prueba de preferencia ordenación)
- Prueba de satisfacción (Escala Hedónica verbal)
- Prueba de aceptación.

2.14.2. Análisis descriptivo

2.14.2.1. Perfil de sabor

Esta prueba permite detectar pequeños cambios en el sabor de la muestra que está siendo evaluada. Se aplica entonces para desarrollar y mejorar sabores, también se emplea esta prueba para detectar olores desagradables. Para el desarrollo del panel de evaluación para esta prueba se requiere de ocho a diez panelistas con experiencia, y se pueden realizar por una o dos sesiones de catación, la primera sesión se realiza individual y la segunda en grupo para discutir y dar un concepto general resumido. Si por algún motivo los resultados no coinciden se debe realizar otra sesión hasta obtener resultados representativos para ser tabulados. Para este tipo de prueba se debe tener una muestra estándar, con el fin de mirar si existe mucha, poca o ninguna diferencia (Hernández 2005).

2.14.2.2. Perfil de textura

El perfil de textura no sólo se utiliza para medir la textura de un alimento, sino que incluye otros parámetros como: el sabor y el olor. Esta prueba requiere de 8 – 10 panelistas entrenados. Consiste en que los panelistas realicen un análisis descriptivo de cada uno de los componentes, determinando los más representativos hasta percibir los componentes con menor intensidad. Los panelistas requeridos para desarrollar este tipo de prueba deben cumplir con unos requisitos básicos como: haber sido entrenado en la prueba de umbrales, prueba de percepción y reconocimiento de olores (Hernández 2005).

2.14.2.3. Panel de evaluación sensorial

Según Hernández (2005) Para el buen desarrollo y aplicación de las diferentes pruebas sensoriales, se deben seleccionar y entrenar muy bien a los jueces, además de proporcionar las condiciones locativas básicas, para la sala de catación o cabinas y para el sitio de preparación de las muestras. Existen varios tipos de panelistas, estos tipos se clasifican de acuerdo al estudio que se esté realizando ellos son: panelistas expertos, panelistas entrenados o panelistas de laboratorio y panelistas consumidores.

Panelistas Expertos: persona con gran experiencia en probar un determinado tipo de alimento y que posee una gran sensibilidad para percibir las diferencias entre muestras y para evaluar las características del alimento. Debido a su habilidad y experiencia, en las

pruebas que efectúa sólo es necesario contar con su criterio. Su entrenamiento es muy largo y costoso, por lo que sólo intervienen en la evaluación de productos caros, como por ejemplo el té o trufas de tierra. Estos jueces están revisando constantemente sus habilidades y existen muy pocos en todo el mundo (Cordero 2013).

Panelista entrenado: persona con bastante habilidad para la detección de alguna propiedad sensorial, que ha recibido enseñanza teórica y práctica sobre la evaluación sensorial, sabe lo que debe medir exactamente y realiza pruebas sensoriales con cierta periodicidad. El número requerido es de al menos siete y como máximo quince. Se emplean para pruebas descriptivas y discriminativas complejas. Como los jueces expertos, deben abstenerse de hábitos que alteren su capacidad de percepción (Cordero 2013).

Panelista de laboratorio: personas con un entrenamiento teórico similar al de los jueces entrenados, que realizan pruebas sensoriales con frecuencia y poseen suficiente habilidad, pero que generalmente sólo intervienen en pruebas discriminativas sencillas que no requieren una definición muy precisa de términos o escalas. Las pruebas con este tipo de jueces requieren un mínimo de 10 y un máximo de 20 o 25 jueces (Cordero 2013).

Panelista consumidor: son personas que no tienen nada que ver con las pruebas, ni han realizado evaluaciones sensoriales periódicas. Es importante que sean consumidores habituales del producto a valorar o, en el caso de un producto nuevo, que sean los consumidores potenciales de dicho producto. El número de jueces necesario oscila entre 30 y 40 (Cordero 2013).

2.15. Perfil sensorial de los alimentos

Según Espinoza (2007), la evaluación sensorial es una disciplina científica mediante la cual se evalúan las propiedades organolépticas a través del uso de uno o más de los sentidos humanos, la cual al final de su proceso genera un perfil sensorial de un producto alimenticio en específico.

Un perfil sensorial se define como el resultado generado por una prueba de evaluación sensorial, dicho perfil puede ser creado sobre cualquier característica del alimento como sabor, olor, textura, etc. y puede estar conformado por la identificación de los atributos previamente definidos por el investigador a evaluar o puede contener los atributos que el evaluador identifique en la cata del alimento (Espinoza 2007).

2.15.1. Creación del perfil sensorial de los alimentos

Para la creación del perfil sensorial de un alimento es necesario utilizar pruebas descriptivas y se requiere un panel de 5 a 10 catadores entrenados o un solo catador experto en el área a evaluar, al finalizar la prueba juntamente con la base de datos generada en la catación se desarrolla el perfil sensorial, el cual generalmente se expresa en gráficos radiales (Espinoza 2007).

2.15.2. Importancia del perfil sensorial

La evaluación sensorial es una disciplina científica mediante la cual se evalúan las propiedades organolépticas a través del uso de uno o más de los sentidos humanos. Mediante esta evaluación pueden clasificarse las materias primas y productos terminados, conocer que opina el consumidor sobre un determinado alimento, su aceptación o rechazo, así como su nivel de agrado, estos criterios se tienen en cuenta en la formulación y desarrollo de los mismos (Espinoza 2007).

Son diversas las aplicaciones e importancia del desarrollo de perfiles sensoriales, la cual desempeña un papel clave en el ciclo de vida de un producto, de ahí que no se concibe el análisis de un alimento, si no va aparejado de la evaluación de sus propiedades organolépticas y el desarrollo de su perfil mediante pruebas sensoriales (Espinoza 2007).

3. MATERIALES Y METODOS

La investigación sobre la determinación de perfiles de sabor en cacao autóctonos se realizó en 10 meses, de octubre de 2016 a julio de 2017. Esta se llevó a cabo en dos fases: de campo y laboratorio. Se evaluaron 12 cacaos autóctonos provenientes de siete fincas ubicadas en la región oriental y occidental del país (Figura 7). Cada finca fue caracterizada agroecológicamente, tomando en cuenta la ubicación geográfica, la altura sobre el nivel del mar, especies vegetales asociadas al cultivo, temperatura y precipitación promedio al año y la genética del cacao (Cuadro 6). La micro-fermentación de las muestras se realizó según el protocolo establecido por Edward Seguíne, llevado a cabo en las instalaciones del laboratorio de Microbiología del Centro de Investigación y Desarrollo en Salud (CENSALUD) de la Universidad de El Salvador. Los datos obtenidos se evaluaron estadísticamente por métodos multivariados de componentes principales, con nivel de significancia del 5.0 %, para conocer el comportamiento de las muestras con respecto a los atributos evaluados, utilizando Infostat versión estudiantil, con función “R” para análisis sensorial.

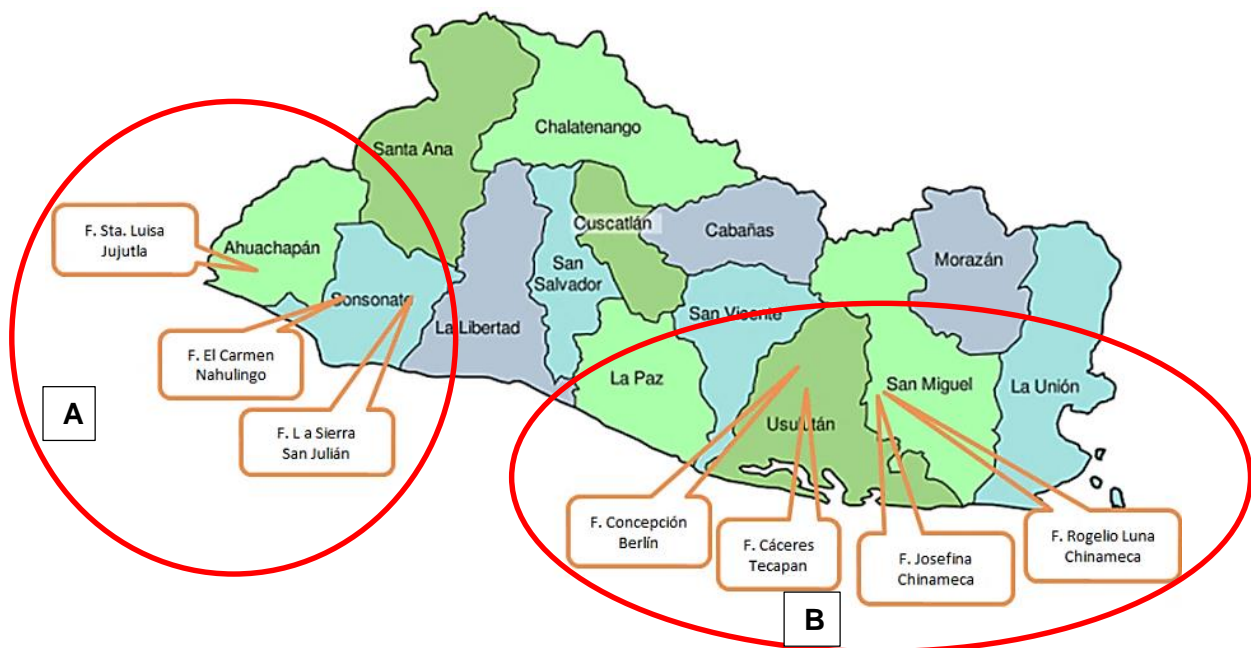


Figura 7. Ubicación geográfica de siete fincas productoras de cacao. (A) Fincas de la región occidental de El Salvador: Santa Luisa, El Carmen y la Sierra; (B) Fincas de la región Oriental de El Salvador: Concepción, Cáceres, Josefina y Rogelio Luna.

Cuadro 6. Caracterización agroecológica de siete fincas cacaoteras de El Salvador.

Finca	Códigos de tipos de cacao	Nombre del productor	Área (ha)	Ubicación geográfica	Msnm	Agroecología			Genética
						SAF (especies en asocio)	T° promedio/año	Precipitación promedio/año	
Concepción	FCV	Eduardo Zacapa	4.9	13°29'43"N, 88°31'50"W	995	Cacao, maderables (cedro) y frutales	23 °C	1829 mm promedio/año	Trinitarios
	FCA								
	FCR								
La Sierra	FLS	Boris Portillo	0.7	13°41'47.85"N, 89°33'33.09"W	250	cacao, café y bálsamo	25.2 °C	1750 mm promedio/año	Criollo moderno
Santa Luisa	FSL-I	Mauricio Urrutia	35	13°47'0.20"N, 89°51'17.11"W	520	Cacao, café, musáceas, frutales (naranja, mandarina) y maderables	23.2°C	1747 mm promedio/año	Criollos modernos
	FSL-II								
El Carmen	FECA	Grupo CASSA	16.8	13° 42' 19"N, 89° 42' 42"W	210	Cacao, maderables (conacaste, cedro), higuierillo	25.2 °C	1750 mm promedio/año	Criollos modernos
	FECAR								
Cáceres	FCT	Juan Cáceres	0.52	13° 27' 0" N, 88° 28' 60" W	700	Cacao y frutales (coco)	23°C	1829 mm promedio/año	Criollo ancestral
Josefina	FJC	Josefina	0.52	13° 30' 00" N, 88° 21 '00" W	752	Cacao, café, maderables	24°C	1669 mm promedio/año	Criollo moderno
Rogelio Luna	FRLG	Rogelio Luna	2.8	13° 30' 00" N, 88° 21 '00" W	752	Cacao, café y frutales	24°C	1669 mm promedio/año	Criollo moderno
	FRLP								

3.1. Metodología de campo.

3.1.1. Identificación de las muestras.

En cada finca se tomaron datos sobre la ubicación geográfica, área de siembra y tipo de bosque asociado al cacao. Así mismo se realizó un recorrido por cada una de las plantaciones, donde se eligieron los mejores frutos de cacaos autóctonos mediante la evaluación visual de la madurez, tamaño de la mazorca, grosor de la cascara, número de semillas por fruto, color y tamaño de semilla (Figura 8).



Figura 8 Corte longitudinal de mazorca de cuatro meses, finca Rogelio Luna.

3.1.2. Colecta de mazorcas.

Se cosecharon 20 mazorcas maduras con tijeras de podar y se colocaron en sacos sintéticos de polietileno debidamente etiquetados, cada cacao autóctono se identificó con un código haciendo referencia al nombre de la finca, al color del fruto y a la ubicación (Cuadro A- 14). Para confirmar el estado de madurez de las mazorcas se utilizó como indicador el color del fruto, teniendo en cuenta que en el fruto de cacao existe un cambio de color evidente, de tal manera que los frutos inmaduros verdes se tornan amarillos y los morados cambian a naranja brillante (Figura 9) (Guerrero Martínez 2016). De las mazorcas cosechadas se tomó una para colectar los microorganismos del ambiente del cacaotal y el resto se utilizó para la micro-fermentación según el protocolo establecido por Edward Seguire.

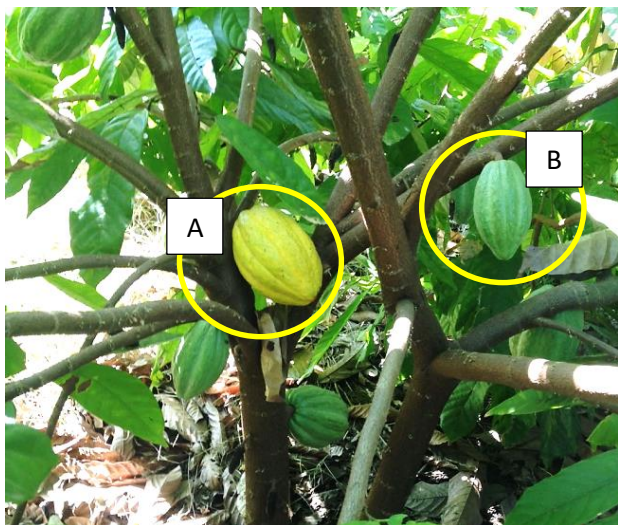


Figura 9. Cacao criollo moderno. (A) Mazorca de cacao madura color amarillo y (B) mazorca de cacao inmadura color verde, finca El Carmen.

3.1.3. Colecta de microorganismos ambientales en fincas cacaoteras de El Salvador.

Para elaborar el cultivo iniciador según lo establecido en el protocolo de Ed Seguíne, se tomó una mazorca madura, se desinfectó la superficie con una solución de alcohol al 70%, se partió longitudinalmente y se expuso abierta al ambiente, a la base del árbol de cacao, durante 10 minutos. Después de la exposición, las semillas de la mazorca cortada se colectaron con las manos previamente desinfectadas utilizando alcohol al 70%, en una bolsa hermética “ziploc” debidamente etiquetada (Figura 10), y se transportaron hacia el laboratorio de microbiología de CENSALUD.



Figura 10. Colecta de microorganismos ambientales en mazorcas de cacao abiertas y expuestas dentro de los cacaotales, finca El Carmen.

3.2. Metodología de Laboratorio.

3.2.1. Preparación del cultivo iniciador.

Para realizar el proceso de despulpado se pesaron 50 g de cacao en baba de las semillas expuestas dentro de los cacaotales y se colocaron dentro de un Erlenmeyer de 250 ml, a éste se le introdujo un magneto y se le añadieron 100 ml de agua destilada estéril. Posteriormente se colocó sobre un agitador magnético y se agitó a 500 rpm durante 40 minutos. Luego del despulpado se procedió a filtrar la mezcla utilizando un embudo de vidrio y gaza estéril, para obtener un filtrado conteniendo los azúcares y los microorganismos capturados ambientalmente, éste se colectó en un Erlenmeyer estéril de 125 ml (Seguíne *et al.* 2013). El filtrado colectado se cubrió con papel aluminio, y se incubó en estufa a 37°C por 48 horas, hasta obtener turbidez que evidenció crecimiento de estos microorganismos (Figura 11). La temperatura y tiempo de incubación del cultivo iniciador difirieron un poco a las establecidas en el protocolo, ya que se realizaron pruebas preliminares que dieron como resultado poca presencia de levaduras, sin embargo, al efectuar un ajuste de estas se obtuvieron los mejores resultados en los parámetros antes establecidos (37°C por 48 horas)

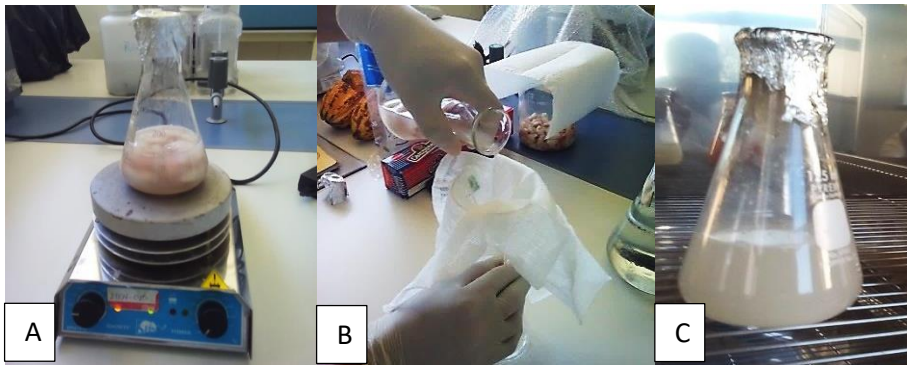


Figura 11. Procedimiento de extracción de azúcares y microorganismos presentes en la pulpa de cacao. (A) despulpado de semillas, (B) filtrado de pulpa y (C) incubación de filtrado.

3.2.2. Determinación del crecimiento de levaduras mediante incubación de filtrado.

Para monitorear el crecimiento de levaduras durante la incubación, se colocó una gota del inóculo en una lámina porta objeto y se observó al microscopio óptico con el objetivo de 10X cada 24 horas, a fin de poder ver el crecimiento de las levaduras en el tiempo. El recuento de levaduras, se realizó utilizando la cámara de Neubauer. A partir del número de células contadas, conociendo el volumen de líquido que admite el campo de la cuadrícula, se calculó la concentración de células en la muestra líquida aplicada (GAB s.f.), utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Partículas}/\mu\text{l} = \frac{x \text{ levaduras}}{y \text{ cuadros}} \times \frac{\# \text{ cuadros cámara}}{\text{volumen cámara}} \times \frac{1000 \text{ mm}^3}{1 \text{ cm}^3}$$

Dónde:

X levaduras: Promedio de levaduras contadas.

Y cuadros: grupo de cuadros de la cámara (Neubauer improved= 16)

Cuadros cámara: cuadros útiles cámara (Neubauer improved= 400)

Volumen útil cámara Neubauer improved: 0.2mm x 0.2mm x 0,1mm x 25 = 0,1 mm³

3.2.3. Ensayo de micro-fermentación.

3.2.3.1. Limpieza y desinfección de mazorcas.

Las mazorcas de cacao se lavaron con agua y se desinfectaron con una solución de alcohol al 70% para evitar el crecimiento de otros microorganismos ajenos al cultivo iniciador. Se hizo un corte transversal a la cascara con cuchillo desinfectado con solución de alcohol al 70%, se golpeó la mazorca suavemente para abrirla y se sacaron los granos deslizando la mano por el interior de la misma. Los granos en baba fueron depositados en un recipiente plástico debidamente desinfectado con alcohol al 70%. Se determinó el peso total del cacao en baba de cada material evaluado utilizando una balanza digital COBOS D-15K.

3.2.3.2. Medición de tamaño de semilla, grados Brix y Acidez.

De cada muestra se tomaron 10 semillas frescas de cacao al azar y se despulparon hasta desprender todo el mucilago, luego se procedió a medir el tamaño de las semillas de forma longitudinal, utilizando un pie de rey. Para medir los °Brix y acidez de los tipos de cacao, se mezcló la masa de cacao y se tomó una muestra del jugo depositado al fondo del recipiente que contenía los granos, posteriormente se colocaron 3 gotas de jugo sobre el prisma del refractómetro digital PAL BX/ACID y se midieron los grados brix, luego se diluyó la muestra con agua destilada hasta la parte superior de la línea de llenado del refractómetro y se tomó la lectura de acidez (ATAGO 2017).

3.2.3.3. Preparación de las muestras de cacao para Micro-fermentación.

Los granos se transfirieron a una bolsa hermética “ziploc” de polipropileno estéril y perforada, la cual a su vez, fue introducida a otra bolsa del mismo tipo sin perforar, con capacidad de 1 kg cada una y debidamente identificada.

3.2.3.4. Inoculación de las muestras de cacao

Se introdujo 1 ml del cultivo iniciador por cada 100 gr de muestra de cada material de cacao, utilizando micro pipeta de 1000 μ l (Figura 12). Se eliminó el aire de las bolsas colocándolas sobre una superficie plana y presionando hacia afuera para poder sellarlas. Este procedimiento se realizó en una cámara de extracción de aire y de vapores.

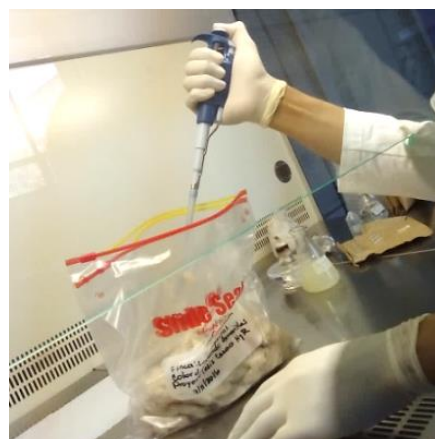


Figura12. Inoculación de muestras de cacao preparada en bolsas estériles

3.2.3.5. Fermentación de muestras de cacao.

Las bolsas con las muestras de cacao se introdujeron en estufa bacteriológica a temperatura controlada, esta se ajustó durante todo el proceso siguiendo la curva de temperatura típica de una fermentación tradicional (Figura 13). Las muestras se fermentaron por un total de 144 horas: 48 horas de la fase anaeróbica y 72 horas de la fase aeróbica. Durante el proceso se realizaron volteos a las 48, 72, 96 y 120 horas, mezclando los granos que se encontraban en la parte superior de la bolsa con los de la parte inferior y se eliminaron las exudaciones producidas por las semillas (Seguine *et al.* 2013).

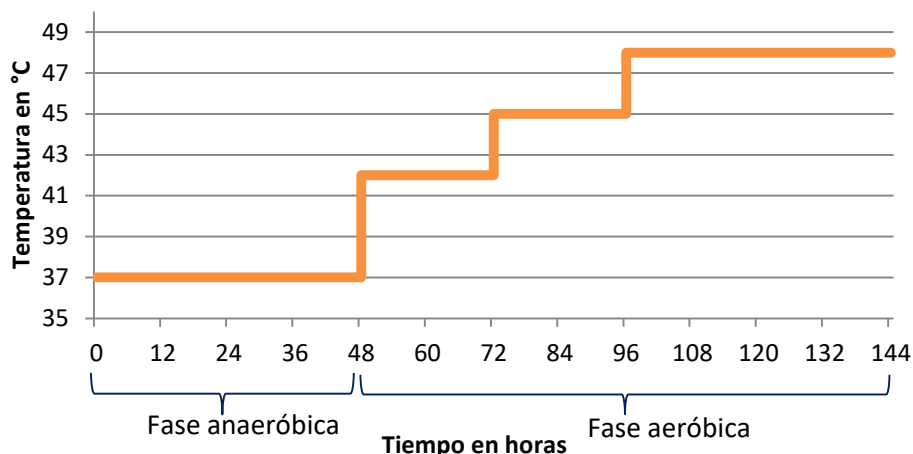


Figura 13. Curva de temperatura típica de una fermentación tradicional en cacao, durante la fase anaeróbica y aeróbica.

Fuente: Tomado de Seguíne, E *et al.* 2013.

3.2.3.6. Evaluación de las muestras de cacao durante la fermentación.

Durante cada volteo efectuado a las muestras de cacao (48, 72, 96 y 120 h), se tomaron 5 semillas al azar, se partieron de forma longitudinal y se observaron los cambios desarrollados en el tiempo durante la fermentación, evaluando: coloración interna y externa del grano, desarrollo de fisuras en los cotiledones y estado del embrión (Cuadro 7).

Cuadro 7. Parámetros de evaluación de las semillas de cacao durante la micro-fermentación de las muestra

Parámetro	Indicador	Descripción
Coloración interna	Morado	Grano no fermentado
	Morado hacia café	Grano con fermentación en proceso
	Café	Grano bien fermentado
Coloración externa	Blanco completo	Grano no fermentado
	Blanco con machas cafés	Grano con fermentación en proceso
	Café completo	Grano bien fermentado
Desarrollo de fisuras	No definidas	Sin presencia de fisuras. Grano no fermentado.
	Poco definidas	Fisuras se encuentran en el centro y no se extienden hasta los bordes. Fermentación en proceso.
	Bien definidas	Fisuras que se extienden desde el centro hasta el borde del cotiledón. Grano bien fermentado.
Estado del embrión	Color blanco	Embrión vivo
	Color café	Embrión muerto

3.3. Secado.

Inmediatamente después de terminada la fermentación se procedió al secado el cual tomó un total de seis días y se realizó en dos etapas: pre-secado y secado.

3.3.1. Pre-secado.

Este consistió en dejar reposar los granos bajo sombra durante 24 horas, en plataformas de madera con malla tipo zaranda; distribuyendo los granos uniformemente en la superficie de la plataforma y dejando una capa de 2 cm.

3.3.2. Secado.

Se realizó al sol y de forma lenta con el objetivo de evitar el secado brusco que provoca que se sellen los poros de los granos e impidan la salida de los ácidos volátiles y no volátiles como el ácido acético y el ácido láctico que son los que influyen en la acidez de los licores de cacao al momento de catarlos (Sukha 2015).

El secado al sol de las muestras se efectuó en cinco días, este se inició con una hora de sol durante el primer día y luego se fue aumentando una hora por cada día de secado, se realizó un volteo por día, de tal forma que los granos que se encontraban arriba quedarán abajo.

Llegado el cuarto y quinto día de secado se pesaron 100 gr de cacao de cada muestra, se depositaron en un determinador de humedad GEHAKA AGRI G600 calibrado para determinar humedad en cacao con rango de 3 a 18% y se estableció el contenido de humedad de cada muestra, esto permitió concluir si el proceso de secado había finalizado o no. Las muestras con un contenido de humedad del $7 \pm 0.3\%$ se depositaron en bolsas herméticas de polipropileno debidamente identificadas y se almacenaron a temperatura ambiente en estantes metálicos dentro del laboratorio de microbiología de CENSALUD.

3.3.3. Calidad física del grano de cacao.

Para conocer el porcentaje de fermentación obtenido en las muestras, se realizó el análisis físico en grano mediante la prueba de corte, metodología que se basa en la inspección visual de las superficies cortadas de una muestra de granos y una evaluación del número de granos defectuosos (Sukha 2015). Para ejecutar la prueba se tomaron 50 granos al azar de cada muestra y se cortaron de forma longitudinal utilizando una navaja tipo "cútter". Los granos cortados se clasificaron de acuerdo a su grado de fermentación y defectos (Cuadro 8), categorías utilizadas por la norma ISO 2451 para las especificaciones del cacao en grano (Sukha 2015).

Cuadro 8. Evaluación física del cacao en grano, fermentado y seco.

Atributos externos 100 g		Defectos externos 100 g	
# de granos		Negros	
Humedad		Moho superficial	
Materia extraña		Germinados	
		Aglomerados	
		Cortados	
Prueba de corte (50 granos)			
Grados de fermentación		Defectos	
Café		Moho	
Café claro		Germinados	
Parte púrpura y café		Daños por insectos	
Violeta hacia púrpura		Sobre fermentado	
Violeta no fisurado		Pizarroso	

Fuente: Adaptado de Sukha 2016.

3.3.4. Determinación del índice de grano.

Se pesaron 100 g de granos de cacao en una balanza digital y se contó el número de granos en los 100 g, luego se determinó el Índice de Grano utilizando la siguiente fórmula:

$$IG = \frac{\# \text{ de granos en } 100 \text{ g}}{100 \text{ g}}$$

3.3.5. Determinación del índice de mazorca.

El Índice de mazorca permitió determinar la cantidad de mazorcas necesarias para producir 1 kilogramo de cacao fermentado y seco, aspecto importante para conocer el potencial productivo de los tipos de cacao evaluados. Este valor se determinó utilizando la siguiente fórmula.

$$IM = 1000 / IG / \text{semfrut}$$

Donde

IM = Índice de mazorca

1000 = 1000 gramos que conforman un kg

IG= Índice de grano

Semfrut = Cantidad de semillas en cada fruto.

3.4. Evaluación del sabor.

3.4.1. Tostado.

Se pesaron 300 g de cacao de cada muestra y se tostaron en horno de secado por convección natural de aire, los granos se colocaron en bandejas tipo malla de acero

inoxidable, para poder optimizar el flujo de aire por los granos y obtener un tostado más homogéneo. La combinación de temperatura y tiempo para el proceso de tostado se estableció de acuerdo al tipo de cacao. El cacao criollo ancestral se tostó a 112°C durante 30 min, los trinitarios a 120°C durante 30 min y para los criollos modernos se emplearon las mismas condiciones utilizadas para el cacao trinitario (Sukha 2015).

3.4.2. Elaboración de licor de cacao.

Para obtener el licor de cacao los granos se procesaron en un molino de nixtamal marca Victoria hasta obtener un tamaño de partícula entre 20-25 μ , este proceso tomo 1 hora. Los licores obtenidos se depositaron en recipientes herméticos, identificados con los datos de cada muestra y se almacenaron a 7°C.

3.4.3. Análisis sensorial.

La elaboración de los perfiles de sabor, se hizo utilizando un panel de cinco catadores entrenados miembros del primer panel nacional de catadores de cacao, acreditados por la Mesa Nacional del Cacao. Este proceso se dividió en las siguientes dos partes:

3.4.3.1. Calibración del panel de catadores.

Mediante la cata de cinco licores de referencia se realizó la calibración de los panelistas entrenados. Durante el proceso se analizaron individualmente los licores, evaluando los siguientes atributos: cacao, dulce o caramelo, amargo, astringente, ácido, afrutado, floral, nueces, y crudo o verde, siguiendo lo recomendado por Sukha (2015), utilizando una escala de evaluación de licores de cacao de 0-10 (Cuadro 8). Posteriormente se compartieron las calificaciones individuales y se discutieron de manera conjunta, para poder unificar las respuestas en el análisis de los atributos evaluados y mejorar el juicio individual de los catadores.

Los licores de referencia fueron obtenidos del laboratorio de cacao de Edward Seguíne, provenientes de Ghana, Madagascar, Venezuela, Ecuador y Nicaragua. Los licores fueron fundidos en estufa de secado a 60°C para ser catados a 42 °C.

3.4.3.2. Catación.

Se aplicó una prueba de análisis sensorial descriptiva a los licores de cacao elaborados, esta permitió obtener una descripción cualitativa de los atributos individuales que contribuyen al carácter total de cada muestra. Los licores fueron analizados por un panel de cinco catadores (entrenados) previamente calibrados, evaluando los siguientes atributos: cacao, dulce o caramelo, amargo, astringente, ácido, afrutado, floral, nueces, y crudo o verde

(Sukha 2015). En la prueba se utilizó la escala de evaluación de licores de cacao de 0-10 (Cuadro 9), con la cual se elaboraron los perfiles de sabor de doce cacaos autóctonos. Los licores fueron fundidos en estufa de secado a 60°C para ser catados a 42 °C.

Cuadro 9. Escala de evaluación para licores de cacao de 0-10.

Intensidad del atributo	Significado
0	No está presente
1	Solo un rastro y tal vez no se encuentre si se saborea de nuevo
2	Presente en la muestra
3-5	Claramente característico de la muestra
6-8	Dominante
9-10	Lo máximo que ha experimentado

Fuente: Tomado de Seguíne y Sukha 2015.

3.5. Metodología estadística.

Los datos obtenidos en la prueba descriptiva del análisis sensorial fueron evaluados por métodos multivariados de componentes principales, a fin de realizar un análisis exploratorio sobre el comportamiento de los cacaos autóctonos con respecto a los atributos evaluados. Los datos obtenidos se ingresaron en una matriz simple conformada por doce tratamientos (cacaos autóctonos), dentro de la base de datos del software estadístico Infostat versión estudiantil, con la función “R” para análisis sensorial, trabajando con un nivel de significancia del 5%.

La comparación de los perfiles de sabor de los cacaos autóctonos con los 50 perfiles de los mejores cacaos del mundo establecidos en la International Cocoa Awards (ICA) en 2015, se realizó aplicando la prueba T-student, conformada por 62 tratamientos (12 cacaos autóctonos y 50 cacaos premiados), comparando todos contra todos. Luego se elaboró un cuadro resumen, a partir de los resultados de la prueba, donde se identificaron los cacaos autóctonos con los valores de probabilidad más altos para cada comparación ($p\text{-valor} > 0.05$), posteriormente se determinó el porcentaje de intercepción que comparten los perfiles de cada comparación, de las cuales se seleccionaron los valores más altos, como indicador del alto grado de similitud entre los perfiles de los cacaos comparados.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Se presentan los resultados obtenidos de doce cacaos autóctonos provenientes de siete fincas cacaoteras del país, en los cuales se describen los aspectos físico-químicos y del rendimiento importantes para la industria chocolatera y programas de fitomejoramiento, así mismo se determina la aplicabilidad del protocolo de micro-fermentación establecido por Edward Seguíne para los diferentes tipos de cacaos evaluados, finalmente se muestran los perfiles de sabor, elaborados por cinco catadores entrenados utilizando la prueba de análisis sensorial descriptiva, los cuales a su vez se comparan con los 50 perfiles de los mejores cacaos del mundo establecidos por la International Cocoa Awards en 2015.

4.1. Evaluación de los componentes del rendimiento, físico-químicos y de calidad, de cacaos autóctonos.

4.1.1. Potencial de rendimiento de los cacaos en evaluación.

En cacao se utilizan los índices de grano e índices de mazorca como criterios para la evaluación del rendimiento y la identificación de materiales promisorios. Estos toman gran importancia en los programas de fitomejoramiento, ya que permiten seleccionar genotipos como parentales para la producción de plantas de alto rendimiento. Las industrias chocolateras contemplan dentro de los procesos de fabricación el índice de grano, admitiendo un valor ≥ 1 gramo/grano, ya que consideran que cacaos con pesos inferiores a 1 gramo tienden a quemarse durante el tostado y a producir un mayor porcentaje de cascarilla, lo cual representa una disminución en la calidad y rendimiento del mismo.

4.1.1.1. Índice de grano (IG).

Los cacaos evaluados presentaron índices de grano muy variables en los grupos estudiados (híbridos, criollos modernos y ancestrales). La figura 14 muestra dicho comportamiento, el cual queda evidenciado de mejor manera en los cacaos criollos (criollo moderno y ancestral), presentando así los índices más altos y más bajos. Cabe mencionar que los cacaos que poseen los índices de grano más bajos corresponden a las fincas cacaoteras ubicadas en el occidente del país, mientras que los cacaos con los índices más altos se localizan en las fincas de la región oriental.

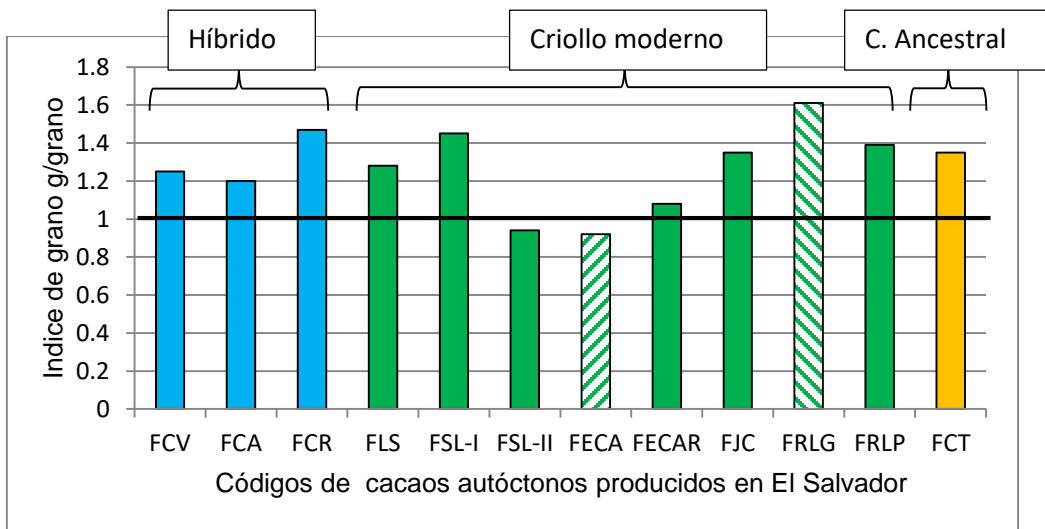


Figura 14. Índice de granos de doce cacaos autóctonos de El Salvador.

Como se puede observar en la figura 14, los índices de granos variaron de 0.92 g para el cacao autóctono FECA del productor Grupo CASSA a 1.61 g para el cacao FRLG del productor Rogelio Luna, con un promedio de 1.27 g. La Norma Técnica Colombiana NTC 1252, clasifica los granos de cacao de acuerdo a su peso, como premio (1.20 g), corriente (1.05-1.19 g) y pasilla (0.40 g) (ICONTEC 2003), al comparar los índice de grano con esta clasificación, nueve de las muestras evaluadas se catalogan como tipo premio (FCV, FCA, FCR, FLS, FSL-I, FCT, FJC, FRLG Y FRLP), una como tipo corriente (FECAR) y dos como tipo pasilla (FSL-II y FECA) (Figura 14).

Los resultados demuestran que los cacaos evaluados poseen una buena calidad física en cuanto al tamaño de los granos, los cuales se establecen como grandes según la clasificación de la norma ISO 2451 (recuento de granos ≤ 100 granos/100 g) (ISO 2014), por lo tanto, representan un interés muy importante para la industria del chocolate, ya que poseen un peso superior a 1 gramo/grano, criterio utilizado por los fabricantes para poder optimizar los procesos de limpieza, tostado y descascarillado del cacao.

4.1.1.2. Índice de mazorca (IM)

Los Índices de mazorca fueron muy variables para los cacaos criollos (moderno y ancestral) presentando así los valores más bajos y más altos (15-37 respectivamente), por otra parte los cacaos híbridos mostraron una mayor uniformidad en sus índices con valores entre 17-19.

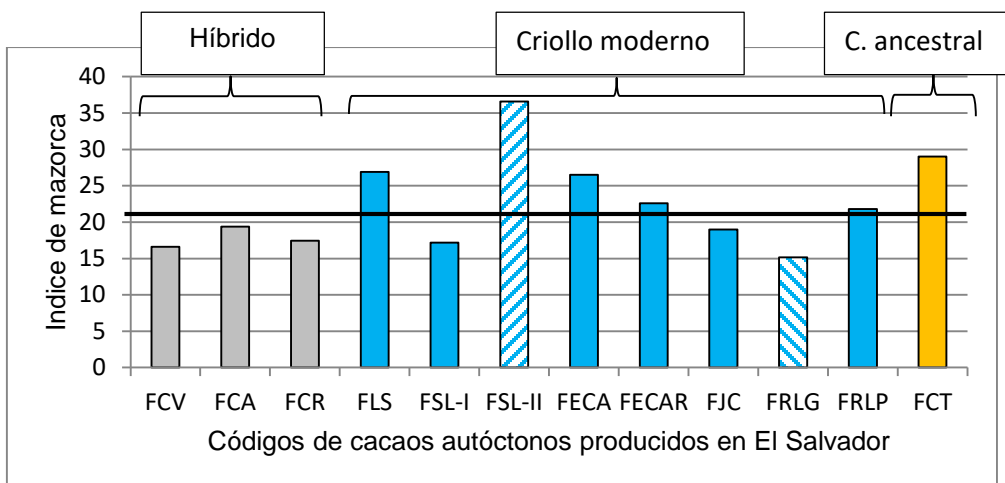


Figura 15. Índice de mazorca de doce cacaos autóctonos de El Salvador.

Los Índices de mazorca variaron de 15 (FRLG) a 37 (FSL II), con un promedio de 22 mazorcas (Figura 15). FUNDESYRAM (2014) establece que un valor entre 20 y 21 se considera bueno, mientras menor sea este valor, menor será la cantidad de mazorcas necesarias para producir 1 kilogramo de cacao fermentado y seco. De acuerdo con esto, seis de los cacaos evaluados poseen índices de mazorcas favorables para el rendimiento con valores menores a 20 (FCV, FCA, FCR, FSL-I, FJC y FRLG), criterio utilizado para seleccionar genotipos como parentales en programas de fitomejoramiento (Guerrero Martínez 2016).

En el cuadro 10 se presenta la comparación entre el índice de mazorca y el índice de grano, en el cual se puede observar de manera general que los cacaos clasificados con índices de grano tipo Premio (1.20 g) poseen un índice mazorca bajo (<21) clasificado como Bueno, mientras que los cacaos tipo Corriente (1.05-1.19 g) y Pasilla (0.40 g) poseen un índice de mazorca alto (>21) clasificado como regular. Esto coincide con lo propuesto por Guerrero Martínez, N (2016), quien establece que existe una relación inversamente proporcional entre el índice de grano y el índice de mazorca. Los resultados de los materiales evaluados muestran esta misma relación con dicho comportamiento, donde se puede observar que cacaos con semillas más grandes presentaron menores índices de mazorca que aquellos con semillas más pequeñas (Figura A-1).

Cuadro 10. Resumen comparativo entre el índice de grano e índice de mazorca de doce cacaos autóctonos.

Muestra	Índice de grano IG	Clasificación IG NTC 1252			Índice de mazorca IM	Clasificación IM	
		Premio (1.20 g)	Corriente (1.05-1.19 g)	pasilla (0.40 g)		21<Bueno	21>Regular
FCV	1.25	x			17	X	
FCA	1.2	x			19	X	
FCR	1.47	x			17	X	
FLS	1.28	x			27		x
FSL-I	1.45	x			17	X	
FSL-II	0.94			x	37		x
FECA	0.92			x	27		x
FECAR	1.08		x		23		x
FJC	1.35	x			19	X	
FRLG	1.61	x			15	X	
FRLP	1.39	x			22		x
FCT	1.35	x			29		x

4.1.2. Características físico-químicas de semillas frescas de doce cacaos autóctonos.

Los parámetros de calidad físico-químicos evaluados en el grano de cacao (tamaño, grados brix y contenido de acidez) presentaron diferentes variaciones según el material genético, estos se describen a continuación.

4.1.2.1. Tamaños de los granos

Los cacaos evaluados presentaron diferencias en el tamaño de los granos, variando así de 20 mm (FECA) a 30 mm (FCT), con un promedio de 25 mm (Figura 16). Estas variaciones fueron más evidentes en los criollos modernos, los cuales se movieron en un rango de 8 mm (20-28 mm), mostrando así los granos con los tamaños más pequeños y de los más grandes. A diferencia de los criollos modernos, los híbridos presentaron la menor diferencia en los tamaños, ubicándose en un rango de 2 mm (26-28 mm). Es importante resaltar que de los doce cacaos autóctonos evaluados, los ubicados en las fincas del oriente del país (finca Concepción, Cáceres, Josefina y Rigoberto Luna) mostraron los granos con mayor tamaño que los encontrados en el occidente del país (La Sierra, El Carmen, Santa Luisa). Guerrero Martínez (2016) establece que el tamaño de los granos está relacionado con factores ambientales como altura sobre el nivel del mar, temperatura y precipitación, esto coincide con lo propuesto por Daymond & Hadley citado por Guerrero martinez (2016), quienes reportan relaciones inversas entre temperatura y tamaño de grano en materiales amelonado y UF 676 en ambientes simulados de Malasia, Brasil y Ghana, con lo cual afirman que las temperaturas altas afectan el desarrollo de los frutos y el llenado de los granos. Al comparar los resultados con los factores ambientales en los que se encuentra cada finca se puede

observar que existe una influencia directa de estos en el tamaño de los granos, siendo las fincas del oriente las que presentaron mayor altitud (700-990 msnm), temperaturas más bajas (23-24°C) y precipitaciones mayores (1669-1829 mm), en comparación a las fincas del occidente del país (Cuadro 11).

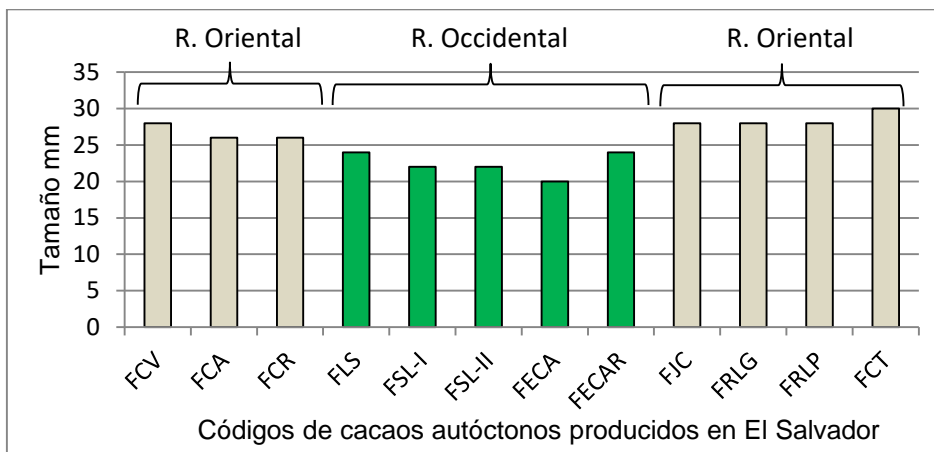


Figura 16. Tamaños de los granos de doce cacao autóctonos.

Cuadro 11. Factores ambientales de siete fincas cacaoteras de El Salvador.

Finca	msnm	T° promedio/año	Precipitación promedio/año	Ubicación
Concepción	995	23 °C	1829 mm	Oriente
La Sierra	250	25.2 °C	1750 mm	Occidente
Santa Luisa	520	23.2°C	1747 mm	Occidente
El Carmen	210	25.2 °C	1750 mm	Occidente
Cáceres	700	23°C	1829 mm	Oriente
Josefina	752	24°C	1669 mm	Oriente
Rogelio Luna	752	24°C	1669 mm	Oriente

4.1.2.2. Grados Brix en pulpa de cacao

El valor promedio de grados Brix fue de 19, con un mínimo de 14.7 (FLS) y un máximo de 22.6 (FECAR) (Figura 17). Romero y Sambrano (2012), indican que el crecimiento de levaduras está directamente relacionado con el contenido de azúcares totales en la pulpa, de acuerdo con esto Sullivan (2012), establece que brix superiores a 18 favorecen la actividad metabólica de las levaduras, ya que permite obtener una buena fermentación en los granos de cacao, mientras más alto sea este valor mayor será la disponibilidad de azúcares para las levaduras, que posteriormente transformaran en etanol. De acuerdo con lo propuesto por Sullivan (2012), los materiales FCV, FCA, FCR, FSL-I, FSL-II, FECA, FECAR, FJC y FCT cumplen con las condiciones necesarias para desarrollar una buena fermentación de los granos, debido al alto contenido de azúcar en pulpa.

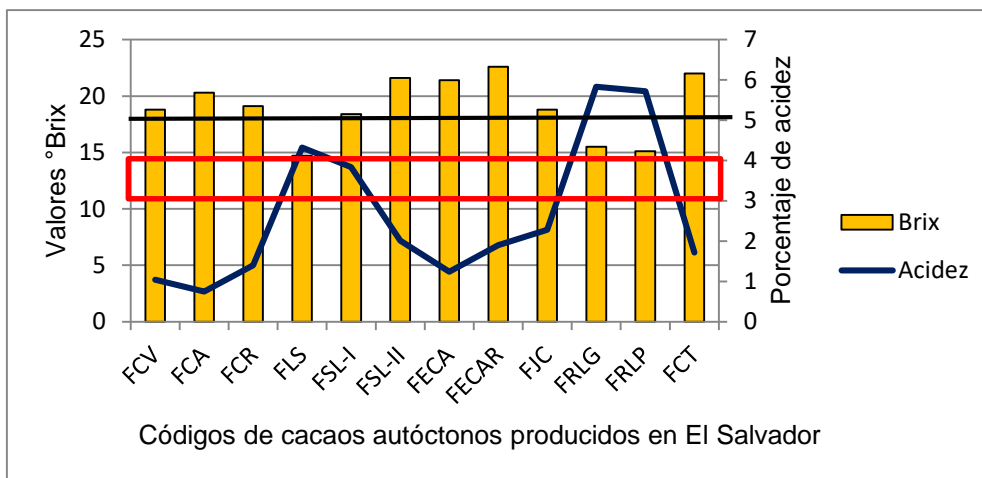


Figura 17. Condiciones iniciales de °Brix y Acidez de doce cacaos autóctonos.

4.1.2.3. Acidez

Los resultados de acidez de los cacaos evaluados presentaron diferentes variaciones según el material genético (híbrido, criollo moderno y ancestral), variando así de 0.75 (FCA) a 5.83 (FRLG), con un porcentaje promedio de 2.7%. En la figura 17 se puede observar que los cacaos clasificados como criollo moderno y ancestral mostraron los porcentajes más altos de acidez en comparación a los híbridos, Esto coincide con lo dicho por Romero y Sambrano (2012), quienes afirman que los cacaos clasificados como criollos, contienen al menos dos veces mayor proporción de ácido cítrico, respecto a los híbridos y forasteros.

Las condiciones iniciales de acidez juegan un papel importante en el desarrollo de las levaduras, cuyo alto porcentaje justifica un mayor crecimiento de estos microorganismos, ya que representa una fuente adicional de carbono y energía para las levaduras (Romero y Sambrano 2012). Según Uribe Gutiérrez (2007), el pH óptimo para el crecimiento de las levaduras varía de 4,5 a 6,5 aunque muchas especies toleran grandes variaciones de pH 2,8-3,0 y 2,0-8,5 esto dependiendo del tipo de ácido y de la capacidad de la levadura de metabolizar o eliminar el ácido si éste penetra la célula, para el caso de los ácidos sórbico y propiónico son más inhibidores que los ácidos acéticos, cítricos y láctico. Romero y Sambrano establecen que las levaduras desarrollan una buena fermentación con porcentajes de acidez entre 3,3 y 4,0%. De acuerdo con esto, el cacao FSL-I poseen el porcentaje de acidez (3.84%) necesario para el buen desarrollo de las levaduras durante la fermentación.

4.1.3. Determinación de la calidad del grano fermentado

Para conocer la calidad de fermentación obtenida en las muestras de cacao, se utilizó la prueba de corte, con la cual se evaluó el protocolo de micro-fermentación establecido por Ed Seguíne, a fin de conocer su aplicabilidad en los diversos grupos genéticos estudiados: híbridos, criollos modernos y criollo ancestral.

4.1.3.1. Prueba de corte.

Utilizando la prueba de corte se realizó la inspección visual de las superficies cortadas de los granos y la evaluación del número de granos defectuosos (Sukha 2015), con la cual se determinó que los cacaos tipo criollo moderno presentaron los mejores resultados, con los porcentajes más altos de buena fermentación, como puede verse en la figura 18, la cual resume los anexos del Cuadro A-1 al A-12. Estos resultados están relacionados con las condiciones iniciales de grados brix, acidez y tamaño de semilla de los materiales evaluados, donde los criollos modernos presentaron de manera general mayor contenido de azúcares y porcentajes de acidez y tamaños más variables de semillas (pequeñas y grandes) en comparación a los híbridos, lo que propició a crear condiciones favorables para las levaduras para realizar una buena fermentación. Cabe mencionar que de entre los criollos modernos los que presentaron los mejores resultados de fermentación fueron aquellos que obtuvieron grados brix entre 14.7 a 21.6, porcentajes de acidez entre 2.01 a 4.32 y tamaños de semillas entre 20 a 24 mm (Figura 17 y 19).

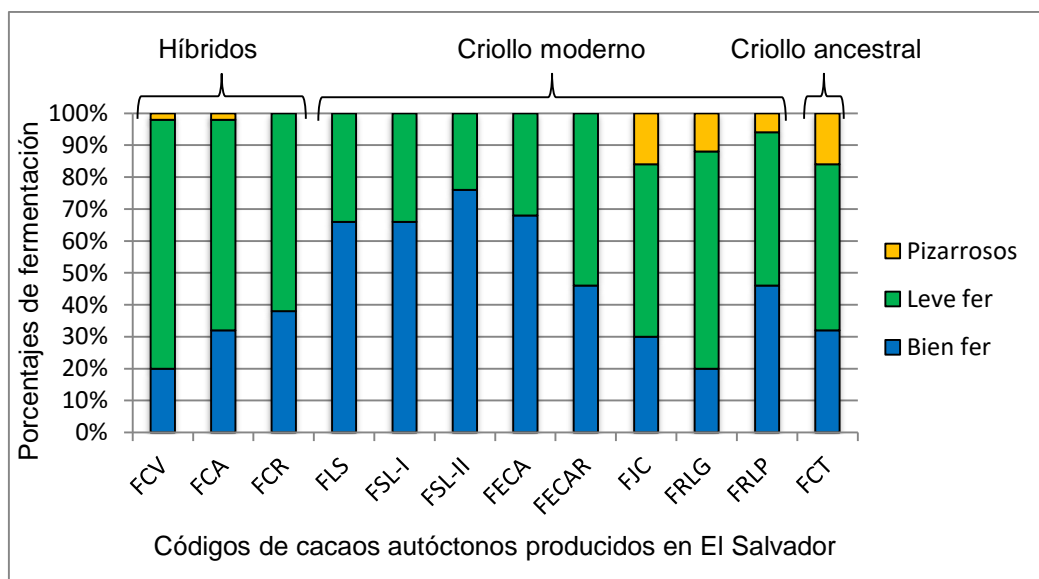


Figura 18. Evaluación de la calidad de la fermentación de doce cacaos autóctonos utilizando la prueba de corte.

En la figura 18 se observa que los granos levemente fermentados predominaron en ocho de las muestras evaluadas (FCV, FCA, FCR, FECAR, FJC, FRLG, FRLP y FCT), los cuales se consideran un defecto si su presencia en las muestras sobrepasa el 30%, debido a que aumenta la intensidad de los atributos amargo y astringente, haciéndolos desagradables al paladar; sin embargo, en proporciones menores a este contribuyen a la complejidad de sabores de los perfiles, desarrollando otros atributos como afrutado y floral (ICONTEC 2003). En segundo se encuentran los granos bien fermentados, los cuales obtuvieron los porcentajes más altos en las muestras FLS, FSL-I, FSL-II y FECA. Este grado de fermentación permite balancear la intensidad de los sabores amargo y astringente, haciéndolos más agradables al paladar. Aunque los granos pizarrosos no predominaron, sus porcentajes se consideran excesivos en los cacaos FCT (16%), FJC (16%), FRLG (12%) y FRLP (6%), ya que superaron el porcentaje permisible establecido según la Norma Técnica Colombiana NTC 1252 de $\leq 3\%$ (ICONTEC 2003). Estos son granos que no lograron fermentar y se consideran un defecto, debido a que también producen licores muy intensos en amargo y astringencia (Sukha 2015).

La Norma Técnica Colombiana (NTC) 1252 clasifica el grano de cacao como premio, corriente y pasilla de acuerdo a los niveles de fermentación (Cuadro 12) (ICONTEC 2003). Haciendo una comparación de la norma con base a los resultados se determinó que la muestra FSL-II cumple con los requisitos establecidos para ser catalogada como tipo premio, ya que obtuvo el mayor porcentaje de buena fermentación (76%) y la menor cantidad de granos levemente fermentados (24%), con cero pizarrosos. Las muestras FLS, FSL-I y FECA se clasifican como tipo corriente, ya que los porcentajes de granos levemente fermentados se encuentran dentro del rango de 26 a 35% según la norma (34, 34 y 32% respectivamente), con cero granos pizarrosos. El resto de las muestras poseen una calidad inferior en cuanto a fermentación, por lo cual no se pueden clasificar como corriente o pasilla, debido a que los porcentajes de granos levemente fermentados y pizarrosos sobrepasaron el 40% y 3% respectivamente.

Cuadro 12. Requisitos específicos del grano de cacao, según la Norma Técnica Colombiana 1252.

Requisitos	Premio	Corriente	Pasilla
Granos bien fermentados, min.	65	65	60
Granos insuficientemente fermentados, max	25	35	40
Pizarrosos, max	1	3	3

4.1.3.2. Evaluación del protocolo de Ed Seguire

Al aplicar el protocolo de micro-fermentación establecido por Ed Seguire en las muestras en estudio, se realizaron ciertas modificaciones al proceso que permitieron obtener mejores resultados de buena fermentación. Se determinó que el tiempo y temperatura de incubación del cultivo iniciador requería más de tres horas y temperaturas arriba de la del ambiente para poder identificar levaduras al microscopio, según lo establecido en el protocolo. Sin embargo con las pruebas realizadas se comprobó que el crecimiento de levaduras fue mayor a las 48 horas y a una temperatura de 37°C, con las cuales se obtuvieron poblaciones arriba del millón de células por cc.

Los resultados de fermentación demuestran que los cacaos clasificados como criollos modernos presentaron los mejores resultados de buena fermentación, los cuales fueron evidenciados en la prueba de corte, de tal manera que las muestras clasificadas como tipo premio y corriente corresponden al grupo genético de los criollos modernos, por lo cual se puede destacar la aplicabilidad del protocolo de Ed Seguire en este tipo de materiales. Sin embargo, el resto de los cacaos evaluados no alcanzaron porcentajes superiores al 50% de granos bien fermentados, entre los cuales se encuentran criollos modernos, criollos ancestrales e híbridos.

Al relacionar los tamaños de semillas con los niveles de fermentación se logró determinar que existe una relación inversamente proporcional entre los granos bien fermentados y el tamaño de las semillas, y una relación directa entre el tamaño de las semillas y los granos levemente fermentados y pizarrosos, de tal forma que semillas con tamaños superiores a 25 mm presentaron menores porcentajes de granos bien fermentados y mayores de levemente fermentados y pizarrosos, mientras que las semillas con tamaños menores a 25 mm obtuvieron mayores porcentajes de granos bien fermentados que de levemente fermentados y pizarrosos. Es por ello que a pesar de la calidad genética de los materiales evaluados no se alcanzaron los resultados esperados en la fermentación, ya que hubo una incidencia directa del tamaño de la semilla en dicho proceso (Figura 19).

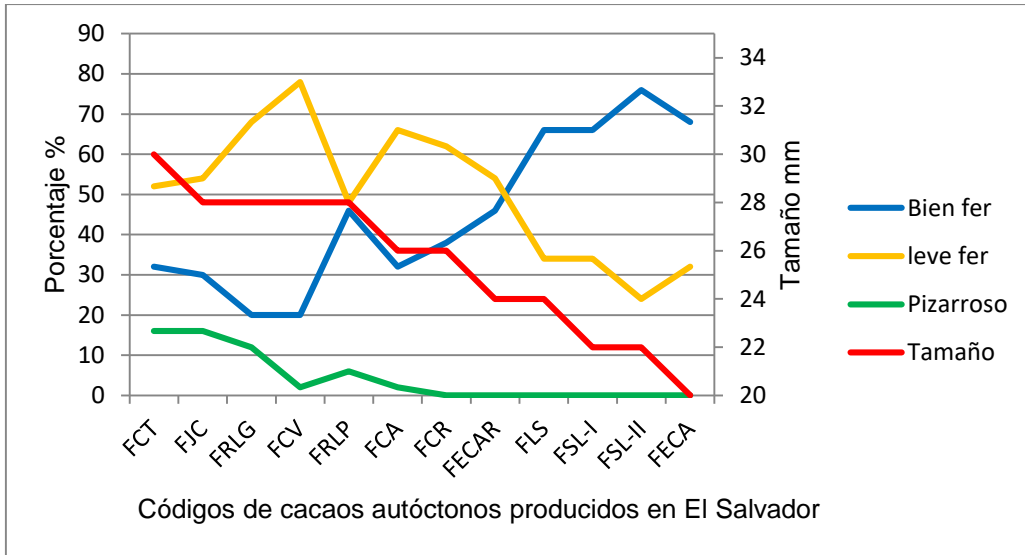


Figura 19. Comparación de los porcentajes de fermentación y el tamaño de semilla de doce cacaos autóctonos.

4.2. Perfiles de sabor de doce cacaos autóctonos de El Salvador.

Se presentan los perfiles de sabor de doce cacaos autóctonos, analizados en el licor de cacao a través de una prueba de análisis sensorial descriptiva. Los atributos evaluados fueron: Cacao, dulce o caramelo, amargo, astringente, ácido, afrutado, floral, nueces y crudo o verde, los cuales se tomaron del glosario de descriptores de sabor propuestos por Seguine y Sukha (2015) para la evaluación organoléptica de licores de cacao, a fin de asegurar un lenguaje en común para describir las percepciones de los catadores.

Finca: CONCEPCION, BERLIN, USULUTAN


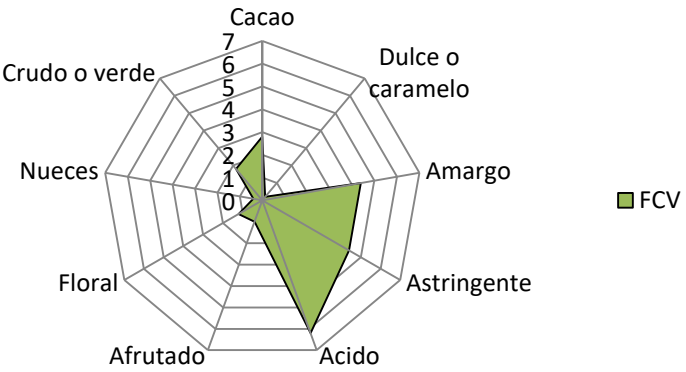

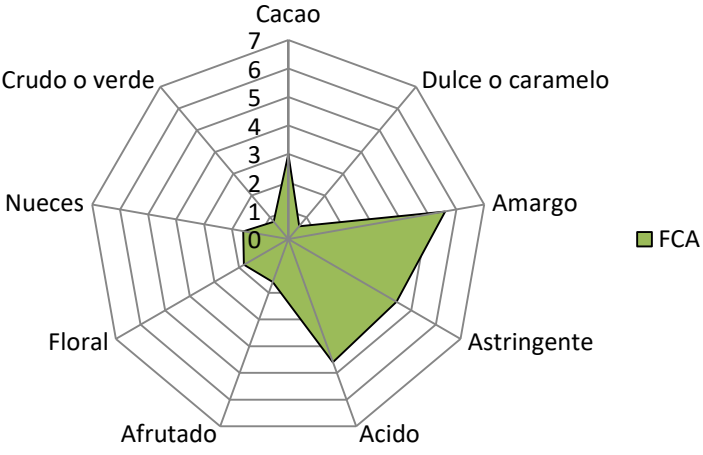
1. Contenido de agua	Resultado	 FCV (Mazorcas verdes)	
Humedad del grano	7.2 %		
2. Peso de granos			
Número de granos en 100 gramos	80 granos		
Peso promedio por grano (Índice de grano IG)	1.25 g		
3. Prueba de corte	Número de granos	%	
Bien fermentados	10	20	
Levemente fermentados	39	78	
Pizarrosos	1	2	
		Valores de los atributos	
		Cacao	2.8
		Dulce o caramelo	0.2
		Amargor	4.4
		Astringente	4.4
		Acido	6.2
		Afrutado	1.0
		Floral	1.2
		Nueces	0.4
		Crudo o Verde	1.8

Figura 20. Perfil de sabor del cacao FCV.

Análisis: En la figura 20 se muestra el perfil de sabor del cacao híbrido FCV de la finca Concepción, el cual se caracteriza por poseer sabores a ácido, amargo, astringente y poco sabor a cacao, con una nota significativa de crudo o verde. Sukha (2015), establece que la intensidad de estos atributos a excepción del cacao están asociados con una fermentación insuficiente, lo cual coincide con los altos porcentajes de granos levemente fermentados (78%) y pizarrosos (2%) presentes en la muestra, influyendo así en la intensidad de dichos atributos.

Finca: CONCEPCION, BERLIN, USULUTAN

1 Contenido de agua	Resultado		
Humedad del grano	7.1 %		
2 Peso de granos			
Número de granos en 100 gramos	83		
Peso promedio por grano (Índice de grano IG)	1.20 g.	FCA (Mazorcas amarillas)	
3 Prueba de corte	Número de granos	%	
Bien fermentados	16	32	
Levemente fermentados	33	66	
Pizarrosos	1	2	
 <p>Figura 21. Perfil de sabor del cacao FCA.</p>		Valores de los atributos	
		Cacao	3
		Dulce o caramelo	0.6
		Amargo	5.6
		Astringente	4.4
		Acido	4.6
		Afrutado	1.6
		Floral	1.8
		Nueces	1.6
		Crudo o Verde	0.8

Análisis: El perfil de sabor del tipo de cacao híbrido FCA de la finca Concepción, se distingue por presentar la mayor intensidad para los atributos a amargo, ácido y astringente, como consecuencia de un alto porcentaje de granos levemente fermentados (66%) identificados en la muestra (Figura 21). Los sabores como afrutado, floral y nueces mostraron notas muy bajas debido a la alta intensidad de los atributos antes mencionados.

Finca: CONCEPCION, BERLIN, USULUTAN.


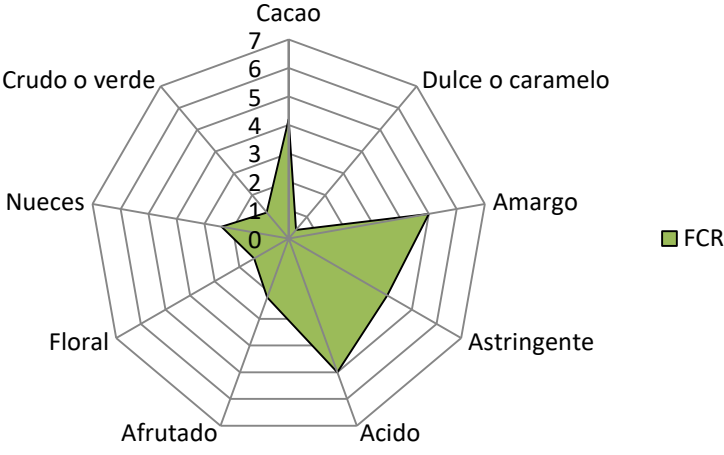

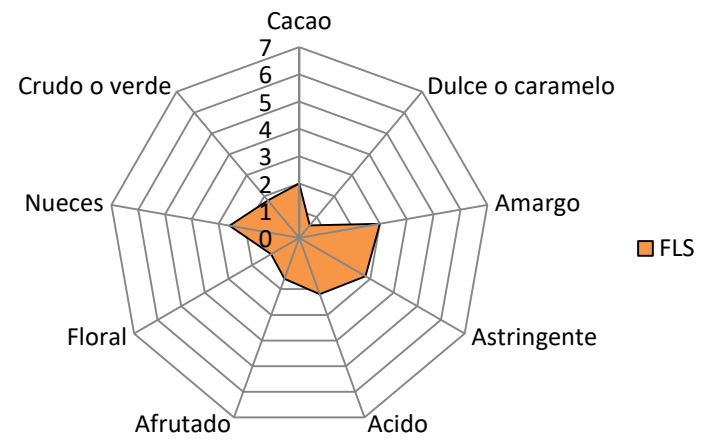
1 Contenido de agua	Resultado		
Humedad del grano	6.8 %		
2 Peso de granos			
Número de granos en 100 gramos	68		
Peso promedio por grano (Índice de grano IG)	1.47 g.	FRC (Mazorcas rojas)	
3 Prueba de corte	Número de granos	%	
Bien fermentados	19	38	
Levemente fermentados	31	62	
Pizarrosos	0	0	
		Valores de los atributos	
		Cacao	4.2
		Dulce o caramelo	0.4
		Amargo	5
		Astringente	4
		Acido	5
		Afrutado	2.2
		Floral	1.4
		Nueces	2.4
		Crudo o Verde	1.2

Figura 22. Perfil de sabor del cacao FCR.

Análisis: El tipo de cacao híbrido FCR de la finca Concepción, se caracteriza por presentar en su perfil de sabor la mayor intensidad para los atributos a ácido, amargo, cacao y astringente. A pesar de poseer un alto sabor a ácido, amargo y astringente, como resultado de un alto porcentaje de granos levemente fermentados (62%), no se consideran dominantes, debido a que no presentan una calificación ≥ 6 puntos según la escala de evaluación de licores de cacao propuesta por Sukha y Seguíne (2015). Así mismo se destacan notas significativas para los atributos a afrutado y nueces, los cuales proporcionan una mayor complejidad de sabores dentro del perfil (Figura 22).

Finca: LA SIERRA, SAN JULIAN, SONSONATE.

1 Contenido de agua	Resultado				
Humedad del grano	6.7%				
2 Peso de granos					
Número de granos en 100 gramos	78				
Peso promedio por grano (Índice de grano IG)	1.28 g.				
 <p>FLS</p>					
			3 Prueba de corte	Número de granos	%
			Bien fermentados	32	64
			Levemente fermentados	18	36
Pizarrosos	0	0			
 <p>Figura 23. Perfil de sabor del cacao FLS.</p>			Valores de los atributos		
			Cacao	2	
			Dulce o caramelo	0.6	
			Amargo	3	
			Astringente	2.8	
			Acido	2.2	
			Afrutado	1.6	
			Floral	1.2	
			Nueces	2.6	
			Crudo o Verde	1.8	

Análisis: En la figura 23 se muestra el perfil de sabor del cacao híbrido FLS de la finca La Sierra, clasificado como criollo moderno (Motamayor citado por Chia Wong 2009). Se puede observar que el perfil presenta sabores muy suaves, y que entre los atributos amargo, ácido y astringente ninguno es dominante, según la escala de evaluación de licores de cacao. Según Sukha (2015), la genética de este tipo de cacao se ha caracterizado por sus sabores delicados y dulces, con notas florales y frutales. La calidad genética junto al alto porcentaje de granos bien fermentados (64%) influyeron en la suavidad de los sabores amargo, ácido y astringente, haciéndolos más agradables al paladar. A pesar de ser calificada con notas bajas, esta muestra posee una gran complejidad en cuanto a sabores, ya que se pudieron percibir todos los descriptores evaluados, destacando en su perfil una mayor intensidad de sabor a nueces.

Finca: SANTA LUISA, JUJUTLA, AHUACHAPAN.


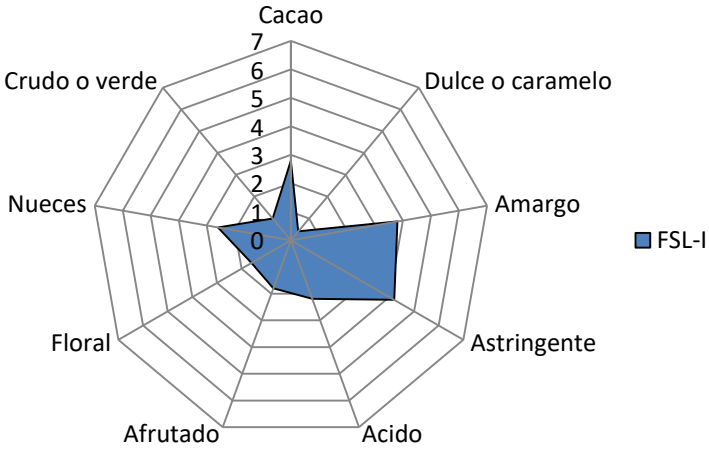

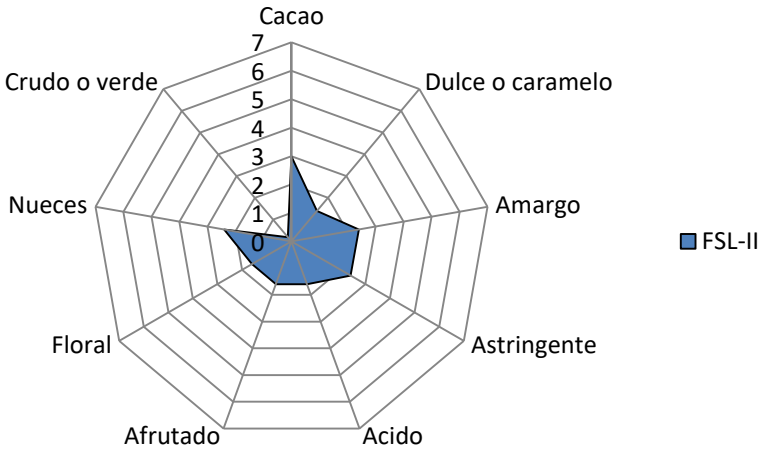
1. Contenido de agua	Resultado	 FSL I	
Humedad del grano	7.3%		
2. Peso de granos			
Número de granos en 100 gramos	69		
Peso promedio por grano (Índice de grano IG)	1.45 g.		
3 Prueba de corte	Número de granos	%	
Bien fermentados	33	66	
Levemente fermentados	17	34	
Pizarrosos	0	0	
		Valores de los atributos	
		Cacao	2.8
		Dulce o caramelo	0.4
		Amargo	2.2
		Astringente	3.8
		Acido	4.2
		Afrutado	1.8
		Floral	1.6
		Nueces	2.6
		Crudo o Verde	1

Figura 24. Perfil de sabor del cacao FSL-I.

Análisis: En la figura 24 se presenta el perfil de sabor del cacao híbrido FSL-I de la finca Santa Luisa, clasificado como criollo moderno (Motamayor citado por Chia Wong 2009), este se caracteriza por los atributos amargo y astringente pero sin ser dominantes, debido al alto porcentaje de granos bien fermentados en la muestra (64%). Así mismo se puede apreciar que sobresalen otros sabores como cacao y nueces, los cuales contribuyen a la complejidad de la misma.

Finca: SANTA LUISA, JUJUTLA, AHUACHAPAN

1 Contenido de agua	Resultado	 <p>FSL II</p>																		
Humedad del grano	7.1%																			
2 Peso de granos																				
Número de granos en 100 gramos	106																			
Peso promedio por grano (Índice de grano IG)	0.94 g																			
3 Prueba de corte	Número de granos	%																		
Bien fermentados	38	76																		
Levemente fermentados	12	24																		
Pizarrosos	0	0																		
 <p>Valores de los atributos</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Cacao</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Dulce o caramelo</td> <td>1.4</td> </tr> <tr> <td>Amargo</td> <td>1.6</td> </tr> <tr> <td>Astringente</td> <td>2.4</td> </tr> <tr> <td>Acido</td> <td>2.4</td> </tr> <tr> <td>Afrutado</td> <td>1.6</td> </tr> <tr> <td>Floral</td> <td>1.6</td> </tr> <tr> <td>Nueces</td> <td>2.4</td> </tr> <tr> <td>Crudo o Verde</td> <td>0.2</td> </tr> </tbody> </table>		Cacao	3	Dulce o caramelo	1.4	Amargo	1.6	Astringente	2.4	Acido	2.4	Afrutado	1.6	Floral	1.6	Nueces	2.4	Crudo o Verde	0.2	
		Cacao	3																	
		Dulce o caramelo	1.4																	
		Amargo	1.6																	
		Astringente	2.4																	
		Acido	2.4																	
		Afrutado	1.6																	
		Floral	1.6																	
		Nueces	2.4																	
		Crudo o Verde	0.2																	
Figura 25. Perfil de sabor del cacao FSL-II.																				

Análisis: En la figura 25 se presenta el perfil de sabor del cacao híbrido FSL-II de la finca Santa Luisa, clasificado como criollo moderno (Motamayor citado por Chia Wong 2009). Esta muestra se caracteriza por presentar un perfil con sabores muy suaves y uniformes. Los atributos amargo, ácido y astringente no poseen mayor intensidad en la misma, debido al alto porcentaje de granos bien fermentados (76%). El cacao FSL-II se destaca por la mayor intensidad de los sabores a cacao y nueces, con notas significativas en floral y afrutado. El atributo crudo o verde fue casi imperceptible debido a la buena fermentación desarrollada en la muestra.

Finca: EL CARMEN, NAHULINGO, SONSONATE.


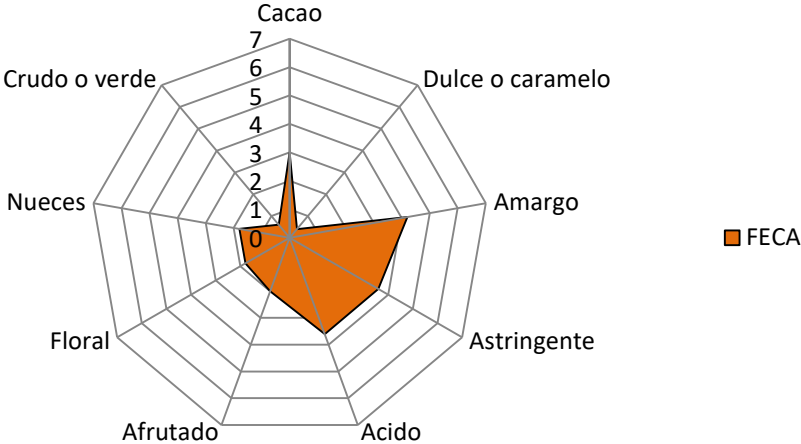
1 Contenido de agua	Resultado																			
Humedad del grano	6.5%																			
2 Peso de granos																				
Número de granos en 100 gramos	109																			
Peso promedio por grano (Índice de grano IG)	0,92																			
 <p>FECA (Mazorcas amarillas)</p>																				
			3 Prueba de corte	Número de granos	%															
			Bien fermentados	34	68															
			Levemente fermentados	16	32															
Pizarrosos	0	0																		
 <p>Valores de los atributos</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Cacao</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Dulce o caramelo</td> <td>0.4</td> </tr> <tr> <td>Amargo</td> <td>3.6</td> </tr> <tr> <td>Astringente</td> <td>4.2</td> </tr> <tr> <td>Acido</td> <td>3.6</td> </tr> <tr> <td>Afrutado</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Floral</td> <td>1.8</td> </tr> <tr> <td>Nueces</td> <td>1.8</td> </tr> <tr> <td>Crudo o Verde</td> <td>0.6</td> </tr> </tbody> </table>			Cacao	3	Dulce o caramelo	0.4	Amargo	3.6	Astringente	4.2	Acido	3.6	Afrutado	2	Floral	1.8	Nueces	1.8	Crudo o Verde	0.6
			Cacao	3																
			Dulce o caramelo	0.4																
			Amargo	3.6																
			Astringente	4.2																
			Acido	3.6																
			Afrutado	2																
			Floral	1.8																
			Nueces	1.8																
			Crudo o Verde	0.6																
Cacao	3																			
Dulce o caramelo	0.4																			
Amargo	3.6																			
Astringente	4.2																			
Acido	3.6																			
Afrutado	2																			
Floral	1.8																			
Nueces	1.8																			
Crudo o Verde	0.6																			

Figura 26. Perfil de sabor del cacao FECA.

Análisis: En la figura 26 se muestra el perfil de sabor del cacao híbrido FECA de la finca El Carmen, clasificado como criollo moderno (Motamayor citado por Chia Wong 2009), se puede observar que el perfil se caracteriza por poseer sabores muy suaves y uniformes para los atributos amargo, ácido y astringente y los atributos afrutado, floral y nueces. El sabor crudo o verde considerado como un defecto en las muestras no es significativo, esto debido al alto porcentaje de granos bien fermentados (68%) y a la ausencia de granos pizarrosos.

Finca: EL CARMEN, NAHULINGO, SONSONATE.


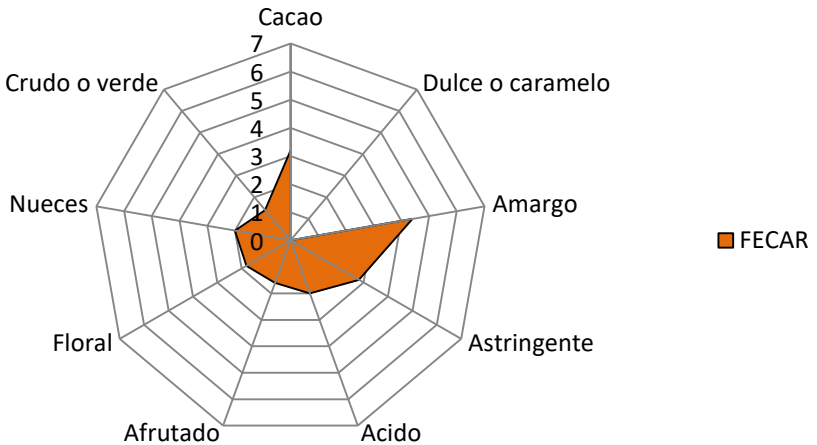
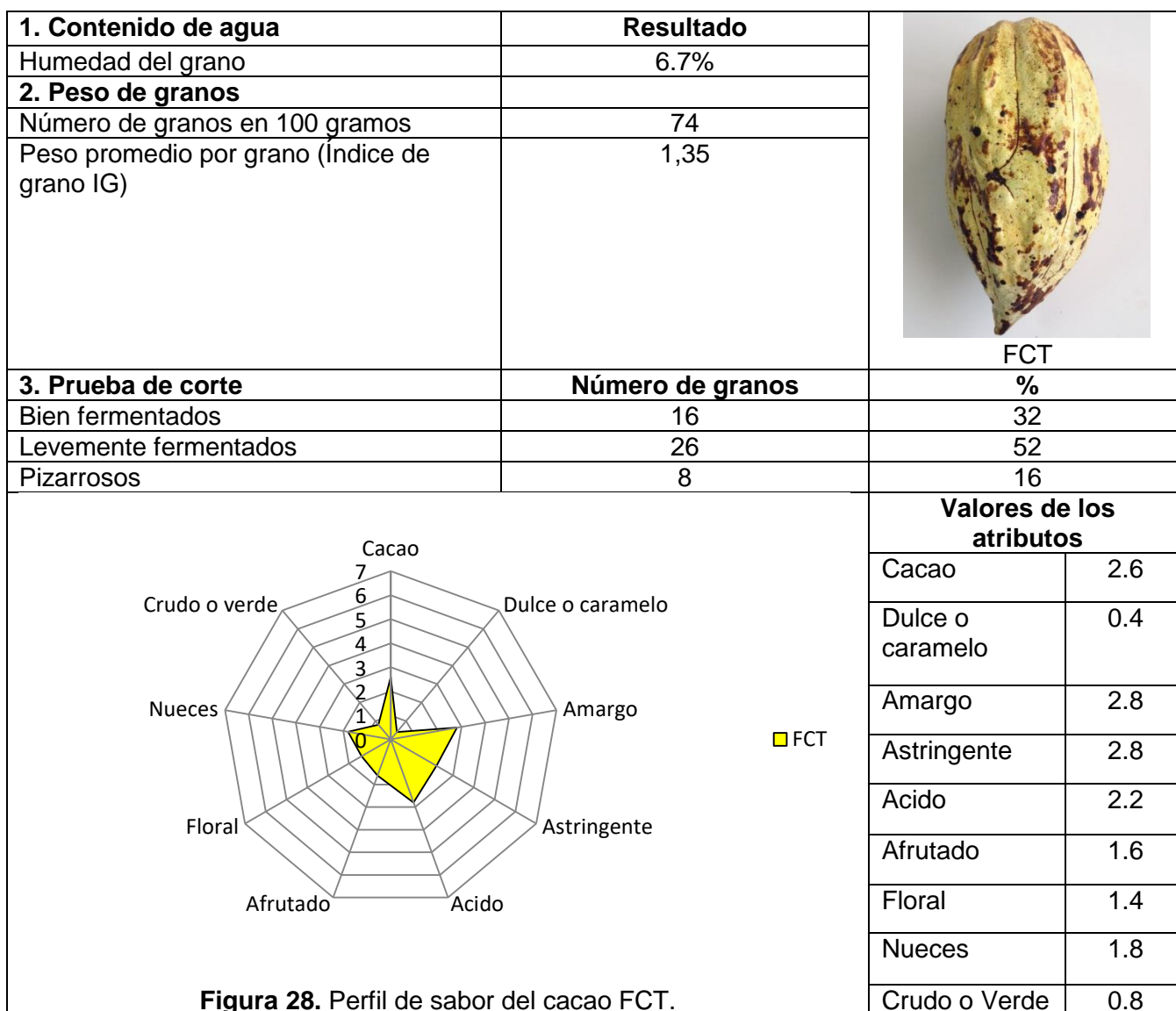
1 Contenido de agua	Resultado																			
Humedad del grano	6.7%																			
2 Peso de granos																				
Número de granos en 100 gramos	93																			
Peso promedio por grano (Índice de granos IG)	1,8																			
 <p>FECAR (Mazorcas amarillas y rojas)</p>																				
			3 Prueba de corte	Número de granos	%															
			Bien fermentados	23	46															
			Levemente fermentados	27	54															
Pizarrosos	0	0																		
 <p>Valores de los atributos</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Cacao</td> <td>3.2</td> </tr> <tr> <td>Dulce o caramelo</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Amargo</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Astringente</td> <td>4.4</td> </tr> <tr> <td>Acido</td> <td>2.8</td> </tr> <tr> <td>Afrutado</td> <td>1.6</td> </tr> <tr> <td>Floral</td> <td>1.8</td> </tr> <tr> <td>Nueces</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Crudo o Verde</td> <td>1.4</td> </tr> </tbody> </table>			Cacao	3.2	Dulce o caramelo	0	Amargo	2	Astringente	4.4	Acido	2.8	Afrutado	1.6	Floral	1.8	Nueces	2	Crudo o Verde	1.4
			Cacao	3.2																
			Dulce o caramelo	0																
			Amargo	2																
			Astringente	4.4																
			Acido	2.8																
			Afrutado	1.6																
			Floral	1.8																
			Nueces	2																
Crudo o Verde	1.4																			
Cacao	3.2																			
Dulce o caramelo	0																			
Amargo	2																			
Astringente	4.4																			
Acido	2.8																			
Afrutado	1.6																			
Floral	1.8																			
Nueces	2																			
Crudo o Verde	1.4																			

Figura 27. Perfil de sabor del cacao FECAR.

Análisis: El perfil de sabor del tipo de cacao híbrido FECAR de la finca El Carmen, clasificado como criollo moderno (Motamayor citado por Chia Wong 2009), se caracteriza por presentar la mayor intensidad en los sabores a cacao y amargo, pero sin ser dominantes, según la escala de evaluación de licores de cacao. Así mismo se puede observar una ligera uniformidad para los atributos a ácido, afrutado, floral y nueces, calificados con notas bajas, debido a un considerable porcentaje de granos levemente fermentados presentes en la muestra (54%) (Figura 27).

Finca: CACERES, TECAPAN, USULUTAN.



Análisis: En la figura 28 se presenta el perfil de sabor del cacao criollo ancestral FCT de la finca Cáceres, en el cual se pueden observar sabores muy suaves, con intensidades uniformes para los atributos a cacao, amargo, ácido y astringente, así como para los atributos a nuez, floral y afrutado. A pesar que posee un alto porcentaje de granos levemente fermentados (52%) y pizarrosos (16%), los sabores amargo, ácido y astringente no son dominantes, ya que de acuerdo con Sukha (2015) este tipo de cacao poseen un sabor delicado y dulce, con notas de miel y caramelo, lo cual explica la suavidad de los atributos básicos dentro de la muestra.

Finca: JOSEFINA, CHINAMECA, SAN MIGUEL


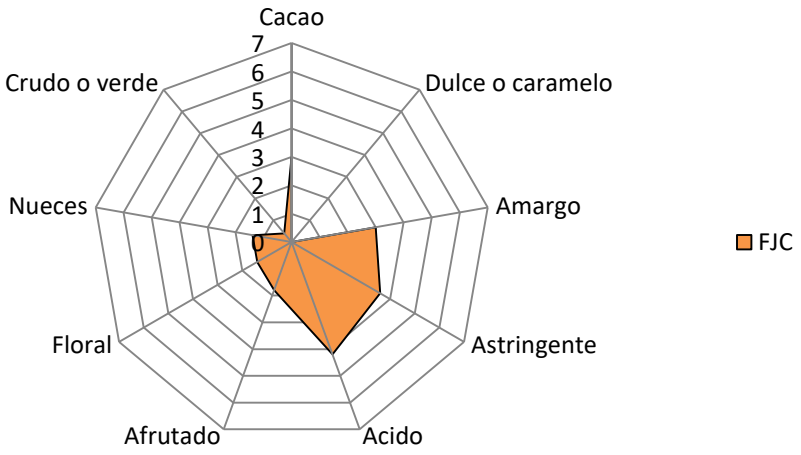

1 Contenido de agua		Resultado		
Humedad del grano		7.1%		
2 Peso de granos				
Número de granos en 100 gramos		74		
Peso promedio por grano (Índice de grano IG)		1,35	FJC	
3 Prueba de corte		Número de granos	%	
Bien fermentados		15	30	
Levemente fermentados		27	54	
Pizarrosos		8	16	
			Valores de los atributos	
			Cacao	3
			Dulce o caramelo	0
			Amargo	4.2
			Astringente	3
			Acido	3.6
			Afrutado	1.8
			Floral	1.4
			Nueces	1.4
			Crudo o Verde	0.4

Figura 29. Perfil de sabor del cacao FJC.

Análisis: En la figura 29 se presenta el perfil de sabor del cacao híbrido FJC de la finca Josefina, clasificado como criollo moderno (Motamayor citado por Chia Wong 2009). La muestra se caracteriza por presentar una mayor intensidad para los atributos amargo, ácido, astringente y cacao. A excepción del cacao la intensidad de estos atributos está dada por el alto porcentaje de granos levemente fermentados (54%) y pizarrosos (16%) desarrollados en la muestra, sin embargo ninguno se considera dominante, ya que sus calificaciones no pasan de seis puntos, según la escala de evaluación de licores de cacao de Sukha D, por lo cual se cataloga como una muestra con sabores suaves. El atributo crudo o verde es casi imperceptible en la muestra a pesar del alto porcentaje de granos pizarrosos (16%), ésta baja intensidad se debe a la calidad genética del cacao, caracterizados por los sabores delicados y dulces, con notas florales (Sukha 2015).

Finca: ROGELIO LUNA, CHINAMECA, SAN MIGUEL.

1. Contenido de agua	Resultado	 <p>FRLG (Mazorca grande)</p>																				
Humedad del grano	7.3%																					
2. Peso de granos																						
Número de granos en 100 gramos	62																					
Peso promedio por grano (Índice de grano IG)	1,61																					
3. Prueba de corte	Número de granos	%																				
Bien fermentados	10	20																				
Levemente fermentados	34	68																				
Pizarrosos	6	12																				
<p>Valores de los atributos</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Atributo</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cacao</td> <td>2.6</td> </tr> <tr> <td>Dulce o caramelo</td> <td>0.4</td> </tr> <tr> <td>Amargo</td> <td>4.2</td> </tr> <tr> <td>Astringente</td> <td>4.2</td> </tr> <tr> <td>Acido</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Afrutado</td> <td>1.8</td> </tr> <tr> <td>Floral</td> <td>1.2</td> </tr> <tr> <td>Nueces</td> <td>1.6</td> </tr> <tr> <td>Crudo o Verde</td> <td>0.4</td> </tr> </tbody> </table>		Atributo	Valor	Cacao	2.6	Dulce o caramelo	0.4	Amargo	4.2	Astringente	4.2	Acido	4	Afrutado	1.8	Floral	1.2	Nueces	1.6	Crudo o Verde	0.4	
Atributo	Valor																					
Cacao	2.6																					
Dulce o caramelo	0.4																					
Amargo	4.2																					
Astringente	4.2																					
Acido	4																					
Afrutado	1.8																					
Floral	1.2																					
Nueces	1.6																					
Crudo o Verde	0.4																					
<p>Figura 30. Perfil de sabor del cacao FRLG.</p>																						

Análisis: En la figura 30 se muestra el perfil de sabor del cacao híbrido FRLG de la finca Rogelio Luna, clasificado como criollo moderno (Motamayor citado por Chia Wong 2009), en el perfil se puede apreciar un bajo sabor a cacao con una intensidad uniforme para los sabores a amargo, ácido y astringente; sin embargo estos últimos no son dominantes a pesar del alto porcentaje de granos levemente fermentados (68%) y pizarrosos (12%) en la muestra. De acuerdo con Sukha (2015), la suavidad de los sabores básicos (amargo, ácido y astringente) está dada por la calidad genética del material (criollo moderno).

Finca: ROGELIO LUNA, CHINAMECA, SAN MIGUEL.

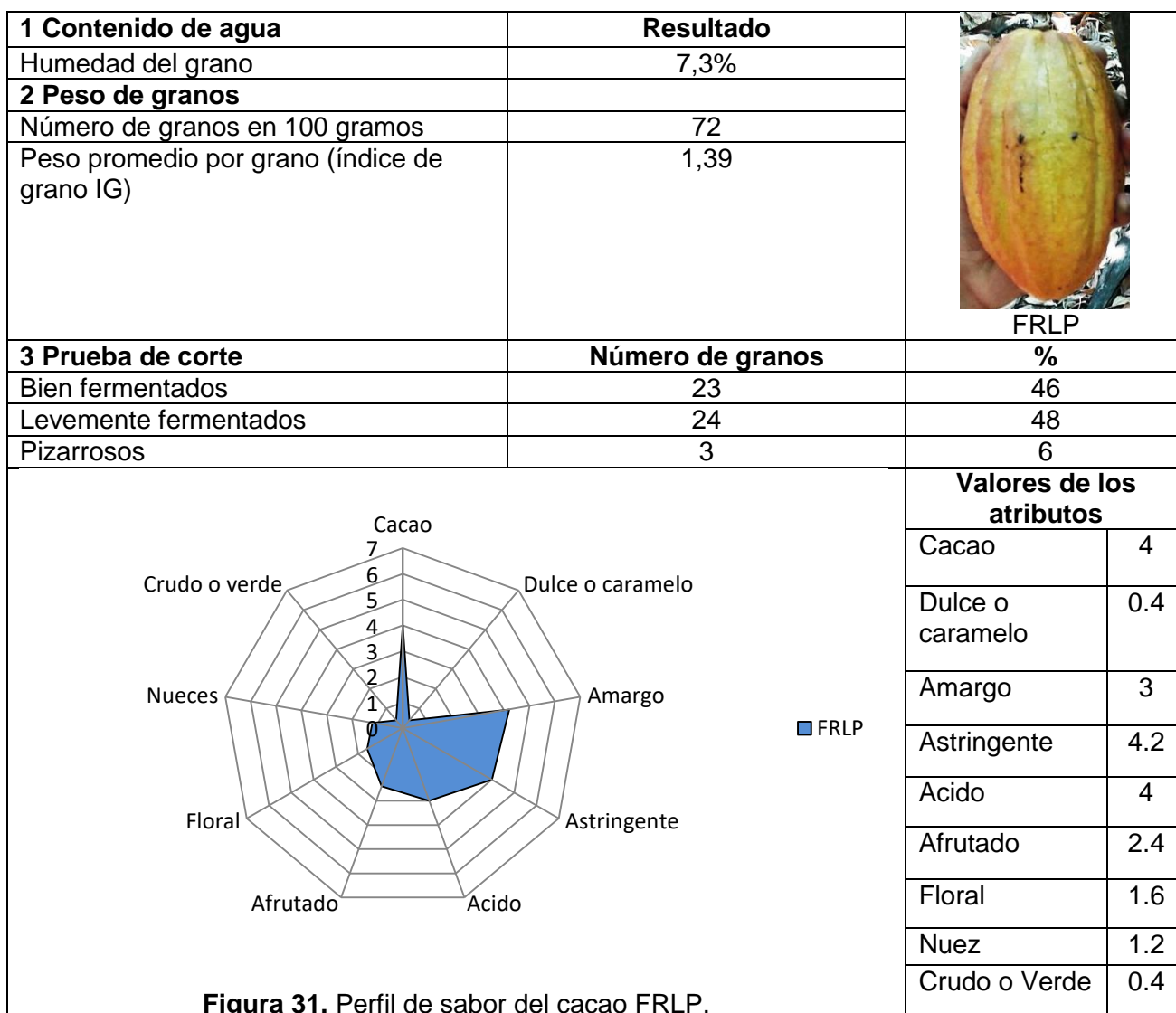


Figura 31. Perfil de sabor del cacao FRLP.

Análisis: En la figura 31 se presenta el perfil de sabor del cacao híbrido FRLP de la finca Rogelio Luna, clasificado como criollo moderno (Motamayor citado por Chia Wong 2009), el cual se caracteriza por poseer un alto sabor a cacao, con una ligera uniformidad en los sabores amargo, ácido y astringente pero sin ser dominantes, según la escala de evaluación de licores de cacao propuesta por Sukha (2015). También cuenta con un valor significativo para el atributo afrutado, el cual le permite diferenciarse con otros perfiles.

4.2.1. Comportamiento de los cacaos autóctonos con respecto a los atributos

Los resultados de la evaluación sensorial de los doce cacaos autóctonos fueron sometidos a un análisis de componentes principales (ACP), a fin de poder observar el comportamiento de los cacaos con respecto a los atributos evaluados (cacao, dulce o caramelo, amargo, astringente, ácido, afrutado, floral, nueces y crudo o verde). Los resultados señalan que con los dos componentes que conforman el análisis es posible explicar el 61.8% de la variación total. Los autovectores (e1 y e2) muestran los coeficientes con que cada variable original fue ponderada para integrar los CP1 y CP2, de tal manera que los atributos que recibieron los valores positivos más altos de cada autovector (e1 y e2) explican de mejor manera al componente respectivo (CP1 y CP2), mientras que aquellos atributos con los valores negativos más altos lo realizan de forma opuesta para cada componente (Cuadro 13).

Cuadro 13. Autovectores del análisis multivariado de componentes principales.

Variable	e1	e2
Cacao	0,19	0,52
Amargo	0,43	0,24
Acido	0,50	-0,09
Astringente	0,48	0,08
Afrutado	-0,05	0,55
Floral	-0,08	0,44
Nueces	-0,40	0,12
Dulce o caramelo	-0,33	0,06
Crudo o verde	0,16	-0,38

En la figura 32 se observa que los cacaos autóctonos evaluados se ubicaron en tres grupos que coincidieron con el tipo de material genético (híbrido, criollo moderno y ancestral). Los cacaos clasificados como híbridos presentaron atributos como cacao, amargo, astringente y ácido; mientras que los criollos modernos se destacaron por las notas a floral, afrutado y cacao, finalmente el criollo ancestral se distinguió por atributos a nueces y dulce o caramelo. El componente 1 (CP1) integrado por los atributos ácido, astringente, amargo y crudo o verde, se explica de mejor manera en los cacaos FCA, FCV y FCR. El componente 2 (CP2) está conformado por los atributos afrutado, cacao, floral, nueces y dulce o caramelo, de los cuales los cacaos autóctonos FRLP Y FECA muestran su mayor expresión en los atributos floral, afrutado y cacao, mientras que para los atributos nueces y dulce o caramelo lo realizan los cacaos FSL-I, FCT y FLS. Los cacaos ubicados en el centro del gráfico son aquellos que presentan los mejores promedios para todos los atributos evaluados, entre los cuales están: FSL-I, FECAR, FJC y FRLG.

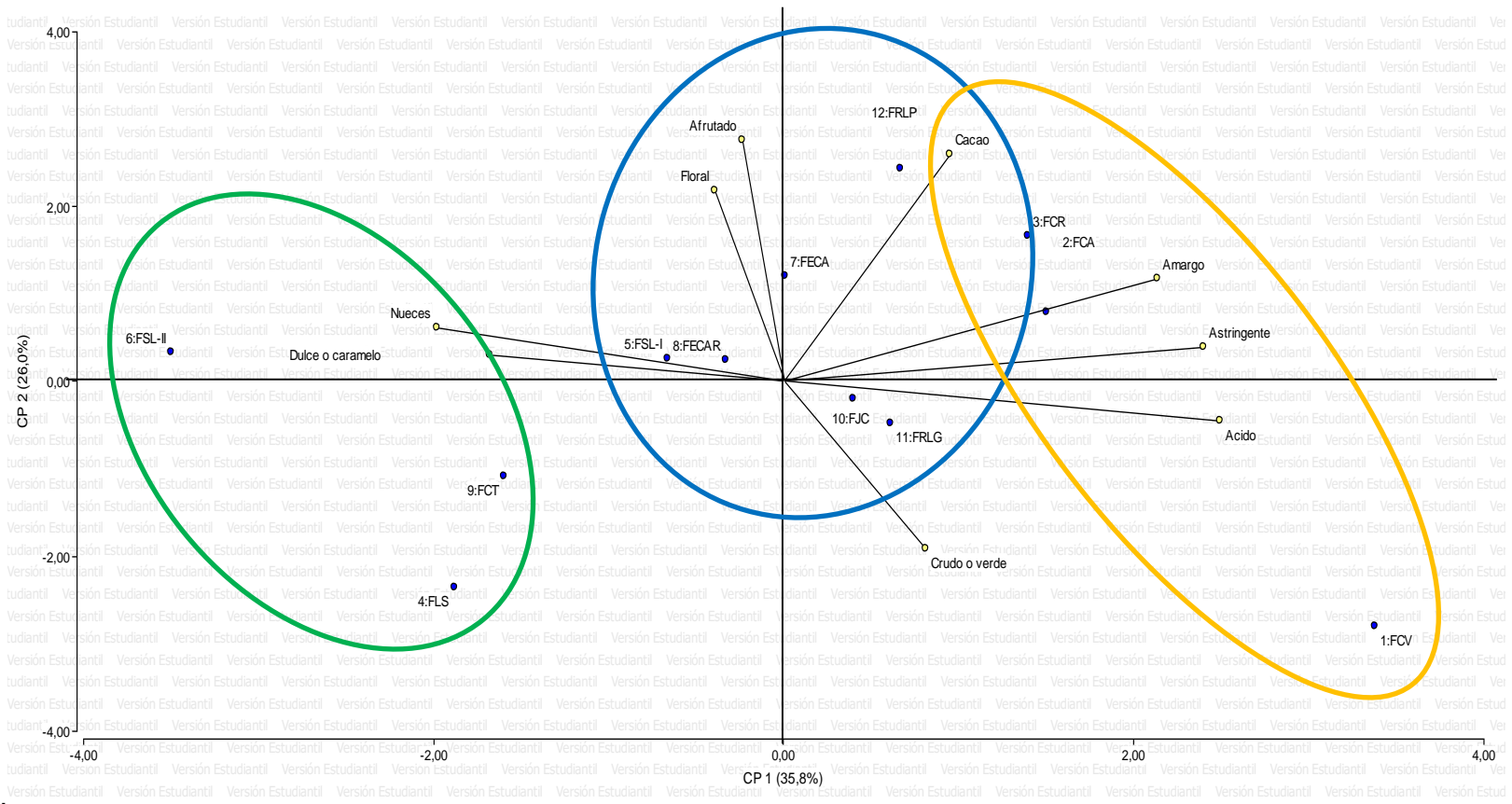


Figura 32. Representación gráfica del análisis de componentes principales de los atributos sensoriales de doce cacao autóctonos de El Salvador. Circulo amarillo: trinitario, círculo azul: criollo moderno y círculo verde: criollo ancestral y moderno

4.2.2. Efecto de los atributos en las muestras.

Utilizando el software estadístico Infostat versión estudiantil con la aplicación R, se evaluaron los resultados del análisis sensorial, a fin de conocer los niveles de significancia de los atributos en los cacaos seleccionados.

Cuadro 14. Resumen de p-valores para los efectos muestra y juez

Atributo	Código de muestra (p-valor)
Cacao	0.12681
Amargo	0.00089
Acido	0.00000
Astringente	0.00108
Afrutado	0.96535
Floral	0.98515
Nueces	0.35858
Dulce o caramelo	0.41664
Crudo o verde	0.45541

En el cuadro 14 se presenta el resumen de los efectos de significancia que obtuvieron los atributos en las muestras evaluadas. A partir del cuadro de valores de probabilidad para el factor muestra, se puede decir que estas mostraron diferencias significativas para los atributos acido ($p=0.00000$), amargo ($p=0.00089$) y astringente ($p=0.00108$), debido a que sus p-valores son menores al nivel de probabilidad establecida en la investigación, igual a 0.05. Mientras que para los atributos cacao, nueces, dulce o caramelo, crudo o verde, afrutado y floral mostraron igualdad entre muestras, con $p\text{-valor} > 0.05$.

4.2.3. Medias y códigos de diferencias significativas entre atributos y muestras.

En el cuadro 15 se presentan los resúmenes de medias y códigos de diferencias significativas entre las muestras y los atributos evaluados, para lo cual se realizan los análisis respectivos, resaltando en color naranja las calificaciones más altas por atributo con respecto a las muestras evaluadas.

Cuadro 15. Resumen de medias y códigos de diferencias significativas entre muestras para los atributos cacao, dulce o caramelo, amargo, astringente, ácido, afrutado, floral, nueces y crudo o verde.

Código de muestra	Cacao		Dulce o caramelo		Amargo		Astringencia		Acido		Afrutado		Floral		Nueces		Crudo o verde	
	Media	Sig.	Media	Sig.	Media	Sig.	Media	Sig.	Media	Sig.	Media	Sig.	Media	Sig.	Media	Sig.	Media	Sig.
FCV	2.80	A	0.20	A	4.40	A	4.80	A	6.20	A	1.00	A	1.20	A	0.40	A	1.80	A
FCA	3.00	A	0.60	A	5.60	A	4.40	A	4.60	B	1.60	A	1.80	A	1.60	A	0.80	A
FCR	4.20	A	0.40	A	5.00	A	4.00	A	5.00	B	2.20	A	1.40	A	2.40	A	1.20	A
FLS	2.00	A	0.60	A	3.00	B	2.80	B	2.20	C	1.60	A	1.20	A	2.60	A	1.80	A
FSL-I	2.80	A	0.40	A	3.80	A	4.20	A	2.20	C	1.80	A	1.60	A	2.60	A	1.00	A
FSL-II	3.00	A	1.40	A	2.40	B	2.40	B	1.60	C	1.60	A	1.60	A	2.40	A	0.20	A
FECA	3.00	A	0.40	A	4.20	A	3.60	A	3.60	C	2.00	A	1.80	A	1.80	A	0.60	A
FECAR	3.20	A	0.00	A	4.40	A	2.80	B	2.00	C	1.60	A	1.80	A	2.00	A	1.40	A
FCT	2.60	A	0.40	A	2.80	B	2.20	A	2.80	C	1.60	A	1.40	A	1.80	A	0.80	A
FJC	3.00	A	0.00	A	3.00	B	3.60	B	4.20	B	1.80	A	1.40	A	1.40	A	0.40	A
FRLG	2.60	A	0.40	A	4.20	A	4.00	A	4.20	B	2.40	A	1.20	A	1.60	A	0.40	A
FRLP	4.00	A	0.40	A	4.20	A	4.00	A	3.00	C	1.80	A	1.60	A	1.20	A	0.40	A

Análisis atributo Cacao. De los cacaos evaluados la muestra FCR presento la mayor intensidad para el atributo cacao con una media de 4.20; sin embargo, todas se consideran iguales, ya que estadísticamente no poseen diferencias significativas en sus medias, por lo cual se califican con la misma letra A (Cuadro 15). No obstante las intensidades de las muestras difieren un poco de acuerdo con la escala de evaluación de licores de cacao propuesta por Sukha y Seguíne (Cuadro 9), en las cuales el atributo a cacao se puede clasificar como presente o característico. Sukha (2015) establece que la intensidad de este atributo está asociada a la genética del material, siendo los cacaos amazónicos los que presentan un mayor sabor a chocolate, de acuerdo con esto se pueden explicar las notas bajas de este atributo en los materiales evaluados, ya que pertenecen a los tipos de cacao híbrido, criollo moderno y ancestral.

Análisis atributo Dulce o Caramelo. Para este atributo el cacao autóctono FSL-II obtuvo la mayor intensidad con una media de 1.40, mientras que la menor la tuvo el cacao autóctono FJC con media de 0.00. Todas las muestras se consideran iguales, ya que recibieron la misma calificación A, debido a que no presentan diferencias significativas en las medias (Cuadro 15). Sin embargo, de acuerdo con la escala de evaluación de licores de cacao las muestras poseen diferencias en las intensidades de dicho atributo, el cual se clasifica como trazas de sabor y ausente (Cuadro 9). Guerrero Martínez (2016), establece que existe una relación inversa entre los sabores amargo y dulce, con base a los resultados se puede determinar que las notas bajas del atributo dulce, está dada por la intensidad característica del sabor amargo en todas las muestras evaluadas (Figura A-2).

Análisis atributo Amargo. La muestra que presentó la mayor intensidad del atributo amargo fue el cacao autóctono FCA con una media de 5.60. De acuerdo a los resultados, las muestras poseen diferencias significativas en las medias, por lo cual se les asignan diferentes calificaciones A y B (Cuadro 15). Las muestras que recibieron la calificación B (FLS, FJC, FCT Y FSL-II) mostraron la menor intensidad para dicho atributo, mientras que las que recibieron la calificación A presentaron la mayor intensidad. Comparando los resultados de las medias con la escala de evaluación de licores de cacao también se encontraron diferencias en las intensidades de dicho atributo, clasificado como presente y característico en la muestra (calificación A y B respectivamente) (Cuadro 9). Sukha (2015), establece que el sabor amargo está relacionado con una fermentación deficiente y que su presencia excesiva es desagradable. Al comparar las medias con los niveles de fermentación, se puede determinar que existe una relación directamente proporcional entre los granos levemente fermentados y la intensidad de este atributo, de tal manera que a medida que aumentan los granos pocos fermentados, aumenta el amargor en los licores (Figura A-3).

Análisis atributo Astringente. Se puede observar que el cacao autóctono FCV mostró la mayor intensidad para este atributo, con una media de 4.80. Las muestras presentaron diferencias significativas en sus medias, por lo cual recibieron distintas calificaciones A y B (Cuadro 15). Las muestras asignadas con calificación A (FCV, FCA, FCR, FSL-I, FECA, FCT, FRLG y FRLP) mostraron la mayor astringencia que las que obtuvieron B. Al igual que con la escala de evaluación de licores de cacao estas mostraron diferencias en la intensidad de dicho atributo clasificándose como presente y característico (A y B respectivamente) (Cuadro 9). Según Sukha (2015) los granos levemente fermentados producen licores con mucha astringencia, el cual resulta desagradable durante la catación, con base a esto se puede determinar que las muestras que desarrollaron

mayores porcentajes de granos levemente fermentados presentaron más astringencia, que aquellas con mayor cantidad de granos bien fermentado, lo cual está relacionado con las muestras clasificadas con calificación A y B (Figura A-4).

Análisis atributo Acidez. Se puede observar que las muestras evaluadas poseen diferencias significativas entre sí para el atributo ácido, ya que recibieron distintas calificaciones A, B y C. De todas las muestras el cacao autóctono FCV presentó la mayor intensidad con una media de 6.20 clasificada con A (Cuadro 15). La acidez del cacao está asociada al contenido de ácido acético y láctico formado durante la fermentación, los cuales se van perdiendo durante el secado. Sukha (2015), señala que un secado adecuado reducirá la acidez en los granos fermentados, pero en caso de un secado demasiado rápido, la acidez persistirá. Según la escala de evaluación de licores de cacao las muestras poseen una acidez característica a excepción del cacao autóctono FCV, considerada como dominante (Cuadro 9). Las muestras recibieron un secado lento, el cual permitió que se volatilizaran los ácidos orgánicos desarrollados durante la fermentación, disminuyendo así la acidez. Este proceso se inició con una hora de secado y se fue aumentando una por día, hasta obtener el contenido de humedad requerido (7%).

Análisis atributo Afrutado. La mayor intensidad de este atributo se percibió en el cacao autóctono FRLG con una media de 2.40 y la menor en el cacao autóctono FCV con media de 1.00. Las muestras no presentaron diferencias significativas en sus medias, por lo cual se les asignaron la misma calificación A (Cuadro 15). Sin embargo, estas difieren un poco con respecto a la escala de evaluación de licores de cacao, en las cuales el atributo afrutado se clasifica con la intensidad de trazas de sabor o atributo presente en la muestra (Cuadro 9). Los resultados demuestran que al comparar los porcentajes de granos levemente fermentados y el atributo afrutado existe una relación inversamente proporcional, de tal manera que las muestras que presentaron mayor porcentaje de granos levemente fermentados mostraron una menor intensidad del sabor afrutado que aquellas con un menor porcentaje (Figura A-5).

Análisis atributo floral. Se puede ver que las muestras no poseen diferencias significativas entre sus medias, por lo cual reciben la misma calificación A. La mayor intensidad de este atributo se mostró en los cacaos FCA, FECA y FECAR con medias de 1.80 y de forma opuesta los cacaos autóctonos FCV y FLS con medias de 1.20 (Cuadro 15), de acuerdo con la escala de evaluación de licores de cacao las muestras no poseen diferencias en la intensidad de dicho atributo, el cual se clasifica únicamente como trazas de sabor (Cuadro 9). Según Sukha (2015), el sabor floral es característico de

los cacaos trinitarios, lo cual está relacionado con la muestra que obtuvo la mayor intensidad.

Análisis atributo Nueces. Se puede observar que las muestras no poseen diferencias significativas en sus medias y se consideran iguales ya que recibieron la misma calificación A. Las muestras FLS y FSL-I obtuvieron la mayor intensidad con una media de 2.60 y el menor valor lo presentó el cacao autóctono FCV con media de 0.40 (Cuadro 15), al comparar los valores de las medias con respecto a la escala de evaluación de licores de cacao, las muestras difieren en la intensidad de dicho atributo, el cual se clasifica como trazas de sabor y presente en la muestra (Cuadro 9). Guerrero Martínez (2016), establece que existe una relación inversa entre el sabor amargo y el sabor a nuez, de tal manera que a medida que aumenta el amargor disminuye el sabor a nuez. Al realizar una comparación entre ambos atributos, se puede observar que se cumple con lo anterior propuesto, lo cual explica las notas bajas de dicho atributo, ya que el amargo presentó una mayor intensidad en las muestras evaluadas (Figura A-6).

Análisis atributo Crudo o Verde. Para este atributo los cacaos autóctonos FCV y FLS obtuvieron la mayor intensidad con media de 1.80 y de forma opuesta la muestra FSL-II con media 0.20. Las muestras no presentaron diferencias significativas en las medias, ya que recibiendo la misma calificación A (Cuadro 15). Al comparar las medias con la escala de evaluación de licores de cacao, las muestras no presentaron diferencias en la intensidad de dicho atributo, clasificado únicamente como trazas de sabor (Cuadro 9). Guerrero Martínez, N (2016), establece que existe una relación directa entre el sabor crudo y los sabores amargo y ácido. A pesar que estos últimos son más intensos y característicos en las muestras, el atributo crudo o verde fue calificado con notas muy bajas, es por ello que se considera que la genética de los materiales seleccionados (híbridos, criollos modernos y criollo ancestral) influyeron en la suavidad de este atributo considerado como un defecto, caracterizados por ser suaves y delicados (Sukha 2015).

4.2.4. Comparación de los perfiles de sabor generados contra los 50 perfiles de los mejores cacaos del mundo (ICA 2015).

En el cuadro A-13 se presenta el resumen de las comparaciones entre los perfiles de sabor de los cacaos autóctonos y los cacaos premiados en la International Cocoa Awards en 2015, mostrando únicamente el valor de probabilidad más alto ($p\text{-valor} > 0.05$) para cada comparación, como indicador de que no poseen diferencias significativas entre las muestras. El cuadro 16 presenta el grado de similitud que poseen los perfiles de sabor de los cacaos autóctonos con respecto a los cacaos premiados, en el cual se identifican los

porcentajes de intercepción que comparten en sus perfiles los cacaos de cada comparación.

Cuadro 16. Porcentajes de intercepción entre los perfiles de sabor de los cacaos autóctonos y los mejores cacaos del mundo (ICA 2015).

#	MUESTRAS		Porcentaje de relación por atributo								TOTAL	Porcentaje de Intercepción
	Cacaos Autóctonos	Co-Ex	Cacao	Dulce o Caramelo	Amargo	Astringente	Acido	Afrutado	Floral	Nueces		
1	FCR/17	008/15	70.0	16.0	60.0	100	36.0	68.2	40.0	83.3	473.5	59.2
2	FCR/17	020/15	76.4	10.0	56.0	57.5	20.0	73.3	35.0	77.4	405.6	50.7
3	FCR/17	028/15	60.0	14.8	100.0	80	76.0	56.4	70.0	95.8	553.1	69.1
4	FCR/17	035/15	70.0	16.0	56.0	100	66.0	78.6	71.4	96.0	554.0	69.3
5	FCR/17	038/15	60.0	13.8	58.0	77.5	56.0	90.9	28.0	62.5	446.7	55.8
6	FCR/17	068/15	64.6	20.0	82.0	80	50.0	59.5	40.0	83.3	479.4	59.9
7	FCR/17	087/15	80.8	20.0	72.0	95.0	38.0	95.5	50.0	80.0	531.2	66.4
8	FCR/17	093/15	60.0	11.4	82.0	87.0	34.0	95.5	70.0	70.8	510.7	63.8
9	FCR/17	098/15	60.0	14.3	84.0	69.0	40.0	68.8	50.0	80.0	466.0	58.3
10	FCR/17	114/15	64.6	14.3	60.0	85.1	70.0	53.7	37.8	87.5	473.0	59.1
11	FCR/17	140/15	70.0	20.0	76.0	100	76.0	57.9	40.0	41.7	481.6	60.2
12	FCR/17	152/15	61.8	16.0	96.0	66.7	60.0	86.4	66.7	0.0	453.5	56.7
13	FCR/17	155/15	64.6	10.5	60.0	83.3	56.0	68.8	25.5	0.0	368.7	46.1
14	FCR/17	169/15	70.0	26.7	84.0	57.1	50.0	88.0	56	95.8	527.6	66.0
15	FCR/17	183/15	68.9	10.8	70.0	72.7	70.0	59.5	85.7	63.2	500.7	62.6
16	FCR/17	186/15	70.0	22.2	80.0	66.7	40.0	88.0	56.0	33.3	456.2	57.0
17	FCR/17	189/15	76.4	26.7	50.0	92.5	82.0	44.0	70.0	62.5	504.0	63.0
18	FCR/17	238/15	70.0	13.3	60.0	92.5	50.0	88.0	70.0	80.0	523.8	65.5
19	FCR/17	248/15	64.6	14.8	46.0	80.0	36.0	90.9	93.3	88.9	514.6	64.3
20	FCR/17	282/15	60.0	16.0	70.0	70.0	50.0	73.3	50	41.7	431.0	53.9
21	FCR/17	296/15	76.4	11.4	60.0	75.0	30.0	95.7	60.9	41.7	451.0	56.4
22	FCR/17	300/15	57.5	26.7	84.0	78.4	60.0	62.9	35	75.0	479.5	59.9
23	FCR/17	343/15	70.0	16.0	76.0	95.2	76.0	53.7	71.4	41.7	500.0	62.5
24	FCA/17	044/15	40.0	20.0	66.1	79.5	0.0	0.0	45.0	93.8	344.4	43.0
25	FCA/17	059/15	49.2	20.0	50.0	68.2	21.7	72.7	58.1	62.5	402.4	50.3
26	FCA/17	062/15	50.0	20.0	50.0	63.6	32.6	40.0	83.3	62.5	402.1	50.3
27	FCA/17	076/15	43.5	30.0	69.6	93.2	21.7	84.2	50.0	31.3	423.5	52.9
28	FCA/17	105/15	50.0	20.0	48.2	70.5	43.5	57.1	60.0	62.5	411.8	51.5
29	FCA/17	147/15	50.0	24.0	57.1	93.6	32.6	94.1	94.4	76.2	522.1	65.3
30	FCA/17	157/15	40.0	22.2	55.4	68.2	21.7	80.0	94.4	94.1	476.1	59.5
31	FCA/17	175/15	46.2	40.0	71.4	91.7	21.7	72.7	90.0	88.9	522.6	65.3
32	FCA/17	178/15	46.2	24.0	55.4	93.2	10.9	80.0	45.0	62.5	417.1	52.1
33	FCA/17	179/15	50.0	30.0	73.2	86.3	39.1	0.0	64.3	88.9	431.8	54.0
34	FCA/17	229/15	50.0	46.2	53.6	86.4	65.2	57.1	60.0	62.5	480.9	60.1
35	FCA/17	242/15	50.0	24.0	48.2	79.5	32.6	53.3	85.7	80.0	453.4	56.7
36	FCV/17	204/15	52.8	15.4	90.9	91.7	16.1	100.0	66.7	26.7	460.3	57.5
37	FECAR/17	171/15	49.2	0.0	56.8	89.3	40.0	0.0	100.0	90.0	425.3	53.2
38	FECAR/17	329/15	53.3	0.0	93.2	93.3	90.0	93.8	27.8	50.0	501.4	62.7
39	FSL I/17	026/15	43.1	13.3	73.7	64.3	0.0	27.8	93.8	76.9	392.8	49.1
40	FCT/17	220/15	37.1	40.0	75.0	55	0.0	0.0	0.0	0.0	207.1	25.9
41	FCT/17	011/15	40.0	21.1	75.0	45.5	17.9	31.3	35.7	55.6	321.9	40.2
42	FJC/17	142/15	58.8	0.0	93.3	63.9	11.9	27.8	60.9	35.7	352.3	44.0
43	FJC/17	285/15	42.9	0.0	66.7	77.8	19.0	0.0	77.8	0.0	284.1	35.5
44	FJC/17	294/15	50.0	0.0	83.3	80	11.9	55.6	0.0	50.0	330.8	41.3
45	FRLG/17	206/15	40.0	30.8	95.2	97.6	11.9	94.4	60.0	0.0	429.9	53.7
46	FRLP/17	214/15	65.6	26.7	95.2	92.5	66.7	83.3	94.1	83.3	607.4	75.9
47	FRLP/17	243/15	56.3	26.7	73.8	100.0	50.0	8.3	64.0	83.3	462.5	57.8
48	FRLP/17	275/15	66.7	20.0	95.2	88.9	100.0	85.7	0.0	83.3	539.8	67.5
49	FRLP/17	277/15	66.7	16.0	71.4	88.9	56.7	87.5	18.8	58.3	464.2	58.0
50	FRLP/17	346/15	72.7	9.1	47.6	100	16.7	20.8	76.2	66.7	409.8	51.2

A continuación se presentan los perfiles de sabor de los cacaos autóctonos que mostraron el mayor grado de similitud con respecto a los cacaos premiados en la ICA, los cuales se seleccionaron a través de los porcentajes de intercepción más altos determinados en el cuadro 16.

En la figura 33 se puede observar que el cacao híbrido FRLP, clasificado como criollo moderno, presenta mucha similitud con el cacao criollo ubicado en Tumbes, Perú, identificado como Coex Code 214 (75.9% de intercepción) y con el cacao híbrido ubicado en Queensland, Australia identificado como Coex Code 275 (67.5% de intercepción) por la International Cocoa Awards. Con dichas relaciones el cacao FRLP se considera de muy buena calidad sensorial, ya que posee características similares en cuanto a la forma de los perfiles e intensidad de los atributos, a los de los cacaos comparados.

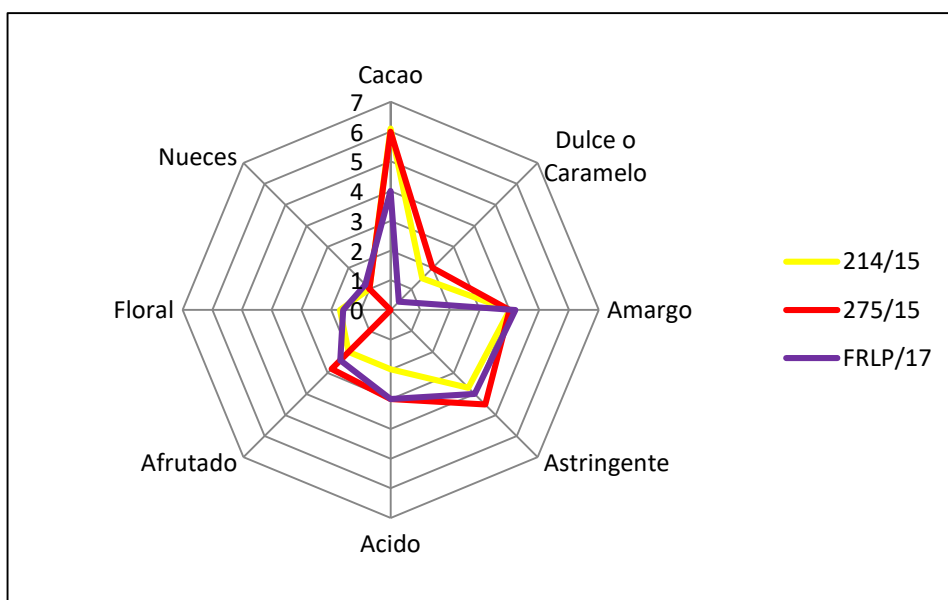


Figura 33. Comparación del perfil de sabor del cacao FRLP con los cacaos clasificado como Coex code 214 y 275 (ICA 2015).

En la figura 34 se muestra el perfil de sabor del cacao híbrido FCR, el cual presenta mucha similitud con el perfil del cacao TSH x (TRD x ICS) ubicado en Trinidad y Tobago, identificado como Coex Code 028 (69.1% de intercepción) y el cacao trinitario, ubicado en Colombia, identificado como Coex Code 035 (69.3% de intercepción) por la International Cocoa Awards. A pesar que los perfiles no poseen las mismas intensidades en los sabores a dulce o caramelo y afrutado, el cacao FCR, si se considera de muy buena calidad sensorial, ya que comparte un porcentaje de intercepción muy alto, con respecto a los perfiles de los cacaos comparados.

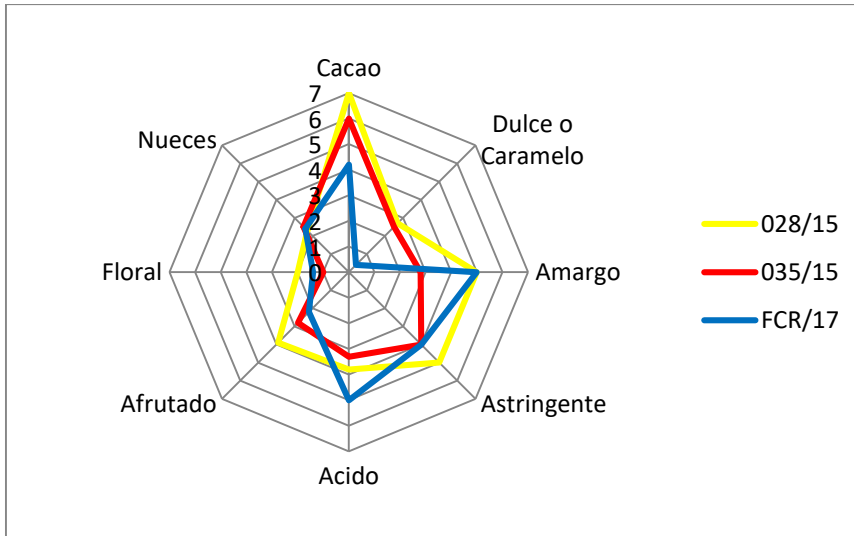


Figura 34. Comparación del perfil de sabor del cacao FCR con los cacaos clasificados como Coex Code 028 y 035 (ICA 2015).

5. CONCLUSIONES.

De los cacaos evaluados, los criollos modernos (FLS, FSL-I, FSL-II, FECA, FECAR, FJC, FRLG Y FRLP) se caracterizaron por presentar en sus perfiles la mayor intensidad en los sabores a afrutado, floral y cacao, mientras que el criollo ancestral (FCT) se asoció más a los sabores a nueces y dulce o caramelo, lo cual está relacionado a la descripción que establece Sukha para este tipo de materiales. Los tipos híbridos (FCV, FCA y FCR) se describieron de mejor manera por los sabores a amargo, astringente y ácido, como resultado de una deficiente fermentación desarrollada en dicho proceso.

El protocolo de Ed Seguire permitió altos porcentajes de buena fermentación en los cacaos autóctonos clasificados como criollos modernos en comparación a los cacaos híbridos y criollo ancestral, que no alcanzaron los niveles necesarios para ser clasificados como premio y corriente, según la Norma Técnica Colombiana (NTC) 1252. Por consiguiente el protocolo de micro-fermentación de Ed Seguire es más efectivo en los cacaos criollos modernos.

Los resultados de fermentación de los cacaos evaluados se vieron influenciados por los tamaños de las semillas, mostrando así una relación inversamente proporcional entre los granos bien fermentados y el tamaño de las semillas y una relación directa entre el tamaño de las semillas y los granos levemente fermentados y pizarrosos.

Los cacaos autóctonos de El Salvador presentaron buenos índices de grano (>1.0 g/grano), clasificándose como grandes según la norma ISO 2451. Por lo tanto representa una ventaja competitiva en el mercado internacional

El Salvador cuenta con cacaos que poseen gran calidad sensorial para ser considerados como finos y de aroma. Los cacaos autóctonos FRLP y FCR mostraron mucha similitud con los perfiles de sabor de los cacaos Coex Code 214, 275, 028 y 035, los cuales forman parte de los 50 mejores cacaos del mundo según la International Cocoa Awards en 2015.

6. RECOMENDACIONES.

Se recomienda utilizar el protocolo de micro-fermentación establecido por Ed Seguíne en los cacaos criollos modernos, ya que presentaron los mejores resultados de buena fermentación en la investigación.

Sería bueno confirmar el efecto del tamaño del grano en el proceso de fermentación, para ratificar la relación observada en esta investigación, la cual se describe como inversamente proporcional entre el tamaño de las semillas y los porcentajes de buena fermentación.

Se recomienda utilizar los cacaos autóctonos FCR y FRLP como genotipos parentales para la producción de plantas promisorias, debido al buen potencial de rendimiento que presentan en sus índices de grano e índices de mazorca y de manera muy especial a la calidad sensorial que estos cacaos muestran en sus perfiles, ya que muestran mucha similitud a los cacaos Coex Code 214, 275, 028 y 035, premiados por la International Cocoa Awards en 2015.

7. BIBLIOGRAFÍA.

Aguilar, H. 2016. Manual para la evaluación de la calidad del grano de cacao (en línea). La Lima, Cortés, Honduras. 14-15 p. Consultado 09 sep. 2017. Disponible en: [http://www.fhia.org.hn/downloads/cacao_pdfs/Manual para la Evaluacion de la Calidad del Grano de Cacao.pdf](http://www.fhia.org.hn/downloads/cacao_pdfs/Manual_para_la_Evaluacion_de_la_Calidad_del_Grano_de_Cacao.pdf)

Amores, F. 2009. Cacaos finos y ordinarios. Taller Internacional de Calidad Integral de cacao Teoría y Práctica .2004. Memorias INIAP. Quevedo, Ecuador, p. 4 - 7.

ATAGO. 2017. Medidor de bolsillo de Brix-Acidez (en línea). Consultado el 15 jul. 2017. Disponible en http://www.atago.net/quickmanual/images/quick_manual_pal_es.pdf

Ayestas, ED. 2009. Caracterización morfológica de cien árboles promisorios de *Theobroma cacao* L. en Waslala, RAAN (en línea). Tesis Ing. Agr. Managua, Nicaragua, Universidad Nacional Agraria. Consultado 20 jun. 2017. Disponible en http://www.worldcocoafoundation.org/wp-content/uploads/files_mf/ayestavillega2009.pdf

Bartley, GD. 2005. Te genetic diversity of cacao and its utilization. New Delhi. IN. CABI Publishing. 48 p.

Castañeda, V; Aranzazu, F; Hernández, L; Quintanilla, G; Moran, A. 2016. Guia de conceptos básicos de genética en cacao, para su aplicación en la caracterización de germoplasma de cacao nativo de El Salvador. San Salvador. El Salvador. Mesa Nacional del cacao. 89 p

Chia Wong, JA. 2009. Caracterización molecular mediante marcadores ISSR de una colección de 50 árboles clonales e híbridos de cacao (*Theobroma cacao* L.) de la UNAS-Tingo María (en línea). Tesis MSc Biología Molecular. Lima, Perú, Universidad Mayor de San Marcos. Consultado 11 de Jul. 2017. Disponible en http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/244/1/Chia_wj.pdf

Cordero, G. 2013. Aplicación del análisis sensorial de los alimentos en la cocina y en la industria alimentaria (en línea). Sevilla, España. 10-13 p. Consultado 02 sep. 2017. Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Gustavo_CorderoBueso/publication/262561546_APLICACION_DEL_ANALISIS_SENSORIAL_DE_LOS_ALIMENTOS_EN_LA_COCINA_Y_EN_LA_INDUSTRIA_ALIMENTARIA/links/0a85e537fdb346e28d000000/APLICACION-DEL-ANALISIS-SENSORIAL-DE-LOS-ALIMENTOS-EN-LA-COCINA-Y-EN-LA-INDUSTRIA-ALIMENTARIA.pdf

Cros, E. 2004. Factores condicionantes de la calidad del cacao (en línea). CIRADCP (centro de cooperación internacional en investigación agronómica para el desarrollo) Congreso Venezolano del Cacao y su Industria, Montpellier, Francia. Consultado 16 Jul. 2017. Disponible en www.redcacao.info.ve/memorias/html/02html.

Díaz, S; Pinoargote, M. 2012. Análisis de las Características Organolépticas del Chocolate a partir de Cacao CCN51 Tratado Enzimáticamente y Tostado a Diferentes Temperaturas (en línea). Tesis. IIA. Guayaquil. Ecuador. Consultado 26 Jul. 2017. Disponible en http://www.censalud.ues.edu.sv/CDOCDeployment/documentos/An%C3%A1lisis_de_las_Caracter%C3%ADsticas_Organol%C3%A9pticas_del_Chocolate....pdf

Dubón, A. 2016. Protocolo para el beneficiado y calidad del cacao. La Lima, Cortés. Honduras. 25 p.

Dubón, A; Sánchez, J. 2016. Producción de cacao: Clasificación taxonómica y morfológica del cacao. 2da. Ed. La Lima, Cortés, Honduras. 264 p.

Espinoza, J. 2007. Evaluación sensorial de los alimentos. 1ra Ed. La Habana. Cuba. Editorial Universitaria. 116 p. ISBN 978-959-16-0539-9.

FEDECACAO (Federación Nacional de Cacaoteros). 2013. Guía ambiental para el cultivo del cacao (en línea). Colombia. 2da Ed. 127 p. Consultado 14 jul. 2017. Disponible en https://www.fedecacao.com.co/site/images/recourses/pub_doctecnicos/fedecacao-pub-doc_05B.pdf

FUNDESYRAM (Fundación para el Desarrollo Socioeconómico y restauración ambiental). 2014. Características del cacao criollo y forastero (en línea). San Salvador, El Salvador. Consultado 8 de jul. 2017. Disponible en <http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=4395>

FUNDESYRAM (Fundación para el Desarrollo Socioeconómico y restauración ambiental). 2015. Determinación de grado de fermentación del cacao (en línea). San Salvador, El Salvador. Consultado 9 de ago. 2017. Disponible en <http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=3425>

GAB (Sistemática Analítica S.L). s.f. Cámara thoma y neubauer improved para el recuento de levaduras (en línea). Madrid, España. Consultado 14 de jun. 2017. Disponible en http://shop.gabsystem.com/data/descargas/Camara%20Thoma%20Neubauer_SP.pdf

Guerrero Martínez, N. 2016. Evaluación de componentes físicos, químicos, organolépticos y del rendimiento de clones universales y regionales de cacao (*Theobroma cacao* L.) en las zonas productoras de Santander, Arauca y Huila (en línea). Bogotá, Colombia. 107 p. Consultado 7 de jul. 2017. Disponible en <http://www.bdigital.unal.edu.co/52543/7/NubiaMart%C3%ADnez.2016.pdf>

Hernández, E. 2005. Análisis sensorial. Guía didáctica para curso de tecnología de cereales y oleaginosas (en línea). Bogotá, Colombia. 48-78 p. Consultado 02 sep. 2017. Disponible en <http://www.inocua.org/site/Archivos/libros/m%20evaluacion%20sensorial.pdf>

ICA (International Cocoa Awards). 2015. Cocoa of Excellence Programme and the International Cocoa Awards. Paris. Francia. 29 p.

ICONTEC (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación). 2003. Cacao en grano (en línea). Norma NTC 1252. Bogotá, Colombia. 15 p. Consultado 7 de jul. 2017. Disponible en <https://www.grancolombia.com.co/pdf/norma.pdf>

ISO (International Organization for Standardization, Suiza). 2014. Granos de cacao: Especificaciones (en línea). Norma ISO 2451:2014. Ginebra, Suiza. 11 p. Consultado 8 de jul. 2017. Disponible en <https://www.iso.org/standard/56534.html>

Mahecha, R; Revelo J. 2009. Convenio de Concertación para una Producción más Limpia en el Subsector Cacaotero: Cacao Orgánico (en línea). Colombia. Consultado 15 jul. 2017. Disponible en <http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=3213>

Proceso general para la obtención del licor de cacao. s.f. (en línea). Consultado 15 Jul. 2017. Disponible en: http://www.censalud.ues.edu.sv/CDOC-Deployment/documentos/Licor_de_cacao.pdf

Romero, C; Sambrano, A. 2012. Análisis de azúcares en pulpa de cacao por colorimetría y electroforesis capilar (en línea). Revista Científica Agrícola 12 (4):906-913. Consultado 10 de jul. 2017. Disponible en <http://www.bioline.org.br/pdf?cg12103>

Seguine, E; Mills, D; Marelli, J; Motamayor, JC; Coelho, I. 2013. Micro-fermentation of cocoa (en línea). Consultado 15 de may. 2016. Disponible en <https://www.google.com/patents/WO2013025621A1?cl=en>

Sukha, D; Seguine, E. 2015. Cacao en Grano: Requisitos de Calidad de la Industria del Chocolate y del Cacao. Apendice B. CAOBISSCO/ECA/FCC Cocoa Beans. P. 77–98.

Sukha, D; Seguine, E. 2015. Cacao en grano: Requisitos de calidad de la industria del chocolate y del cacao (en línea). Bruselas, Bélgica. 110 p. Consultado 8 de jul. 2017. Disponible en

http://www.cocoaquality.eu/data/Cacao%20en%20Grano%20Requisitos%20de%20Calidad%20de%20la%20Industria%20Apr%202016_es.pdf

Sullivan, JH. 2012. Evaluación y determinación de los factores físicos-químicos y microbiológico sobre el índice de fermentación tradicional y no tradicional del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) (en línea). Tesis Ing en alimentos. San Salvador, El Salvador, UJMD. Consultado 12 jul. 2017. Disponible en

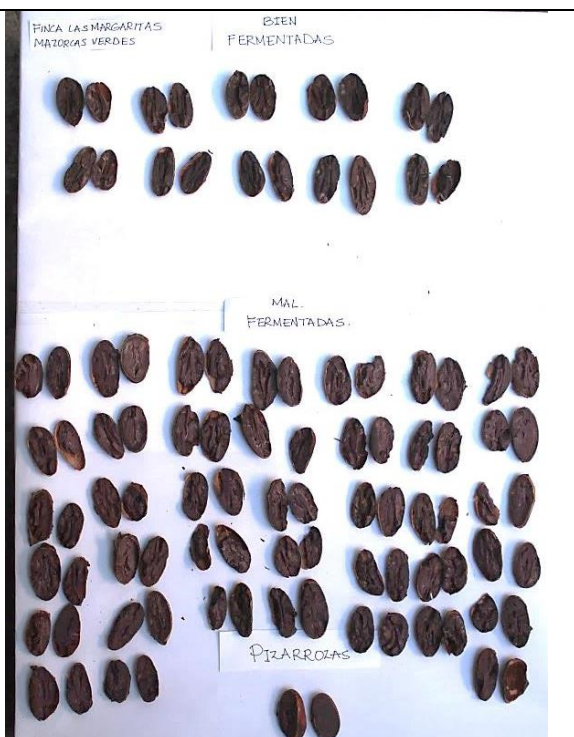
<http://webquery.ujmd.edu.sv/siab/bvirtual/BIBLIOTECA%20VIRTUAL/TESIS/04/IAL/0001702-ADTESBE.pdf>

Uribe Gutiérrez LA. 2007. Caracterización fisiológica de levaduras aisladas de la Filósfera de Mora (en línea). Tesis Microbiología industrial. Bogotá, Colombia. Universidad Pontificia Javeriana. Consultado 21 de sep. 2017. Disponible en <http://javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis276.pdf>

8. ANEXOS.

Cuadro A- 1. Evaluación física del cacao FCV.

Atributos externos 100 g		Defectos externos 100 g	
# de granos	80	Negros	0
Humedad	7.2%	Moho superficial	0
Materia extraña	1.2 g	Germinados	0
		Aglomerados	0
		Cortados	0
Prueba de corte (50 granos)			
Grados de fermentación		Defectos	
Café	10	Moho	0
Café claro	0	Germinados	0
Parte purpura y café	39	Daños por insectos	0
Violeta hacia purpura	0	Sobre fermentado	0
Violeta no fisurado	0	Pizarroso	1



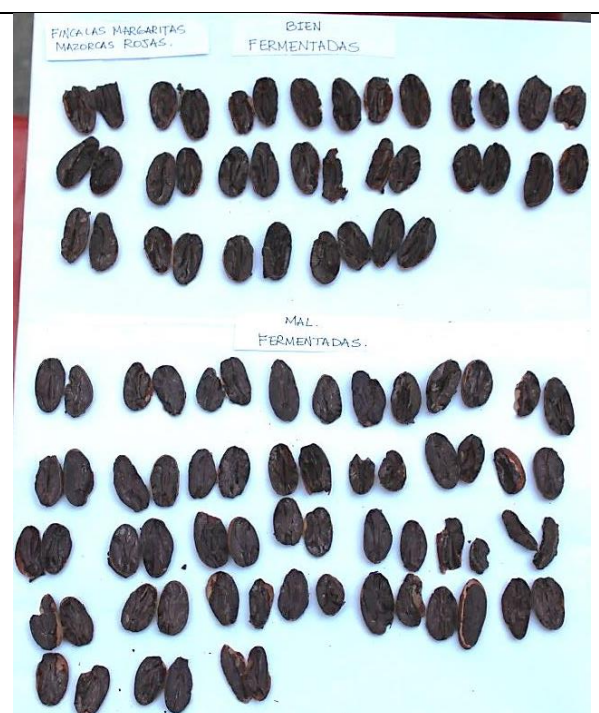
Cuadro A- 2. Evaluación física del cacao FCA.

Atributos externos 100 g		Defectos externos 100 g	
# de granos	7.1	Negros	0
Humedad	83	Moho superficial	0
Materia extraña	0	Germinados	0
		Aglomerados	1
		Cortados	0
Prueba de corte (50 granos)			
Grados de fermentación		Defectos	
Café	16	Moho	0
Café claro		Germinados	0
Parte purpura y café	33	Daños por insectos	0
Violeta hacia purpura	0	Sobre fermentado	0
Violeta no fisurado	0	pizarroso	1



Cuadro A- 3. Evaluación física del cacao FCR.

Atributos externos 100 g		Defectos externos 100 g	
# de granos	68	Negros	0
Humedad	6.8%	Moho superficial	0
Materia extraña	0	Germinados	0
		Aglomerados	1
		Cortados	0
Prueba de corte (50 granos)			
Grados de fermentación		Defectos	
Café	19	Moho	0
Café claro		Germinados	0
Parte purpura y café	31	Daños por insectos	0
Violeta hacia purpura	0	Sobre fermentado	0
Violeta no fisurado	0	pizarroso	0



Cuadro A- 4. Evaluación física del cacao FLS.

Atributos externos 100 g		Defectos externos 100 g	
# de granos	78	Negros	0
Humedad	6.7%	Moho superficial	0
Materia extraña	0	Germinados	0
		Aglomerados	0
		Cortados	0
Prueba de corte (50 granos)			
Grados de fermentación		Defectos	
Café	15	Moho	0
Café claro	17	Germinados	0
Parte purpura y café	12	Daños por insectos	0
Violeta hacia purpura	6	Sobre fermentado	0
Violeta no fisurado	0	pizarroso	0



Cuadro A- 5. Evaluación física del cacao FSL-I.

Atributos externos 100 g		Defectos externos 100 g	
# de granos	69	Negros	0
Humedad	7.3 %	Moho superficial	0
Materia extraña	0	Germinados	0
		Aglomerados	0
		Cortados	0
Prueba de corte (50 granos)			
Grados de fermentación		Defectos	
Café	32	Moho	0
Café claro	0	Germinados	0
Parte purpura y café	14	Daños por insectos	0
Violeta hacia purpura	2	Sobre fermentado	0
Violeta no fisurado	2	pizarroso	0



Cuadro A- 6. Evaluación física del cacao FSL-II.

Atributos externos 100 g		Defectos externos 100 g	
# de granos	106	Negros	0
Humedad	7.1	Moho superficial	0
Materia extraña	0	Germinados	0
		Aglomerados	0
		Cortados	0
Prueba de corte (50 granos)			
Grados de fermentación		Defectos	
Café	7	Moho	0
Café claro	31	Germinados	0
Parte purpura y café	12	Daños por insectos	0
Violeta hacia purpura	0	Sobre fermentado	0
Violeta no fisurado	0	pizarroso	0



Cuadro A- 7. Evaluación física del cacao FECA.

Atributos externos 100 g		Defectos externos 100 g	
# de granos	109	Negros	0
Humedad	6.7%	Moho superficial	0
Materia extraña	0	Germinados	0
		Aglomerados	0
		Cortados	0
Prueba de corte (50 granos)			
Grados de fermentación		Defectos	
Café	34	Moho	0
Café claro	0	Germinados	0
Parte purpura y café	16	Daños por insectos	0
Violeta hacia purpura	0	Sobre fermentado	0
Violeta no fisurado	0	pizarroso	0

Cuadro A- 8. Evaluación física del cacao FECAR.

Atributos externos 100 g		Defectos externos 100 g	
# de granos	93	Negros	0
Humedad	6.7%	Moho superficial	0
Materia extraña	0	Germinados	0
		Aglomerados	0
		Cortados	0
Prueba de corte (50 granos)			
Grados de fermentación		Defectos	
Café	18	Moho	0
Café claro	5	Germinados	0
Parte purpura y café	27	Daños por insectos	0
Violeta hacia purpura	0	Sobre fermentado	0
Violeta no fisurado	0	pizarroso	0

Cuadro A- 9. Evaluación física del cacao FCT.

Atributos externos 100 g		Defectos externos 100 g	
# de granos	74	Negros	0
Humedad	6.7%	Moho superficial	0
Materia extraña	0	Germinados	0
		Aglomerados	0
		Cortados	0
Prueba de corte (50 granos)			
Grados de fermentación		Defectos	
Café	3	Moho	0
Café claro	13	Germinados	0
Parte purpura y café	26	Daños por insectos	0
Violeta hacia purpura	0	Sobre fermentado	0
Violeta no fisurado	1	Pizarroso	8



Cuadro A- 10. Evaluación física del cacao FJC.

Atributos externos 100 g		Defectos externos 100 g	
# de granos	74	Negros	0
Humedad	7.1%	Moho superficial	0
Materia extraña	0	Germinados	0
		Aglomerados	0
		Cortados	0
Prueba de corte (50 granos)			
Grados de fermentación		Defectos	
Café	11	Moho	0
Café claro	4	Germinados	0
Parte purpura y café	27	Daños por insectos	0
Violeta hacia purpura	0	Sobre fermentado	0
Violeta no fisurado	6	pizarroso	8



Cuadro A- 11. Evaluación del cacao FRLG.

Atributos externos 100 g		Defectos externos 100 g	
# de granos	62	Negros	0
Humedad	7.3%	Moho superficial	0
Materia extraña	0	Germinados	0
		Aglomerados	0
		Cortados	0
Prueba de corte (50 granos)			
Grados de fermentación		Defectos	
Café	9	Moho	0
Café claro	0	Germinados	0
Parte purpura y café	35	Daños por insectos	0
Violeta hacia purpura	1	Sobre fermentado	0
Violeta no fisurado	1	pizarroso	6



Cuadro A- 12. Evaluación física del cacao FRLP.

Atributos externos 100 g		Defectos externos 100 g	
# de granos	72	Negros	0
Humedad	7.3%	Moho superficial	0
Materia extraña	0	Germinados	0
		Aglomerados	0
		Cortados	0
Prueba de corte (50 granos)			
Grados de fermentación		Defectos	
Café	23	Moho	0
Café claro	0	Germinados	0
Parte purpura y café	24	Daños por insectos	0
Violeta hacia purpura	3	Sobre fermentado	0
Violeta no fisurado	3	pizarroso	3



Cuadro A- 13. Resumen de p-valor entre las comparaciones de los cacos autóctonos y los cacos premiados en la ICA en 2015.

Muestra	FCV	FCA	FCR	FLS	FSL-I	FSL-II	FECA	FECAR	FJC	FRLG	FRLP	FCT
008			0.9633									
011												0.8012
020			0.8607									
026					0.9526							
028			0.3134									
035			0.9630									
038			0.7155									
044		>0.999										
059		0.8848										
062		0.9311										
068			0.4855									
076		0.9292										
087			0.9731									
093			0.7740									
098			0.3823									
105		0.9515										
114			0.3647									
140			0.6149									
142									0.9752			
147		0.9771										
152			0.7622									
155			0.5117									
157		0.9486										
169			0.6072									
171								0.9524				
175		0.9367										
178		0.9473										
179		0.9585										
183			0.3341									
186			0.8936									
189			0.8581									
204	0.9903											
206										0.9895		
214											0.8523	
220												0.8482
229		0.9179										
238			0.8568									
242		0.9878										
243											0.9894	
248			0.9887									
275											0.7195	
277											>0.999	
282			0.9431									
285									0.9898			
294									0.9677			
296			0.8655									
300			0.4316									
329								0.8673				
343			0.7968									
346											>0.999	

Cuadro A- 14. Significado de códigos de cacaos autóctonos.

Finca	Código	Significado
Concepción	FCV	Finca Concepción Mazorca Verde
	FCA	Finca Concepción Mazorca Amarilla
	FCR	Finca Concepción Mazorca Roja
La Sierra	FLS	Finca La Sierra
Santa Luisa	FSL-I	Finca Santa Luisa Uno
	FSL-II	Finca Santa Luisa Dos
El Carmen	FECA	Finca El Carmen Mazorca Amarilla
	FECAR	Finca El Carmen Mazorca Amarilla y Roja
Cáceres	FCT	Finca Cáceres Tecapán
Josefina	FJC	Finca Josefina Chinameca
Rogelio Luna	FRLG	Finca Rogelio Luna Mazorca Grande
	FRLP	Finca Mazorca Pequeña

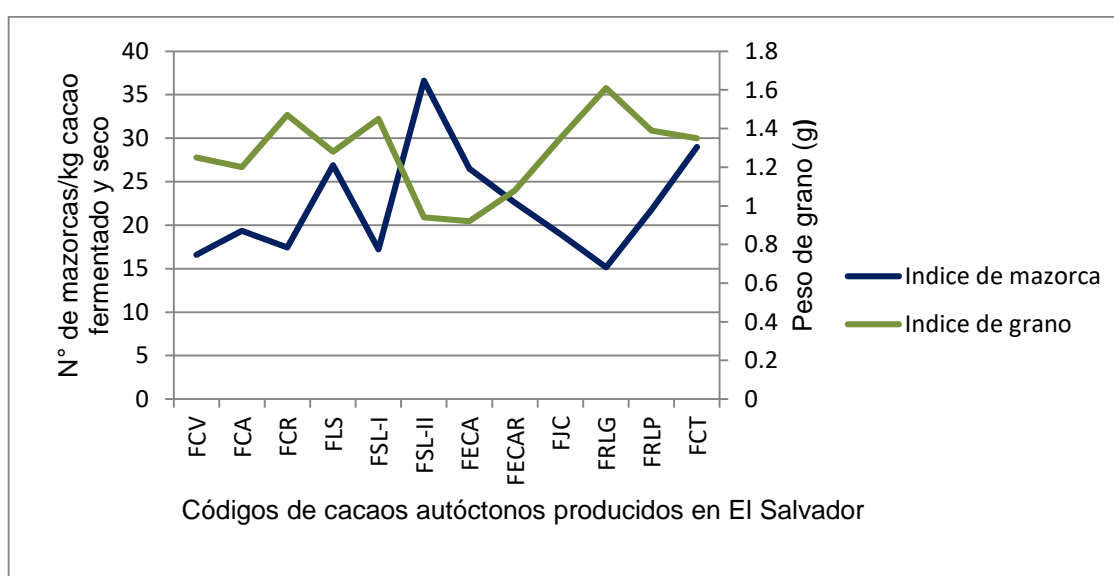


Figura A- 1. Comparación de los índices de grano y de mazorca de doce cacaos autóctonos.

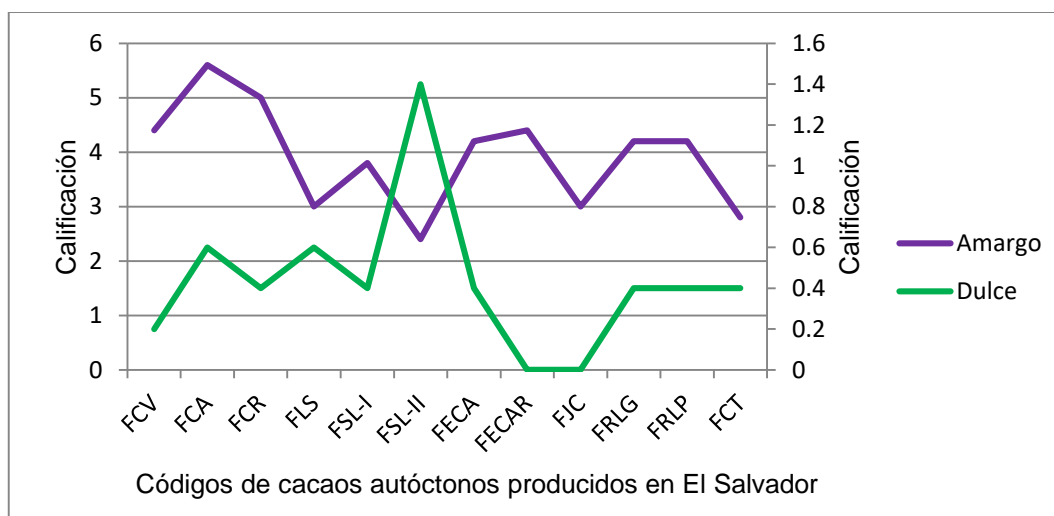


Figura A- 2. Comparación de los valores de amargo y dulce de doce cacaos autóctono.

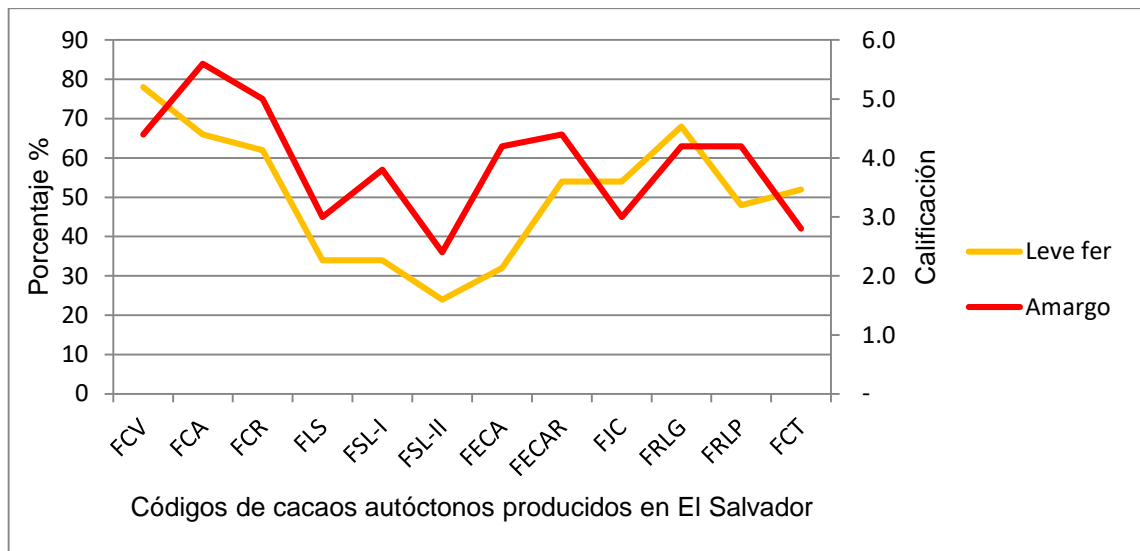


Figura A- 3. Comparación del porcentaje de granos levemente fermentados y la intensidad del sabor amargo en doce cacaos autóctonos.

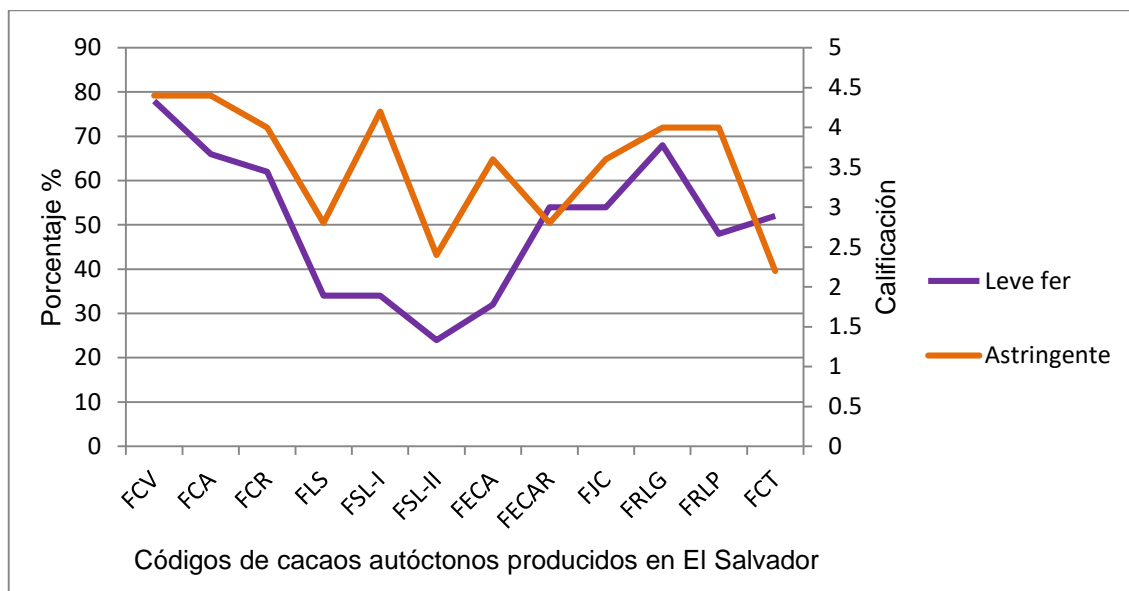


Figura A- 4. Comparación del porcentaje de granos levemente fermentados y la intensidad de la astringencia en doce cacaos autóctonos.

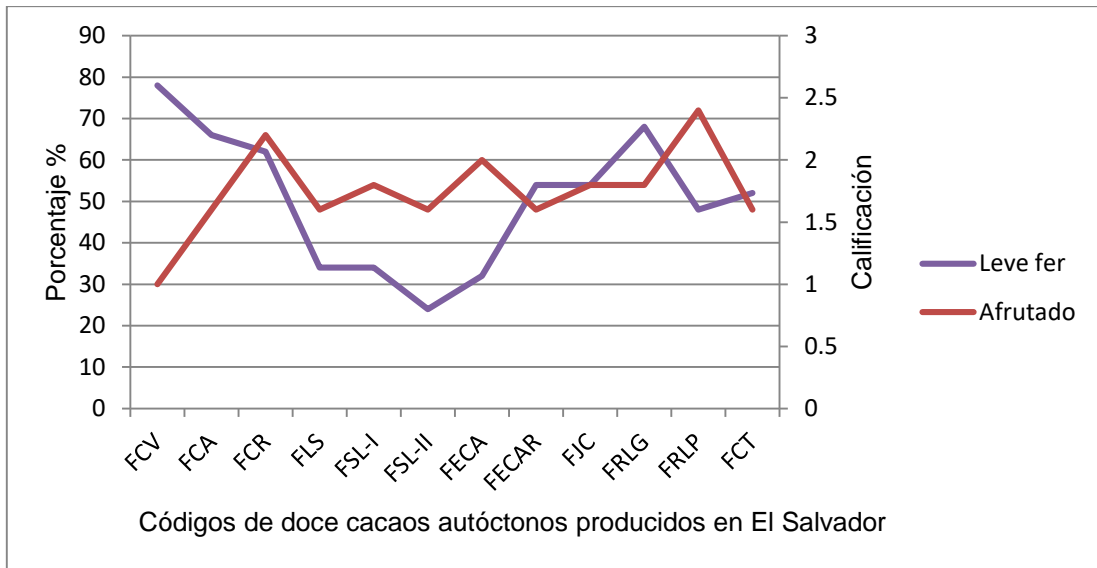


Figura A- 5. Comparación de los porcentajes de granos levemente fermentados y la intensidad del sabor afrutado en doce cacaos autóctonos.

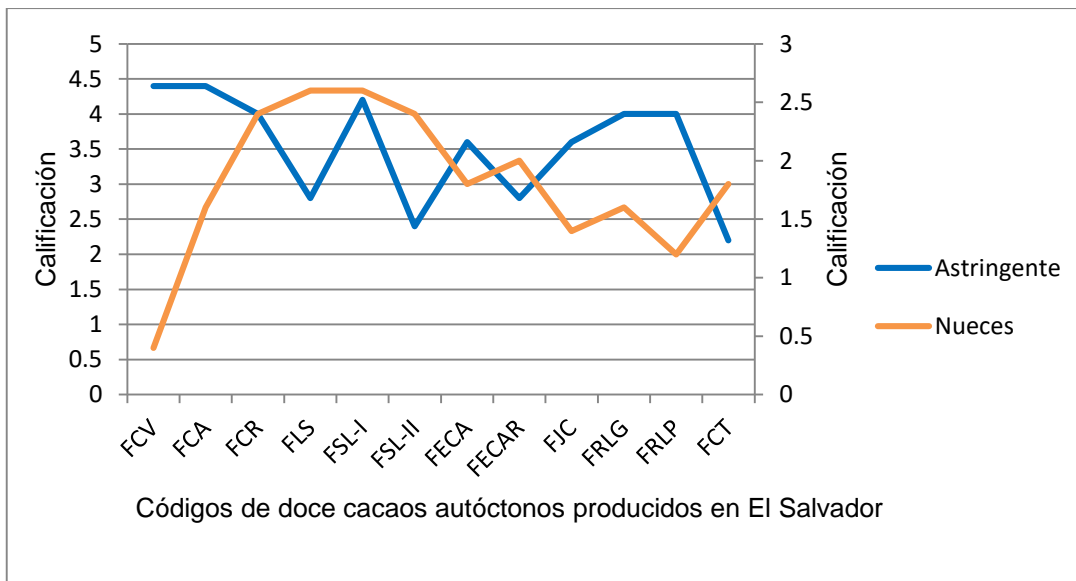


Figura A- 6. Comparación de los valores de amargor y nuez de doce cacaos autóctono.