



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA PARA EL DESARROLLO AGROINDUSTRIAL

TÍTULO DE TESIS:

**“CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE PASTA DE CACAO
(*Theobroma cacao* L.) SEMI-REFINADO DE 20 HÍBRIDOS
INTERCLONALES PARA QUEVEDO”.**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL**

AUTOR: IRVIN ALEJANDRO DÍAZ CALI

**DIRECTOR DE TESIS:
ING. MAG. PABLO RAMOS CORRALES**

**QUEVEDO - ECUADOR
2013**

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, IRVIN ALEJANDRO DÍAZ CALI, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

IRVIN ALEJANDRO DÍAZ CALI

CERTIFICACIÓN

El suscrito, Ing. Pablo Cesar Ramos Corrales, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el egresado Irvin Alejandro Díaz Cali, realizó la tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial titulada “CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE PASTA DE CACAO (*Theobroma cacao* L.), SEMI-REFINADA DE 20 HÍBRIDOS INTERCLONALES PARA QUEVEDO”, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

.....
Ing. Mag. Pablo Cesar Ramos Corrales.



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA PARA EL DESARROLLO AGROINDUSTRIAL

PRESENTADO AL CONSEJO DIRECTIVO COMO REQUISITO PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL

Aprobado:

Ing. Sonia Barzola Miranda

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE TESIS

Ing. Flor Marina Fon Fay

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE TESIS

Ing. Rodrigo Armas Cajas

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE TESIS

QUEVEDO – ECUADOR

AÑO 2013

AGRADECIMIENTO

A Dios y mi familia que son la principal razón de progreso y superación, que con sus enseñanzas supieron guiarme para poder conseguir esta meta.

.

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, y todas sus autoridades por haberme admitido en sus aulas y formado como persona y profesional dándome la oportunidad de realizar la carrera de Ingeniería Agroindustrial.

A todos los docentes de la Escuela de Ingeniería para el Desarrollo Agroindustrial quienes me brindaron su amistad y orientación durante todos mis años de estudio.

A mi profesor guía Ing. Mag. Pablo Ramos, por su paciencia, consejos y recomendaciones fundamentales para el desarrollo de este proyecto de investigación.

Un agradecimiento muy especial y sincero al Ing. Jaime Vera, profesor que me guió, aconsejó y compartió sus conocimientos para realizar mi investigación.

Gracias a mis compañeros quienes además de brindarme su amistad, supieron compartir grandes y buenos momentos.

A todas las personas que me brindaron su ayuda incondicional y su amistad durante la realización de esta investigación y todos los que de una u otra manera contribuyeron con afecto y estímulo.

DEDICATORIA

A Dios por darme vida, salud, sabiduría y tolerancia permitiéndome alcanzar esta meta.

A mis padres Georgina Cali y Bernardo Díaz por ser el pilar más importante de mi vida, de superación y el principal estímulo de lucha por ser cada día mejor, su motivación y apoyo incondicional durante toda mi vida estudiantil.

A mis queridos hermanos Amarilis, Carola y Orlando quienes en todo instante me dieron su apoyo y me extendieron su mano para compartir momentos buenos, malos y difíciles.

A todos los que de una u otra manera contribuyeron con afecto y estímulo.

.

Índice de Contenido

Capítulo	Página
CAPÍTULO I. MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.2. PROBLEMATIZACIÓN.....	4
1.3. JUSTIFICACIÓN	7
1.4. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	8
1.5. HIPÓTESIS	9
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	10
2.1. FUNDAMENTACIÓN TEORICA	11
2.1.1. Generalidades del cacao.....	11
2.1.1.1. Origen del cacao en Ecuador.....	11
2.1.1.2. Clasificación taxonómica	12
2.1.1.3. Variedades de cacao.....	12
2.1.1.4. Selección de genotipos	15
2.1.1.5. Hibridación en variedades de cacao	15
2.1.1.6. Incompatibilidad genética	17
2.1.1.7. Características del fruto y semilla	17
2.1.2. Manejo post-cosecha del cacao	18
2.1.2.1. Recolección de mazorcas.....	18
2.1.2.2. Desgrane	19
2.1.2.3. Beneficio del cacao	19
2.1.2.5. Método de fermentación	25
2.1.2.6. Secado del cacao.....	25
2.1.2.7. Características del cacao fermentado	27
2.1.2.8. Almacenado	27
2.1.3. Obtención de pasta de cacao	28
2.1.3.1. Licor o pasta de cacao	28
2.1.4. Calidad del cacao	32
2.1.4.1. Generalidades de la calidad en cacao	32
2.1.4.2. Factores que determinan la calidad	33

2.1.4.3. Calidad física de las almendras	34
2.1.4.5. Calidad sensorial.....	36
2.1.4.6. Requisitos de pasta de cacao según las normas de calidad	38
CAPITULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	11
3.1. MATERIALES Y MÉTODOS.....	40
3.1.1. Materiales.....	40
3.1.1.1. Herramientas de campo	40
3.1.1.2. Equipos.....	41
3.1.1.3. Reactivos.....	41
3.1.2. Materia prima.....	42
3.1.3. Otros.....	42
3.2. Métodos.....	42
3.2.1. Método deductivo	42
3.3. Localización del sitio experimental.....	43
3.3.1. Características Climáticas y Edáficas.....	43
3.4. Diseño Experimental.....	44
3.4.1. Análisis de Varianza	44
3.4.2. Modelo matemático	44
3.4.3. Tratamientos	44
3.4.4. Variables a estudiar.....	46
3.4.4.1. Variables físicas.....	46
3.4.4.2. Variables químicas	49
3.4.4.3. Evaluación de características sensoriales	53
3.5. Manejo del experimento	55
3.5.1. Recolección de mazorcas.....	55
3.4.2. Micro-fermentación en cajón.....	55
3.5.2. Temperatura de la masa de cacao en fermentación	56
3.5.3. pH de testa en fermentación	56
3.5.4. Secado.....	56
3.5.5. Almacenado de las almendras de cacao	57

3.6. Proceso de obtención de la pasta de cacao	59
3.6.1. Limpieza y clasificación de las almendras	59
3.6.2. Torrefacción	59
3.6.3. Descascarado	59
3.6.4. Fragmentación y Molienda.....	59
3.6.5. Moldeado	60
3.6.6. Empacado.....	60
3.6.7. Almacenamiento.....	60
3.7. Manejo estadístico de la investigación	62
3.7.1. Análisis estadístico descriptivo de variables.....	62
3.7.2. Análisis multivariados de las variables	62
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	64
4.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	65
4.1.1. Valoración comercial de las almendras de cacao	65
4.1.1.1. Peso de 100 almendras (g)	65
4.1.2. Prueba de corte (%)	65
4.1.2.1. Buena fermentación (%)	65
4.1.2.2. Ligera fermentación (%)	66
4.1.2.3. Total de almendras fermentadas (%)	66
4.1.2.4. Defectos en almendras (%)	68
4.1.3. Valoración física de las almendras de cacao.....	70
4.1.3.1. Peso fresco (g).....	70
4.1.3.2. Rendimiento estimado (Kg ha ⁻¹).....	70
4.1.3.3. Índice de Mazorca (Uni.)	71
4.1.3.4. Índice de semilla (gr).....	71
4.1.3.5. Testa (%)	73
4.1.3.6. Cotiledón (%)	73
4.1.3.7. Ancho de almendra (cm)	74
4.1.3.8. Largo de almendra (cm)	74
4.1.4. Valoración Química de las almendras de cacao	76

4.1.4.1. Grasa (%)	76
4.1.4.2. Humedad (%)	76
4.1.4.3. Energía (Kcal/g)	77
4.1.4.4. Ceniza (%)	77
4.1.4.5. Teobromina y cafeína (%)	79
4.1.4.6. Relación teobromina y cafeína	80
4.1.4.7. Proteína (%).....	82
4.1.4.8. Temperatura en fermentación (°C).....	83
4.1.4.9. pH en almendras de cacao	86
4.1.4.9.1. pH de Testa en tiempo de fermentación	87
4.1.5. Perfil sensorial de los cruces interclonales	91
4.1.6. Análisis de componentes principales (ACP)	94
4.1.7. Análisis de Regresión y Correlación	95
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	99
5.1. CONCLUSIONES.....	100
5.2. RECOMENDACIONES.....	102
CAPITULO VI. BIBLIOGRAFÍA.....	103
6.1. LITERATURA CITADA	104
CAPITULO VII. ANEXOS.....	114
7.1. ANEXOS	115

INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro	
1 Clasificación de la calidad del caco en grano según norma INEN N° 176.....	35
2 Requisitos químicos y microbiológicos de la pasta de cacao según norma INEN N° 623.....	38
3 Descripción de los tratamientos establecidos en el 2010, provenientes de la Finca Experimental "La Represa", a ser evaluados en el 2013.....	45
4 Promedios para el peso de 100 almendras y prueba de corte en almendras de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.), de 20 cruces interclonales provenientes de la Finca Experimental "La Represa". FCI.UTEQ. 2013.....	69
5 Promedios para las variables físicas presentes en 20 cruces interclonales de cacao (<i>Theobroma cacao</i> . L), provenientes de la Finca Experimental "La Represa". FCI. UTEQ 2013.....	72
6 Promedios para las variables físicas presentes en 20 cruces interclonales de cacao (<i>Teobroma cacao</i> . L), provenientes de la Finca Experimental "La Represa". FCI.UTEQ. 2013.....	75

7	Promedios para las variables químicas presentes en 20 cruces interclonales de cacao (<i>Teobroma cacao</i> . L), provenientes de la Finca Experimental "La Represa". FCI.UTEQ. 2013.....	78
8	Promedios registrados para Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en proceso de fermentación de 20 cruces interclonales de cacao (<i>Teobroma cacao</i> L.), provenientes de la finca experimental "La Represa". FCI. UTEQ. 2013.....	85
9	Promedios registrados para pH, en almendras de 20 cruces interclonales de cacao (<i>Teobroma cacao</i> . L), provenientes de la finca experimental "La Represa". FCI.UTEQ. 2013.....	90
10	Valores del perfil sensorial de los 20 cruces interclonales de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.), provenientes de la finca experimental "La Represa". FCI. UTEQ.2013.....	93
11	Coeficiente de regresión (b) y determinación (r^2), de 15 variables en 20 cruces interclonales de cacao (<i>Teobroma cacao</i> L.), provenientes de la finca experimental "La Represa". FCI. UTEQ.2013.....	98

INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1 Variedades de clones tipo Nacional y Trinitario, combinados por polinización directa provenientes de la Finca Experimental "La Represa". FCI.UTEQ. 2013.....	16
2 Diagrama de proceso aplicado para la obtención de Licor o pasta de cacao.....	29
3 Diagrama de proceso de fermentación	58
4 Diagrama de procesos para elaborar pasta de cacao	61
5 Grafica de círculo en los que se muestra la distribución comercial de los tratamientos según el total de almendras fermentadas, de los 20 cruces interclonales de cacao. Finca Experimental "La Represa". FCI. UTEQ. 2013.....	67
6 Gráfico de barras en el cual se indica los porcentajes de teobromina y cafeína registrado para los 20 cruces interclonales de cacao en estudio y el testigo, provenientes la Finca Experimental "La Represa". FCI. UTEQ. 2013.....	80

7	Gráfico de barras en el cual se indica la relación de teobromina y cafeína registrado para los 8 cruces interclonales de cacao en estudio y el testigo, provenientes la Finca Experimental “Experimental “La Represa”. FCI. UTEQ. 2013.....	81
8	Gráfico de barras en el cual se indica los porcentajes de proteína registrado para los 8 cruces interclonales de cacao en estudio, provenientes la Finca Experimental “La Represa”. Experimental “La Represa”. FCI. UTEQ. 2013.....	82
9	Curvas de variación de temperatura mediante promedios, en el proceso de fermentación de 20 cruces interclonales de cacao de la Finca Experimental “La Represa”. FCI. UTEQ., 2013.....	83
10	Curva de variación de pH registrado en 20 cruces interclonales de cacao provenientes la Finca Experimental “La Represa”. FCI. UTEQ. 2013.....	86
11	Componentes principales entre tratamientos, en función de las diferentes variables sensoriales de los 20 cruces interclonales de cacao. Finca Experimental “La Represa”. FCI. UTEQ. 2013.....	94
12	Correlación entre entre el índice de semilla y el peso de 100 almendras, en los cruces interclonales de cacao. FCI. UTEQ. Finca Experimental “La Represa”. 2013.....	95

13	Correlación entre el porcentaje de testa y cotiledón, en los cruces interclonales de cacao. Finca Experimental “La Represa”. FCI. UTEQ. 2013.....	96
14	Correlación entre el pH de testa y cotiledón, en los cruces interclonales de cacao. Finca Experimental “La Represa”. FCI. UTEQ. 2013.....	97

INDICE DE ANEXOS

Anexo

- 1** Híbridos inter-clonales Nacional x Trinitario seleccionados de la Finca Experimental “La Represa”. FCI. UTEQ. 2013.....
- 2** Análisis de varianza de Prueba de corte, Almendras con buena y ligera fermentación, total de almendras fermentadas, almendras violetas, pizarrosas y con presencia de moho, en cacao obtenido en la Finca Experimental “La Represa”. FCI. UTEQ. 2013.....
- 3** Análisis de varianza de variables físicas Peso fresco, Rendimiento, índice de mazorca e índice de semilla en almendras de cacaos obtenidas en la Finca Experimental “La Represa”. FCI. UTEQ. 2013.....
- 4** Análisis de varianza de variables físicas Peso de 100 almendras, Porcentaje de testa, Porcentaje de cotiledón, Ancho de almendra y Largo de semilla en almendras de cacaos obtenidas en la Finca Experimental “La Represa”. FCI. UTEQ. 2013.....
- 5** Análisis de varianza de variables químicas Porcentaje de grasa, de humedad, ceniza y Valor calórico en almendras de cacaos obtenidos en la Finca Experimental “La Represa”. FCI. UTEQ. 2013.....
- 6** Análisis de varianza de temperatura obtenida durante las 24, 48, 72 y 96 horas de fermentación en almendras de cacaos obtenidos en la Finca Experimental “La Represa”. FCI. UTEQ. 2013.....

7	Análisis de varianza de pH obtenida durante las 24, 48, 72 y 96 horas de fermentación en almendras de cacaos obtenidos en la Finca Experimental “La Represa”. FCI. UTEQ. 2013.....
1	Boleta de evaluación sensorial.....
2	Recolección de mazorcas de cacao en perfecto estado de madurez.....
3	Apertura de mazorcas, desgrane y pesado de las almendra.....
4	Fermentación de las almendras Remoción de la masa, toma de temperatura y muestras para pH.....
5	Proceso de secado de las almendras.....
6	Almacenamiento de las almendras.....
7	Análisis físicos de las almendras, prueba de corte, porcentaje de cascara y cotiledón, peso de 100 almendras, ancho y largo de semilla.....
8	Obtención de Pasta de cacao clasificación, Tostado, remoción y pelado de las almendras.....
9	Triturado, molido y refinación de la pasta.....
10	Análisis químicos de la pasta determinación de porcentaje de humedad, ceniza, determinación de grasa y energía.

11	Informe de los resultados de los análisis de teobromina, cafeína y proteína realizados en INIAP Santa Catalina.
12	Valores del perfil sensorial de las muestras de licor de cacao obtenida de los 20 híbridos interclonales.....

RESUMEN EJECUTIVO

El Ecuador se ha caracterizado por producir cacao fino y fino de aroma, por lo cual la actividad cacaotera ha constituido desde siempre una fuente de sustento para decenas de miles de familias campesinas del Litoral ecuatoriano. Por esto la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), mediante la DICIYT-C (Dirección de Investigación científica y Tecnológica) área Cacao, se encuentra desde el 2010 trabajando con mejoramiento genético para la obtención de materiales superiores de cacao (*Theobroma cacao* L.), creando materiales más resistentes a problemas fitosanitarios y mayor productividad, en busca de nuevo materiales que contengan perfiles sensoriales deseados. Para el desarrollo de esta investigación se plantearon los objetivos: 1) Caracterizar mediante análisis físicos los híbridos simples. 2) Caracterizar mediante análisis químicos la pasta obtenida de los híbridos y 3) Crear los perfiles sensoriales para determinar el grado de aceptación. Fueron seleccionados 20 cruces interclonales provenientes de la Finca Experimental “La Represa”, estos son el resultado de cruces mediante polinización directa entre series clonales de cacao Finos de aroma con cacao tipo Trinitario CCN-51, empleando al clon EET-103 como testigo. Se utilizó un Diseño Experimental Completamente al Azar con cuatro repeticiones. Cada unidad experimental estuvo constituida por 20 mazorcas fisiológicamente maduras. Los análisis físicos empleados para evaluar las almendras fermentadas y secas fueron: porcentaje de fermentación índice de mazorca, índice de semilla, peso de 100 semillas, porcentaje de testa y pH. Con las almendras fermentadas y secas se elaboró el licor o pasta de cacao que se caracterizó mediante variables químicas; porcentaje de grasa, humedad, ceniza, energía, relación theobromina/cafeína y proteína. Para los datos se usaron análisis varianza y para la comparación de medias entre tratamientos se usó la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). El perfil sensorial fue realizado por expertos en cataciones y elaboración de perfiles sensoriales de la empresa de chocolates OREOCAO S.A, usando las variables sabores básicos, específicos y

adquiridos con una escala de 1 al 10, para estudiar la variabilidad de sabores, y mostrar las tendencias se usó el análisis de componentes principales (ACP). Algunos tratamientos presentaron características sobresalientes como el T11 (LR14L26H64), que obtuvo mejor índice de semilla con 1.37 g; T14 (LR20L49H98) se caracterizó por tener menor porcentaje de testa. En varios tratamientos se observó que la relación teobromina/cafeína va en relación con los cacaos fino de aroma. Al final se encontraron perfiles sensoriales con tendencias a sabor arriba como el T5 (LR14L18H58) que presentó buenas características sabor cacao, floral y frutal aceptables dando como resultado pasta con sabor y olor agradable y con las características del típico cacao ecuatoriano. Por lo cual se recomienda verificarse los perfiles sensoriales ampliando el número de muestras adicionales, ya que se pudo observar alta variabilidad en los resultados.

ABSTRAC

Ecuador has known for producing fine and fine cocoa aroma, so the cocoa production has always constituted a source of livelihood for tens of thousands of peasant families Ecuadorian Coast. For this State Technical University Quevedo (UTEQ) by DICIYT - C (Directorate of Scientific Research and Technology) Cocoa area, is since 2010 working with breeding for superior materials obtaining cocoa (*Theobroma cacao* L.), creating more resistant materials and increased productivity phytosanitary problems, looking for new materials containing desired sensory profiles. For the development of this research aims were: 1) to characterize both based on single cross hybrids. 2) characterize by chemical analysis of the paste obtained hybrids and 3) create sensory profiles to determine the degree of acceptance . They were selected from 20 crosses interclonal the Experimental Farm " Dam " , these are the result of crosses by direct pollination between sets of clonal cocoa aroma Fine Trinitario cacao CCN -51 , using the TSE -103 clone as a witness. We used a completely randomized experimental design with four replications. Each experimental unit consisted of 20 ears physiologically mature. Physical analyzes used to evaluate fermented and dried almonds were percentage fermentation pod index, seed index, 100 seed weight, percentage of testa and pH. With almonds and dry fermented liquor was drawn or cocoa paste which was characterized by chemical variables, percentage of fat, moisture, ash, energy, relationship theobromine / caffeine and protein. For data and variance analysis were used for comparison of means between treatments we used the Tukey test ($p \leq 0.05$) . The sensory profile was conducted by experts and profiling tastings sensory chocolate company OREOCAO SA, using the basic flavors variables, specific and acquired on a scale of 1 to 10, to study the variability of flavors, and show trends used principal component analysis (PCA). Some treatments had outstanding features as the T11 (LR14L26H64), which won best seed rate 1.37 g; T14 (LR20L49H98) was characterized by a lower percentage of testa. In various treatments showed that the relationship theobromine / caffeine are in relation to the fine cocoa aroma. Eventually sensory profiles were found flavor trends up as the T5 (LR14L18H58) I present good characteristics cocoa flavor, floral and fruity acceptable resulting pasta with flavor and pleasant odor and the characteristic of typical Ecuadorian cocoa. Which is recommended by sensory profiles verified by increasing the number of additional samples as high variability was observed in the results.

CAPÍTULO I. MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

La actividad cacaotera ha constituido desde siempre una fuente de sustento para decenas de miles de familias campesinas del Litoral ecuatoriano, atrayendo también mano de obra de la región sierra (Sica, 2007).

Actualmente hay 100000 unidades productivas con más de 400000 hectáreas de cacao, en su gran mayoría en la región litoral o costa. Aproximadamente el 7 % de esta superficie está sembrada con la variedad clonal CCN-51; el resto es cacao Nacional con atributos sensoriales reconocidos internacionalmente. Sin embargo, la siembra de CCN-51 va en aumento porque es un clon con alta productividad que se adapta a sistemas de producción con diferentes niveles de intensidad tecnológica. Junto a esto la creencia generalizada que el cacao Nacional es poco productivo, limita la siembra de esta variedad, inclinando a los productores a seleccionar la variedad con mayor producción para mejorar sus ingresos económicos (Amores, 2009).

El Ecuador se ha caracterizado por producir cacao fino y fino de aroma, sin embargo hay muchos países que producen un cacao fino que es característico de cada localidad (Enríquez, 2004).

Por esto, el uso de métodos de mejoramiento de cacao es una herramienta que se aplica con más frecuencia en la actualidad con el objetivo de mejorar las características de sanidad y productividad permitiendo ampliar la calidad del cacao pero con visión de conservar las características de cacao “arriba” reconocido a nivel mundial, oportunidad que puede beneficiar a los productores agrícolas con el fin de fortalecerse en el mercado.

mediante investigaciones realizadas por la División Agrícola- Área Cacao en las Fincas experimentales, está ayudando al sector agrícola al contribuir con cruces interclonales de cacao altamente productivos y tolerantes a las principales enfermedades, que se obtuvieron mediante polinización controlada, lo cual con el objetivo de reunir información probada identificando características físicas, químicas y sensoriales, que pueden llegar a presentar estos nuevos materiales genéticos elites. Ya que se han evaluado parámetros de productividad y sanidad en los cruces presentando buen comportamiento, sabiendo que estos nuevos materiales fueron obtenidos de madres Trinitarios, padres Forasteros con características altamente productivas dentro de un enfoque sostenible permitiendo avanzar en nuevas investigaciones para el sector cacaotero

La posibilidad de que los materiales genéticos producidos con métodos de mejoramiento sean altamente resistentes y productivos, conservando las características de aroma está latente, y esto permitirá que el Ecuador aumente la producción de cacao con certificación arriba, mejorando los ingresos económicos para el sector agrícola, ya que el cacao proviene de pequeñas fincas donde el cacao complementa a otros cultivos en la dinamización de la economía familiar.

Los puntos importantes a estudiar para seleccionar y caracterizar cruces interclonales de cacao son los análisis físicos, químicos y sensoriales, permitiendo obtener información del comportamiento agroindustrial de los materiales seleccionados como materia prima.

1.2. PROBLEMATIZACIÓN

1.2.1. Diagnóstico

El Ecuador es el primer productor de cacao fino “sabor arriba” en Latinoamérica con 270 Kg/ha por año respectivamente (Ventura *et al.* 2004, Carranza *et al.* 2008, ICCO 2008). En la provincia de Los Ríos, el cacao es un cultivo representativo, producido mayoritariamente con fines de exportación, condicionalmente porque, no existe incentivos económicos e infraestructura adecuada para impulsar el desarrollo agroindustrial dentro del país.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ) se encuentra desde el 2010 trabajando con mejoramiento genético para la obtención materiales superiores de cacao (*Theobroma cacao* L.), creando materiales más resistentes a problemas fitosanitarios, que en las últimas décadas la producción cacaotera mundial se ha visto seriamente afectada por enfermedades fungosas, como la Moniliasis causada por la monilla (*Moniliophthora roreri*), escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*) y la mazorca negra (*Phytophthora palmivora*) respectivamente, pudiendo conservar el sabor arriba característico del cacao Ecuatoriano reconocido en todas las partes del mundo.

La UTEQ, cuenta con unas de las colecciones más importantes de cacao tipo “Nacional” existentes en el país. Se han realizado evaluaciones rigurosas de los híbridos de cacao “Nacional” y “Trinitario” existentes en la Finca Experimental “La Buseta”, se han seleccionado 20 híbridos con un buen desempeño sanitario y alta productividad, que han sido evaluados en la Finca Experimental “La Represa”, pero por ausencia de investigaciones no han sido caracterizados imposibilitando tener información sobre el rendimiento industrial, características fisicoquímicas, sensoriales y parámetros relacionados con rendimiento y calidad.

Creando nuevos materiales de genotipos superiores de cacao previamente seleccionados por la dirección de investigación de la FCA, se han identificado los principales problemas como: baja productividad y certificación de la semilla, pero en simultáneo presenta otra problemática cuando se habla de someterlo a industrialización, porque no existe información sobre el perfil sensorial de estos híbridos experimentales.

Esta nueva generación de híbridos obtenidos mediante polinización directa permite que el género (*Theobroma cacao* L.) sea más tolerante a plagas y enfermedades como monilla y escoba de bruja plagas que disminuyen la producción. En este proyecto se considera el uso primordial de los 20 híbridos para la elaboración de pasta de cacao, ya que presentan buen desempeño sanitario y productivo, pero no existe información científica sobre el comportamiento a nivel industrial de los híbridos como materia prima para la transformación en pasta de cacao que certifique la calidad y el aprovechamiento de los métodos de propagación.

1.2.2. Formulación del problema

¿Los cruces interclonales de cacao (*Theobroma cacao* L.), obtenidos en la Finca experimental “La Represa” presentan buen desempeño sanitario y tienen un nivel productivo elevado, pero la pasta resultado de estas nuevos materiales experimentales no se ha caracterizado ni evaluado positivamente mediante parámetros físico, químicos, sensoriales de calidad impidiendo su aprovechamiento como materia prima agroindustrial para la obtención de pasta semi-refinada?

1.2.3. Sistematización del problema

¿Describir la pasta de cacao obtenida partiendo de estos nuevos cruces experimentales, estará enfocado a obtener pasta de cacao óptima para industrializar, identificando su estructura mediante diferentes análisis fisicoquímicos de laboratorio que permitirá estimar la validez o no de la investigación?

¿Qué problema ocasiona el desconocimiento de las características sensoriales de la pasta de cacao como materia prima agroindustrial obtenido de híbridos experimentales mediante polinización directa en la Finca Experimental “La Represa”?

1.3. JUSTIFICACIÓN

El cacao se enfrenta a limitantes tecnológicas industriales como: bajos rendimientos causados por la mala calidad de la materia prima producida por enfermedades. Los nuevos nichos de mercado exigen materia prima de mejor calidad, lo cual se puede realizar con las modificaciones genéticas llamadas hibridaciones.

En este sentido, la investigación contribuirá al sector agroindustrial generando y validando las tecnologías alimenticias que contribuyan a posicionarnos en dichos mercados (Batista, 2009).

La Unidad de Investigación Científica y Tecnológica (UICYT), actual DICYT cedió sus investigaciones a la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), con el propósito de fortalecer la producción del cacao; pretende con esta investigación caracterizar con visión industrial 20 cruces interclonales obtenidos en la finca experimental “La Represa”, y sus derivados, mediante parámetros relacionados con el rendimiento y la calidad, permitiendo obtener materiales superiores de cacao que realizando los respectivos análisis físicos, químicos y sensoriales obtengan excelente puntajes como materia prima optima en el campo agroindustrial. El conocimiento generado con la realización de la presente investigación servirá como aporte al desarrollo de industrias dedicadas a la elaboración de pasta semi-refinada de cacao con mayores índices de lucro económico hacia el sector agrícola e industrial. Por lo tanto una de las protecciones en esta investigación es caracterizar la pasta obtenida de las almendras, alcanzar información científica para introducir y difundir la variedad obtenida entre los agricultores, y así incentivar a trabajar con híbridos que aportarían mayor ganancias económicas al parque agroindustrial brindando un valioso aporte hacia el desarrollo de nuevas investigaciones para el sector cacaotero de Quevedo y sus zonas de influencia.

1.4. OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.4.1. General

Caracterizar y evaluar industrialmente la pasta de cacao (*Theobroma cacao* L.) semi-refinado, en 20 híbridos interclonales para el cantón Quevedo.

1.4.2. Específicos

- Caracterizar industrialmente, almendras de cacao de nuevos híbridos simples en fase experimental (Nacional x Trinitario).
- Caracterizar mediante análisis químicos (Análisis proximal) la pasta de cacao obtenido de híbridos simples.
- Determinar el grado de aceptación de pasta de cacao mediante una evaluación sensorial.

1.5. HIPÓTESIS

- H_{a1}** Existen diferencias físicas en al menos un cruce interclonal, entre todos los tratamientos en estudio.
- H_{a2}** Al menos un cruce interclonal presentará diferentes características químicas entre todos los tratamientos.
- H_{a3}** La pasta de cacao obtenida, de 20 híbridos interclonales, que se promueven en la Finca Experimental “La Represa” presentará materiales superiores, con características sensoriales idóneas para la aplicación en procesos agroindustriales.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. FUNDAMENTACIÓN TEORICA

2.1.1. Generalidades del cacao

2.1.1.1. Origen del cacao en Ecuador

El cacao (*Theobroma cacao* L.), es una planta originaria de los trópicos húmedos de América del Sur. Su centro de origen está situado en la zona alta de la Amazonía. Cuando los españoles llegaron a América encontraron el cacao en México, importante centro de dispersión de la especie, los aborígenes lo usaban desde tiempos remotos para hacer bebidas y como alimento mezclado con maíz y algunas especies. También era utilizado como monedas en las transacciones comerciales (Enríquez, 2004).

Se conoce que durante la década de 1890 se introdujo material foráneo a la Provincia de Los Ríos conocido como “cacao Venezolano”, perteneciente al complejo genético de los Trinitarios, mientras que el cacao Nacional pertenece al grupo genético conocido como Forastero (Anchundia y Verdezoto, 2001).

La variedad original conocida como Nacional nativa del Ecuador, se originó en los declives orientales en la cordillera de los Andes (Hoya Amazónica del Ecuador), distribuida por monos y ardillas, que tienen predilección por la pulpa agridulce que rodea la semilla. Otra hipótesis propuesta es que las semillas fueron introducidas del Tena, Archidona, Macas, a través de los viejos caminos del Imperio Inca, donde fue sembrada por los aborígenes de la Costa Occidental, en tiempos muy remotos (Soria, 1966; Vera, 1993).

2.1.1.2. Clasificación taxonómica

La especie (*Theobroma cacao* L.), pertenece a la familia de las esterculiáceas y al orden malvales; con genocentro en la cuenca amazónica se difundió al Norte del Continente a través de los Ríos como es el caso del cacao criollo característico por tener almendras blancas; y por el Amazonas y al Occidente de África el denominado cacao amazónico característico por tener almendras color violeta (Braudeau, 1970). Es una planta alógama estimándose que la polinización cruzada está por encima del 95%. El género *Theobroma* comprende 22 especies, cada una de las cuales presenta 20 cromosomas, siendo el T. cacao la más conocida por su importancia económica y social. El mismo autor afirma que el cacao se cultiva en las regiones húmedas tropicales de baja altitud (0 – 1300 msnm). La planta empieza a producir en niveles económicos al tercer y cuarto año. Se considera que su producción se mantiene rentable durante los próximos 25 años, aunque si las condiciones de manejo son las más adecuadas, el periodo de producción económica de una huerta se puede alargar considerablemente (Enríquez, 2004).

2.1.1.3. Variedades de cacao

El cacao (*Theobroma cacao* L.), comercial pertenece a una sola especie la cual comprende tres complejos genéticos: los Criollos, Forasteros Amazónicos y Trinitarios (Urquhart, 1963; Vera, 1993).

a. Criollo

El término criollo (indígena) originalmente fue atribuido por los conquistadores españoles, quienes lo cultivaron en Venezuela. Actualmente, se ubican en este grupo todos los casos que muestran las mismas características de los antiguos criollos venezolanos, principalmente los tipos con cotiledones color blanco que se cultivan

en América Central, México, Colombia y parte de Venezuela (Hardy, 1961; Vera, 1993; Enríquez, 1992).

Estos tienen sus flores con estaminoides de color rosado pálido, mazorcas de color rojo o amarillo al estado de madurez, con diez surcos profundos, muy rugosos y punteadas; los cotiledones frescos son de color blanco o violeta pálido. Requieren de un período corto para fermentar (2-3 días), son muy aromático y se los designa comercialmente como "cacao fino" (Vera, 1993).

b. Forastero amazónico

El grupo de los forasteros comprende a los cacaos de Brasil y África Occidental, que proporcionan el 80 % de la producción mundial. También se llaman Amazónicos, porque están distribuidos en forma natural en la cuenca de ese río y en sus afluentes entre los ríos Napo, Putumayo y Caquetá, en América del Sur (Enríquez, 2004).

Los estaminodios de este grupo son pigmentados de violeta, las mazorcas son amarillas cuando están maduras, con surcos y rugosidad poco conspicuas; lisas y de extremo redondeado. La cáscara de la mazorca es relativamente gruesa, con mesocarpio fuertemente lignificado y granos más o menos aplastados con los cotiledones frescos de color púrpura oscuro. Requiere un período de 4 a 6 días para fermentar (Vera, 1993).

c. Trinitario

Los trinitarios ocupan del 10 al 15 % de la producción mundial. Botánicamente son un grupo complejo, constituido por una población híbrida que se originó en la Isla de Trinidad, cuando la variedad original (Criollo de Trinidad), se cruzó con la variedad introducida de la

Cuenca del Orinoco. De allí que las características genéticas, morfológicas y de calidad, son intermedias entre Criollos y Forasteros, determinando diversos tipos de cacao (Soria 1966, citado por Saucedo 2003).

d. Cacao Nacional

La variedad "Nacional", por mucho tiempo se la ha considerado perteneciente a los Forasteros, pero se la mantiene como un grupo distintivo aparte, porque sus características de calidad y aroma se asemejan más a los criollos (Enríquez, 1992).

Según este mismo autor la mazorca de cacao de tipo Nacional es típica y puede ser identificada frente a otros genotipos, y considerando además que la forma y color de la semilla no es similar a la de los forasteros; asimismo el tiempo de fermentación calidad y el aroma, indica que es más razonable que esta variedad esté cerca del grupo criollo, pero que su origen es del alto Amazonas en la región del Oriente ecuatoriano, donde se han identificado materiales similares, en las localidades de Tena, Archidona y Macas, desde donde sus frutos posiblemente fueron transportados a ambos lados de los Andes, originándose de pocas mazorcas la variedad Nacional, conocida por su especial calidad organoléptica (Enríquez, 1992; Saucedo, 2003).

Las características fenotípicas distintivas que representan los genotipos Nacionales son: la pigmentación rojo-rosada en el filamento del estambre, la falta de pigmentación en los sépalos, forma amelonada, más esféricas y ligera estrangulación en la base; cáscara con rugosidad media. Se concluye que la variedad Nacional tiene características diferentes reconocidas por la industria chocolatera internacional (Quiroz y Soria, 1994).

Según Braudeau, 1970. Dentro de los criterios de selección, la productividad y resistencia, no son omitidas, sin embargo, los criterios de calidad no deben olvidarse.

La selección debe estar siempre orientada hacia el mejoramiento de la calidad del producto de acuerdo con los deseos de los consumidores. La selección puede permitir un nuevo avance todavía en el dominio de la mejora de los rendimientos al poner a disposición de los plantadores un material con un potencial de producción más elevado, con caracteres de mayor rusticidad y con caracteres de relativa tolerancia, es decir, de resistencia, hacia los principales parásitos o enfermedades (Braudeau, 1970).

2.1.1.5. Hibridación en variedades de cacao

La hibridación en cacao es un método utilizado para la introgresión de características deseables de un individuo, mejorando genes de interés atribuidos a la resistencia de enfermedades, como también genes que permitan regular el rendimiento y la calidad. A estos nuevos individuos producto de la fusión gamética controlada se les denomina híbridos, sin embargo en esta especie existen barreras genéticas como es la incompatibilidad sexual (esporofítica y gametofítica), como también la morfología floral, el ambiente apropiado para la fecundación como sistema de respuesta a los alelos de los ovarios con del polen (Hardy, 1961; Saucedo 2003).

Con la finalidad de incrementar la producción han sido desarrolladas diversas técnicas entre la que se destaca la producción de material híbrido (Ramírez, 1987).

Los programas de hibridación tienen como objetivo general crear y ampliar la variación genética e intentar reunir un solo genotipo y las

cualidades sobresalientes presentes entre ellos. La acumulación de características deseadas en un solo genotipo no siempre se da en un paso, por ello se constituyen no solamente híbridos simples AxB, sino híbridos triples AxBxC. El manejo de las poblaciones segregantes que resultan de la hibridación puede hacerse mediante diferentes sistemas como el genealógico o de pedigrí, el nasal, el genealógico-masal y el de retrocruzamiento (Saucedo, 2003).

Los híbridos generalmente se nombran según una convención; primeramente una parte del nombre correspondiente al nombre de la especie del padre más una segunda parte correspondiente al nombre de la especie de la madre.

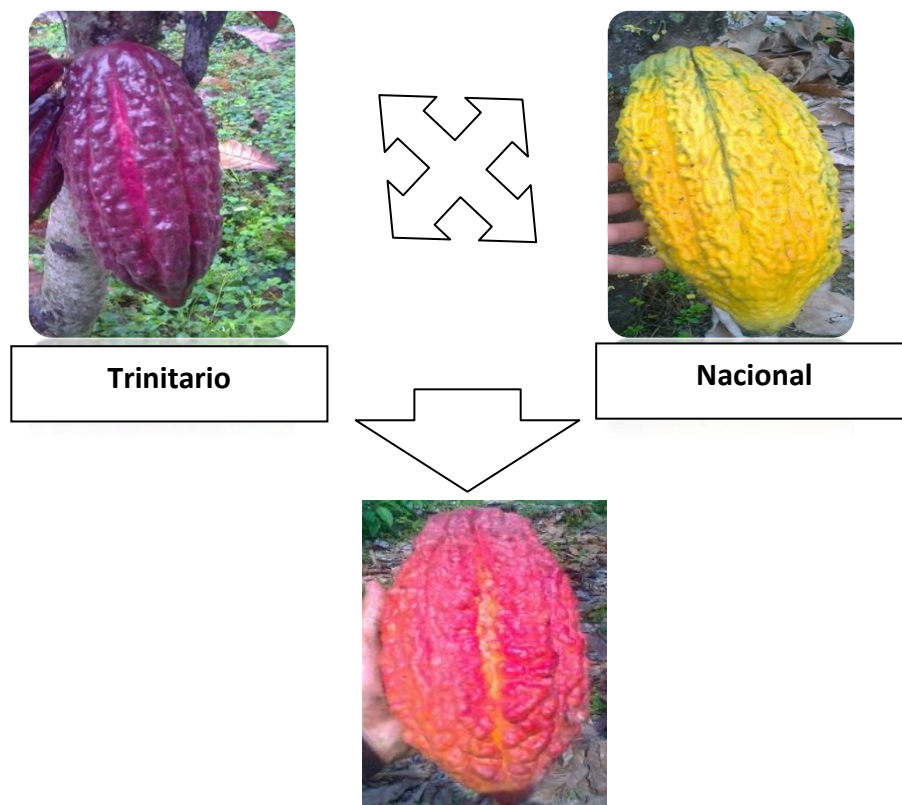


Figura 1. Variedades de clones tipo Nacional y Trinitario, combinados por polinización directa provenientes de la Finca Experimental "La Represa". FCI.UTEQ. 2013.

2.1.1.6. Incompatibilidad genética

En el cacao, existen numerosos casos de incompatibilidad que se traducen como la caída de la flor polinizada consecuencia de una ausencia de fecundación.

Todos los altos amazónicos son en efecto autoincompatibles, pero pueden ser compatibles entre sí, pues se repartirían en tres o cuatro grupos en el interior de los cuales habría interincompatibilidad, pero entre los cuales existiría la intercompatibilidad.

Según Braudeau (1970), el mecanismo de este fenómeno de incompatibilidad parece ser exclusivo del cacao. Realmente el proceso de la fecundación es el mismo, sea el cruzamiento compatible o no, hasta el momento en que los gametos se ponen en contacto con el saco embrional.

2.1.1.7. Características del fruto y semilla

a. El fruto

Según Urquhart, (1963), El fruto del cacao llamado comúnmente mazorca, es una drupa grande, sostenida por un pedúnculo fuerte fibroso, que procede del engrosamiento del pedicelo floral; su forma varía considerablemente y ha servido de base para determinar las diferentes variedades dentro de la especie.

Generalmente es ovalado, pero hay tipos desde alargados hasta casi redondos; tiene cinco surcos longitudinales principales y cinco secundarios que alternan con los primeros. En estado de madurez los colores básicos del fruto son amarillo claro a rojo anaranjado, correspondiendo a los colores verde y morado en estado inmaduro respectivamente (Hardy, 1961; Vera, 1993).

Al hacer un corte transversal del fruto aparecen las siguientes partes: el epicarpio (exocarpio) de color verde, amarillo, rojizo o morado, formado por tejido epidérmico que contiene compuestos antiocianicos. El mesocarpio, de consistencia carnosa y de color amarillento, está compuesto por tejido parenquemático y finalmente, una capa interna llamada endocarpio, constituida por un tejido de consistencia más leñosa (Vera, 1993).

b. La semilla

La semilla o almendra de cacao está cubierta por una pulpa ácida azucarada llamada arilo o mucílago, conocida en el Ecuador como "baba". En una mazorca se encuentran de 20 a 50 almendras unidas a un eje central llamado placenta. El tamaño, forma y color de la semilla varía de acuerdo al tipo de cacao, dentro de ciertos límites. Es una envoltura gruesa, con la cutícula dura debajo de la cual se encuentran los dos cotiledones que protegen al embrión y lo alimentan por algunos días después de la germinación (Hardy, 1961; Urquhart, 1963).

2.1.2. Manejo post-cosecha del cacao

2.1.2.1. Recolección de mazorcas (cosecha)

Para Boistelle (1993), la madurez de la mazorca se juzga cuando cambia su color de verde a amarillo o de rojo a anaranjado. Pero también por el sonido sordo que emite cuando se la golpea. Según, Saltos y Amores (2006) se hace todo el año en las regiones muy húmedas cada 15 días, no obstante hay que tomar en consideración los picos de producción.

Las inmaduras no deben cosecharse porque no tienen el nivel adecuado de azúcar en el mucilago o pulpa. Esto ocurre entre los 160 y 185 días después de haber ocurrido la fecundación de la flor, las mazorcas maduras toman coloraciones amarilla a naranjas. La maduración se percibe por el color de la vaina y el sonido peculiar al golpear ligeramente el fruto (Saltos y Amores, 2006).

Según Enríquez (2004), la cosecha debe de hacerse con la mayor frecuencia posible evitando que las mazorcas se sobre maduren.

2.1.2.2. Desgrane

El desgrane es la operación que consiste en partir las mazorcas y extraer los granos y almendras, los cuales son separados de la placenta (maguey), se someterán seguidamente a la fermentación.

El desgrane se lo realiza a mano evitando herir las almendras para que no sean afectadas por hongos o mohos. La extracción de las almendras y la separación de la placenta se hacen fácilmente con la ayuda de los dedos, deslizándolos a lo largo de la placenta (Enríquez 1985).

2.1.2.3. Beneficio del cacao

La fermentación es una de las fases más importantes del beneficio del cacao. Es fundamental en la formación de precursores de sabor y aroma del chocolate (Menezes *et al.*, 2011).

Según Enríquez (1985), el beneficio o cura del cacao es el proceso por el cual las semillas, después de ser extraídas del fruto, son colocadas en depósitos especiales y en condiciones apropiadas para que las

transformaciones Físicas, Químicas causadas por microorganismos mayoritariamente levaduras y bacterias, mejoren su calidad, se facilite el secado y su conservación logrando una mejor presentación del producto comercial.

Enríquez (1985), indica que el proceso de fermentación permite liberar las semillas de su pulpa azucarada, eliminar la astringencia del grano y mejorar el desarrollo de aromas. Se manifiesta por la hinchazón de la semilla y la aparición de un color marrón característico. Las semillas son colocadas en amplios recipientes de madera, de mimbre o cemento en cubiertas por lo general con hojas de verde, es este proceso se eliminan líquidos, como también se presentan cambios en la temperatura de 40 a 50 °C. Inicialmente se da lugar a una fermentación alcohólica en el cual los azúcares liberan anhídrido carbónico, seguida por la fermentación láctea y luego acética.

Boistelle (1993), indica que durante la fermentación las semillas son removidas y aireadas regularmente para tener una fermentación uniforme, por lo tanto es una fase extremadamente importante que, si se conduce mal, esto impedirá el correcto aroma y se podrían presentar gustos indeseables.

Cuando las almendras se dejan en montones por varios días comienzan a sudar liberando gran cantidad de líquido y desprendiendo calor. Al mismo tiempo, las células se desintegran rápidamente y las almendras se vuelven menos viscosas y más fáciles de manejar.

Los componentes de los cotiledones de las almendras sufren profundos cambios durante la oxidación. Estos cambios están acompañados por pérdida de astringencia y por la difusión de del pigmento purpura hacia el exterior de las células y de los cotiledones hacia los tejidos incoloros adyacentes incluyendo la radícula y la plúmula.

Según Boistelle, (1993), el beneficio tiene como objetivos lo siguiente:

- Descomposición y remoción del mucilago azucarado que cubre el grano fresco, para facilitar el secado, la conservación y almacenamiento.
- Elevar la temperatura para que mate el embrión, facilitando el desarrollo del sabor a chocolate.
- Facilitar la separación final del cotiledón y la cutícula que lo recubren.
- Dar una buena apariencia para el mercado.

a. Fermentación alcohólica

El proceso de fermentación consta de dos etapas la primera denominada hidrólisis o fase alcohólica, en la que actúan levaduras y algunos mohos debido quizá a la presencia de un pH muy bajo de la pulpa (menor de 4) y a que el mucílago está compuesto por azúcares los cuales son transformados en etanol. Transforman degradando la pectina, lo cual modifica la textura del grano y elimina el ácido cítrico, esto trae como consecuencia una disminución de la acidez. Por otro lado, el consorcio de levaduras consume el oxígeno, creando un ambiente anaerobio que favorece el desarrollo de bacterias lácticas (Nielsen *et al.*, 2010).

Se conocen 5 a 6 especies de levaduras del género *Hanseniaspora guilliermondii* y *Candida zemplinina* las mismas que ayudan a transformar los azúcares del mucílago en alcohol durante las primeras 24 horas, después 36-38 horas. Dominan *Saccaromyces cerevisiae* y

Pichia membranaefaciens, que se encuentra al final de la fermentación; *Candida krusei* y *Hanseniaspora guilliermondii*, en las fermentaciones en charolas, y predomina también *Saccharomyces cerevisiae* (Nielsen *et al.*, 2007).

b. Fermentación acética

Enríquez (1985), indica que las bacterias aeróbicas (*Acetobacter* sp.), producen fermentación acética, consumen alcohol, necesitan oxígeno y desarrollan algo de temperatura. Las bacterias anaeróbicas producen una fermentación butírica, cuando no hay buena oxigenación o aireación, que puede terminar en una putrefacción de los granos.

Mientras que la segunda fase el etanol se oxida produciéndose así ácido acético tal como ocurre en la industria productora de vinagre, esta acides tiene como objetivo de matar al embrión con temperaturas que alcanzan los 40°C a 50°C y complementado con un pH de 4.0 y 5.0. La siguiente etapa es la oxidativa se inicia cuando hay mayor presencia de oxígeno en las almendras, paralelamente el nivel y humedad disminuye hasta que se detiene la actividad enzimática. Dado que la transformación de etanol en ácido acético es una reacción exotérmica, se produce calor. El etanol y el ácido acético se difunden hacia el interior de los granos y, junto con la temperatura alta, matan al embrión. Las más importantes bacterias acéticas que se han aislado de la fermentación del cacao, son: *Gluconobacter oxydans* (Cleenwerck *et al.*, 2008).

c. Remoción de masa

Según Saltos y Amores (2006), es necesario voltear la masa de cacao diariamente, con los volteos se logra una fermentación uniforme entre los granos, siendo ello garantía para obtener un producto con aroma,

color y sabor a chocolate, ya que en ese estado se promueve la formación de los precursores de tales características, es decir, cada 24 horas, para permitir la liberación del CO₂ generado en el proceso y que su lugar sea ocupado por aire con oxígeno que garantice el proceso de oxidación.

2.1.2.4. Factores de la fermentación

a. Duración de la fermentación

Jiménez, (2000), indica que el tiempo de fermentación depende del tipo de la variedad de cacao por lo cual cada grupo genético tiene su tiempo de fermentación, varía y puede ser de 4 a 7 días, o mejor, de 96 a 168 horas, por lo tanto si se reduce el tiempo de fermentación dará sabores más ácidos, astringentes y amargos esto se asocia con la presencia de teobromina. No obstante se conoce que la acides de la variedad Nacional es menos que los Trinitarios

Para Braudeau, (1970), no existe ninguna regla general para fijar la duración de la fermentación y el número óptimo de removidas a efectuar. Existen grandes variaciones según:

- El tipo de cacao cultivado y su origen genético
- Las condiciones climáticas
- La magnitud de la masa puesta a fermentar
- El método usado

Jiménez, (2000), aconseja nunca mezclar granos cosechados en diferentes días, los depositados con posterioridad no alcanzarán completar todos los procesos requeridos, reduciéndose una fermentación incompleta, por esto es importante organizar la

recolección de mazorcas para obtener lo volúmenes mínimos para poder iniciar la fermentación el mismo día para toda la masa cosechada.

En lo posible, la partida de los frutos y el inicio de la fermentación deben hacerse el mismo día de la cosecha, pues resulta inconveniente para la fermentación dejar los frutos en montones dentro del lote. Tampoco es adecuado depositar los granos en costales de fibra dejados en la intemperie en los cultivos (Jiménez, 2000).

b. Temperatura

Para Enríquez (1985), la temperatura sube rápidamente durante las primeras 48 horas del proceso de fermentación (34- 40 °C en promedio). Pasadas las 48 horas hay pequeños cambios de temperatura (42- 45 °C) hasta completar la fermentación de (4 a 8 días) variedades en general, luego la temperatura cae rápidamente para adquirir el valor promedio ambiental. Los volteos sirven para homogenizar el desarrollo de los procesos bioquímicos que se manifiestan en el curso de la fermentación, cuya consecuencia inmediata es la uniformidad de la temperatura en la masa del cacao en fermentación. El punto crítico del cacao parece estar alrededor de los 45 °C, lo que ocurre al fin del segundo o comienzo del tercer día.

c. El pH

Enríquez (1985), declara que tanto la pulpa como los cotiledones tienen cambios muy importantes en el pH. En general, los cotiledones tienen un pH inicial de 6,6. Durante el primer día de fermentación decrece lentamente hasta (6,3), pero durante el tercer y cuarto día decrece rápidamente hasta obtener un valor de 4,75 aproximadamente; este valor cambia durante el secado llegando hasta

5,4. El pH de la pulpa, se inicia muy bajo, favoreciendo cierto tipo específico de microorganismos; su valor fluctúa alrededor de 3,8. Durante los tres primeros días su valor llega a 4, al cuarto día el valor sube rápido hasta 4,75 hasta finalizar la fermentación terminando con un valor de 5,2.

2.1.2.5. Método de fermentación

a. Micro fermentación

En este método se hacen bandejas micro-fermentadores que deben medir de 1,57 m largo, 0,75 m de ancho y 0,10 m de profundidad, el interior de la caja tiene 24 compartimentos; cada división de 0.19 m y 0.16 de ancho y largo, tienen capacidad para dos kilos de cacao fresco y el fondo de la bandeja debe llevar rendijas de 5 mm cada 5 cm para permitir la salida de los exudados de las almendras.

Existen muchas variantes en los sistemas de fermentación pero en todo caso son pequeñas variaciones de los métodos generales descritos, y corresponden a costumbres locales o tradicionales. El factor clave en la bandeja de Rohan, es el grosor de la capa de almendras. La máxima fermentación se produce en los primeros 10 cm de profundidad (Enríquez, 1985).

2.1.2.6. Secado del cacao

Boistelle (1993), argumenta que la semilla luego de fermentación, contiene un 60% de humedad que es necesario reducir al 7% para asegurar su almacenamiento y su transportación en condiciones óptimas interviene entonces el secado que es la última etapa. El objetivo del secado es eliminar y completar la fase de oxidación del grano de cacao.

Jiménez, (2000); Ramos y Azócar (2000), sostienen que el secado se realiza de forma lenta y gradual empezando con pocas horas de exposición al sol en los primeros días, aumentando progresivamente el número de horas hasta la total exposición solar en los últimos días del secado, ya que un secado rápido no es uniforme, y posiblemente interrumpa la actividad hidrolítica de las enzimas, como también el endurecimiento de la testa y la poca difusión de ácidos volátiles, agua hacia el exterior de la almendra, por lo cual reflejaría un alta acidez, es recomendable hacer un secado lento y homogéneo aprovechando el calor de los rayos solares durante 8 a 10 días según al ambiente externo y del tipo de tendal que se tenga

Enríquez (2004), argumenta que la almendra sufre cambios bioquímicos para obtener el sabor y aroma que termina con el tostado adecuado, con lo que se obtiene el sabor a chocolate de cada genotipo.

Fito *et al.*, (2007), indican que el secado se puede realizar con aire natural o con aire caliente y generalmente se refiere a la temperatura el aire de secado, sin embargo, la temperatura que el grano adquiere en los procesos de secado determinará si mantiene la calidad inicial; en los granos es necesario que la humedad óptima no sea un promedio de una gran disimilitud de humedades, sino que exista una homogeneidad en su humedad. Es importante también destacar las operaciones de deshidratación de los alimentos, algunas de las cuales en años anteriores se desarrollaban por determinaciones de masa del producto durante el tiempo, que más tarde eran utilizadas para realizar las gráficas del proceso de secado.

2.1.2.7. Características del cacao fermentado

Según Enríquez (2004), en el cacao fermentado y otros que no lo estén se pueden establecer las siguientes características:

Almendra seca y con óptimo proceso de fermentación

- a) Hinchada o gruesa
- b) La cáscara se separa fácilmente
- c) Color marrón o chocolate
- d) Naturaleza quebradiza
- e) Sabor medianamente amargo
- f) Aroma agradable

Almendra secar sin fermentar o mal fermentada

- a) Más bien aplanada
- b) Es difícil separar la cascara del cotiledón
- c) Color violáceo o blanquecino en su interior
- d) Naturaleza compacta
- e) Sabor astringente algo desagradable
- f) Aroma desagradable

2.1.2.8. Almacenado

Boistelle (1993), señala que las habas de cacao deben ser cuidadosamente guardadas en locales limpios, desinfectados, secos y fresco (16 °C). Se las clasifica según su sabor, luego se procede a una limpieza minuciosa. Se quita todo resto de polvo, residuo de madera, fibra de yute y arena esto se lo realiza por ventilación, cepillado y tamizado.

El almacenamiento de cacao con un porcentaje de humedad más allá de lo normal (7%) por periodos prolongados, conduce al deterioro prolongado de los componentes no grasos de las almendras. También provoca la

oxidación de la grasa por acción de los hongos. Este último proceso conduce a su vez al aumento en la concentración de los ácidos grasos libres, la que en condiciones normales no debería ir más allá del 1 %, pero niveles más altos afectan en forma importante la calidad del cacao y chocolate, el cacao se almacena en sacos que luego se colocan en tarimas de madera de 0.15 m de altura, para aislarlos del piso y mantenerlos alejados de otros productos. Las almendras absorben fácilmente aromas extraños de otros productos con los que está en contacto, o que se encuentran en la cercanía (Jiménez, 2000).

2.1.3. Obtención de pasta de cacao

2.1.3.1. Licor o pasta de cacao

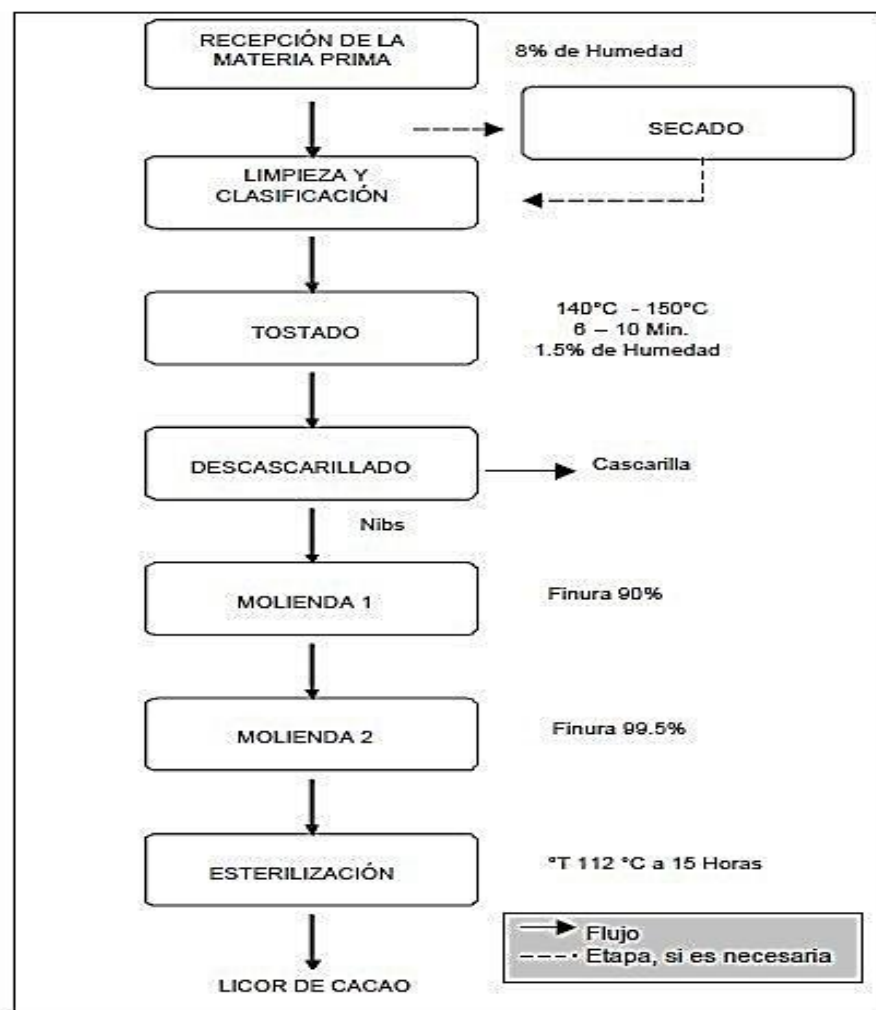
Según la Norma INEN 623 (2006), el cacao en pasta o licor de cacao/chocolate es el producto obtenido del cacao sin cáscara que se obtiene de vainas de cacao de calidad comerciable, que ha sido limpiado y liberado de la cáscara del modo técnicamente más completo posible, sin quitar ni añadir ninguno de sus elementos constituyentes. La pasta es de color café obtenido por la desintegración mecánica de los granos y en condiciones sanitarias, tiene que estar dispensas de acuerdo a las tolerancias vigentes, de residuos plaguicidas u otras sustancias tóxicas. Asimismo debe estar exenta de toda clase de materias vegetales de otra procedencia (féculas, harinas, dextrinas) grasas animales o vegetales y semillas extrañas. Además no se deberá agregar sustancias inertes, colorantes, conservantes u otros productos extraños a su composición natural.

Los derivados del cacao como la pasta, son una importantísima fuente de energía por su alto contenido de ácidos grasos principalmente, cuando la pasta se transforma en chocolate sufre un aumento de hidratos de carbono. También son fuente de minerales, ya que son ricos en hierro,

fósforo, magnesio. Además el cacao es rico en antioxidantes que contribuye a evitar la oxidación del colesterol.

El producto final obtenido se atempera empacándose en bloques como se muestra en el siguiente flujo grama:

Figura 2. Diagrama de proceso aplicado para la obtención de Licor o pasta de cacao.



Fuente: (Guerrero, 2006).

a. Recepción de la materia prima

Braudeau, (1970), señala que el cacao ingresa y se lo ubica en la bodega de almacenamiento y para que este sea utilizado en el proceso se debe tener en cuenta los siguientes parámetros y consideraciones:

- Su humedad en la etapa de recepción está alrededor del 7-8 %.
- La cantidad de granza, palos, piedras, etc., no debe de ser mayor al 50% de una muestra representativa.
- El peso promedio de las 100 almendras no debe de ser inferior a 105 g.

b. Limpieza y clasificación

Son operaciones importantes, debido a que después de la fermentación realizada, las almendras son tendidas en el piso para secarlas, allí se contaminan con restos de tierra, pelos de animales, pedazos de metal, etc. El objetivo es retirar la mayor parte de las impurezas que pueden afectar dándole características indeseadas al producto final.

Serán separados los granos que presenten las siguientes características:

- Daño ocasionado por insectos.
- Que contengan presencia de moho.
- Almendras en estado de germinación.
- Almendras de tamaño relativamente pequeño

c. Torrefacción

Boistelle (1993) y Jiménez (2000), comentan que el papel del tostado es amplio: pero principalmente evacuar la humedad, liberar los aromas, evaporar los olores indeseables, fragilizar la piel que rodea la almendra, esta operación consiste en tostar las semillas fermentadas y secas en un torrefactor a la temperatura de 120 – 140 °C durante unos 20 a 30 minutos, es importante reconocer que para tener un chocolate de buena calidad tomar en cuenta las variedades por ejemplo los cacaos finos (Criollos y Trinitarios) son torrados a temperaturas más bajas que los Forasteros, por lo tanto el tostado es una operación delicada; exige cierto tacto cercano a la inspiración. Este tratamiento térmico ayuda a eliminar la mayor parte de la carga microbiana y se producen reacciones químicas (tipo Maillard), que originan los precursores del sabor y le dan ese olor y sabor característicos, además se eliminan gran cantidad de ácidos volátiles (ácido acético) que pueden afectar el perfil sensorial del licor de cacao.

Amores (2004), sostiene que el tamaño de las almendras influye en el proceso de torrefacción, ya que 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.

d. Descascarillado

Enríquez (2004), apunta que en la descascaradora se produce la operación de rotura de las habas de cacao, en donde se separa la cáscara y su interior “Nibs” de forma más rápida, el cual es usado en el proceso productivo de transformación de cacao, lo cual también se lo puede hacer manualmente cuando son pequeñas cantidades.

e. Molienda gruesa y molienda fina

Según Boistelle (1993), el proceso de molienda es en el cual los “Nibs” de cacao se transforman en una pasta líquida mediante el uso de cilindros de acero bajo el fino el doble efecto de la molienda y el calor denominada “pasta o licor de cacao”.

Los nibs de cacao tostados, pasan a una primera molienda en un molino de pines, (pre molino) este recibe los nibs, lo premuele, a una finura de 85 %.El producto resultante de este proceso es el licor corriente grueso. El calor generado durante la molienda, derrite la grasa contenida en la almendra, de ahí el nombre de “licor de caco”. También se denomina “pasta de cacao”, “pasta de chocolate”, masa de cacao, o, por ejemplo en las normas de identificación de alimentos de los Estados Unidos, simplemente “chocolate”. Cuando está aún más refinado se le denomina también “chocolate repostero no edulcorado”.

2.1.4. Calidad del cacao

2.1.4.1. Generalidades de la calidad en cacao

Según, Enríquez 2004, la calidad es la clasificación que imponen los países compradores y los fabricantes de chocolate a las almendras de cacao por su apariencia física, como la humedad, el color, el olor, contenido de materiales extraños, mohos insectos, composición química etc., y por su sabor intrínseco o propio de cada variedad o genotipo.

Armijos y Calderón (2002) y Graziani (2003), coinciden en indicar que la calidad del cacao es uno de los aspectos de mayor importancia en el proceso productivo cacaotero y el nivel que se logre conseguir de la misma, determinará la mayor o menor demanda que tenga en el mercado el producto final del proceso agrícola, esto es el cacao en grano.

2.1.4.2. Factores que determinan la calidad

Para Jiménez (1999), el beneficio del cacao depende del manejo de la semilla después de ser extraída de la mazorca con el fin de mejorar su calidad, facilitar el secado, su correcta conservación como también lograr una mejor presentación del producto.

Vera (1993), argumenta que el beneficio o preparación del cacao como materia prima, incluye una serie ordenada de operaciones que se inicia con la cosecha de la mazorca madura, extracción de las almendras frescas, fermentación, y secado del grano. El objetivo es convertir la materia prima en un producto comercial de mejor calidad, fácil transporte y almacenamiento.

Los factores que determinan la calidad de las almendras de cacao básicamente son cinco: genotipo, el clima, el tipo de suelo, el manejo agronómico y, fitosanitario que se ofrezca a las plantas y el tratamiento post-cosecha, lo que es directamente proporcional a la calidad aromática de los chocolates, incluyendo fermentación, secado, almacenamiento, tostado, lo hasta ahora no se conoce al detalle (Cros, 2004; Reyes *et al.*, 2004).

Los factores se pueden agrupar en: factores de la herencia, del ambiente, y del beneficio, el material genético Nacional, que desafortunadamente va desapareciendo para dar paso a otros genotipos o variedades más resistentes a las enfermedades, pero con un sabor diferente y sin aroma que es lo que ha caracterizado al cacao Nacional a través de los años en la elaboración de chocolates especiales (Enríquez, 2004).

2.1.4.3. Calidad física de las almendras

Según Bartley (1989) y Lopez et al., (1984), argumentan que la característica física del grano es una cualidad final del producto para ser entregado a la industria chocolatera, por lo tanto se toma en consideración los componentes de la calidad físicas, así como organolépticas entre uno de los criterios de selección están los índices de semilla e índice de mazorca, siendo la ultima el peso promedio de almendra fermentada y seca.

Hardy, (1961), Jiménez (2000) y Romero (2004), señalan que el tamaño de almendra tiene su influencia sobre el rendimiento ya que los requerimientos de la industria es el peso y tamaño de grano, apariencia, grado de fermentación, porcentaje de humedad, presencia de materiales extraños, mohos, insectos, esto garantiza la calidad del producto acompañado de un buen rendimiento industrial

Reyes *et al.*, (2004), indican que la calidad del cacao dependerá de las exigencias de cada mercado y más aún del producto terminado, apreciando un cacao fino o aromático que permita la elaboración de productos procesados que tengan buenos parámetros para ser industrializados, por lo tanto un cacao de alta calidad exige implica cumplir con una serie de requisitos que inicia desde la selección del sitio, tipo de suelo, hasta la aplicación de tecnología post-cosecha adecuada.

Álvarez y Pinto (2001) y Calderón (2002), señalan que el porcentaje de fermentación se lo determina mediante la “prueba de corte” utilizada a nivel mundial para evaluar el grado de fermentación del cacao.

a. Norma de calificación comercial del cacao

Según la norma Técnica del INEN 176 (2006), la prueba de corte es una técnica utilizada para calificar u observar el grado de fermentación de una muestra de cacao que se le ha dado el beneficio, por lo tanto esta prueba permite cuantificar el grado de fermentación y defectos presentes por contaminantes, físicos, químico, microbiológicos e insectos. La clasificación se divide en “Arriba y CCN-51”.

Cuadro 1. Clasificación de la calidad del cacao en grano según norma INEN N° 176

REQUISITOS	Unidad	Calificación Arriba					CCN-51
		A.S.S.P.S	A.S.S.S	A.S.S	A.S.N	ASE	
Peso de 100 pepas	g	136-140	130-135	120-125	111-115	105-110	135-140
Buena fermentación	%	75	65	60	44	26	***65
Ligera fermentación	%	10	10	5	10	27	11
Violetas (máx.)	%	10	15	21	25	25	18
Pizarroso (máx.)	%	4	9	12	18	18	5
Moho (máx.)	%	1	1	2	3	4	1
Totales (Análisis sobre 100 alm.)	%	100	100	100	100	100	100
Defectuosos (Análisis sobre 500 alm.)	%	0	0	1	3	**4	1
Total Fermentado (min.)	%	85	75	65	54	53	76
ASSPS: Arriba superior Summer plantaciones selecto ASSS: Arriba superior Summer selecto ASS: Arriba superior Summer ASN: Arriba superior navidad ASE: Arriba superior época							
* Coloración marrón violeta ** Se permite presencia de granza solamente para el tipo A.S.E *** La coloración varía de marrón a violeta							

Fuente: Instituto ecuatoriano de normalización INEN Norma N° 176 (Cuarta revisión, 2006)

- Almendras de color marrón o café, poseen una fermentación muy completa, los ácidos han matado al embrión y a las vacuolas de pigmentación, estas almendras son muy hinchadas y se separan fácilmente del cotiledón. La calidad del sabor y aroma del grano es óptimo para elaborar chocolates gourmet.

- Almendras marrón o violeta, indican una fermentación parcial, los ácidos no han penetrado y una proporción de vacuolas se encuentran intactas, los cotiledones están poco compactos y la testa algo suelta. La calidad del sabor es regular pero aprovechable para producir chocolate.
- Almendras violetas, son el producto de una fermentación incompleta, por ello aparecen ácidos procedentes de la pulpa. Las almendras no están hinchadas y la apariencia interna es compacta, desarrollan un sabor astringente y ácido.
- Almendras pizarrosas (de color gris), presentan un aspecto compacto de color gris negruzco, lo cual indica ningún efecto de fermentación, por lo que desarrollan sabores amargos y astringentes.

2.1.4.4. Calidad química

Wakao (2002), argumenta que la composición química de los granos de cacao depende de varios factores entre los que se pueden citar: tipo de cacao, origen geográfico, grado de madurez, calidad de la fermentación y el secado. El beneficio post-cosecha también influye sobre su composición química. Los principales constituyentes químicos del cacao son: agua, grasa, compuestos fenólicos, materia nitrogenada (proteínas y purinas), almidón y otros carbohidratos.

2.1.4.5. Calidad sensorial

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

Según Cros (2004), el perfil aromático del cacao depende de la composición bioquímica de las almendras, la que a su vez queda determinada por factores ambientales, genéticos manejo post-cosecha, torrefacción, entre otros.

Las almendras de cacao por naturaleza contienen pequeñas cantidades de ácido cítrico (0.5 %) después de la fermentación y del secado. Este compuesto se encuentra estrechamente relacionado con el sabor frutal que exhiben algunos tipos de cacao. También señalan que los aromas frutal y floral pueden surgir a partir de alcoholes producidos por las levaduras durante la fermentación y que completan su desarrollo durante el tostado de las almendras. (Wood 1985, citado por Jiménez et al., 2000).

La calidad organoléptica del cacao se refiere al calor, olor y sabor, parámetros que distinguen a los cacaos corrientes o básicos de los finos o de aroma. Estos últimos, se caracterizan por que el sabor a cacao se combina con otros sabores como el floral, frutal, nuez entre otros., confiriéndoles estos una calidad más distinguida en lo referente a aroma. (Pérez, 2009, citado por Jiménez et al., 2000).

Durante la evaluación los sabores (cacao, acidez, amargor, astringencia) se cuantifican mediante un escala, además se cuantifican nota sensoriales asociados a sabores frutal, floral, nuez, punto de partida para identificar cacaos finos con matices aromáticos que acompañen al sabor a cacao (Romero, 2004).

2.1.4.6. Requisitos del licor o pasta de cacao según las normas de calidad

Según el INEM, en su regla técnica 623, (2006), El licor de cacao mantiene todo el contenido de grasa y las características organolépticas del cacao con que fue preparado, se compone más de la mitad de su peso de cacao en polvo (53%), manteca de cacao (17%), 2% de humedad, 6% de ceniza y pH entre 5.5 y 6.0 y diversos otros elementos como taninos.

Cuadro 2. Requisitos químicos y microbiológicos de la pasta de cacao según norma INEN N° 623

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Grasa	%	48	54	INEN 535
Humedad	%	-	3	INEN I 676
Almidón natural de cacao	%	8.5	9,0	INEN 636
Fibra cruda	%	-	4,7	INEN 534
Cenizas totales	%	-	7,5	INEN 533
			Alcalinizada 5 normal	
Mohos y levaduras	u.f.c*/g		100	INEN I 529
Coniformes	u.f.c*/g		10	INEN I 629
E. Coli	u.f.c*/g		1	INEN I 629
Salmonella	u.f.c*en 25 g		0	INEN I 529
u.f.c = unidades formadoras de colonia				

Fuente. Norma técnica Ecuatoriana obligatoria INEN 176 (cuarta revisión 2006).

CAPITULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.1. Materiales

3.1.1.1 Herramientas de campo

Para la ejecución del proyecto, se emplearon:

- Tijeras de podar
- Baldes
- Balanza de mano
- Machetes
- Cajas micro-fermetadoras (Rohan)
- Cajas para secado (Rohan)
- Termómetros de mercurio
- Sacos de yute
- Paletas de madera
- Repisas de madera
- Mallas de tela
- Calculadora
- Guillotinas
- Navajas
- Estilete
- Platos para pesar
- Recogedores
- Estiletes
- Rollo de fundas plásticas
- Vasos plásticos
- Paletas plásticas
- Servilletas
- Tubos de destilación de 250 mL
- Matraz erlenmeyer de 250 ml
- Gotero
- Bureta graduada y accesorios
- Probeta de 25 mL
- Espátula
- Pipetas de 0,5 y 10 mL
- Gradilla
- Pinzas universal
- Porta dedales
- Vasos para recuperación del solvente
- Beaker para grasa
- Crisoles porosos
- Cápsula de porcelana 50 mm de diametro x 20 mm de altura
- Vaso de precipitación 50, 100, 250 mL
- Pipetas
- Pera de caucho para pipeta
- Varilla de vidrio o agitador
- Espátula
- Wash o lavador de 250 mL
- Desecador
- Papel filtro

- Mortero
- Vasos Beacker para grasa
- Dedales de Extracción
- Portadedales
- Vasos para recuperación del solvente
- Desecador
- Espátula
- Pinza Universal
- Algodón Liofilizado e Hidrolizados

3.1.1.2. Equipos

- Balanza analítica
- Estufa (105°C)
- Aparato Golfish
- Estufa
- Termómetro "Ludwig Schneider"
- Balanza analítica, sensible al 0. 1 mg
- Molino manual mecánico
- Plancha de calentamiento con
- agitador mecánico

3.1.1.3. Reactivos

- Éter de petróleo
- Ácido sulfúrico H_2SO_4 o. 180M (7.1ml 96% en 1 litro con agua destilada)
- Hidróxido potasio KOH 0.223 (12.5g en litro con agua destilada)
- Acetona
- Solución de Hidróxido de Sodio al 40% (NaOH)
- Estandarizada
- Agua destilada
- Atmosferas de Oxígeno
- Energía Eléctrica
- Agua

3.1.2. Materia prima

- Mazorcas de cacao obtenidas de cruces entre series clónales mediante polinización directa, con materiales procedentes de la colección del Centro de Cacao Aroma Tenguel (CCAT), y cacao tipo Trinitario CCN-51, establecidos en la Finca Experimental “La Represa”.
- Mazorcas de cacao del clon comercial EET-103 “Fino o de aroma”, promovido en la Finca Experimental “La Represa”, utilizado como testigo.

3.1.3. Otros

- | | |
|----------------------|-------------------|
| • Cámara fotográfica | • Hojas en blanco |
| • Lápiz | • Grapadora |
| • Borrador | • Calculadora |

3.2. Métodos

3.2.1. Método deductivo

La presente investigación fue del tipo descriptiva, evaluando las características físicas, químicas y sensoriales de los cruces interclonales en estudio y explorando las posibles correlaciones existentes entre variables dependientes e independientes. Se usó el método deductivo, ya que tiene como fundamento la observación del fenómeno a estudiar, creando una hipótesis para explicar dicho fenómeno, haciendo deducción de las consecuencias o proposiciones más elementales que la propia hipótesis, y verificando o comprobando la verdad de los enunciados deducidos comparándolos con la experiencia.

3.3. Localización del sitio experimental

Los cruces interclonales fueron obtenidos, en la Finca Experimental “La Represa”, donde se encuentran las parcelas de plantas, cada cruce consta de 10 plantas sembradas en fila lo cual da un total de 200 plantas de las que se obtuvo material para realizar la investigación.

La investigación se desarrolló en el marco de 4 meses desde noviembre hasta mes de marzo. Hay que considerar que la investigación que comprende a los análisis físicos, químicos y organolépticos se realizaron en el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la UTEQ, localizada en la Finca Experimental “La María”, en el km 7 vía El Empalme, cantón Quevedo, Provincia de Los Ríos. Su ubicación geográfica es de 01° 06" de latitud sur y 79° 29" de longitud oeste.

Los análisis químicos de teobromina, cafeína y proteína de los materiales experimentales fueron realizados en Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP, ubicado en el Sector de Santa Catalina de la ciudad de Quito.

3.3.1. Características Climáticas y Edáficas

Las características climáticas y edáficas de la zona son las siguientes¹:

Zona climática	Bosque húmedo tropical (bh-T)
Altitud:	120 msnm
Temperatura promedio:	24.7 °C
Precipitación anual	2252.2 mm
Humedad relativa:	80 %
Topografía del terreno:	Plano
Heliofania:	894 horas/luz/año

¹Datos obtenidos del INAHMI, Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología Estación Meteorológica Pichilingue. Serie multianual 1971 - 2000

3.4. Diseño Experimental

Se utilizó un Diseño Experimental Completamente al Azar con cuatro repeticiones. Cada unidad experimental estuvo constituida por 20 mazorcas fisiológicamente maduras. Para la comparación de medias entre tratamientos se utilizará la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

3.4.1. Análisis de Varianza

Fuente de Variación	Grados de libertad	
Tratamientos	(t-1)	20
Error Experimental	t (r-1)	63
Total	(t.r-1)	83

3.4.2. Modelo matemático

$$X_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Dónde:

μ = Efecto de la media por observación

T_i = Efecto de los 44 tratamientos

E_{ij} = Error experimental

3.4.3. Tratamientos

Los 20 cruces interclonales evaluados, se seleccionaron en la Finca Experimental “La Represa”, el Km 7.5, recinto Fayta de la vía Quevedo San Carlos, provincia de Los Ríos. Son el resultado de cruces entre series clonales de cacao mediante polinización directa, con materiales procedentes de la colección del Centro de Cacao Aroma Tenguel (CCAT)

con cacao tipo Trinitario CCN-51 manejado por el DICIT-C (Dirección de Investigación Ciencia y Tecnología- Cacao).

Cuadro 3. Descripción de los tratamientos establecidos en el 2010, provenientes de la Finca Experimental “La Represa”, a ser evaluados en el 2013.

Tratamiento	Código y origen del genotipo	Tratamiento	Código y origen del genotipo
T1	LR 14 X L11H19	T12	LR 17 X L49H98
T2	LR 14 X L49H98	T13	LR 17 X L46H75
T3	LR 16 X L11H19	T14	LR 17 X L18H58
T4	LR 17 X L11H19	T15	LR 14 X L12H30
T5	LR 14 X L18H58	T16	LR 14 X L15H31
T6	LR 18 X L46H75	T17	LR 14 X L46H57
T7	LR 18 X L46H88	T18	LR 18 X L26H64
T8	LR16 EET-103	T19	LR 16 X L46H75
T9	LR 16 X L18H58	T20	LR 17 X L26H64
T10	LR 18 X L49H98	T21	Testigo EET-103 (Nacional)
T11	LR 14 X L26H64	-----	----- -----

(Ver anexo 1)

3.4.4. Variables a estudiar

3.4.4.1. Variables físicas

a. Peso de 100 almendras

Se escogieron al azar 100 almendras fermentadas y secas, se procedió a pesar en una balanza, obteniendo el valor el cual se lo registró. Se realizó este proceso por réplica para obtener un promedio, este método está propuesto por la Norma INEN 176.

b. Porcentaje de fermentación

Se tomaron 100 almendras al azar para para estimar la calidad de fermentación en las muestras, mediante la prueba de corte. Se procedió a cortar las almendras sigilosamente por la mitad con estilete, luego con suficiente luminosidad y sobre una base de color blanco siguiendo lo establecido por la Norma INEN 176, se clasificaron las almendras según el nivel de buena fermentación, ligera fermentación, almendras violetas, pizarras, con moho e insectos en cada una de las categorías A.S.S.P.S (Arriba Superior Summer Plantación Selecta), A.S.S.S (Arriba Superior Summer Selecta), A.S.S (Arriba Superior Selecta), A.S.N (Arriba Superior Navidad), A.S.E (Arriba Superior Época) y la variedad CCN-51, con los criterios que se describen a continuación:

- ✓ Almendras bien fermentadas: se tomaron en cuenta las almendras hinchadas con cotiledones que presentaron coloración marrón, o marrón rojiza y estrías bien marcadas.
- ✓ Almendras ligeramente fermentadas: se cuantificaron aquellas almendras que presentaron una coloración ligeramente marrón y con estrías menos marcadas.
- ✓ Almendras violetas: se tomaron los cotiledones con color violeta acentuado que indicaron ausencia de fermentación.

- ✓ Almendras pizarrosas: se consideraron los cotiledones con color negruzco y de apariencia compacta.
- ✓ Almendras mohosas: se consideraron los cotiledones que tienen presencia de moho.
- ✓ Almendras con insecto: Cuyos cotiledones tuvieron presencia de insectos.
- ✓ Total fermentado: se obtuvo sumando las almendras bien fermentadas y ligeramente fermentas.

c. Peso fresco

Se registró el peso de las almendras frescas extraídas en cada cosecha, obtenidas en cada uno de los tratamientos para lo cual se pesó utilizando una balanza de precisión expresando los resultados en gramos.

d. Rendimiento estimado de cacao seco (kg ha^{-1})

Para la obtención del rendimiento estimado de cacao seco, se transformó los gramos de cacao en baba a kg, luego se multiplicó el peso fresco de las almendras, por el factor de conversión 0,40 y multiplicado para el número de plantas que conforman la parcela neta. Los valores de rendimiento registrados fueron estimados para 4 meses, ya que fue el tiempo en que se realizó la cosecha.

e. Índice de mazorca

Se recolectó las mazorcas fisiológicamente maduras, sin síntomas de enfermedad, luego de extraer sus almendras se fermentó y secó. Para determinar el índice de mazorca se aplicó la siguiente fórmula:

$$IM = \frac{\text{numero de mazorcas cosechadas}}{\text{Peso en seco en g de cada tratamiento}} \times 1000$$

f. Índice de semillas

Se tomaron al azar 300 almendras fermentadas y secas, se determinó el peso en una balanza de precisión. Este valor se lo dividió para 300 obteniéndose como resultado el índice de semilla (IS) expresado en gramos (g), se repitió el proceso por replica obteniéndose el promedio se aplicó al siguiente fórmula:

$$Is = \frac{\text{Peso en gramos de 300 semillas fermentadas y secas}}{300}$$

g. Porcentaje de testa y cotiledón

Para esta variable se pesó 35 almendras fermentadas y secas, se procedió a descascarillar las almendras separando la testa del cotiledón, por último se pesó por separado y aplicando la formula se obtuvo la respuesta experimental. El porcentaje de cotiledón se obtuvo por diferencia.

$$\% \text{ de testa} = \frac{(\text{Peso de la testa})}{\text{peso de almendras}} \times 100$$

h. Ancho y largo de semilla

Esta variable se caracterizó, usando una cinta métrica y tomando las medidas tanto de ancho como longitud de la almendras sobresalientes en cada cosecha de cada material, los datos fueron tabulados y sometidos al análisis estadístico.

3.4.4.2. Variables químicas

a. pH almendras fermentadas y secas

Para determinar el pH de las almendras se procedió a separar la testa del cotiledón para luego obtener 10 g de muestra e hidratar con 100 ml de agua destilada, luego con la ayuda de una licuadora se licuó hasta obtener una mezcla homogénea.

Esto se lo llevó en un vaso de precipitación para luego introducir los electrodos y tomar la lectura correcta. El pH se registró para el cotiledón y para la testa de almendras fermentadas y secas.

b. Determinación de grasa

Se determinó el porcentaje de grasa en 2 g de muestra de pasta de cacao, la misma que fueron colocadas en vaso breakers más solución química (dietileter), en el equipo especializado "Soxhlet". El éter funcionó como agente extractor en el cual separó la grasa de la estructura fibrosa. Se recuperó el éter dejando como residuo el extracto etéreo, el cual se lo analizó y determinó mediante gravimetría. Se analizaron las 4 réplicas.

Se calculará el extracto etéreo con la siguiente fórmula:

$$\%Grasa = \frac{W_2 - W_1}{W_0} \times 100$$

Dónde:

G = Porcentaje de grasa

W₀= Peso de la muestra

W₁= Peso del vaso beaker vacío

W₂=Peso del vaso más la grasa

c. Determinación de humedad

Se pesaron 2 g de muestra de cacao molido en una balanza analítica, se taró un crisol previamente esterilizado donde fue colocada la muestra. Se instalaron las muestras en una estufa "Mettler" a 130 °C por 2 horas dejándose enfriar las muestras en el desecador durante media hora para inmediatamente tomar el peso y evitar que la muestra adquiera agua del ambiente.

El porcentaje de humedad se estableció mediante la siguiente fórmula:

$$W_o = \frac{W_2 - W_1}{W_0} \times 100$$

Dónde:

W_0 = Peso de la Muestra (gr.)

W_1 = Peso del crisol más la muestra después del secado.

W_2 = Peso del crisol más la muestra antes del secado

d. Determinación de Energía

Se elaboró una pastilla de 1.2 g pasta de cacao mediante una prensa, luego se la colocó en la cápsula porta muestra. La cápsula con la muestra se ubicó en el soporte por el cual se cruza un alambre de cromo-níquel para luego colocarlo en la cabina de ignición a la cual se le colocó 30 atmósfera de oxígeno.

En la cubeta del calorímetro se colocó 2000 ml de agua destilada o desmineralizada. La temperatura del agua estuvo por debajo de la temperatura de la sala de trabajo. Se colocó la tapa del calorímetro y la correa en las poleas para accionar el brazo agitador, esperando que se estabilice la temperatura.

Para el registró se tomó la temperatura inicial y se fue leyendo continuamente cada minuto hasta que se estabilizó y se registró la temperatura final.

El interior de la bomba se enjuagó con agua destilada con lo cual se extrajeron los residuos y se lo colocó en un matraz "Erlenmeyer". Se adicionó al matraz 1 ml de solución de fenolftaleína al 2%. Inmediatamente se procedió determinar la cantidad de ácidos presentes mediante la valoración de la solución acuosa, con solución de carbonato de sodio 0.1 N, los ácidos formados (sulfuro y nítrico), durante la ignición de la muestra se expresaron como ácido nítrico.

La cantidad de calorías presente en la muestra experimental se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$Hg = \frac{Tw - e1 - e2 - e3}{m}$$

Dónde:

Hg= Calor de combustión Cal/gr.

T = Temperatura final – Temperatura inicial

W = Energía equivalente del calorímetro 2410,16

e₁ = Mililitros consumidos de sol. Carbonato de Sodio

e₂= (13.7 X 1.02) peso de la pastilla

e₃ = cm. del alambre restante X 2.3

m = Peso de la pastilla

El valor total de calorías se lo trasformó a kilocalorías sabiendo que mil calorías equivalen a 1 kilocaloría, y luego se calculó el valor calórico en 100 g de la muestra.

e. Determinación de ceniza total

Se determinó la cantidad de minerales existentes en la pasta de cacao, para esto se esterilizó y pesó el crisol en el cual se incineró la muestra. El peso fue de aproximadamente 2 g, se introdujo el crisol en la mufla a $600^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{ C}$ hasta obtener cenizas libres de partículas de carbón este proceso se desarrolló en el transcurso de 3 horas.

Por último el crisol con las cenizas se lo dejó enfriar en el desecador y pesó con aproximación al 0.1 mg.

La total de cenizas presente en la muestra experimental se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$\%C = \frac{w_2 - w_1}{w_0} \times 100$$

Dónde:

W_0 = Peso de la Muestra (g)

W_1 = Peso del crisol vacío.

W_2 = Peso del crisol más la muestra calcinada.

f. Cuantificación por potenciometría para teobromina/cafeína

Los contenidos de teobromina y cafeína se determinaron en porcentaje mediante las normas ((**MO-LSAIA-39**), extrayendo teobromina/cafeína de una muestra de polvo de cacao desengrasado por medio de un HPLC (cromatografía líquida de alta resolución) y cuantificado en gramos por medio de un detector UV-VIS (ultravioleta visible), se usó teofilina como estándar interno según el método de referencia (**AOAC 980.14-1998**), y por medio de este se efectuó los cálculos cuantitativos de la relación teobromina/cafeína dividiendo el valor porcentual de teobromina para la cafeína.

g. Determinación de proteína método Kjeldahl

El análisis de la variable se efectúa mediante el método Kjendahl (**MO-LSAIA-01.04**), usando como método de referencia (**U. Florida 1974**) el mismo que evalúa el contenido de nitrógeno total en la muestra.

3.4.4.3. Evaluación de características sensoriales

Para validar la aceptación de los tratamientos se evaluaron las principales características organolépticas del licor de cacao obtenida de cruces identificados como superiores considerando sabores básicos, específicos y defectos.

Las evaluaciones sensoriales fueron realizadas por un grupo de profesionales, de la empresa chocolatera OREOCAO S.A.

Para esto se usaron 50 g de pasta semi-refinada. Cada evaluador tomará una pequeña cantidad de licor o pasta de cacao en el extremo una cuchara de plástico que estará a una temperatura ambiente 28 °C, colocando una cucharada de muestra homogéneamente en la lengua. El evaluador tendrá o degustará por 20 segundos describiendo mentalmente los atributos presentes.

Para determinar el nivel de intensidad de los sabores básicos, específicos y defectuosos; se aplicará una escala de 0 a 10 puntos, siguiendo la metodología propuesta por Braudeau (1970). En la cual se califica las cualidades con el valor 0 cuando existe ausencia de sabores, 1 – 2 cuando los sabores son sentidos con baja intensidad, de 3 – 5 si los sabores en las pastas tienen media intensidad, de 6 – 8 cuando los sabores son intensos y de 7 – 10 cuando son muy intensos. (Ver anexo2)

a. Sabores básicos

- Dulce: aquellas muestras que presentaron sabor dulce, casi similar al agua azucarada.
- Astringente: se caracterizaron por dejar un sabor fuerte en la garganta como seco.
- Acido: aquellas muestras que presentaron un sabor ácido.
- Amargo: Aquellas muestras que causaron un sabor fuerte y amargo en la lengua.

b. Sabores específicos

- Cacao: muestras que presentaron un sabor característico a chocolate, bien fermentado.
- Arriba: Característica esencial y son las muestras que presentarán sabor agradable como a flores.
- Frutal: Aquellas muestras que presentaron sabor a frutas maduras.
- Nuez: son aquellas que en el sabor predominó la característica a maní

c. Sabores adquiridos

- Moho: almendras que sufrieron ataque de moho.
- Pizarroso: almendras que presentaron sabor a almendras sin fermentar.
- Verde: aquellas muestras que obtuvieron sabor a mancha.

3.5. Manejo del experimento

3.5.1. Recolección de mazorcas

Se recolectaron mazorcas en perfecto estado de madurez, que no presentaron ningún desperfecto por enfermedad como monilla o con afecciones causadas por pájaros o ardillas. Se recogieron las mazorcas necesarias para poder obtener 2 kilogramos de cacao fresco. Las mazorcas fueron abiertas con machete procurando no dañar las almendras, las muestras fueron colocadas en fundas de polietileno con su respectivo código de identificación y fueron ubicadas en las caja microfermentadoras Rohan.

3.4.2. Micro-fermentación en cajón

Cada material se fermento en compartimientos separados con su respectivo código, se la realizo mediante la variante de cajas Rohan (micro-fermentadores de madera) que de largo tiene 1,57 m, de ancho 0,75 m y 0,10 m de profundidad, en la parte inferior tienen regletas de madera con separaciones de 0.05 m para que pueda drenar el mucilago o líquido fermentado. El interior de la caja tienes 24 compartimientos; cada división de 0.19 m y 0.16 de ancho y largo, tienen capacidad para dos kilos de cacao fresco.

La caja fue cubierta en su totalidad con hojas de plátano verdes, encima de las hojas se colocarán sacos de yute, además para mantener la temperatura se colocó un plástico y soportes de madera.

El tiempo total de fermentación fue de 96 horas. Después de 24 horas de la instalación de la masa se efectuó la primera remoción en la cual se usó las manos procurando dejar todas las almendras de la superficie en la parte inferior; la segunda remoción se la hizo a las 48 horas de instalada la masa; la tercera y cuarta se desarrolló después de 72 y 96 horas

respectivamente. En cada remoción se tomó la temperatura y se obtuvieron muestras las cuales fueron analizadas en el laboratorio y se obtuvo el pH de la testa.

3.5.2. Temperatura de la masa de cacao en fermentación

Las variaciones térmicas de la masa, se determinó cada 24 horas a las (12:00 pm), usando para el desarrollo un termómetro marca "Ludwig Schneider", el cual fue sumergido en la masa tomando la temperatura en tres puntos diferentes formando un triángulo, los datos obtenidos fueron calculados como promedios y registrados.

3.5.3. pH de testa en fermentación

Se obtuvieron 10 almendras en proceso de fermentación cada 24 horas, las cuales se empacaron en fundas de polietileno con el respectivo código, luego se llevaron al laboratorio se mezclaron con agua destilada procurando separar minuciosamente la testa y mediante un medidor pH metro se determinó la variación de potencial hidrógeno durante el proceso de fermentación.

3.5.4. Secado

Luego de las 96 horas de fermentación las almendras fueron sometidas al proceso de secado, se lo realizó de manera natural aprovechando la radiación solar. El proceso duró 7 días ya que la fuente de calor (sol) no fue constante. También se usó la estufa marca "Memmert" que permitió secar las almendras en menor tiempo evitando que las almendras se sobre fermenten. Para el secado natural se usaron cajas de madera que cumplieron la función de tendales, dotadas de pequeñas divisiones internas en las cuales se colocó y mantuvo separadas las muestras bajo estudio. Las dimensiones de las cajas son: 1.80 x 1.13 x 0.10 m de largo,

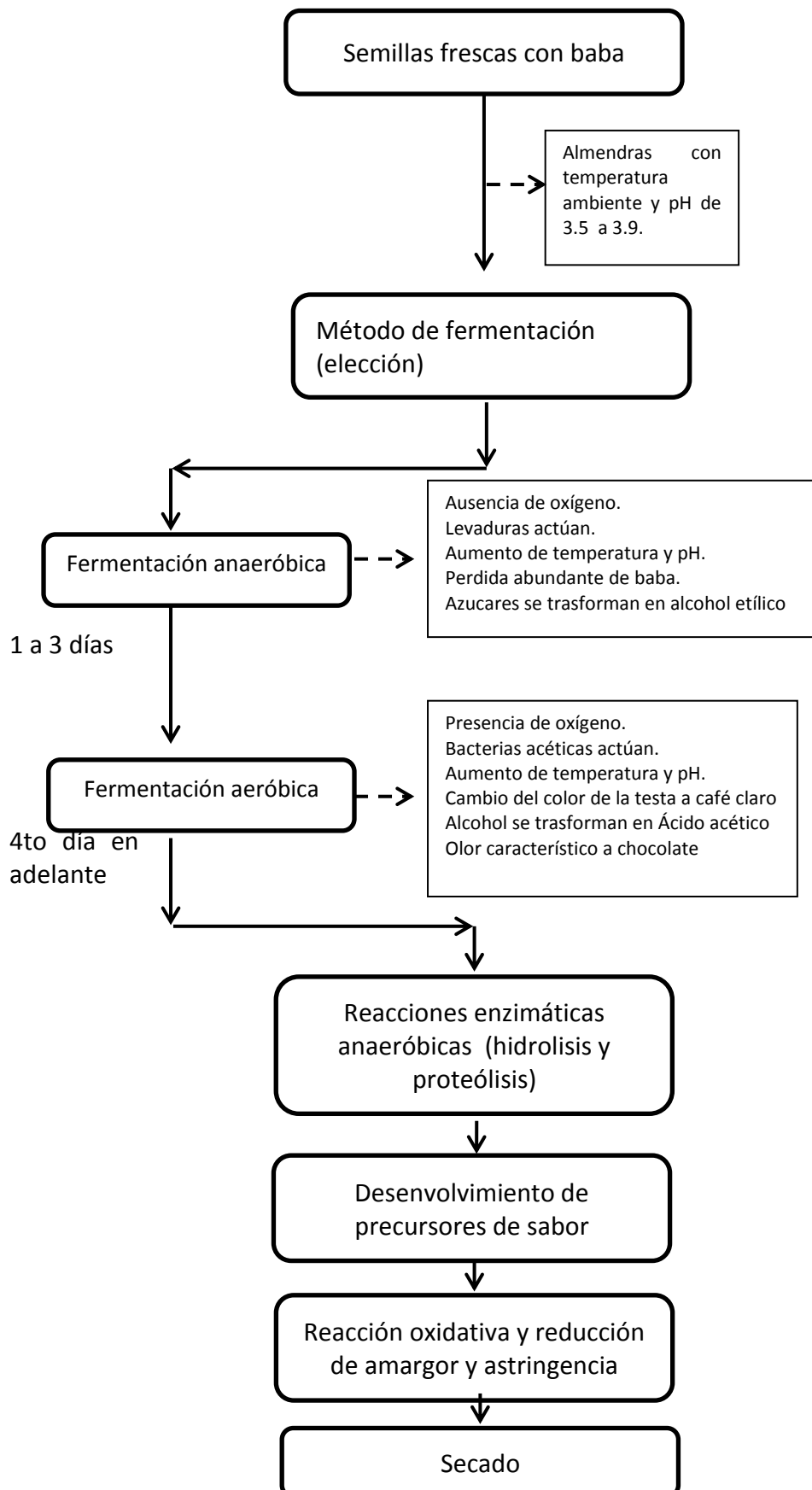
ancho y profundidad. Las dimensiones de cada división dentro de la gaveta son: 0.35 x 0.35 m de ancho y largo. Por la cantidad de muestras también se realizó el secado en tendal de cemento, en el cual se procuró limpiar bien la zona para evitar que las almendras contraigan suciedad como tierra o basura.

El primer día de secado se expusieron las almendras a 3 horas de luz solar, los siguientes días se sometieron a 6 horas de sol. Las almendras fueron volteadas cada 2 horas para que el secado en la almendra sea uniforme. Para comprobar si las almendras estaban secas se procedió a realizar la prueba con la mano, que consiste en comprimir las almendras y cuando las almendras emiten sonido como “crujido” se las retiró del proceso de secado.

3.5.5. Almacenado de las almendras de cacao

Cuando las almendras estuvieron secas se almacenaron en pequeñas bolsas de tela maya debidamente rotuladas para que se mantengan frescas secas y aireadas, se las almacenó en el Laboratorio de Bromatología, hasta el momento de realizar los análisis físicos y la elaboración de la pasta para el perfil sensorial.

Figura 3. Diagrama de proceso de fermentación



Autor: Díaz. 2013

3.6. Proceso de obtención de la pasta de cacao

3.6.1. Limpieza y clasificación de las almendras

Este proceso se lo realizó de modo manual sobre mesas de madera, separando las habas que están en perfectas condiciones y bien fermentadas de las en mal estado, como almendras partidas, con presencia de moho, con insectos etc. También se separaron materiales extraños como piedras, fibras de yute, ramas secas almendras de tamaño pequeño.

3.6.2. Torrefacción

Para el tostado se usaron 200 gramos de muestra se lo efectuó en estufa cacerola de aluminio en hormilla eléctrica en la cual se pudo controlar la temperatura, se sometieron a una fuente de calor a 110 °C, una vez que alcanzaron la temperatura deseada se mantuvieron expuestas durante 15 minutos tiempo suficiente para completar la torrefacción.

3.6.3. Descascarado

Después del tostado se dejó templar las almendras hasta una temperatura tolerable para poder realizar el descascarillado. El descascarado se efectuó de forma manual, separando la testa del cotiledón aplicando una pequeña fuerza ya que después del tostado la testa se desprendió con facilidad.

3.6.4. Fragmentación y Molienda

Los cotiledones separados y descascarillados se los trituro con un molino manual, en la primer pasada del molino se obtuvo una pasta de cacao rustica.

La pasta se refinó a medida que se la pasó por el molino, con el calentamiento de las mordazas por la fricción, la grasa se fué fundiendo hasta que se obtuvo una pasta más o menos refinada.

3.6.5. Moldeado

Una vez que la pasta se obtuvo, el moldeado se realizó en vasos plásticos de 5 onzas sellados herméticamente. Estos vasos presentaron las características óptimas para almacenar la pasta de cacao en refrigeración. También se les agregó el respectivo código de identificación.

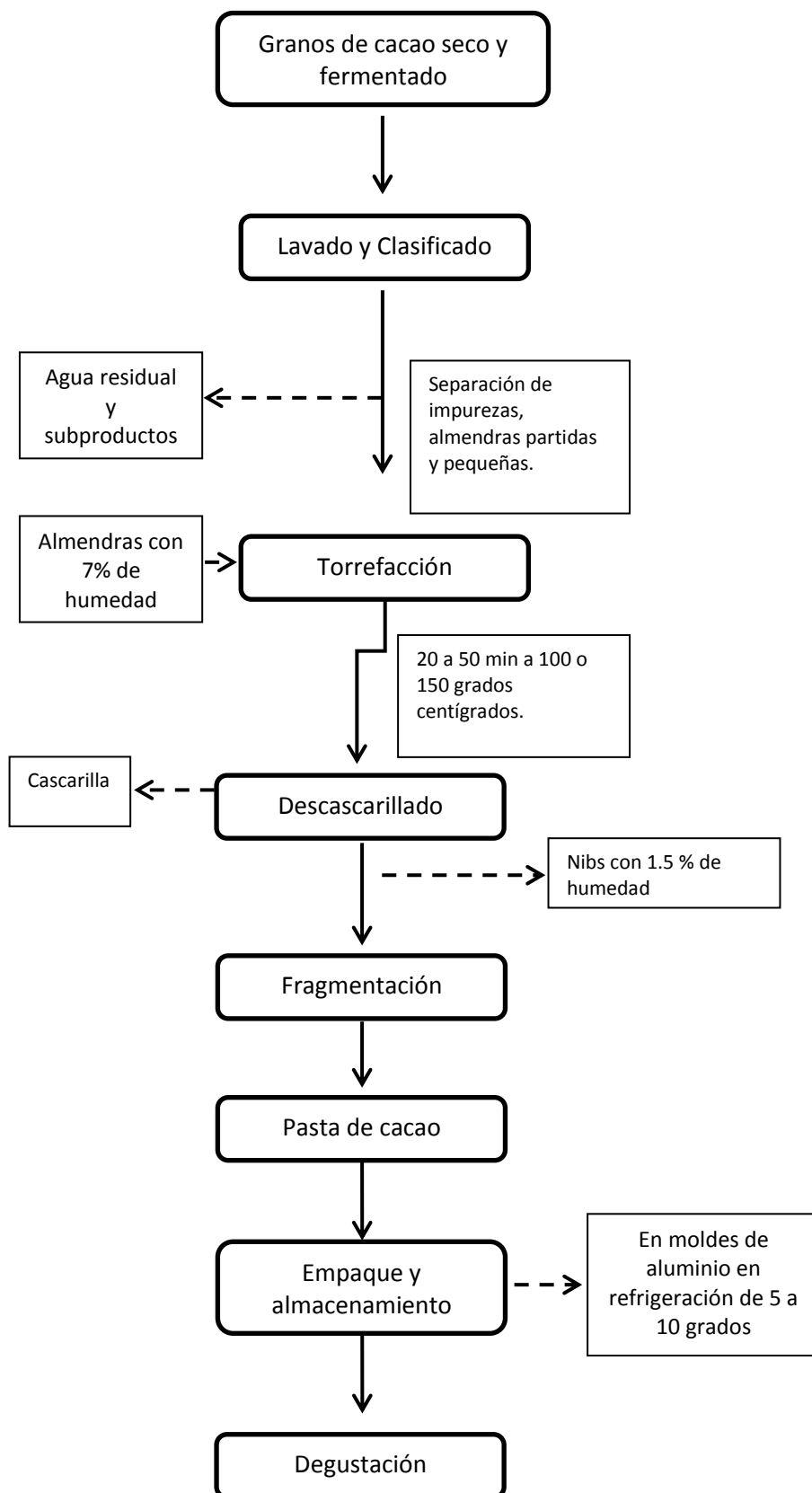
3.6.6. Empacado

Se procedió a empacar los recipientes de plásticos con la pasta de cacao con un forro de aluminio hasta el momento de realizar las cataciones.

3.6.7. Almacenamiento

Las pastas se conservaron en refrigeración a temperatura de 5 a 10 °C, para que no cambie sus características y se alteren los resultados en el perfil sensorial.

Figura 4. Diagrama de procesos para elaborar pasta de cacao



Autor: Díaz. 2013

3.7. Manejo estadístico de la investigación

3.7.1. Análisis estadístico descriptivo de variables físicas, químicas y sensoriales

Para el estudio estadístico, los datos obtenidos fueron representados en una matriz en las cuales se ubicaron todas las variables cuantitativas con los respectivos valores, se analizaron mediante técnicas de estadística descriptiva usando el Programa Estadístico infoStat, 2002.

La representación de la información se hizo mediante cuadros y gráficos, se construyeron ANEVAS (Análisis de varianza) para representar los valores de las variables que cumplían con los requisitos de normalidad y homogeneidad de varianzas, registrándose valores máximos, mínimos, promedios y coeficientes de variación.

3.7.2. Análisis multivariado de las variables

a. Componentes principales

Para esta variable los datos fueron ordenados en una matriz, que fueron introducidos en el programa mediante el cual se analizaron. Esta opción estadística permite analizar la interdependencia de variables métricas y encontrar una representación gráfica óptima de la variabilidad de los datos de una tabla de n observaciones y p columnas o variables. El análisis de componentes principales (ACP) trata de encontrar, con pérdida mínima de información, un nuevo conjunto de variables (componentes principales) no correlacionadas que expliquen la estructura de variación en las filas de la tabla de datos. Con el ACP se construyen ejes artificiales (componentes principales) que permiten obtener gráficos de dispersión de observaciones y/o variables con

propiedades óptimas para la interpretación de la variabilidad y covariabilidad subyacente. Los biplots permiten visualizar observaciones y variables en un mismo espacio así es posible identificar asociaciones entre observaciones, entre variables y entre variables y observaciones (InfoStat, 2002).

b. Análisis de correlaciones de variables

Para el estudio de la correlación entre variables los datos fueron ordenados en forma de matriz, y se usó la opción estadística que permite medir el grado de la intensidad de asociación entre dos variables o el grado en que dos variables cambian una con respecto a otra. Los valores de correlación (r^2) varían de -1 a +1, cuando existe una relación perfecta negativa y positiva respectivamente

El coeficiente de correlación de Pearson es una medida de la magnitud de la asociación lineal entre dos variables que no depende de las unidades de medida de las variables originales (InfoStat, 2002).

c. Selección de los mejores cruces interclonales

Con la finalidad de conocer más sobre los tratamientos que sobresalieron en las variables físicas y químicas, se hizo una selección de los mejores 8 materiales incluido el testigo, a los cuales se les realizó análisis de teobromina, cafeína y proteína.

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.1. Valoración comercial de las almendras de cacao

4.1.1.1. Peso de 100 almendras (g)

Para esta variable se observó que existe diferencia altamente significativa entre tratamientos, T10 (154.25) y T11 (145.50) consiguieron los valores más altos sobre todos los tratamientos pero no superaron al T21 (166.50) considerado como testigo, T19 (111.00) logró el promedio más bajo obteniendo la menor significancia estadística (Ver Cuadro 4.). Se registró un promedio general de 128.32 con un coeficiente de variación de 12.21 %. Estos resultados superan a los obtenidos por (Sánchez, 2011), quien registro un peso mínimo de 83.35 y un peso máximo de 139.59 con 110.30 como promedio en cruces de cacao Nacional x Trinitario y Forasteros Amazónicos razón por la cual se rechaza la hipótesis alternativa.

4.1.2. Prueba de corte (%)

4.1.2.1. Buena fermentación (%)

Evaluando estadísticamente las muestras obtenidas se pudo observar que existió diferencia estadística significativa entre tratamientos, los mayores porcentajes de almendras con buena fermentación fueron T4 (69.50) y T3 (67.50) superando a todos incluso al testigo T21 (66.50), mientras que T20 (33.75) consiguió el valor más bajo, registrándose un promedio general de 55.38 con un coeficiente de variación de 24.23 % (Ver Cuadro 4.).

4.1.2.2. Ligera fermentación (%)

En las almendras con ligera fermentación se observó que no existió significancia estadística entre los tratamientos pero si difirieron numéricamente, T20 (43.75) y T8 (39.25) adquirieron los valores más altos sobre todos incluso el testigo T21 (21.00), mientras que T3 (23.50) y T2 (23.75) consiguieron los menores valores de almendras ligeramente fermentadas. El promedio general estuvo por los 30.69 con coeficiente de variación de 38.81 % (Ver Cuadro 4.).

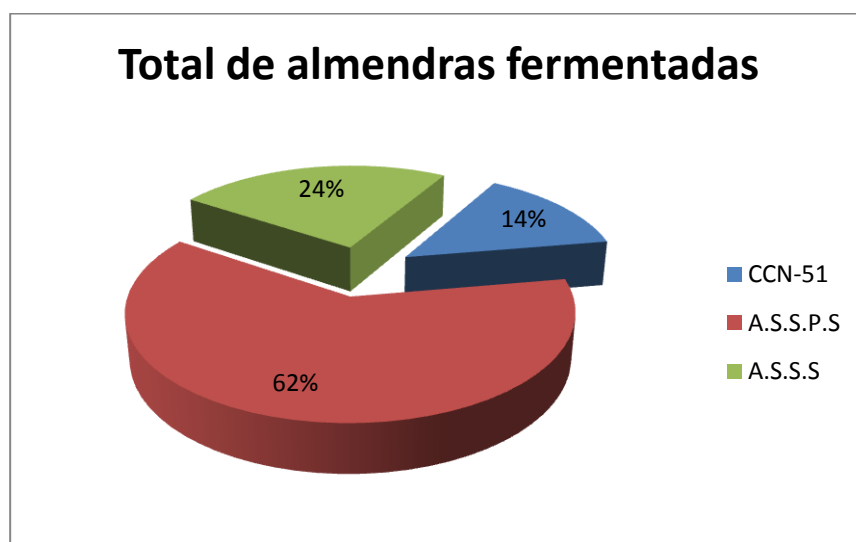
4.1.2.3. Total de almendras fermentadas (%)

En el total de almendras fermentadas se observó diferencia estadística altamente significativa, los tratamientos con mayor número de almendras fermentadas fueron T4 (94.25) y T13 (93.50) superando a todos incluso al testigo T21 (87.50), mientras que los valores más bajos corresponden a T7 y T16 (77.25). Se registró un promedio general de 86.07 con un coeficiente de variación de 7.14 % (Ver Cuadro 4.). Estos valores coinciden con (Solórzano, 2011), quien registró porcentajes de 72.3 a 96.3, en cacao Nacional Fino o de Aroma procedentes de diferentes zonas del país. Estos datos también se ajustan a los obtenidos por (Amores *et al.*, 2009), en cacao del sector Colon-Eloy que en cuatro días de fermentación el porcentaje de almendras totalmente fermentadas llegó a 80 % y al quinto día se incrementó un 5 % más aceptándose la hipótesis alternativa.

Según la Norma 176 del INEN, las almendras totalmente fermentadas se clasificaron de la siguiente forma; T1 (85.50), T3 (91.00), T4 (94.25), T5 (91.75), T8 (87.25), T9 (92.25), T10 (91.25), T11 (86.00), T12 (86.00), T13 (93.50), T14 (88.50), T15 (87.75) y el testigo (87.50) se catalogaron como A.S.S.P.S. por su alto contenido de almendras fermentadas. T2 (82.50), T6 (83.00), T17 (82.25), T18 (84.00) y T19

(81.25 se encasillaron en la categoría A.S.S.S, mientras que T7 (77.25), T16 (77.25) y T20 (77.50) se encasillaron como CCN-51 (Ver Cuadro 4.).

La figura 5, muestra la distribución de los tratamientos según el porcentaje total de almendras fermentadas. Se puede observar que el 62 % de los tratamientos se clasifican como Arriba Superior Sumer Plantación Selecta (A.S.S.P.S); el 24 % se encasillaron como Arriba Superior Sumer Selecta (A.S.S.S) y el 14 % de se clasificó como CCN-51.



Elaborado por: Díaz 2013

Figura 5. Gráfico de círculo en los que se muestra la distribución comercial de los tratamientos según el total de almendras fermentadas, de los 20 cruces interclonales de cacao. Finca Experimental “La Represa”. FCI. UTEQ. 2013

4.1.2.4. Defectos en almendras (%)

El análisis estadístico para las almendras violetas presentó diferencias altamente significativas entre tratamientos, T7 (22.25) y T20 (21.50) obtuvieron los mayores valores superando al testigo T21 (12.00) y los demás, mientras que T4 (3.50) y T13 (5.25) consiguieron los valores más bajos, con un promedio general de 12.14 y un coeficiente de variación de 51.05%, estos datos se ajustan con los valores máximo y mínimos obtenidos por (Solórzano, 2011), quien registró valores que oscilan entre 2.3 a 39.7 con un promedio de 28.8 en cacaos Finos de Aroma provenientes de distintas zonas del país. (Ver Cuadro 4.).

También se registraron almendras pizarrosas donde se pudo observar que no existe diferencia estadística significativa entre tratamientos pero si existió diferencia numérica, donde T8 (2.00) y T1 (1.00) registraron almendras pizarrosas, mientras que los demás no presentaron almendras pizarrosas, lo cual es correcto según (Amores *et al.*, 2009) quienes argumentan que el porcentaje de almendras pizarrosas aumenta cuando el tiempo de fermentaciones es muy reducido (Ver Cuadro 4.).

Algunos tratamientos presentaron almendras con moho pero no hubo diferencia estadística significativa entre ellos, T1, T12, T11 y T10 (2.75), adquirieron el mayor valor de almendras mohosas, mientras que T14 y T21 no consiguieron almendras con moho (Ver Cuadro 4.).

CUADRO ^oN 4. Promedios para la prueba de corte en almendras de cacao (*Theobroma cacao* L.), de 20 cruces interclonales provenientes de la Finca Experimental "La Represa". FCI.UTEQ. 2013.

Tratamientos			Fermentación							Defectos						Categoría
			P 100 alm. (g)		Buena (%)		Mediana (%)		Total (%)		Violetas (%)		Pizarras (%)		Moho (%)	
T1	LR14xL11H19	128,50	a b c	61,00	a b	24,50	a	85,50	a b c	10,75	a b c	1,00	a	2,75	a	ASSPS
T2	LR14xL49H98	119,75	a b	58,75	a b	23,75	a	82,50	a b c	15,75	a b c	0,00	a	1,75	a	ASSS
T3	LR16xL11H19	129,75	a b c	67,50	a b	23,50	a	91,00	a b c	6,50	a b c	0,50	a	2,00	a	ASSPS
T4	LR17xL11H19	137,75	a b c	69,50	b	24,75	a	94,25	c	3,50	a	0,25	a	2,00	a	ASSPS
T5	LR14xL18H58	132,30	a b c	66,00	a b	25,75	a	91,75	a b c	7,25	a b c	0,00	a	1,00	a	ASSPS
T6	LR18xL46H75	115,00	a b	56,50	a b	26,50	a	83,00	a b c	15,75	a b c	0,00	a	1,25	a	ASSS
T7	LR18xL46H88	119,25	a b	40,25	a b	37,00	a	77,25	a	22,25	c	0,00	a	0,50	a	CCN-51
T8	LR16xEET103	124,00	a b	48,00	a b	39,25	a	87,25	a b c	8,75	a b c	2,00	a	2,00	a	ASSPS
T9	LR16xL18H58	129,25	a b c	63,25	a b	29,00	a	92,25	a b c	6,50	a b c	0,25	a	1,00	a	ASSPS
T10	LR18xL49H98	154,25	b c	61,25	a b	30,00	a	91,25	a b c	6,00	a b c	0,75	a	2,00	a	ASSPS
T11	LR14xL26H64	145,50	a b c	56,00	a b	30,00	a	86,00	a b c	11,50	a b c	0,25	a	2,25	a	ASSPS
T12	LR17xL49H98	120,75	a b	60,00	a b	26,00	a	86,00	a b c	11,75	a b c	0,00	a	2,25	a	ASSPS
T13	LR17xL46H75	136,75	a b c	57,00	a b	36,50	a	93,50	b c	5,25	a b c	0,00	a	1,25	a	ASSPS
T14	LR17xL18H58	125,25	a b c	58,25	a b	30,25	a	88,50	a b c	11,50	a b c	0,00	a	0,00	a	ASSPS
T15	LR20xL49H98	131,50	a b c	51,00	a b	36,75	a	87,75	a b c	10,25	a b c	0,00	a	2,00	a	ASSPS
T16	LR14xL12H30	120,00	a b	51,50	a b	25,75	a	77,25	a	21,00	b c	0,00	a	1,75	a	CCN-51
T17	LR14xL15H31	122,50	a b	45,00	a b	37,25	a	82,25	a b c	16,00	a b c	0,25	a	1,50	a	ASSS
T18	LR14xL46H57	128,25	a b c	46,75	a b	37,25	a	84,00	a b c	15,50	a b c	0,00	a	0,50	a	ASSS
T19	LR18xL26H64	111,00	a	45,25	a b	36,00	a	81,25	a b c	16,50	b c	0,25	a	2,00	a	ASSS
T20	LR16xL46H75	112,75	a b	33,75	a	43,75	a	77,50	a b	21,50	b c	0,00	a	1,00	a	CCN-51
T21	EET-103 testigo	166,50	c	66,50	a b	21,00	a	87,50	a b c	12,00	a b c	0,50	a	0,00	a	ASSPS
Promedio		129,07		55,38		30,69		86,07		12,18		0,29		1,46		
V. Máximo		166,50		69,50		43,75		94,25		22,25		2,00		2,75		
V. Mínimo		111,00		33,75		21,00		77,25		3,50		0,00		0,00		
C.V. (%)		12,21		24,23		38,81		7,14		51,09		353,59		95,91		

Los promedios con letras diferentes, difieren estadísticamente entre sí, según la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

Fuente: Díaz 2013

A.S.S.P.S: Arriba superior Summer Plantación Selecta
A.S.S.S: Arriba Superior Summer Selecto
A.S.S: Arriba Superior Selecto
A.S.N: Arriba Superior Navidad
A.S.E: Arriba Superior Época

4.1.3. Valoración física de las almendras de cacao

4.1.3.1. Peso fresco (g)

Mediante el análisis estadístico se pudo establecer que para esta variable no existió diferencias significativas entre tratamientos, pero si se encontró diferencias numéricas donde el mayor peso fresco se registró en T5 (2337.50) y T14 (2137.50), que superaron al testigo (1403.25), contrario a esto el menor peso se registró en los tratamientos T19 (1400.00) y T20 (1427.50), obteniéndose como promedio general (1813.07) con un coeficiente de variación de 21.52 % (Ver Cuadro 5.).

4.1.3.2. Rendimiento estimado (Kg ha⁻¹)

En el análisis de varianza del rendimiento de cacao seco en kg ha⁻¹ demostró que no existe diferencia estadística entre tratamientos, T5 (1028.50), T14 (940,50) y T11 (891.00) fueron superiores a todos incluso al testigo T21 (617.25), el rendimiento más bajo fue para T19 (616.00) kilogramos respectivamente. Se registró un promedio de 797.74 con un coeficiente de variación de 21.52% (Ver Cuadro 5.). Estos valores difieren con los obtenidos por (Montoya, 2012), quien evaluó clones de cacao Trinitario obteniendo promedios de 449.00 (Kg ha⁻¹), mientras que en clones Nacionales registró 7.43 (Kg ha⁻¹). Estos datos también concuerdan con (Zambrano, 2011), que registro en genotipos de cacao Nacional rendimientos que oscilaron entre 10 y 476. 07 por la cual se acepta la hipótesis alternativa (Kg ha⁻¹).

4.1.3.3. Índice de Mazorca (Uni.)

Para esta variable se observó que existe diferencia estadística altamente significativa entre los tratamientos, considerando la cantidad de mazorcas necesarias para obtener un kilogramo de cacao seco, los mejores valores lo obtuvieron T4 (17.25) y T13 (17.94) que superaron a todo los demás excepto al testigo T21 (15.58), mientras que el menor rendimiento en número de mazorcas se registró en T19 (35.93) (Ver Cuadro 5.). Con promedio general 24.73, un coeficiente de variación de 21.00 % y un rango entre 17.25 y 25.18 los promedios de trece tratamientos coinciden con lo manifestado por (Bekele y Buttler, 2000), quienes mencionan que un índice de mazorca optimo no debería superar las 25 mazorcas. Algo similar sostuvo (Amores *et al.*, 2009), que en sus estudios hechos en clones de cacao, obtuvo valores para tipo Nacional EET-575 (23), EET-576 (19) y para el clon CCN-51 un promedio de 18 mazorcas para obtener un Kg de cacao seco por la cual se rechaza la hipótesis alternativa (Ver Cuadro 5.).

4.1.3.4. Índice de semilla (g)

En esta variable se encontró diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos, T11 (1.37) y T10 (1.34) superaron a todos los demás con los valores más altos pero no al testigo T21 (1.55), mientras que T20 (1.04) obtuvo el menor valor. Con un promedio general de 1.21 y un coeficiente de variación de 8.03 %, se puede observar que algunos tratamientos estudiados presentaron índice de semilla de entre 1.22 y 1.37, ajustándose a lo establecido por (Amores *et al.*, 2009), que en estudios hechos en clones de cacao, obtuvieron entre 1.2 y 1.3 para tipo Nacional EET-575, 576 y para el clon CCN-51 un promedio de 1.40. Coincidiendo también con (Arciniegas, 2005), quien manifiesta que los

genotipos que tienen índices de semilla superiores a 1.0 g son aceptable desde el punto vista de industrial, ya que las semillas de menor tamaño en la industrialización se sobre tuestan más rápido reduciendo la calidad del producto final por la cual se rechaza la hipótesis alternativa (Ver Cuadro 5.).

CUADRO ^oN 5. Promedios para las variables físicas presentes en 20 cruces interclonales de cacao (*Theobroma Cacao*. L), provenientes de la Finca Experimental "La Represa".
" FCI.UTEQ. 2013.

Tratamientos		P.F. (g)	REND. (kg/ha)		I.M. (u)	I.S. (g)	
T1	LR14xL11H19	1700,00	a	748,00	a	23,62	a b c d
T2	LR14xL49H98	1675,00	a	737,00	a	29,59	a b c
T3	LR16xL11H19	1962,50	a	863,50	a	22,35	b c d
T4	LR17xL11H19	1750,00	a	770,00	a	17,25	c d
T5	LR14xL18H58	2337,50	a	1028,50	a	22,48	a b c d
T6	LR18xL46H75	1812,50	a	797,50	a	24,66	a b c d
T7	LR18xL46H88	2012,50	a	885,50	a	23,96	a b c d
T8	LR16xEET103	1712,50	a	753,50	a	30,27	a b c
T9	LR16xL18H58	1945,00	a	855,75	a	22,84	a b c d
T10	LR18xL49H98	1587,50	a	698,50	a	19,22	b c d
T11	LR14xL26H64	2025,00	a	891,00	a	25,18	b c d
T12	LR17xL49H98	1761,25	a	775,00	a	24,76	a b c d
T13	LR17xL46H75	1975,00	a	869,00	a	17,94	c d
T14	LR17xL18H58	2137,50	a	940,50	a	32,14	a b
T15	LR20xL49H98	1850,00	a	814,00	a	21,52	b c d
T16	LR14xL12H30	1950,00	a	858,00	a	26,11	a b c d
T17	LR14xL15H31	1912,50	a	841,50	a	25,18	a b c d
T18	LR14xL46H57	1737,50	a	764,50	a	26,04	a b c d
T19	LR18xL26H64	1400,00	a	616,00	a	35,93	a
T20	LR16xL46H75	1427,50	a	628,00	a	32,72	a b
T21	EET-103 testigo	1403,25	a	617,25	a	15,58	d
Promedio		1813,07		797,74		24,73	1,21
V. Máximo		2337,50		1028,50		35,93	1,55
V. Mínimo		1400,00		616,00		15,58	1,04
C.V. (%)		21,52		21,52		21,00	8,03

Los promedios con letras diferentes, difieren estadísticamente entre sí, según la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

Fuente: Díaz. 2013

P.F: Peso Fresco

I.M: Índice de mazorca

PREND.: Rendimiento Estimado

I.S: Índice de semilla

4.1.3.5. Testa (%)

Para esta variable se observó diferencia significativa entre los tratamientos, T20 (22.65) y T16 (20.20) con los valores más altos superaron a todos incluso al testigo T21 (16.99), mientras que T4 (13.89) y T14 (14.11) consiguieron los menores porcentajes de cascarilla. Se registró un promedio general de 17.63 y con un coeficiente de variación de 15.68 %. Los tratamientos que obtuvieron menor porcentaje de testa, coincidieron con lo manifestado por (Urquhart, 1963), quien señala que el porcentaje es variable en América, del 14 al 16 % en las cosechas principales, en cambio (Crespo y Crespo, 1997), indicaron que los cacaos tipos “Trinitario” poseen un 15 % de cascara en su composición; los demás tratamientos se relacionaron con los resultados establecidos por (Pastorelly, 1992), que registró porcentajes de testa en cacao tipo Nacional procedentes de la zona de “Tenguel” de 11.60 hasta 21.44. Los porcentajes elevados de testa se deban tal vez a los mencionado por (Alvarado y Bullard, 1961), citado por (Amores *et al.*, 2009), quienes indican que los porcentajes de testa usualmente, mantienen relación inversamente proporcional con el tamaño de la almendra lo cual indica que las almendras más grandes tienen menos porcentaje de testa y en las de menor tamaño la testa es más abundante, lo cual se observó en los tratamientos ya que muchas almendras tenían tamaño mediano razón por la cual se acepta la hipótesis alternativa (Ver Cuadro 6.).

4.1.3.6. Cotiledón (%)

Se observó diferencia estadística significativa entre los tratamientos, los porcentajes más altos lo obtuvieron T4 (86.11) y T14 (85.89), superando a los demás incluso al testigo, T20 (77.36) y T16 (79.80) presentaron menor porcentaje de cotiledón. Se registró un promedio general de 82.37 y un

coeficiente de variación de 3.32 % según la prueba de Tukey $P < 0.05$. Los porcentajes altos concuerdan con (Sánchez, 2011), quien obtuvo 83.33 % de promedio en clones de cacao Criollos o Finos, con un valor máximo de 87.75 y mínimo de 78.74 %. Los tratamientos también se relacionan con los cacaos “Trinitarios”, ya que según (Crespo y Crespo, 1997), esta variedad alcanza hasta un 85 % de cotiledón, razón por la cual se acepta la hipótesis alternativa (Ver Cuadro 6.).

4.1.3.7. Ancho de almendra (cm)

Para esta variable se observa que no hubo diferencia estadística entre tratamientos, T2 (1.73) y T12 (1.70) alcanzaron los valores más altos superando a los demás y al testigo T21 (1.43), mientras que T6 (1.30) obtuvo el valor más bajo, registrándose un promedio de 1.52 y un coeficiente de variación de 15.59 %. Estos datos coinciden con lo manifestado por (Braudeau, 1970), quien establece que el ancho de las semillas presentan variación en un rango que oscila entre 1.00 y 1.70 cm razón por la cual se acepta la hipótesis alternativa (Ver Cuadro 6.).

4.1.3.8. Largo de almendra (cm)

No se encontró diferencia estadística pero los tratamientos si difirieron numéricamente entre ellos, T10 (2.95) y T9 (2.90) superaron a todos incluso al testigo T21 (2.88) con los valores más altos, mientras que el valor más bajo fue para T2 (2.35), registrándose un promedio general de 2.73 y un coeficiente de variación de 9.09 %, los promedios de los tratamientos en estudio superan a los obtenidos por (Álvarez *et al.*, 2007),

que estudiaron cacaos criollos Venezolanos y obtuvieron valores de 1.28 a 1.33. Coinciden también con lo sustentado por (Braudeau, 1970), quién establece que las semillas de cacao tienen forma de “haba gruesa” que carece de “albumen” con una longitud de entre 2 y 3 cm, aceptándose la hipótesis alternativa (Ver Cuadro 6).

CUADRO ^oN 6. Promedios para las variables físicas presentes en 20 cruces interclonales de cacao (*Theobroma cacao*. L), provenientes de la Finca Experimental "La Represa". FCI.UTEQ. 2013.

Tratamientos		P.T. (%)		P.C. (%)		A.A. (cm)		L.A. (cm)	
T1	LR14xL11H19	16,70	a b	83,31	a b	1,40	a	2,83	a
T2	LR14xL49H98	15,90	b	84,10	a	1,73	a	2,35	a
T3	LR16xL11H19	15,39	b	84,61	a	1,58	a	2,75	a
T4	LR17xL11H19	13,89	b	86,11	a	1,63	a	2,74	a
T5	LR14xL18H58	15,37	b	84,63	a	1,53	a	2,70	a
T6	LR18xL46H75	18,72	a b	81,28	a b	1,30	a	2,68	a
T7	LR18xL46H88	17,32	a b	82,69	a b	1,58	a	2,60	a
T8	LR16xEET103	18,09	a b	81,91	a b	1,45	a	2,88	a
T9	LR16xL18H58	17,60	a b	82,40	a b	1,60	a	2,90	a
T10	LR18xL49H98	14,52	b	85,48	a	1,40	a	2,95	a
T11	LR14xL26H64	16,92	a b	83,08	a b	1,58	a	2,88	a
T12	LR17xL49H98	18,60	a b	81,40	a b	1,70	a	2,73	a
T13	LR17xL46H75	14,71	b	85,29	a	1,73	a	2,83	a
T14	LR17xL18H58	14,11	b	85,89	a	1,45	a	2,70	a
T15	LR20xL49H98	14,46	b	85,54	a	1,65	a	2,75	a
T16	LR14xL12H30	20,20	a b	79,80	a b	1,48	a	2,73	a
T17	LR14xL15H31	18,74	a b	81,26	a b	1,38	a	2,58	a
T18	LR14xL46H57	17,61	a b	82,39	a b	1,45	a	2,58	a
T19	LR18xL26H64	19,51	a b	80,49	a b	1,38	a	2,65	a
T20	LR16xL46H75	22,65	a	77,36	b	1,43	a	2,63	a
T21	EET-103 testigo	16,99	a b	83,01	a b	1,43	a	2,88	a
Promedio		17,05		82,95		1,52		2,73	
V. Máximo		22,65		86,11		1,73		2,95	
V. Mínimo		14,11		77,36		1,30		2,35	
C.V. (%)		14,80		3,04		15,59		8,96	

Los promedios con letras diferentes, difieren estadísticamente entre sí, según la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

Fuente: Díaz. 2013

P.T: Porcentaje de testa

L.A: Ancho de almendra

P.C: Porcentaje de cotiledón

L.A: Largo de almendra

4.1.4. Valoración Química de las almendras de cacao

4.1.4.1. Grasa (%)

Para esta variable no existió diferencia significativa entre tratamientos, T3 (45.35) difirió de lo demás, incluso superó al testigo T21 (44.57), mientras que T6 (40.41) presentó el valor más bajo. Se registró un promedio general de 42.65 y un coeficiente de variación de 4.64%, Los porcentajes discrepan con (Steimberg *et al.*, 2003), citado por (Jahurul *et al.*, 2012) afirmando que el porcentaje de grasa en las habas de cacao debe estar entre 50 y 57 % ya que es el responsable directo de las propiedades y el aroma de la pasta de cacao. Algo similar argumentó (Amores *et al.*, 2009) indicando que el contenido de grasa usualmente varía del 50 al 55 % en cacao fresco y luego de ser tostado dicho contenido baja oscilando entre 48 y 52 %. Los porcentajes estuvieron por debajo de los valores óptimos y tal vez esto se deba al tamaño de la almendra, ya que es importante porque pueda afectar al rendimiento de grasa, ya que almendras con peso menor de 1 g suministran altos porcentajes de cascarillas con bajos niveles en el contenido graso (Manual de Productos Básicos, 1991), por lo cual se rechaza la hipótesis alternativa (Ver Cuadro 6.).

4.1.4.2. Humedad (%)

No existe diferencia significativa estadística entre tratamientos pero si diferencia numérica, T13 (8.67) y T15 (8.58) obtuvieron los valores más elevados superando a los demás y al testigo T21 (6.25), mientras que T14 (7.04) y T7 (7.15) obtuvieron los menores valores, con un promedio general de 7.93 y un coeficiente de variación de 13.38 %, algunos tratamientos no se ajustan a la Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 176, en la cual se indica que las almendras de cacao deben tener 7% de humedad para poder ser comercializadas sin riesgo a ser afectado por

mohos e insectos. Criterio que coincide con (Braudeau, 1970), quien sostiene que las almendras después del secado deben tener un rango de humedad relativa de entre 6 y 7 % para que no sean propensas a sufrir ataques de moho. Los porcentajes altos de humedad se justifican por lo argumentado por (Crespo y Crespo, 1997), quienes plantearon un rango más amplio indicando que para la variedad CCN-51 cacao que posee características predominantes de Trinitario, el porcentaje de humedad puede ser de 7.91 % y para el cacao tipo Nacional puede tener un aumento de 0.53 por ciento más ósea 8.44 % por lo cual se rechaza la hipótesis alternativa (Ver Cuadro 7.).

4.1.4.3. Energía (Kcal/g)

Los tratamientos no presentaron diferencia estadística significativa pero si difirieron numéricamente, los valores máximos lo adquirieron T9 (7.52); T1 y T17 (7.21) que superaron a todos incluso al testigo T21 (7.00), mientras que el mínimo valor lo obtuvo T2 (6.85). Se registró un promedio general de 7.08 y coeficiente de variación de 7.97 %, esto valores obtenidos en cada tratamiento son en base a 1.2 g de pasta y concuerdan con (Muñoz, 2010), quien establece que en 100 gr de pasta de cacao hay un valor energético de 644 Kcal. Algo similar sostuvo (Beckett, 2000), citado por (De la Cruz y Pereira, 2009), aludiendo que la pasta de cacao puro tiene 530 Kcal por lo cual se acepta la hipótesis alternativa (ver cuadro 7.).

4.1.4.4. Ceniza (%)

Se puede apreciar que no existe diferencia significativa entre tratamientos pero si difieren numéricamente, los valores máximos de ceniza se registraron en T3 (3.31) y T2 (3.21) superando a todos menos al testigo T21 (3.33), mientras que T4 y T20 (2.68) consiguieron el menor valor, el

promedio general fue de 3.00 y el coeficiente de variación de 14.99 %, estos valores coinciden con (Enríquez, 1993), quien indica que el porcentaje de ceniza del grano es uno de los componentes que nos permite distinguir al cacao común con menos de 2,5% de ceniza del cacao fino y de aroma con porcentajes superiores al 3%. Asimismo los valores coinciden con los obtenidos por (Álvarez *et al.*, 2007), quienes registraron para los cacaos “Criollos” Venezolanos valores de 2.86 a 3.32 % de ceniza por lo cual se acepta la hipótesis alternativa (Ver Cuadro 7.).

CUADRO ^oN 7. Promedios de las variables químicas presentes en 20 cruces interclonales de cacao (*Teobroma cacao. L*), provenientes de la finca experimental "La Represa". FCI.UTEQ. 2013

Tratamientos		Grasa (%)		Humedad (%)		Energía (Kcal/g)		Ceniza (%)	
T1	LR14xL11H19	41,02	a	8,54	a	7,21	a	3,03	a
T2	LR14xL49H98	41,94	a	7,93	a	6,85	a	3,21	a
T3	LR16xL11H19	45,35	a	7,81	a	7,15	a	3,31	a
T4	LR17xL11H19	43,78	a	8,31	a	7,18	a	2,68	a
T5	LR14xL18H58	43,06	a	8,06	a	6,99	a	3,00	a
T6	LR18xL46H75	40,41	a	7,68	a	7,04	a	3,04	a
T7	LR18xL46H88	42,14	a	7,15	a	7,16	a	2,69	a
T8	LR16xEET103	42,28	a	8,31	a	6,95	a	3,16	a
T9	LR16xL18H58	43,55	a	7,91	a	7,52	a	3,18	a
T10	LR18xL49H98	43,80	a	8,03	a	7,15	a	2,93	a
T11	LR14xL26H64	43,46	a	8,14	a	6,90	a	2,84	a
T12	LR17xL49H98	41,95	a	8,13	a	7,14	a	2,74	a
T13	LR17xL46H75	43,88	a	8,67	a	7,15	a	2,99	a
T14	LR17xL18H58	42,50	a	7,04	a	7,16	a	2,84	a
T15	LR20xL49H98	42,55	a	8,58	a	7,01	a	2,90	a
T16	LR14xL12H30	42,90	a	8,14	a	7,01	a	2,95	a
T17	LR14xL15H31	40,79	a	8,18	a	7,21	a	3,09	a
T18	LR14xL46H57	41,75	a	7,29	a	7,00	a	3,15	a
T19	LR18xL26H64	42,18	a	8,50	a	7,03	a	3,29	a
T20	LR16xL46H75	41,72	a	7,92	a	6,95	a	2,68	a
T21	EET-103 testigo	44,57	a b	6,25	a	7,00	a	3,33	a
Promedio		42,65		7,93		7,08		3,00	
V. Máximo		45,35		8,67		7,52		3,33	
V. Mínimo		40,41		6,25		6,85		2,68	
C.V. (%)		4,64		13,38		7,97		14,99	

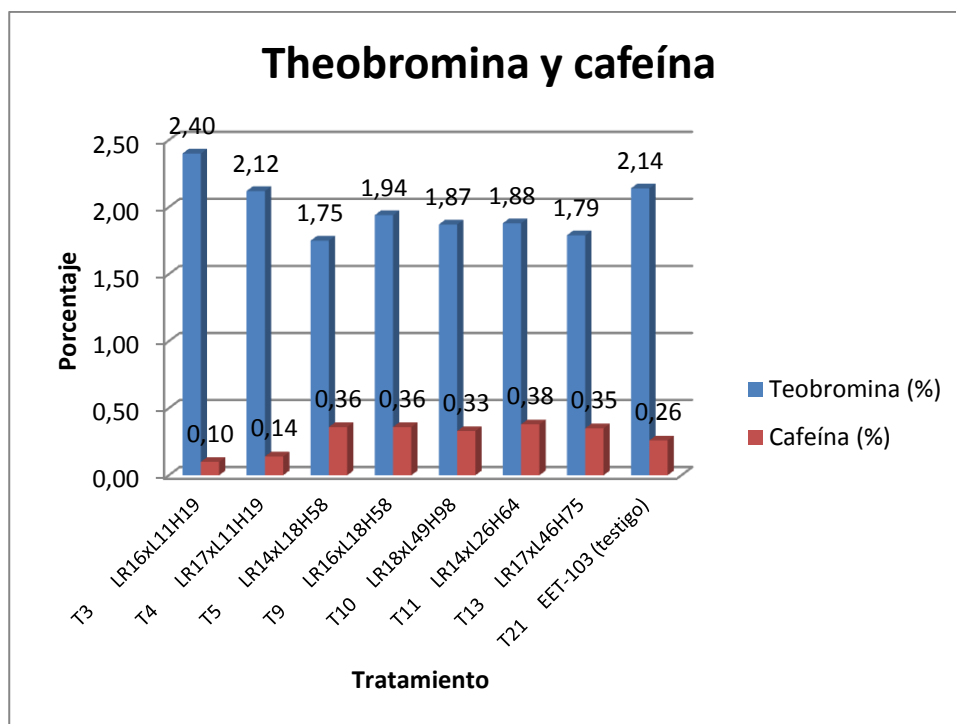
Los promedios con letras diferentes, difieren estadísticamente entre sí, según la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

Fuente: Díaz. 2013

4.1.4.5. Teobromina y cafeína (%)

La Figura 6, muestra las concentraciones de theobromina presente en la pasta de cacao, los valores mayores entre los tratamientos lo obtuvieron T3 (2.40) y T4 (2.12) incluso superando al testigo T21 (2.14), mientras que T5 (1.75) obtuvo el menor valor, estos porcentajes coinciden con los obtenidos por (Zambrano *et al.*, 2010), que registró porcentajes de theobromina para cacao criollo Merideño Fino de 1.59 y 2.22 para cacao Forastero de Ghana. Algo similar registraron (Amores *et al.*, 2009), que obtuvieron valores para cacao Esmeraldeño en época lluviosa de 1.73, mientras que para la época seca fue de 1.80, el mismo autor argumenta que cacaos Ecuatorianos finos aromáticos registraron valores de hasta 2.1 en varios lotes. Asimismo (Cros, 1997), argumenta que el contenido de los alcaloides en el cacao es importante para la obtención de un chocolate de buena calidad sensorial, ya que dichos componentes le confieren astringencia y sabor amargo al producto.

Con relación a la cafeína, el tratamiento que obtuvo mayor porcentaje fue T11 (0.38), superó al testigo T21 (0.26), mientras que T3 (0.10) registró el menor valor. En estudios realizados por (Zambrano *et al.*, 2010), registraron valores de 0.81 % en cacao Criollo Merideño Fino, mientras que en tipo Forastero el valor fue de 0.19 %, comparado con las muestras en estudio los valores se asemejan al cacao criollo pero superan al cacao Forastero. Asimismo estudios realizados por (Amores *et al.*, 2009), registraron valores de 0.36 y 0.42 % en época lluviosa y seca respectivamente, los tratamientos T3 y T4 registraron valores muy inferiores y se asemejan a los obtenidos por (Rivera *et al.*, 2012), quienes registraron valores que no sobrepasaron el 0.5 %.



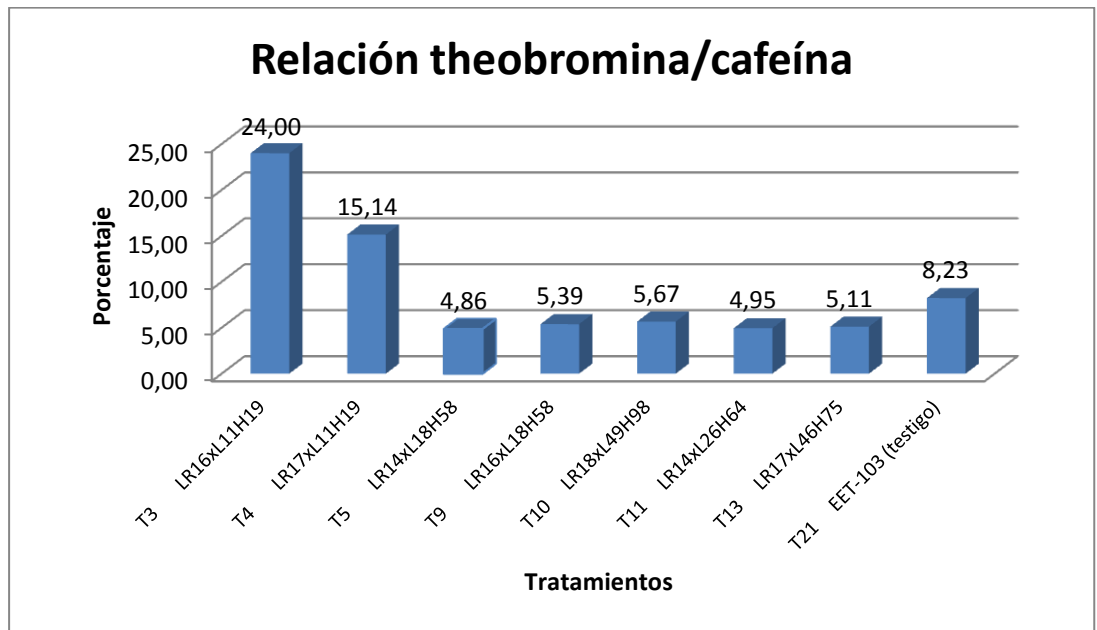
Elaborado por: Díaz. 2013

Figura 6. Gráfico de barras en el cual se indica los porcentajes de theobromina y cafeína registrado para los 20 cruces interclonales de cacao en estudio y el testigo, provenientes la Finca Experimental “La Represa”. FCI. UTEQ. 2013.

4.1.4.6. Relación theobromina y cafeína

La figura 7, muestra los valores de relación entre theobromina y cafeína pudiéndose observar que T3 (24.00) y T4 (15.14) manifestaron una relación alta superando al testigo, mientras que T5 (4.86), T11 (4.95), T13 (5.11), T9 (5.39) y T10 (5.67) adquirieron los valores más bajos, con relación al testigo T21 (8.23). Se puede observar que T5, T11, T13, T9 y T10 son cacaos con características “Arriba” ya que según Amores (Amores *et al.*, 2009), para cacaos finos de aroma los valores deben variar de 4.0 a 5.0, en cambio altos valores para la relación theobromina/cafeína, están asociados con orígenes de una menor calidad

aromática. Si esta relación se acerca o supera la cifra de 10 pertenece a los cacaos corrientes como Forasteros como T3 y T4. El testigo T21 (8.23), registró un valor elevado tal vez esto se deba a que tienes genes de cacao Trinitario, ya que fue producto del cruce entre cacaos Criollos Venezolanos y Cacao Nacional. En estudios realizado por (Zambrano *et al.*, 2010), registraron para cacao forastero valores que fluctúan entre 11.32 y 12.05, mientras que para cacaos Criollos los valores oscilaron entre de 1.81 a 2.19. Valores diferentes obtuvieron (Amores *et al.*, 2009), registrando una relación de 4.80 y 4.39 para las épocas lluviosa y secas, mientras que para cacao nacional el valor promedio es de 4.78.

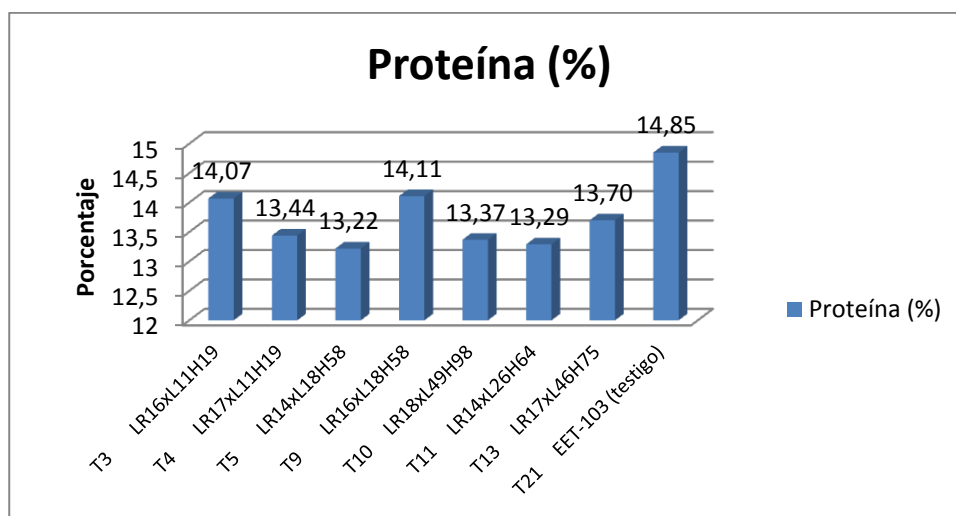


Elaborado por: Díaz. 2013

Figura 7. Gráfico de barras en el cual se indica la relación de theobromina y cafeína registrado para los 8 cruces interclonales de cacao en estudio y el testigo, provenientes la Finca Experimental “La Represa”. FCI. UTEQ. 2013.

4.1.4 7. Proteína (%)

En la figura 8, se presentaron los valores de proteína obtenidos de los 7 cruces interclonales y el testigo, donde T9 (14.11) obtuvo el mayor valor entre los tratamientos pero no superó al T21 con 14.85 %, mientras que por debajo estuvieron T5 (13.22) y T11 (13.29) con los valores más bajos. Con un valor mínimo y máximo entre 14.85 y 13.22 respectivamente, los valores de los tratamientos son superiores a los registrados por (Lerceteau *et al.*, 1999), quienes estudiaron el clon forastero amazónico IMC 97 de Quevedo, obteniendo 12% de proteína. Pero coinciden con datos registrados por (Álvarez *et al.*, 2007), que estudiaron cacao “Criollos” tradicionales Venezolanos obteniendo un rango de variabilidad de 12.31 a 14.00%. Algo similar registraron (Perea *et al.*, 2010), en cacaos Criollos 14.6 %, y en cacaos Trinitarios 14.0 %, mientras que para forasteros obtuvieron 14.1 %.

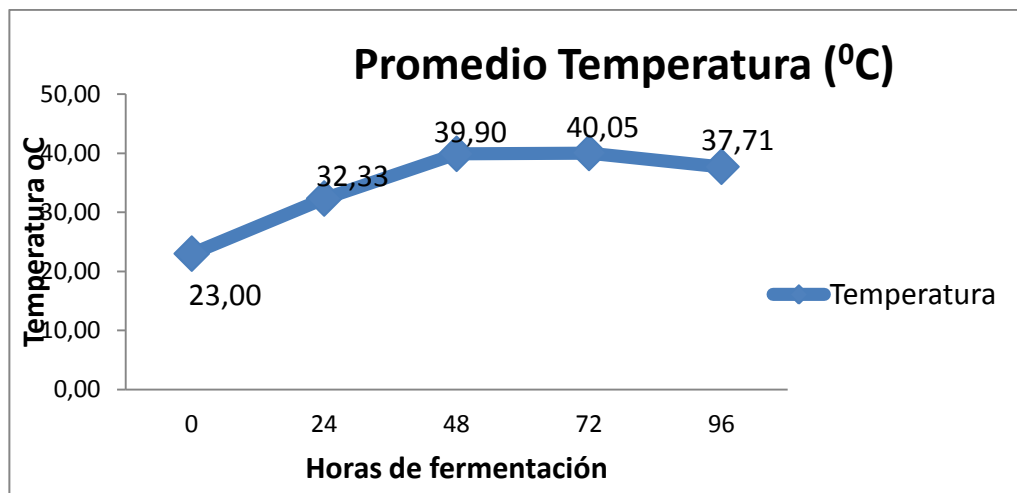


Elaborado por: Díaz. 2013

Figura 8. Gráfico de barras en el cual se indica los porcentajes de proteína registrado para los 8 cruces interclonales de cacao en estudio, provenientes la Finca Experimental “La Represa”. FCI. UTEQ. 2013.

4.1.4.8. Temperatura en fermentación (°C)

En la Figura 9, se puede observar que la temperatura se incrementó progresivamente con relación a la temperatura inicial 23,00°C, hasta las 72 horas de fermentación la temperatura se incrementó hasta 40.05 °C, en el transcurso de las 96 horas la temperatura descendió hasta llegar a 37.71 °C.



Elaborado por: Díaz. 2013

Figura 9. Curvas de variación de temperatura mediante promedios, en el proceso de fermentación de 20 cruces interclonales de cacao de la UTEQ Finca Experimental “La Represa”. FCI. UTEQ. 2013.

a. 24 Horas

Se puede apreciar que no existió diferencia estadística entre tratamientos pero si difirieron numéricamente, a las 24 horas de haberse instalado la masa los tratamientos que incrementaron temperatura de forma más rápido fueron T5 y T8 (34.00) superando a todos incluso al testigo T21 (33.25), T2 y T1 (30.50) obtuvieron la temperatura más baja. Se obtuvo un promedio general de 32.33 y un coeficiente de variación de 5.77 % (Ver Cuadro 8.).

b. 48 horas

En este tiempo de fermentación no existió diferencia estadística entre tratamientos, sobresalieron con temperatura alta T5 y T10 (41.50) que superaron a todos los demás incluso al testigo T21 (39.00), mientras que T8 (37.25) obtuvo menor promedio en temperatura. Se registró un promedio de 39.90 un coeficiente de variación de 3.89 %, La temperatura de las almendras a las 48 horas de fermentación fluctuó entre 37.25 y 41.50 °C, criterio que coincide con lo establecido por (Enríquez, 1985), el cual indica que la temperatura sube rápidamente las primeras 48 horas y puede presentar un promedio de entre 34 y 40 °C (Ver cuadro 8).

c. 72 Horas

Los tratamientos no presentaron diferencia estadística significativa pero si presentaron diferencia numérica, T9 y T16 (41.25) prevalecieron con temperatura más elevada, asimismo T1 (38.25) y T2 (39.25) lograron la temperatura más baja. Se registró un promedio de 40.05 °C con un coeficiente de variación de 4.10 % (Ver Cuadro 8.).

d. 96 Horas

Cumplidas las 96 horas, de fermentación los tratamientos no presentaron diferencia estadística significativa pero si hubo diferencia numérica, T7 (39.50), T5 (39.00) y T9 (39,00) alcanzaron la temperatura más elevada, mientras que T1 y T3 (37.00) fueron los promedios más bajos, el promedio general fue 37.71 y el coeficiente de variación de 6.67 %, estos datos no se ajustan a (Enríquez, 1985), quien argumenta que durante las

72 y 96 horas hasta el fin de la fermentación los cambios térmicos fluctúan de 42 a 45 °C en promedio (Ver Cuadro 8.).

CUADRO °N 8. Promedios registrados para Temperatura (°C) en proceso de fermentación de 20 cruces interclonales de cacao (*Theobroma cacao L.*), provenientes de la finca experimental "La Represa". FCI. UTEQ. 2013.

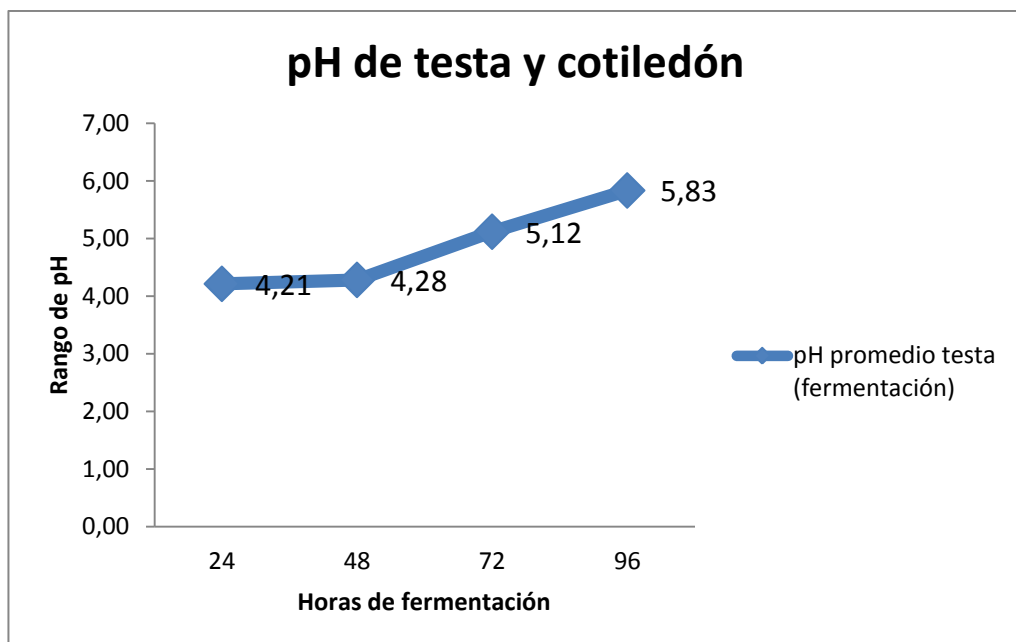
Tratamientos		Horas								Temp. Prom.
		24		48		72		96		
T1	LR14xL11H19	30,50	a	39,00	a b	38,25	a	37,00	a	36,19
T2	LR14xL49H98	30,50	a	38,50	a b	39,25	a	36,50	a	36,19
T3	LR16xL11H19	33,00	a	40,50	a b	39,50	a	37,00	a	37,50
T4	LR17xL11H19	31,50	a	40,25	a b	40,25	a	36,25	a	37,06
T5	LR14xL18H58	34,00	a	41,50	a	39,75	a	39,00	a	38,56
T6	LR18xL46H75	31,25	a	38,75	a b	40,50	a	38,50	a	37,25
T7	LR18xL46H88	32,50	a	39,50	a b	41,00	a	39,50	a	38,13
T8	LR16xEET103	32,75	a	37,25	b	40,25	a	37,50	a	36,94
T9	LR16xL18H58	31,50	a	40,75	a b	41,25	a	39,00	a	38,13
T10	LR18xL49H98	33,25	a	41,50	a	40,50	a	38,25	a	38,38
T11	LR14xL26H64	31,00	a	40,25	a b	39,50	a	37,25	a	37,00
T12	LR17xL49H98	32,75	a	39,25	a b	40,25	a	38,50	a	37,69
T13	LR17xL46H75	31,75	a	41,25	a b	40,50	a	37,50	a	37,75
T14	LR17xL18H58	32,50	a	40,00	a b	39,50	a	36,50	a	37,13
T15	LR20xL49H98	33,75	a	40,00	a b	40,75	a	38,00	a	38,13
T16	LR14xL12H30	33,25	a	40,25	a b	41,25	a	38,25	a	38,25
T17	LR14xL15H31	32,25	a	40,00	a b	39,75	a	37,50	a	37,38
T18	LR14xL46H57	34,00	a	40,00	a b	40,25	a	38,00	a	38,06
T19	LR18xL26H64	31,75	a	40,50	a b	39,50	a	37,25	a	37,25
T20	LR16xL46H75	32,00	a	40,00	a b	39,25	a	37,75	a	37,25
T21	EET-103 testigo	33,25	a	39,00	a b	40,00	a	37,00	a	37,31
Promedio		32,33		39,90		40,05		37,71		37,50
V. Máximo		34,00		41,50		41,25		39,50		38,56
V. Mínimo		30,50		37,25		38,25		36,25		36,19
C.V. (%)		5,77		3,89		4,10		6,67		0,00

Los promedios con letras diferentes, difieren estadísticamente entre sí, según la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

Fuente: Díaz. 2013

4.1.4.9. pH en almendras de cacao

La Figura 10, muestra el incremento de pH de los tratamientos en estudio, se puede observar que durante el primer día de fermentación el pH tuvo poco incremento subiendo de 4.21 a 4.28, transcurridas las 72 horas de fermentación el pH sufrió un incremento a 5.12 el cual a las 96 horas siguió subiendo hasta llegar a 5.83.



Elaborado por: Irvin Díaz 2013

Figura 10. Curva de incremento de pH registrado en 20 cruces interclonales de cacao provenientes la Finca Experimental “La Represa”. FCI. UTEQ. 2013.

4.1.4.9.1. pH de Testa en tiempo de fermentación

a. pH de testa a las 24 horas

Transcurrido 24 horas de fermentación se pudo observar que existió diferencia estadística significativa entre tratamientos, T20 (4.43) alcanzó el valor más alto sin superar al testigo T21 (5.12), mientras el valor mínimo fue para T1 (3.87). Se registró un promedio general de 4.21 con un coeficiente de variación de 7.37 % (Ver Cuadro 9.).

b. pH de testa a las 48 horas

Cuando se cumplieron las 48 horas de fermentación en las muestras, se observó que no existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos pero si hubo diferencia numérica, T19 (4.61) y T20 (4.51) consiguieron el máximo valor sin superar al testigo T21 (4.76), mientras que el valor mínimo lo obtuvo T1 (3.99). Se registró un promedio general de 4.28, con coeficiente de variación de 11.64 % (Ver Cuadro 9.).

c. pH de testa a las 72 horas

Transcurrido 72 horas de fermentación se observó que no existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos pero si hubo diferencia numérica, T14 y T20 (5.64) lograron el máximo valor sin superar al testigo T21 (5.98), mientras que el valor mínimo lo obtuvo T10 (4.42). Se registró un promedio general de 5.12, con coeficiente de variación de 13.94 % esto coincide con lo manifestado por (Enríquez, 1985), el cual indica que hasta el tercer día el valor sube lentamente hasta obtener un 4 de pH (Ver Cuadro 9.).

d. pH de testa a las 96 horas

Cuando finalizó el proceso de “beneficio” a las 96 horas se pudo observar que no hubo diferencia estadística significativa entre tratamientos pero si hubo diferencia numérica, el valor máximo estuvo en T19 (6.56) que superó a todos incluso al testigo T21 (4.98), el valor mínimo lo consiguió T10 (4.94) con un coeficiente variación de 12.60 %. Al finalizar se registró promedio general que aumento hasta alcanzar 5.83, con rango mínimo y máximo de 4.94 a 6.56 estos promedios discrepan con lo manifestado por (Enríquez, 1985), quien indica que en el transcurso del tercer día hacia cuarto el pH sube rápidamente hasta llegar a 4.75, pero si coinciden con los obtenidos por (Pastorelly, 1992), quien investigó sobre cacao tipo Nacional procedente de la zona de “Tenguel”, y obtuvo 5.48 de promedio con un valor mínimo 4.20 y máximo de 7.70 (Ver Cuadro 9.).

e. pH de testa en almendras fermentadas y secas

Los tratamientos no presentaron diferencia estadística significativa pero si difirieron numéricamente, T7 (6.62) y T3 (6.59) lograron los valores más altos superando al testigo T21 (5.94), mientras que T18 (5.70) consiguió el valor más bajo. Se registró promedio general de 6.19 con un coeficiente de variación 11.97 %. Comparando los promedios a las 24 (4.21) y 96 (6.19) horas, se observó que hubo un aumento de pH, coincidiendo con lo mencionado por (Forsyth 1957) y (Quesnel 1958) citado por (Pastorelly 1992), quienes atribuyen este fenómeno al secado, ya que en este ocurre una fase oxidativa en la cual se eliminan los ácidos presentes logrando así un acenso del pH (Ver Cuadro 9.).

f. pH de cotiledón en almendras fermentadas y secas

Se observó que no existe diferencia estadística entre tratamientos, T19 (6.27) y T5 (6.11) lograron los valores superiores superando incluso al testigo T21 (5.89), los promedios más bajos lo adquirieron T9 (5.69) y T18 (5.71). Se registró un promedio general de 5.88 con un coeficiente de variación de 7.07 %. Estos resultados se ajustan con (Armijos, 2002) quien indica que el pH idóneo para que el cacao sea catalogado como de calidad debe encontrarse en un rango de 5.10 a 5.40 pH. Algo similar manifestó (Calderón, 2002), aludiendo que cualquier cacao que tenga pH inferior a 5.0, indica presencia de ácidos no volátiles indeseables que dan al producto aromas y sabores desagradables (Ver Cuadro 9.).

CUADRO ^oN 9. Promedios registrados para pH, en almendras de 20 cruces interclonales de cacao (*Theobroma cacao*. L), provenientes de la finca experimental "La Represa". FCI.UTEQ. 2013.

Tratamientos		pH de testa en fermentación								pH de almendras secas			
		Horas											
		24		48		72		96		Testa		Cotiledón	
T1	LR14xL11H19	3,87	b	3,99	a	4,92	a	6,01	a	6,39	a	5,96	a
T2	LR14xL49H98	4,15	b	4,28	a	4,98	a	5,98	a	6,35	a	5,80	a
T3	LR16xL11H19	4,09	b	4,21	a	5,35	a	6,21	a	6,59	a	5,86	a
T4	LR17xL11H19	3,93	b	4,07	a	4,78	a	6,09	a	5,90	a	5,75	a
T5	LR14xL18H58	3,91	b	4,02	a	4,77	a	5,03	a	6,35	a	6,11	a
T6	LR18xL46H75	3,95	b	4,03	a	4,57	a	5,51	a	5,92	a	5,63	a
T7	LR18xL46H88	4,05	b	4,39	a	4,86	a	5,79	a	6,62	a	5,97	a
T8	LR16xEET103	4,27	b	4,12	a	4,77	a	5,72	a	6,18	a	5,74	a
T9	LR16xL18H58	4,08	b	4,06	a	4,77	a	5,80	a	5,90	a	5,69	a
T10	LR18xL49H98	4,15	b	4,07	a	4,42	a	4,94	a	6,00	a	5,75	a
T11	LR14xL26H64	4,26	b	4,36	a	5,02	a	6,32	a	6,42	a	6,03	a
T12	LR17xL49H98	4,33	a b	4,30	a	4,86	a	5,57	a	6,26	a	5,97	a
T13	LR17xL46H75	4,13	b	4,16	a	5,35	a	5,94	a	6,15	a	5,83	a
T14	LR17xL18H58	4,17	b	4,23	a	5,64	a	5,78	a	6,09	a	5,75	a
T15	LR20xL49H98	4,40	a b	4,39	a	5,08	a	6,19	a	6,42	a	5,80	a
T16	LR14xL12H30	4,41	a b	4,58	a	5,42	a	5,89	a	5,89	a	6,04	a
T17	LR14xL15H31	4,31	b	4,37	a	5,45	a	6,28	a	6,49	a	5,97	a
T18	LR14xL46H57	4,13	b	4,41	a	5,21	a	5,76	a	5,70	a	5,71	a
T19	LR18xL26H64	4,34	a b	4,61	a	5,63	a	6,56	a	6,51	a	6,27	a
T20	LR16xL46H75	4,43	a b	4,51	a	5,64	a	6,15	a	5,95	a	5,98	a
T21	EET-103 testigo	5,12	a	4,76	a	5,98	a	4,98	a	5,94	a	5,89	a
Promedio		4,21		4,28		5,12		5,83		6,19		5,88	
V. Máximo		5,12		4,76		5,98		6,56		6,62		6,27	
V. Mínimo		3,87		3,99		4,42		4,94		5,70		5,63	
C.V. (%)		7,37		11,64		13,94		12,60		11,97		7,07	

Los promedios con letras diferentes, difieren estadísticamente entre si, según la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

Fuente: Díaz. 2013

4.1.5. Perfil sensorial

4.1.5.1. Sabores básicos

Las muestras de los tratamientos provenientes de T6, T8 y T10 registraron un valor de 7 lo cual indica que son muy amargos.

Los valores de astringencia oscilaron entre 8 y 7 para los tratamientos T17, T8, T10 y T13 indicando un sabor astringente alto.

T12 y T16 se detectaron los mayores valores de acidez con valores de 4 marcando intensidad media.

Estos valores fueron superiores comparados con el testigo que adquirió amargor y astringencia de 3 y un valor de acidez de 2, indicando una intensidad baja y media. (Ver Cuadro 10.). Tal vez estos valores altos se deban a que ciertos materiales necesiten más tiempo de fermentación, ya que no todos tienen las mismas características y discrepan con los registrados por (Solórzano, 2011), quien en muestras de licor de cacao Nacional Fino de aroma proveniente de varias asociaciones productoras del país, registró para amargor, astringencia y acidez, valores de 3.3, 3.2 y 3.0 respectivamente, indicando que los sabores frutales y florales tienen una relación inversa con la acidez y la astringencia. (Cros, 2004), indica que los sabores intensos no siempre parecen ser buenos en las pastas, ya que un chocolate elaborado de almendras con una fermentación incompleta tendrá un sabor amargo y astringente y por completo desagradable.

4.1.5.2. Sabores Específicos

Respecto a los sabores específicos se pudo denotar mayor intensidad de sabor a cacao en T4, T5, T7, T20 y el testigo T21, que registraron notas altas de a sabor a cacao con valores de 6, 7, 6, 6 y 6 respectivamente.

La característica arriba estuvo presente con mayor fuerza en T5, T7, T20 que presentaron valores interesantes de 7, 6 y 6 respectivamente en comparación con el testigo T21 (7), mientras que T3, T5, T11, T13, T19, T20 y T21 denotaron intensidad media en sabor frutal con valores de 4 a 5.

El sabor a nuez fue bajo para todos los tratamientos, en T4 y T18 con un valor de 3 se presentó con intensidad media (Ver Cuadro 10.).

Estos valores difieren con los registrados por (Solórzano, 2011), que para sabor cacao, arriba, frutal y nuez, presentaron notas de 3.5, 1.8, 3.1 y 1.9 respectivamente. Los datos de los tratamientos en estudio están relacionado con lo argumentado por (Hardy, 1961) y (Vera, 1993), quienes mencionan que los grupos Nacionales poseen un sabor muy particular y diferente que se lo describe como sabor floral. (Ramos *et al.*, 2005) menciona que el sabor a cacao es típico de los cacaos tipo Forasteros y Trinitarios.

4.1.5.3. Sabores adquiridos

El sabor pizarro está presente con mayor intensidad en T6 y T17 con un valor de 7, en los demás tratamientos el sabor pizarroso estuvo presente pero no fue intenso. La presencia de sabor a moho se manifestó con intensidad en T1 con un valor de 6. La persección de sabor a verde se mostró con mayor intensidad en los licores de T17 y T18 con un valor de 5, mientras que para el testigo los sabores adquiridos Pizarra, moho y ver fueron casi nulos con 2, 1 y 2 respectivamente (Ver Cuadro 10.).

Se encontró sabor a químico en las muestras de T2, T7. También se descubrieron notas de sabor ranció en las muestras de T1 y T6, mientras que en T4, T5, T16 y T20 las muestras adquirieron sabor a quemado (Ver Cuadro 10.).

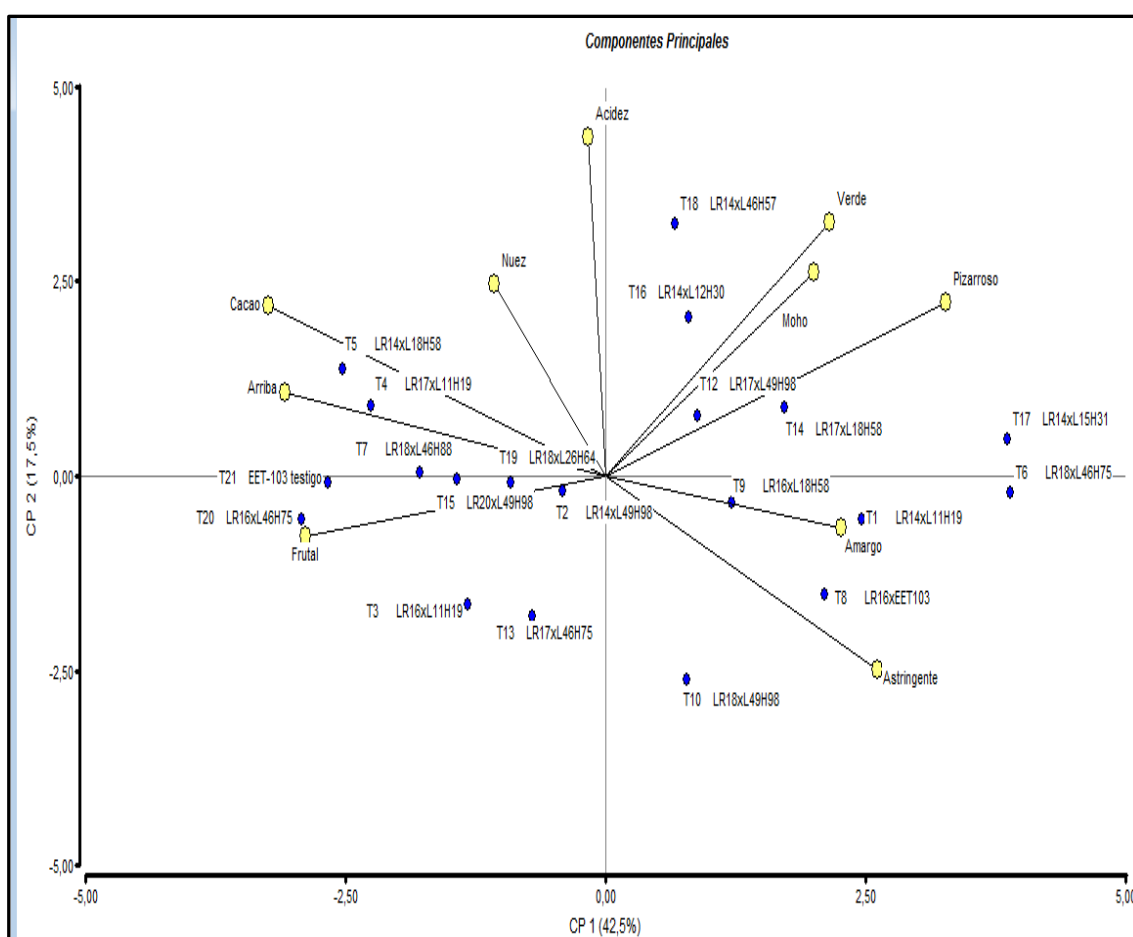
CUADRO ^oN 10. Valores del perfil sensorial de los 20 cruces interclonales de cacao (*Theobroma cacao* L.), provenientes de la finca experimental “La Represa”. FCI. UTEQ.2013.

Material		VARIABLES ORGANOLEPTICAS										Nota 1 a 10
		Sabores Básicos			Sabores Específicos				Sabores Adquiridos			
		Amargo	Astringente	Acidez	Cacao	Arriba	Frutal	Nuez	Pizarroso	Moho	Verde	
T1	LR14xL11H19	5	5	2	2	3	2	1	5	6	1	10
T2	LR14xL49H98	5	2	2	4	4	2	2	2	2	2	10
T3	LR16xL11H19	3	5	2	3	4	4	2	1	1	1	10
T4	LR17xL11H19	3	2	2	6	5	3	3	2	2	2	10
T5	LR14xL18H58	4	4	3	7	7	5	2	2	4	2	10
T6	LR18xL46H75	7	8	2	2	2	2	2	7	3	4	10
T7	LR18xL46H88	5	5	3	6	6	3	2	1	2	1	10
T8	LR16xEET103	7	7	1	3	3	2	2	4	2	3	10
T9	LR16xL18H58	5	5	2	4	4	2	1	4	2	4	10
T10	LR18xL49H98	7	7	1	3	4	2	2	2	1	1	10
T11	LR14xL26H64	4	3	2	5	5	4	2	3	2	2	10
T12	LR17xL49H98	4	6	4	4	2	3	2	5	3	1	10
T13	LR17xL46H75	5	7	2	5	5	4	1	2	2	1	10
T14	LR17xL18H58	4	5	3	4	4	1	1	5	4	3	10
T15	LR20xL49H98	2	3	2	5	3	2	2	2	2	2	10
T16	LR14xL12H30	6	5	4	5	5	2	2	5	2	4	10
T17	LR14xL15H31	5	8	2	2	2	2	2	7	4	5	10
T18	LR14xL46H57	6	2	3	5	5	2	3	5	4	5	10
T19	LR18xL26H64	4	3	2	5	5	4	2	3	2	2	10
T20	LR16xL46H75	4	3	2	6	6	5	2	2	1	1	10
T21	EET-103 testigo	4	3	2	6	7	4	2	2	1	2	10
Promedio		5	5	2	4	4	3	2	3	2	2	-----
V. Máximo		7	8	4	7	7	5	3	7	6	5	-----
V. Mínimo		2	2	1	2	2	1	1	1	1	1	-----

Elaborado por: Díaz. 2013

4.1.6. Análisis de componentes principales (ACP)

En la figura 12, se pudo apreciar que los CP1 (42.5%) y CP2 (17.5%) explican el 60% de la variabilidad existente. Los resultados indican que T4 y T5 se asocian con sabor arriba. T21 y T20 están más asociados con el sabor frutal, T1 y T9 se relacionan más con la variable amargor, asimismo T8 y T10 tienden a ser más astringentes, mientras que T12, T14, T16 y T18 se asocian con sabores a moho, verde y pizarroso. Los tratamientos T7, T19, T15, T2, T3 y T13 muestran gran tendencia a sabor frutal.



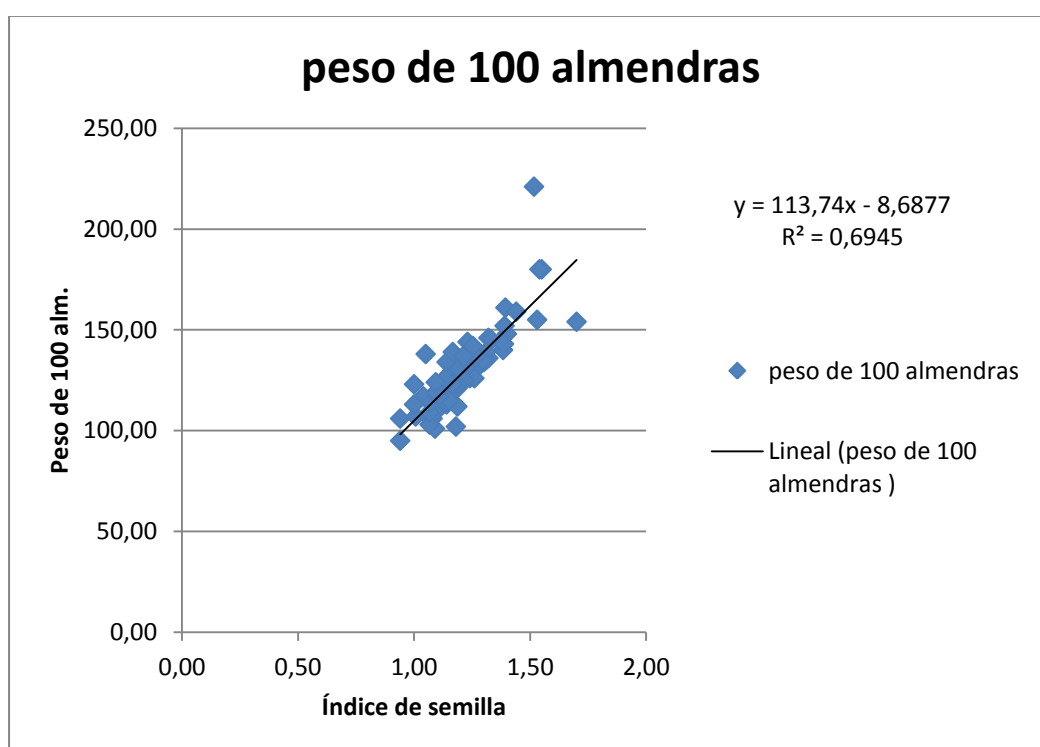
Elaborado por: Díaz. 2013

Figura 11. Componentes principales entre tratamientos, en función de las diferentes variables sensoriales de los 20 cruces interclonales de cacao Finca Experimental “La Represa”. FCI. UTEQ.2013.

4.1.7. Análisis de Regresión y Correlación

En el Cuadro 11, se puede apreciar los coeficientes de regresión y correlación entre las variables físicas y químicas de 20 cruces interclonales de cacao estudiados. Algunas de estas regresiones y correlaciones resultaron altamente significativas y otras significativas. La mayoría no mostraron ningún tipo de asociación.

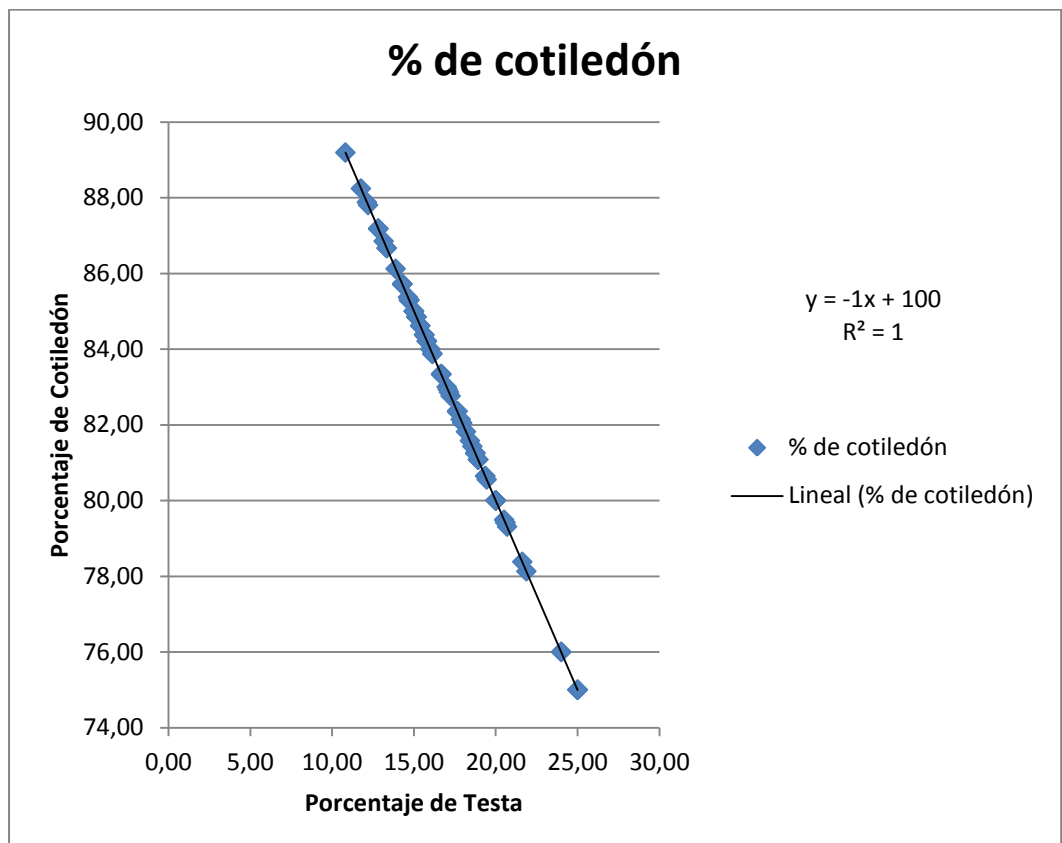
La figura 12, muestra que existió una asociación altamente significativa entre el índice de semilla y el peso de 100 almendras ($r^2 = 0,6945^{**}$), se puede apreciar en el modelo lineal que existe un 69.45 % por lo cual el peso de 100 almendras sea atribuible al índice o peso promedio de semilla.



Elaborado por: Díaz. 2013

Figura 12. Correlación entre el índice de semilla y el peso de 100 almendras, en los cruces interclonales de cacao. UTEQ. Finca Experimental “La Represa”. FCI. UTEQ. 2013.

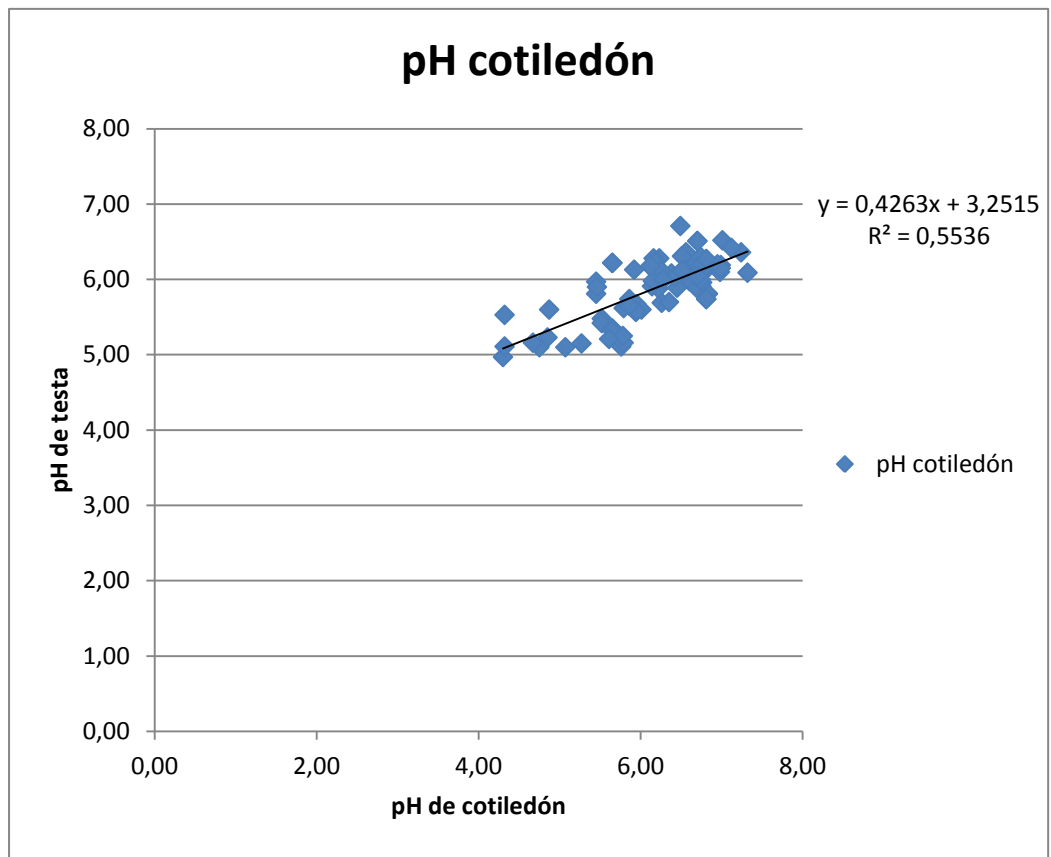
La figura 13, indica que existe asociación altamente significativa entre el porcentaje de testa y cotiledón ($r^2 = 1^{**}$), se puede apreciar en el modelo lineal que existe un 100 % por lo cual la disminución de testa en la almendra sea responsable del incremento de cotiledón en la almendra.



Elaborado por: Díaz. 2013

Figura 13. Correlación entre el porcentaje de testa y cotiledón, en los cruces interclonales de cacao. UTEQ. Finca Experimental “La Represa”. FCI. UTEQ. 2013.

Según la figura 14, se observa que existe asociación altamente significativa entre el pH de testa y cotiledón ($r^2 = 0,5536^{**}$), se puede apreciar en el modelo lineal que existe un 55.36 %, lo cual indica que a medida que se eleva el pH de la testa también se va eliminando el pH del cotiledón.



Elaborado por: Díaz. 2013

Figura 14. Regresión y correlación entre el pH de testa y cotiledón, en los cruces interclonales de cacao. UTEQ. Finca Experimental “La Represa”. FCI. UTEQ. 2013.

CUADRO ^oN 11. Coeficiente de regresión (b) y determinación (r²), de 15 variables en 20 cruce interclonales de cacao (*Teobroma cacao* L.), provenientes de la finca experimental "La Represa". UTEQ.FCI.2013

X\Y		Peso fresco	Rendimiento estimado	Indice de mazorca	Indice de semilla	P.100 alm.	Porcentaje testa	Porcentaje cotiledón	Ancho almendra	Largo almendra	% Grasa	% Humedad	Energía	% ceniza	pH testa	pH cotiledón
Peso Fresco	b ₁ ²	1														
Redimiento estimado	b ₁ ²	0,44	1													
	r ²	1,00														
Indice de mazorca	b ₁ ²	29,09	29,09	1												
	r ²	0,02	0,02													
Indice de semilla	b ₁ ²	1,22	1,22	1,47	1											
	r ²	0,00	0,00	0,27												
Peso de 100 almendras	b ₁ ²	132,72	132,72	155,46	8,69	1										
	r ²	0,00	0,00	0,15	0,69**											
Porcentaje de testa	b ₁ ²	19,24	19,24	13,89	24,92	22,20	1									
	r ²	0,03	0,03	0,08	0,09	0,06										
Porcentaje de cotiledón	b ₁ ²	80,76	80,76	86,12	75,09	77,80	100,00	1								
	r ²	0,03	0,03	0,08	0,09	0,06	1**									
Ancho de almendra	b ₁ ²	1,33	1,33	1,62	1,30	1,42	1,77	0,26	1							
	r ²	0,03	0,03	0,02	0,01	0,00	0,04	0,04								
Largo de almendra	b ₁ ²	2,84	2,84	2,90	1,98	2,11	2,81	2,31	3,04	1						
	r ²	0,01	0,01	0,03	0,11	0,13	0,00	0,00	0,04							
% Grasa	b ₁ ²	43,51	43,51	44,55	37,90	39,14	44,98	31,28	42,38	35,84	1					
	r ²	0,01	0,01	0,06	0,07	0,06	0,04	0,04	0,00	0,09						
% Humedad	b ₁ ²	7,88	7,88	8,04	8,69	8,97	9,00	2,74	6,77	7,08	6,37	1				
	r ²	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,03	0,03	0,01	0,01					
Energía	b ₁ ²	6,98	6,98	6,90	7,41	6,77	6,81	8,43	7,28	5,58	6,64	4,83	1			
	r ²	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,07	0,00	0,07				
% de ceniza	b ₁ ²	3,47	3,47	3,15	2,44	2,65	2,90	3,49	3,29	2,87	1,65	2,63	4,15	1		
	r ²	0,06	0,06	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,01	0,04			
pH testa	b ₁ ²	6,16	6,16	5,98	7,20	7,12	6,70	3,73	5,25	5,62	4,84	8,69	6,47	7,09	1	
	r ²	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,02	0,02	0,05	0,01	0,01	0,19	0,00	0,04		
pH cotiledón	b ₁ ²	5,97	5,97	5,73	6,59	6,51	5,90	5,85	5,67	5,96	5,04	4,89	6,81	6,19	3,25	1
	r ²	0,00	0,00	0,01	0,04	0,05	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,12	0,03	0,01	0,55**	
Elaborado por: Díaz. 2013		0,380 = NO SIGNIFICATIVO (ns)					0,381 – 0,486 = SIGNIFICATIVO (*)					0,487 – 1 = ALTAMENTE SIGNIFICATIVO (**)				

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Ninguno de los tratamientos mostró mejor índice de peso seco que el testigo comercial T21 (166.50), pero hubieron tratamientos como T10 (154.25) y T11 (145.50) que obtuvieron buen rendimiento en cacao seco.
- Los mejores porcentajes de almendras totalmente fermentadas en los tratamientos lo obtuvieron T4 (94.25) y T13 (93.50), que superaron al testigo T21 (87.50).
- En cuanto al índice de mazorca los tratamientos obtuvieron valores bajos, pero ninguno superó al testigo T21 (15.58), que necesitó menos mazorcas para obtener un kg de cacao seco, igualmente sucedió con el índice de semilla.
- Se evidenció que los menores porcentajes de testa lo mostraron los tratamientos T4 (13.89) y T14 (14.11), seguidos muy de cerca por el testigo T21 (16.99).
- Para los porcentajes de extracto etéreo los tratamientos T11 (42.37); T4 y T7 (42.14), mostraron los porcentajes más altos con relación al testigo T21 (39.13).
- En el caso del valor calórico de la pasta de cacao, se detectó homogeneidad estadística siendo los mayores valores T9 (7.52); T1 y T17 (7.21), seguidos por el testigo T21 (7.00).
- Los tratamientos T5, T11, y T13 se identificaron claramente dentro del grupo de los cacaos Finos de aroma, ya que posee valor apreciable en sabor arriba lo cual se pudo observar con el perfil sensorial y corroborado por el valor de relación teobromina/cafeína que es equivalente a 4.86, 4.95 y 5.11 respectivamente.

- Se registró una correlación con tendencia positiva entre el índice de semilla y el peso de 100 almendras, lo que significa que el 69,45% del peso de las almendras es atribuible al ancho, largo y diámetro de la almendra.
- En la presente investigación se encontró una correlación perfecta positiva entre el porcentaje de cáscara y el incremento de cotiledón, lo que representa que el 100 % del incremento del porcentaje de cotiledón es inversamente proporcional con el del peso de la testa, indicando que en estos materiales experimentales el incremento del cotiledón está atribuido a la disminución de testa.

5.2. RECOMENDACIONES

- Continuar con la evaluación de estos materiales experimentales en diferentes zonas del país, y determinar si la variación climática puede alterar la calidad sensorial de la pasta.
- Identificar los mejores tiempos de fermentación para cada material considerando que no todos poseen las mismas características.

CAPITULO VI. BIBLIOGRAFÍA

6.1. LITERATURA CITADA

- Alvarado, M. R y Bullard, E. T. 1961. Variation of bean characteristic in hybrid cacao progenies, proceeding of the Caribbean Region, America Society Horticultural Sciences 5. 105 p.
- Álvarez, C; Pérez, E; Lares, M. 2007. Caracterización física y química de almendras de cacao fermentadas, secas y tostadas cultivadas en la región de Cuyagua, estado Aragua. (en línea). Scielo: Agronomía Trop. 57(4): Pp 249-256. Consultado 14 de agosto del 2013. Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0002-192X2007000400001&script=sci_arttext
- Álvarez, C.; Pinto, J. y Pérez, E. 2001. Caracterización físico-química de granos (tostados) y mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.) de la región de Cumboto, Memorias del primer Congreso Venezolano del Cacao y su Industria, consultado el 18 de agosto del 2013, disponible en www.Cacao.sian.info.ve/memorias/html/18html
- Amores, F; Palacios, A; Jiménez, J; Zhang, D.2009. Entorno ambiental, genético atributos de calidad y singularización del cacao en el Nor-Oriente de la provincia de Esmeraldas. Quevedo- Ecuador. INIAP. Boletín técnico 135. 29 p
- Amores, F; Agama, J; Suárez, C; Quiroz, J; Motato, N. 2009. Nuevos Clones de cacao Nacional para la zona central de Manabí “EET 575 y EET-576”. Quevedo- Ecuador. INIAP. Boletín divulgativo 346. 4 p
- Amores, F. 2004. Cacaos Finos y Ordinarios. In Taller Internacional de Calidad Integral de cacao Teoría y Práctica, Noviembre 15 – 17 del 2004. INIAP, Estación Experimental Tropical Pichilingue. Quevedo – Ecuador. 16 p. 4 y 7.

- Anchundia, S. Verdezoto, A. 2001. Estudio de algunas características físicas en almendras de cacao que se comercializan en la zona de Quevedo. Tesis Ing. Quevedo-Ecuador. Universidad Técnica Estatal de Quevedo UTEQ. P 4.
- Arciniega, L. 2005. Caracterización de árboles superiores de cacao (*Theobroma cacao* L.) seleccionados por el programa de mejoramiento genético del CATIE. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 126 p. Consultado el 29 Julio 2013. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/REPDOC/A0658E/A0658E.PDF>
- Armijos, A. 2002. Caracterización de acidez como parámetro químico de calidad en muestras de cacao (*Theobroma cacao* L.) fino y ordinario de producción Nacional durante la fermentación. Tesis Lic. En química, Quito, Ecuador. Pontificia Universidad Católica. 103- 106 pp.
- Bartley, B. 1989. La calidad en el mejoramiento genético en el cacao. In memorias del seminario sobre manejo de germoplasma de cacao. Turrialba- Costa Rica p 1-29.
- Batista, L.; 2009. Guía Técnica el Cultivo de Cacao en la República Dominicana. Santo Domingo, República Dominicana. CEDAF, 2009. 250p.
- Bekele, F.; Buttler, D. 2000. Proposed short list cocoa descriptors for characterization. In Eskes, A. B. Engels, J. M. M.; Lass, R. A. eds. Working procedures for cocoa germplasm evaluation and selection (Proceedings of the CFC/ICCO/IPGRI project Workshop 1 – 6 February 1988 – Montpellier, France). Rome, Italy. IPGRI. p 41-48.
- Biostelle, C. 1993. Chocolates y chocolates. Editorial Dormonval. Argentina. P 32.

Braudeau, J. 1981. El cacao. Técnicas agrícolas y producciones tropicales. Blume. Barcelona, ES. 292-299 pp.

Calderón, L: 2002. Evaluación de los compuestos fenólicos del cacao (*Theobroma cacao* L.) de tipo fino y ordinario de producción Nacional durante la fermentación en relación con la calidad. Tesis Lic. En Química. Quito-Ecuador. Pontificia Universidad Católica. 144-150 pp.

Cleenwerck, I; González, N; Camu, E; Engelbeen, P. De vos, I. De vuyst. 2008. *Acetobacter fabarum*, sp. Nov., an acetic acid bacterium from a ghanian cocoa bean heap fermentation. International journal of systematic and evolutionary microbiology 58: 2180-2185.

Crespo del Campo, E; Crespo Andía, F. 1997. "Cultivo y beneficio del cacao CCN-51". Quito- Ecuador. Editorial Conejo. Primera edición. 23 p.

Cros, E. 2004. Factores que afectan el desarrollo del sabor a cacao, bases bioquímicas del perfil aromático. INIAP, Estación Experimental Tropical Pichilingue. Quevedo-Ecuador. 16-32 pp.

De la Cruz, E.; Pereira, I. 2009. Historias, Saberes y Sabores en torno al cacao (*Theobroma cacao* L.) en la subregión de Barlovento, Estado Miranda. (en línea). Redalyc; Revista Científica. Vol. 10(2): 97-120. Consultado 07 de Julio del 2013. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41021266005>

Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. (2008). *InfoStat, versión 2008*, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. (en línea). Consultado 15 de Julio del 2013. Disponible en: http://intranet.catie.ac.cr/intranet/posgrado/Herramientas_Estadisticas/Manual.pdf

Enriquez, G. 1985. "Curso sobre el cultivo de cacao". Primera edición. "centro agronómico tropical de enseñanza. Turrialba - Costa Rica. Instituto nacional de investigaciones agropecuarias INIAP. Quevedo- Ecuador. P 187-193.

Enriquez, G. 1993 characteristics of cacao "National" of Ecuador. Internacional workshop on conservation, characterization and utilization of cocoa genetic resources in the 21 st century. Port-of-spain, trinidad. 13-17 th september the cocoa research unit. The university of the west indies. P 269 – 278.

Enríquez, G. 2004. Cacao Orgánico. Guía para productores ecuatorianos. Botánica del cacao. Grupos genéticos. Instituto nacional de investigaciones agropecuarias iniap. Manual nº 54. Quito - Ecuador. P 39 -294.

Fito, P; Lemaguer, M; Betoret, N; Fito, P, J. 2007. "Advanced food process engineering to model real food and processes: the 'safes' methodology". Journal of food engineering. 83(2):173-185.

Graziani, L. F. 2003. Calidad del cacao, Memorias del Primer Congreso Venezolano del Cacao y su Industria, Instituto de Química y Tecnología, Facultad de Agronomía. UCV. Consultado el 18 de agosto del 2012 disponible en www.Cacao.sian.info.ve/memorias/html/18html

Guerrero, I. 2006. "diseño del sistema de esterilización experimental en la obtención de licor de cacao. Proceso de obtención del licor de cacao. Tesis ingeniero en alimentos. Escuela superior politécnica del litoral. Guayaquil-ecuador. 21 p.

Hardy, F. 1961. Manual de cacao, Turrialba – Costa Rica. Instituto interamericano de ciencias agrícolas. P 439.

INEN, 1988. Instituto ecuatoriano de Normalización, Pasta, masa o licor de Cacao Requisitos. Norma técnica ecuatoriana (NTE). 06/07/1988. Quito-Ecuador. 1-2 pp

INEN, 2006. Instituto ecuatoriano de Normalización, Cacao en grano. Requisitos. Norma técnica ecuatoriana (NTE). Cuarta Revisión, 26 / 07 / 2006. Quito-Ecuador. 1-3 pp

International Cocoa Organization (ICCO). 2008. Manual of best Known Practices in cocoa Production. London, United Kingdom. 56 p

Jahurul, M; Zaidul, I; Norulaini, N; Sahena, F; Jinap, S; Azmir, J; Sahrif, K; Mohd, O, 2012 Cocoa butter fats possibilities of substitution in food products concerning cocoa varieties, alternative sources, extyraccion methods, composition and characteristics. (en línea): Journal of food and Engineering. Consultado 14 de agosto del 2013.-Disponible-en:
[http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(19990315\)79:4%3C619::AID-JSFA230%3E3.0.CO;2-O/abstract](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/(SICI)1097-0010(19990315)79:4%3C619::AID-JSFA230%3E3.0.CO;2-O/abstract)

Jiménez, J. 2000. Efecto de los métodos de fermentación sobre la calidad de tres grupos de cacao (theobroma cacao L.) Cultivado en la zona de Quevedo provincia de los ríos. Tesis ing. Agr. Universidad de Bolívar- Ecuador. P 20- 58 Pp.

Jiménez, J. 2003. Prácticas del Beneficio del cacao y su calidad organoléptica. Mimeografiado. INIAP, Estación Experimental Tropical Pichilingue. Quevedo, Ecuador. 16 p.

Lerceteau, E; Rogers, J; Pétiard, V; Crouzillat, D. 1999. Evolution of cacao bean proteins during fermentation: a study by two-dimensional electrophoresis. (en línea). Journal of the Science of Food and

Agriculture. 79 : 619-625. Consultado 14 de agosto del 2013.
Disponibile en: [http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(19990315\)79:4%3C619::AID-JSFA230%3E3.0.CO;2-O/abstract](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/(SICI)1097-0010(19990315)79:4%3C619::AID-JSFA230%3E3.0.CO;2-O/abstract)

López, A.; Pasos, F. 1984. Factors influencing cacao bean acidity-fermentation, drying and the microflora. In conference international of cocoa. Lagos-nigeria p 701-704.

Manual de productos básicos. 1991. Cacao fino de aroma. Estudio de la producción y el comercio mundial. Centro de comercio interno unctad/gatt, ginebra., 60 p.

Menezes et al., 2011. "Melhoria da qualidade do cacau". Ministerio da Agricultura, Pecuária e Abastecimiento. Comissao Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira. Brasil. Pp 17.

Montoya, M. 2012. Evaluación de 36 clones élitos de cacao (*theobroma cacao* L.), tipos nacional y trinitario, procedentes de huertas tradicionales de la cuenca alta del rio guayas. Tesis de Ing. Agr. Quevedo, EC. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. 44-45 p.

Muñoz, M. 2010. Composición de alimentos. Valor nutritivo de alimentos de mayor consumo. 2^{ed} Distrito Federal, MX, McGraw-Hill. 58-59 pp.

Nielsen, S; Jakobsen, J; Jespersen, J. 2010 *candida halmiae* sp. Nov., *geotrichum ghanense* sp. Nov., and *candida awaia* sp. Nov. , isolated from ghanian cocoa fermentations. International journal of systematic and evolutionary microbiology 60: 1460-1465.

Nielsen, S; Teniola, D; Ban-koffi, I; Owusu, M; Andersson, S; Holzapfel, H. 2007. The microbiology of ghanian cocoa fermentations analysed

using culture-dependent and culture-independent methods. International journal of food microbiology, 114: 168-186

Ortiz de Bertorelli, L; Graziani de Fariñas, L; Rovedas, G. 2009. Influencia de varios factores sobre características del grano de cacao fermentado y secado al sol. (en línea). Scielo: Agronomía Trop. 59(2): Pp 119-127. Consultado 10 de agosto del 2013. Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0002-192X2009000200001&script=sci_arttext

Pastorelly Ruiz, DM. 1992. Evaluación de algunas características de cacao tipo Nacional de la colección de la zona de Tenguel. Tesis. Ing. Agrónomo. Guayaquil, Ecuador, Universidad Agraria del Ecuador. 55-104 pp.

Perea, J; Ramírez, O; Villamizar, A. 2010. Caracterización fisicoquímica de materiales regionales de cacao colombiano. (en línea). U NICAUCA. Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial. Vol. 9. N°1. Pp 35-42. Consultado 14 de agosto del 2013. Disponible en: <http://www.unicauca.edu.co/biotecnologia/ediciones/vol9-1/CARACTERIZACION%20FISICOQUIMICA%20DE%20MATERIALES%20REGIONALES%20DE%20CACAO%20COLOMBIANO.pdf>

Pérez, J. 2009. Evaluación y caracterización de selecciones clonales de cacao (*Theobroma cacao* L.), del Programa de Mejoramiento del CATIE. Tesis. M.Sc. Agricultura Ecológica. Turrialba, CR, CATIE. 97 p. Consultado el 29 Julio 2013. Disponible en: <http://biblioteca.catie.ac.cr:5151/repositoriomap/handle/123456789/155>

Quiroz, J; Soria, J. 1994. Caracterización fenotípica del cacao Nacional del Ecuador. Quito, Ecuador. INIAP. Quevedo, Ecuador. INIAP/EETP. Boletín Técnico N° 74. 16 p.

- Ramírez, L. 1987. Herencia de ciertos caracteres la mazorca y del árbol de cacao (*Theobroma cacao* L.). Magister Sciential. Universidad de Costa Rica - CATIE. Turrialba, CR. 82p.
- Ramos, G; Azócar, A. (2000) beneficio del cacao, in manual del productor de cacao. Mérida-Venezuela. P 58- 59.
- Reyes, H; Vivas, J; Romero, A. 2004. La calidad en el cacao. Factores determinantes de la calidad del cacao. (en línea) consultado el 06 noviembre 2012. Disponible en <http://www.ceniap.cov.ve>
- Rivera, R; Mecías, F; Guzmán, A; Peña, M; Medina, H; L; Barrera, E; Nivelá, P. 2012. Efecto del tipo y tiempo de fermentación en la calidad Física y química del cacao (*theobroma cacao* L.) Tipo nacional. (en línea) Revista: Ciencia y tecnología 5(1): Pp 7-12. Consultado 10 de agosto del 2013. Disponible en: <http://www.uteg.edu.ec/revistacyt/articulo.php?idc=64&idr=9>
- Romero, G. 2004. Mercadeo nacional e internacional del cacao. En taller internacional calidad integral. INIAP-EET-P. Quevedo, Ecuador. P 20.
- Saltos, A, Amores, F. 2006. Efecto de dos métodos de fermentación sobre el comportamiento de la calidad física y organoléptica del cacao. Iniap Pichilingue. Quevedo, Ecuador. P 20.
- Sánchez, V. 2011. Caracterización organoléptica del cacao (*Theobroma cacao* L.), para la selección de árboles con perfiles de sabor de interés comercial. Tesis. Ing. Agrónomo. Quevedo, Ecuador, UTEQ. 55-70 pp. Consultado el 29 Julio 2013. Disponible en: http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/Caracterizacion_or

ganoleptica cacao%20 Theobroma%20cacao%20L. seleccion arboles %20perfiles sabor interes comercial.pdf

Saucedo, A. 2003. Comportamiento de híbridos de cacao (theobroma cacao L.) Tipo nacional en la zona de Quevedo. Comportamiento genético del cacao. Sistemas de incompatibilidad. Tesis ing. Agr. Universidad técnica de babahoyo. Quevedo-Ecuador. P 91.

SICA/MAG. 2007. Servicio de Información Agropecuaria del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador, (en línea). Cadenas Agroalimentarias. Quito, Ec. Disponible en <http://www.sica.gov.ec/cadenas/cacao>.

Soria, J. 1961. El mejoramiento del cacao. In manual de cacao. (edición en español). Compilado y editado por Frederick Hardy. Instituto interamericano de ciencias agrícolas (IICA). Turrialba - Costa Rica. P 353-380.

Solórzano, E. 2011. Evaluación sensorial del Cacao (Theobroma cacao L.) Nacional Fino o de aroma procedente de varias zonas del país. Tesis. Ing. Agroindustrial. Quevedo - Ecuador. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. 20-30 pp

Urquhart, D. 1963. El cacao catalysed caín reaction. Métodos enzymol. P 335 – 340.

Vera, J. 1993. Origen del cacao, botánica y clasificación del cacao en manual del cultivo de cacao. Segunda edición, manual número 25 estación experimental tropical Pichilingue, INIAP, Quito-Ecuador. p 8- 16.

Vera, J.; Suárez, C., y Moreira, M., 1993. Beneficio del cacao, Ed. Suárez, C. Manual del cultivo de cacao. Quevedo Ecuador. p. 125-128.

Vera, J. F., Díaz, G. Ramos, R. Sánchez, F. Medina, S. 2012. Obtención de híbridos interclonales de cacao (*Theobroma cacao* L.) provenientes de la finca Experimental “La Represa”. Material genético. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. 5 p.

Voltz, M. 1990. Glossary of terms for sensory evaluation of cocoa materials, NESTLE Research centre lausaune. 12 p.

Wakao, H. 2002. Estudio de la variación de alcaloides en el cacao (*Theobroma cacao* L.), de producción Nacional durante el proceso de beneficio. Tesis de licenciatura en Ciencias Químicas especialidad Química analítica. Pontificia universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Departamento de Ciencias Químicas. Quito.Ecuador. Ec. 91p

Zambrano, A; Romero, C; Gómez, A; Ramos, G; Lacruz, C; Brunetto, M; Gallignani, M; Gutiérrez, L; Delgado, Y. 2010. Evaluación química de precursores de aroma y sabor del cacao criollo merideño durante la fermentación en dos condiciones edafoclimáticas (en línea). Scielo: *Agronomía Trop.* 60(2): Pp 211-219. Consultado 14 de agosto del 2013. Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2010000200010&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt

Zambrano, J. 2011. Evaluación Sanitaria y productiva de 150 genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L.), en la Finca Experimental “La Represa”. Tesis. Ing. Agrónomo. Quevedo - Ecuador. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. 50-80 pp

CAPITULO VII. Anexos

.

7.1. ANEXOS

Anexo 1. Híbridos inter-clonales Nacional x Trinitario seleccionados de la Finca Experimental “La Represa”. UTEQ. FCI. 2013.

Nº	HÍBRIDO	ORIGEN	GENOTIPO	Nº DE PLANTAS
1	LR 14 X CCAT 11H19	La Represa	Trinitario x Nacional	10
2	LR14 X CCAT L49 H 98	La Represa	Trinitario x Nacional	10
3	LR 16 X CCAT L11H19	La Represa	Trinitario x Nacional	10
4	LR 17 X CCAT L11H19	La Represa	Trinitario x Nacional	10
5	LR14 X CCAT L18 H 58	La Represa	Trinitario x Nacional	10
6	LR18 X CCAT L46H75	La Represa	Trinitario x Nacional	10
7	LR18 X CCAT L46H88	La Represa	Trinitario x Nacional	10
8	LR16 X EET-103 (Tenguel 25)	La Represa	Trinitario x Tipo Nacional	10
9	LR16 X CCAT L18 H58	La Represa	Trinitario x Nacional	10
10	LR18 X CCAT L49H98	La Represa	Trinitario x Nacional	10
11	LR14 X CCAT L26H64	La Represa	Trinitario x Nacional	10
12	LR 17 X CCAT L49H98	La Represa	Trinitario x Nacional	10
13	LR17 X CCAT L46H75	La Represa	Trinitario x Nacional	10
14	LR20 X CCAT L49H98	La Represa	Trinitario x Nacional	10
15	LR14 X CCAT L12H30	La Represa	Trinitario x Nacional	10
16	LR14 X CCAT L15H31	La Represa	Trinitario x Nacional	10
17	LR 14 X CCAT L46H57	La Represa	Trinitario x Nacional	10
18	LR18 X CCAT L26H64	La Represa	Trinitario x Nacional	10
19	LR16 X CCAT L46H75	La Represa	Trinitario x Nacional	10
20	LR17 X CCAT L26H64	La Represa	Trinitario x Nacional	10
CODIGOS CCAT = Centro Cacao Aroma Tenguel EET = Estación Experimental Tropical Pichilingue LR = La Represa UTEQ				

Fuente: Vera *et al.*, 2012

Anexo 2. Boleta de evaluación sensorial

Formulario para evaluación sensorial de muestras de licor de cacao.

Nombre.....

Institución.....

Fecha.....

Sesión N°.....

Código	Generalidades			Sabores básicos				Sabores específicos				Defectos				Observaciones
	Aroma	Sabor	Intensidad	Cacao	Acidez	Amargor	Astringencia	Floral	Frutal	Nuez	Caramelo o melaza	Moho	Quemado	Contaminado	Otros	

Comentarios.....

.....

.....

.....

.....

Conclusiones.....

.....

.....

.....

Donde se emplea la siguiente escala:

escala		
0	=	ausente
1 a 2	=	intensidad baja
3 a 5	=	intensidad media
6 a 8	=	intensidad alta

Anexo 3. Análisis de varianza de Prueba de corte, Almendras con buena y ligera fermentación, total de almendras fermentadas, almendras violetas, pizarrosas y con presencia de moho, en almendras de cacaos obtenidas en la Finca Experimental “La Represa”. FCI. UTEQ. 2013

Fuente de Variación	GL	Buena F.	Ligera F.	Total	Violetas	Pizarras	Moho	F. Tabla	
								5%	1%
Tratamiento	20	365,24	165,62	109,90	120,98	0,93	2,33	1,75	2,20
Error	63	180,02	141,87	37,74	38,71	1,06	1,97		
Total	83	2,02	1,16	2,91	3,12	0,87	1,18		
Tukey		35,35	31,38	16,18	16,39	2,70	3,70		
CV %		24,23	38,81	7,14	51,09	359,59	95,91		
Significancia		*	NS	**	**	NS	NS		

NS No significativo

* Significación al 95% de probabilidades

** Alta Significación al 99% de probabilidades

Anexo 4. Análisis de varianza de variables físicas Peso fresco, Rendimiento, índice de mazorca e Índice de semilla en almendras de cacaos obtenidas en la Finca Experimental “La Represa”. FCI. UTEQ. 2013.

Fuente de Variación	GL	Peso fresco	Rendimiento	Índice de mazorca	Índice de semilla	F. Tabla	
						5%	1%
Tratamiento	20	230677,3	44677,29	111,19	0,05	1,75	2,20
Error	63	152241,26	29476,96	26,57	0,01		
Total	83	1.51	1.51	4,18	5.00		
Tukey		1028,1	452,38	13,58	0,25		
C.V. (%)		21,52	21,52	21,00	8,03		
Significancia		NS	NS	**	**		

NS No significativo

* Significación al 95% de probabilidades

** Alta significación al 99% de probabilidades

Anexo 5. Análisis de varianza de variables físicas Peso de 100 almendras, Porcentaje de testa, Porcentaje de cotiledón, Ancho de almendra y Largo de semilla en almendras de cacaos obtenidas en la Finca Experimental “La Represa”. FCI. UTEQ. 2013.

Fuente de Variación	de GL	Peso 10 almendra	% de testa	% de cotiledón	de Ancho Almendra	de Largo semilla	F. Tabla	
							5%	1%
Tratamiento	20	732,87	20,26	20,27	0,06	0,08	1,75	2,20
Error	63	248,24	6,37	6,37	0,06	0,06		
Total	83	2,95	3,18	3,18	1,00	1,33		
Tukey		41,51	6,64	6,64	0,62	0,64		
C.V. (%)		12,21	14,80	3,04	15,59	8,96		
Significancia		**	**	**	NS	NS		

NS No significativo

* Significación al 95% de probabilidades

** Alta significación al 99% de probabilidades

Anexo 6. Análisis de varianza de variables químicas Porcentaje de grasa, de humedad, ceniza y Valor calórico en almendras de cacaos obtenidos en la Finca Experimental “La Represa”. FCI. UTEQ. 2013.

Fuente de Variación	de GL	% grasa	de % humedad	de Energía (Kcal/g)	% de ceniza	F. Tabla	
						5%	1%
Tratamiento	20	6,24	1,38	0,08	0,17	1,75	2,20
Error	63	3,92	1,13	0,32	0,2		
Total	83	1,59	1,22	0,25	0,85		
Tukey		4,64	2,79	1,48	1,18		
CV %		5,21	13,38	7,97	14,99		
Significancia		NS	NS	NS	NS		

NS No significativo

* Significación al 95% de probabilidades

** Alta significación al 99% de probabilidades

Anexo 7. Análisis de varianza de temperatura obtenida durante las 24, 48, 72 y 96 horas de fermentación en almendras de cacaos obtenidos en la Finca Experimental “La Represa”. FCI. UTEQ. 2013.

Fuente de Variación	de GL	Temperatura				F. Tabla	
		1er día	2do día	3er día	4to día	5%	1%
Tratamiento	20	4,56	4,26	2,19	3,13	1,75	2,20
Error	63	3,48	2,41	2,7	6,33		
Total	83	1,31	1,76	0,81	0,49		
Tukey		4,91	4,09	4,32	6,62		
CV %		5,77	3,89	4,1	6,67		
Significancia		NS	**	NS	NS		

NS No significativo

* Significación al 95% de probabilidades

** Alta significación al 99% de probabilidades

Anexo 8. Análisis de varianza de pH obtenida durante las 24, 48, 72 y 96 horas de fermentación en almendras de cacaos obtenidos en la Finca Experimental “La Represa”. FCI. UTEQ. 2013.

Fuente de Variación	de GL	pH 24 horas	pH 48 horas	pH 72 horas	pH 96 horas	pH testa seca	pH cotiledón	F. Tabla	
								5%	1%
Tratamiento	20	4,56	4,26	2,19	3,13	0,30	0,12	1,75	2,20
Error	63	3,48	2,41	2,70	6,33	0,55	0,17		
Total	83	1,31	1,76	0,81	0,49	0,54	0,70		
Tukey		4,91	4,09	4,32	6,62	1,95	1,09		
CV %		5,77	3,89	4,1	6,67	11,97	7,07		
Significancia		NS	**	NS	NS	NS	NS		

NS No significativo

* Significación al 95% de probabilidades

** Alta significación al 99% de probabilidades

Anexo 9.Recolección de mazorcas de cacao en perfecto estado de madurez



Anexo 10. Apertura de mazorcas, desgrane y pesado de las almendras



Desgrane y Pesado de las almendras



Anexo 11 . Fermentación de las almendras Remoción de la masa, toma de temperatura y muestras para pH



Remoción de masa



Toma de temperatura y muestra para pH



Anexo 12 . Proceso de secado de las almendras



Anexo 13. Almacenamiento de las almendras



Figura 7. Análisis físicos de las almendras, prueba de corte, porcentaje de cascara y cotiledón, peso de 100 almendras, ancho y largo de semilla



Prueba de corte

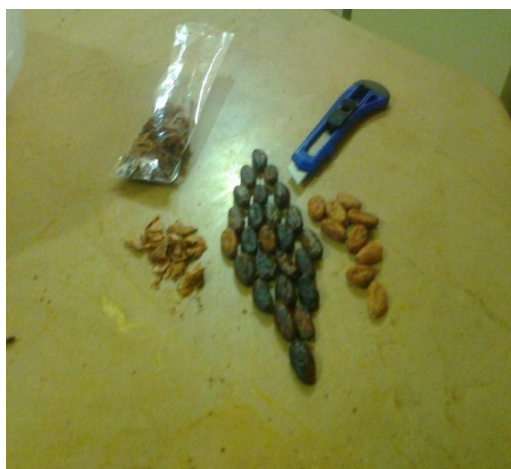
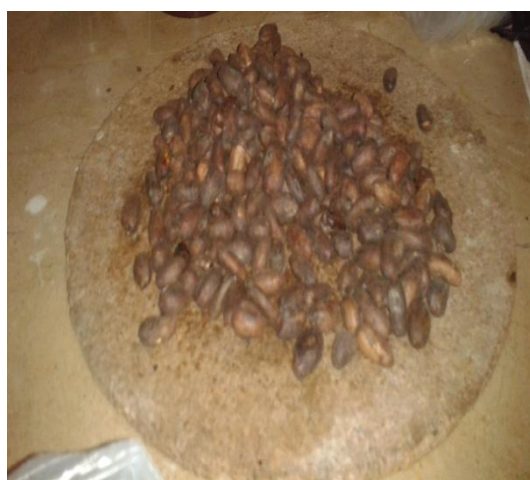


Figura 8. Obtención de Pasta de cacao clasificación, Tostado, remoción y pelado de las almendras



Tostado a 110 °C durante 12 min



Figura 9. Triturado, molido y refinación de la pasta



Figura 10. Análisis químicos de la pasta determinación de porcentaje de humedad, ceniza, determinación de grasa y energía

Determinación de Ceniza



Determinación de grasa



Determinación de Energía



Figura 11. Informe de los resultados de los análisis de teobromina, cafeína y proteína realizados en INIAP Santa Catalina

MC-LSAIA-2201-03



INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA

DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y CALIDAD

LABORATORIO DE SERVICIO DE ANALISIS E INVESTIGACION EN ALIMENTOS

Panamericana Sur Km. 1. CutuglaguaTifs. 2690691-3007134 Fax 3007134

Casilla postal 17-01-340



INFORME DE ENSAYO No: 13-213

NOMBRE PETICIONARIO: Sr. Irvin Díaz

DIRECCION: Quevedo

FECHA DE EMISION: 15 de julio del 2013

FECHA DE ANALISIS: Del 10 al 12 de julio del 2013

INSTITUCION: Universidad Técnica de Quevedo

ATENCION: Sr. Irvin Díaz

FECHA DE RECEPCION.: 27 de junio del 2013

HORA DE RECEPCION: 09h44

ANALISIS SOLICITADO: Teobromina, Cafeína, Proteína

ANALISIS	TEOBROMINA	CAFEINA	PROTEINA				IDENTIFICACIÓN
METODO	MO-LSAIA-30	MO-LSAIA-30	MO-LSAIA-01.04				
METODO REF.	AOAC 980.14-1998	AOAC 980.14-1998	U. FLORIDA 1974				
UNIDAD	%	%	%				
13-1285	2,40	0,10	14,07				Almendra de cacao T3
13-1286	2,12	0,14	13,44				Almendra de cacao T4
13-1287	1,75	0,36	13,22				Almendra de cacao T5
13-1288	1,94	0,36	14,11				Almendra de cacao T9
13-1289	1,87	0,33	13,37				Almendra de cacao T10
13-1290	1,88	0,38	13,29				Almendra de cacao T11
13-1291	1,79	0,35	13,70				Almendra de cacao T13

Los ensayos marcados con Ω se reportan en base seca.

OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

RESPONSABLES DEL INFORME



Dr. Armando Rubio
RESPONSABLE DE CALIDAD





Dr. Iván Samaniego
RESPONSABLE TECNICO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigido únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

Página 1 de 1

Figura 12. Valores del perfil sensorial de las muestras de pasta de cacao obtenida de los 20 híbridos interclonales.

Hacienda LIMON
Km 22 via Quevedo-Guapara
MORASPUNGO Cotopaxi
Ecuador
E-MAIL: vonrutesamuel@gmail.com
MAIL BOX / CASILLA POSTAL 1205 02051
QUEVEDO ECUADOR
OFICINA **QUEVEDO** VIA VALENCIA Km 1,5

DEGUSTACION CACAO

PROVEEDOR MUESTRAS: IRVIN DIAZ
No muestras: 11
testigo=lr1010
fecha 2013 07 30

Características

	testigo	lr1457	lr1430	lr1664	lr1431	lr1464	lr2098	lr1758	lr1798	lr1675	lr1775	
cacao	7	5	5	5	2	5	5	4	4	6	5	/10
arriba	6	5	5	4	2	5	3	4	2	6	5	/10
frutal	2	2	2	5	2	4	2	1	3	5	4	/10
amargo	3	6	6	3	5	4	2	4	4	4	5	/10
nuez	2	3	2	1	2	2	2	1	2	2	1	/10
acidez	2	3	4	3	2	2	2	3	4	2	2	/10
astringente	4	2	5	3	8	3	3	5	6	4	7	/10
pizarroso	2	5	5	3	7	3	2	5	5	2	2	/10
moho/tierra	1	4	2	2	4	2	2	4	3	1	2	/10
verde	3	5	4	1	5	2	2	3	1	1	1	/10
otros	quemado		quemado							quemado		

Observaciones:

algo en la fermentacion no esta bien
mejor se fermenta el testigo que las muestras

firma:

s v rutte

Continuación...



Hacienda LIMON
Km 22 via Quevedo-Guapara
MORASPUNGO Cotopaxi
Ecuador

E-MAIL: vonruttesamuel@gmail.com
MAIL BOX / CASILLA POSTAL 1205 02051
QUEVEDO ECUADOR

OFICINA **QUEVEDO** VIA VALENCIA Km 1,5

DEGUSTACION CACAO

PROVEEDOR MUESTRAS: IRVIN DIAZ
No muestras: 6
testigo=L200 O EET103
FECHA 2013 07 30

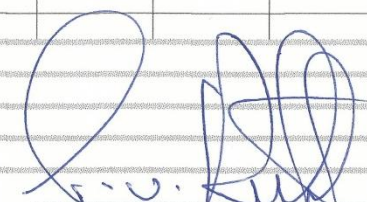
nota 1 a 10

Características	testigo	L1888	L1619	L1603	LR1698	LR1419							
cacao	6	6	3	3	3	2							
arriba	7	6	4	3	4	3							
frutal	4	3	4	2	2	2							
amargo	4	5	3	7	7	5							
nuez	2	2	2	2	2	1							
acidez	2	3	2	1	1	2							
astringente	3	5	5	7	7	5							
pizarroso	2	1	1	4	2	5							
moho/tierra	1	2	1	2	1	6							
verde	2	1	1	3	1	1							
otros		QUIMICO			RANCIO								

Observaciones:

algo en la fermentacion no esta bien
mejor se fermenta el testigo que las muestras

firma:


s v rutte

Continuación.....



Hacienda LIMON
Km 22 via Quevedo-Guapara
MORASPUNGO Cotopaxi
Ecuador
E-MAIL: vonruttesamuel@gmail.com
MAIL BOX / CASILLA POSTAL 1205 02051
QUEVEDO ECUADOR
OFICINA **QUEVEDO** VIA VALENCIA Km 1,5

DEGUSTACION CACAO

PROVEEDOR MUES IRVIN DIAZ

No muestras: 6

FECHA 30/07/2013

testigo= L200 o EET 103

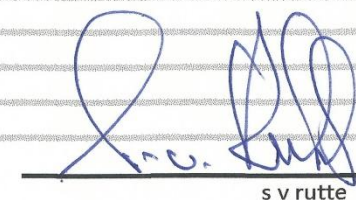
nota 1 a 10

Características	testigo	LR1719	LR1458	LR1498	LR1658	LR1875							
cacao	6	6	7	4	4	2							/10
arriba	7	5	7	4	4	2							/10
frutal	4	3	5	2	2	2							/10
amargo	4	3	4	5	5	7							/10
nuez	2	3	2	2	1	2							/10
acidez	2	2	3	2	2	2							/10
astringente	3	2	4	2	5	8							/10
pizarroso	2	2	2	2	4	7							/10
moho/tierra	1	2	4	2	2	3							/10
verde	2	2	2	2	4	4							/10
OTRO		QUEMADO	QUEMADO	QUIMICO		JAMON							

Observaciones:

algo en la fermentacion no esta bien
mejor se fermenta el testigo que las muestras

firma:


s v rutte