UNIVERSIDAD
ESTATAL DE BOLÌVAR

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS, RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE

ESCUELA DE
TECNOLOGÍA E INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

TEMA:

EFECTO DE LOS SISTEMAS DE FERMENTACIÓN EN LA CALIDAD DEL CACAO DE LA VARIEDAD COMPLEJO NACIONAL x TRINITARIO *(Theobroma cacao L.)* DEL CANTÓN LAS NAVES PROVINCIA BOLÍVAR

TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL OTORGADO POR LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR, A TRAVÉS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS, RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE, ESCUELA DE TECNOLOGÍA E INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

AUTORES:
EDITH MARIBEL GUILLÌN CAMACHO
MÒNICA ELIZABETH LARA LLANOS

DIRECTOR DE TESIS
ING. JUAN GAIBOR
GUARANDA – ECUADOR
2010

EFECTO DE LOS SISTEMAS DE FERMENTACIÓN EN LA CALIDAD DEL CACAO DE LA VARIEDAD COMPLEJO NACIONAL X TRINITARIO (*Theobroma cacao L.*) DEL CANTÓN LAS NAVES PROVINCIA BOLÍVAR

REVISADO POR:

ING. JUAN GAIBOR
DIRECTOR DE TESIS

ING. DANILO MONTERO
BIOMETRISTA

APROBADO POR:

DRA. HERMINIA SANAGUANO
ÁREA DE REDACCIÒN TÈCNICA

ING. MARÌA RUILOVA
ÁREA TÈCNICA

DEDICATORIA

Este trabajo le dedico primero a Dios el todo poderoso que siempre me colmó de bendiciones, llenándome de fortaleza, sabiduría y guiándome cada paso de mi vida para poder superar los obstáculos que se presentaron en este trascurso de mi vida.

A mis queridos padres Arcenio Lara y Aida Llanos por el apoyo constante que me han sabido dar, por los valores de responsabilidad, constancia y perseverancia para poder alcanzar muchas metas en la vida.

A mis hermanos gracias por el apoyo moral y a todas las personas que contribuyeron de alguna manera en mi trayectoria estudiantil.

A mis queridos hijos Ivonne y Jhonn que cada día me incentivan para salir adelante.

A mí querido esposo que ha estado en lo bueno y malo apoyándome para culminar mi carrera universitaria.

A mis queridos amigos que cada día comparten conocimientos

Mónica Elizabeth Lara Llanos

DEDICATORIA

A Dios que todo lo puede.

A la memoria de mi padre, porque su recuerdo siempre está y estará presente.

A mi madre la Sra. Julieta Camacho por su apoyo, amor y comprensión.

A mis hermanos: Mercedes, Gilma, Washingtón, Humberto y sobrinos que me brindaron su afecto y valor.

A todas las personas que me brindaron su afecto y apoyo en los momentos más difíciles de mi vida para poder culminar con éxito la carrera universitaria.

Edith Maribel Guillin Camacho

AGRADECIMIENTO

A Dios todopoderoso porque me da sabiduría salud y vida.

A la Universidad Estatal de Bolívar por abrirnos sus puertas cuando yo más lo necesitaba.

A todos los maestros de la Escuela de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Estatal de Bolívar en especial al Ing. Iván García por los conocimientos y la ayuda brindada a lo largo o de nuestra carrera estudiantil.

A los miembros del tribunal de Tesis en especial al Ing. Juan Gaibor, por impartirnos sus conocimientos, e ideas y guiarnos en esta investigación.

Al Sociólogo Luis Uribe porque fue la persona que me incentivo para seguir esta carrera, Al Ing. Marco Arellano por el tiempo dedicado y el apoyo que nos supo brindar.

A la Unión de Organizaciones de Participación Social por la Justicia (UCCOS), del Cantón las Naves por abrirnos las puertas para realizar gran parte de este trabajo de investigación.

Agradezco al Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)-Quevedo. Al Ing. Juan Jiménez por abrirnos las puertas en el laboratorio de Control de Calidad de Cacao, (INIAP) por enseñarnos y compartir sus conocimientos.

A mis compañeros porque siempre estuvieron apoyándome y brindándome ánimo para culminar con éxito mi carrera.

Mónica Elizabeth Lara Llanos

AGRADECIMIENTO

A todas las personas que conforman las Instituciones que de una u otra forma ayudaron a la culminación de la presente investigación.

A toda la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Estatal de Bolívar.

A la Escuela de Tecnología e Ingeniería Agroindustrial de la Universidad de Bolívar.

A los Ingenieros: Juan Gaibor, Danilo Montero, María Ruilova y a la Dra. Herminia Sanaguano miembros del tribunal de tesis, por la paciencia dedicada a la misma.

Al Ingeniero Marco Arellano porque en calidad de Coordinador del Centro de Estudios a Distancia de la Universidad Estatal de Bolívar en el Cantón las Naves nos apoyó incondicionalmente para la feliz terminación de la carrera universitaria.

A los Docentes de la Escuela de Tecnología e Ingeniería Agroindustrial, por impartir sus sabios conocimientos y de manera especial al Ing. Iván García.

Al Ing. Juan Carlos Jiménez Director del Laboratorio de Calidad de Cacao del Instituto de Investigaciones Agropecuarias de la Estación Experimental Tropical Pichilingue, por su colaboración prestada en esta investigación.

A la Union de Organizaciones de Participación Social por la Justicia en las Naves.

Edith Maribel Guillín Camacho

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Pág.

DEDICATORIA III

AGRADECIMIENTO V

CAPÍTULO I……..... 1

1.1 INTRODUCCIÓN……..... 1

1.2 OBJETIVOS……. 3

CAPÍTULO II……..... 5

REVISIÓN DE LITERATURA 5

2 ORIGEN E HISTORIA 5

2.1 CLASIFICACIÓN BOTÁNICA DEL CACAO 6

2.2 TIPOS DE CACAO 6

2.3 EL CACAO EN LA ZONA DE LAS NAVES……. 8

2.4 MORFOLOGÍA Y BIOLOGÍA..... 9

2.5. GRANOS DE CACAO 11

2.6 PROCESO DE FERMENTACIÓN 11

2.6.1 CONCEPTO..... 11

2.6.2 FERMENTACIÓN DEL CACAO..... 11

2.7 TIPOS DE FERMENTACIÓN..... 13

2.7.1 FERMENTACIÓN AERÓBICA 13
2.7.2 FERMENTACIÓN ANAERÓBICA 13
2.8 FERMENTACIÓN DE LA PULPA 14
2.9 FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA 14
2.10 FERMENTACIÓN ACÉTICA 14
2.11 PROCESO QUÍMICO DE LA FERMENTACIÓN 16
2.12 CAMBIOS FÍSICOS - QUÍMICOS QUE OCURREN DURANTE LA FERMENTACIÓN 17
2.13 BIOQUÍMICA DE LA FERMENTACIÓN 18
2.14 FACTORES QUE INTERVIENEN DURANTE LA FERMENTACIÓN DEL CACAO…… 19
2.14.1 TEMPERATURA 19
2.14.2 VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA EN LA FERMENTACIÓN DEL CACAO….. 19
2.14.3 TIEMPO DE FERMENTACIÓN…. 20
2.14.4 ÍNDICE DE FERMENTACIÓN 20
2.14.5 ÍNDICE DE HINCHAMIENTO 21
2.15 SISTEMAS DE FERMENTACIÓN DE CACAO 22
2.15.1 FERMENTACIÓN EN SACOS 22
2.15.2 FERMENTACIÓN EN RUMAS O MONTONES 23
2.15.3 FERMENTACIÓN EN CAJONES 23
2.15.4 FERMENTADOR DE CAJAS DE MADERA TIPO ESCALERA 25
2.15.5 FERMENTADOR ROHAN 25

CAPÍTULO III…. 26

MATERIALES Y MÉTODOS 26

3 MATERIALES 26

3.1 UBICACIÓN DEL ENSAYO 26

3.2 LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO 26

3.3 SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y CLIMÁTICA DE LA LOCALIDAD 27

3.4 ZONA DE VIDA 27

3.5 MATERIAL EXPERIMENTAL 27

3.5.1 MATERIALES DE OFICINA 27

3.5.2 MATERIALES DE CAMPO 28

3.5.3 MATERIALES DE LABORATORIO 29

3.6 MÉTODOS 29

3.6.1 FACTORES EN ESTUDIO 29

3.6.2 CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO 30

3.6.3 TRATAMIENTOS 31

3.6.4 TIPO DE DISEÑO EXPERIMENTAL 31

3.6.5 ANÁLISIS FUNCIONAL 32

3.7 MÉTODOS DE EVALUACIÓN Y DATOS A EVALUARSE 32

3.7.1 TEMPERATURA 32

3.7.2 ÍNDICE DE FERMENTACIÓN 32

3.7.3 HUMEDAD 32

3.7.4 pH…….. 33

3.8 EVALUACIÓN SENSORIAL 33

3.8.1 SABORES BÁSICOS 34
3.8.1.1 ACÍDEZ 34
3.8.1.2 AMARGOR 34
3.8.1.3 ASTRINGENCIA 34
3.8.2 SABORES ESPECÍFICOS 34
3.8.2.1 CACAO 34
3.8.2.2 FLORAL 35
3.8.2.3 FRUTAL 35
3.8.2.4 NUEZ 35
3.8.3 SABORES DEFECTUOSOS 35
3.8.3.1 PIZARRA 35
3.8.3.2 VIOLETA 35
3.8.4 INFESTACIÓN 36
3.8.4.1 MOHOS 36
3.8.4.2 INSECTOS 36
3.9 MANEJO DEL EXPERIMENTO 36
3.9.1 PROCESO 36
3.9.2 OPERACIONES PREVIAS A LA FERMENTACIÓN 36
3.9.3 RECEPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA 37
3.9.4 CLASIFICACIÓN 37
3.9.5 PESADO 37
3.9.6 FERMENTADO 37
3.9.7 CAJAS DE MADERA 37
3.9.8 MONTONES 37

3.9.9 SACOS…. 38
3.9.10 VOLTEO…. 38
3.9.11 SECADO…. 38
3.10 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE FERMENTACIÓN 39

CAPÍTULO IV…. 40

4. RESULTADOS EXPERIMENTALES Y DISCUCIONES 40
4.1.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS 40
4.1.1.1 TEMPERATURA 40
4.1.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS 42
4.1.2.1 pH……. 42
4.1.2.2 pH COTILEDÓN 42
4.1.2.3 pH TESTA 44
4.1.3 HUMEDAD…… 46
4.1.3.1 HUMEDAD COTILEDÓN 46
4.1.3.2 HUMEDAD TESTA 48
4.1.4 PESO EN GR (100 ALMENDRAS SECAS) 50
4.1.4.1 ÍNDICE DE FERMENTACIÓN 53
4.1.4.2 % DE FERMENTACIÓN TOTAL 53
4.1.5 ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO 63
4.1.6 ANÁLISIS ECONÓMICO EN LA RELACIÓN BENEFICIO / COSTO 64

CAPÍTULO V…. 65

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 65

5.1 CONCLUSIONES 65

5.2 RECOMENDACIONES..... 67

CAPÍTULO VI…. 68

6. RESUMEN SUMMARY..... 69

6.1 RESUMEN.. 69

6.2 SUMMARY…. 71

CAPÍTULO VII 73

BIBLIOGRAFÍA. 73

ANEXOS……. 76

ÍNDICE DE CUADROS

Pág.

CUADRO 1. ESQUEMA DE LA FERMENTACIÓN DEL CACAO 16

CUADRO 2. LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO 26

CUADRO 3. SITUACIÓN CLIMÀTICA DE LA LOCALIDAD 27

CUADRO 4. FACTORES EN ESTUDIO 30

CUADRO 5. TRATAMIENTOS 31

CUADRO 6. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA TEMPERATURA 40

CUADRO 7. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL pH DE COTILEDÓN 42

CUADRO 8. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL pH DE TESTA 44

CUADRO 9. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA HUMEDAD DE COTILEDÓN…… 46

CUADRO 10. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA HUMEDAD DE TESTA 46

CUADRO 11. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL PESO (GR) 100 ALMENDRAS 50

CUADRO 12. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL % DE FERMENTACIÓN TOTAL…….. 53

CUADRO 13. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL % DE FERMENTACIÓN BUENA ... ……. 55

CUADRO 14. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL % DE FERMENTACIÓN PARCIAL . ……..... 57

CUADRO 15. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL % DE FERMENTACIÓN VIOLETA……. 58

CUADRO 16. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LAS VARIABLES PIZARRA, INSECTOS, MOHO 61

CUADRO 17. ANÁLISIS DE VARIANZA SENSORIAL 63

CUADRO 18. ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN FACTOR 63

CUADRO 19. ANÁLISIS ECONÓMICO EN LA RELACIÓN BENEFICIO / COSTO……..... 64

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Foto 1. Selección de la materia prima (cacao)

Foto 2. Fermentador cajas de madera

Foto 3. Fermentador sacos plásticos

Foto 4. Fermentador de montones

Foto 5. Toma de temperatura en el fermentador de cajas de madera

Foto 6. Remoción del cacao en el fermentador de cajas

Foto 7. Remoción del cacao en el fermentador de sacos plàsticos

Foto 8. Remoción del cacao en el fermentador de montones

Foto 9. Toma de temperatura en el fermentador de sacos plàsticos

Foto 10. Toma de temperatura en el fermentador de montones

Foto 11. Cubierta de hojas de plátano y sacos en el fermentador de montones

Foto 12. Cubierta de hojas de plátano y sacos en el fermentador de cajas de madera

Foto 13. Cubierta de hojas de plátano y sacos en el fermentador de sacos plàsticos

Foto 14. Instalación del cacao en el fermentador de montones

Foto 15. Secado del cacao en el tendal de cemento

Foto 16. Remoción del cacao en el secado

Foto 17. Secado del cacao en la marquesina

Foto 18. Almacenamiento del cacao en sacos plásticos

Foto 19. Toma de muestras de cacao seco para laboratorio

Foto 20. Toma de fotografías del trabajo de campo a cargo de la Ing Marìa Ruilova Miembro del tribunal de tesis

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. CROQUIS DEL LUGAR DEL ENSAYO

ANEXO B. NORMA INEN 173 DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD

ANEXO C. DATOS DE LOS ANÁLISIS

ANEXO D. ANÁLISIS ECONÓMICO EN LA RELACIÓN BENEFICÍO/COSTO DE TODOS LOS TRATAMIENTOS

ANEXO E. FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO

ANEXO F. FORMULARIO PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL

ANEXO G. HIPOTESIS

CAPÍTULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

El cacao Trinitario ocupa del 10-15 % de la producción mundial, está constituido por el cruzamiento del criollo de Trinidad con la variedad introducida de la cuenca del Orinoco; se lo considera cacao de calidad. Dentro de esta variedad se ubica el CCN51 que es producto de la investigación realizada en el Ecuador, en la zona de Naranjal, por el Agrónomo Homero Castro. Este clon presenta características de alta producción y tolerancia a las enfermedades pero no tiene el aroma que posee el Nacional (INIAP, 2003).

En la actualidad este cultivo se ubica a nivel nacional. Según los datos del último censo (2003) Agropecuario existen 243,059 hectáreas de cacao, como cultivo solo y 190.919 hectáreas de cultivo asociado. En la superficie únicamente de cacao, la provincia de Los Ríos abarca el 24.1%, Guayas el 21.08% y Manabí el 21.63%, en tanto que la provincias de Esmeraldas y El Oro participan con el 10.09% y 7.62%, respectivamente; la diferencia se encuentra en el resto de provincias del callejón Interandino y la Amazonía. En referencia al cultivo asociado, casi de manera similar, alrededor del 80% se encuentra ubicado en el litoral y la diferencia en el resto de provincias. De las 58.466 upas de cultivo solo de cacao, el 50% son pequeñas, es decir que van de 1 hasta las 10 hectáreas, el 17% upa de hasta 20 hectáreas, el 20% hasta 50 hectáreas y la diferencia mayores de 50 hectáreas. En cuanto al cultivo asociado, de las 38.360 upas, el 49% son de 1 a 10 hectáreas, el 20.35% de 10 hasta 20 hectáreas, el 20.66% de 20 a 50 hectáreas y la diferencia son unidades de producción agropecuaria de cacao superiores a esta última extensión (SICA, 2003).

El Ecuador ha sido tradicionalmente uno de los países más grandes productores de cacao fino y de aroma. La actividad agrícola dedicada al cultivo de cacao tiene una historia relevante en la economía nacional; este producto conocido además como la

Pepa de oro, dominó varias décadas en la generación de divisas para el país, dando lugar al aparecimiento de los primeros capitales y desarrollando sectores importantes como la banca, la industria y el comercio. Originalmente el cultivo de cacao tuvo su apogeo en la zona de Vinces, en la provincia de los Ríos (INIAP, 2003).

En la zona del Cantón las Naves existe alrededor de 800 hectáreas de cacao en producción, las mismas que están asociadas entre cacao de la variedad Complejo Nacional x Trinitario y la variedad CCN51, siendo esta ultima cultivada a mayor escala, la superficie señalada es explotada alrededor de cuatrocientas familias que se encuentran distribuidos a lo largo y ancho de la zona. Según los últimos datos obtenidos por la Union de Organizaciones de Participación Social por la Justicia del Canton las Naves, la producción en el año 2009 de la variedad de cacao Complejo Nacional x Trinitario fueron de 75 toneladas, las mismas que fueron exportadas a Europa. (Memorias curso de cacao del Centro de Acopio las Naves, 2009).

El aporte de este trabajo de investigación tiene como finalidad mejorar la calidad de los granos de cacao en la zona de las Naves, ya que en este lugar no se han realizado investigación alguna en lo referente a que tipo de fermentador es el apropiado, ya que los agricultores dedicados a este cultivo solo fermentan en sacos plásticos en el cual se obtiene almendras medianamente fermentadas, que afectan a la calidad del cacao.

De ahí que el efecto de la fermentación en la calidad del cacao es importante, tiene doble finalidad. Primero, que la pulpa se convierte en acido acético, la semilla se hincha y luego se evapora. Segundo, reducir el amargor y la astringencia, para posteriormente desarrollar los precursores del sabor y aroma en los granos de cacao, necesarias para la elaboración de las diferentes variedades de chocolates.

La calidad de los granos de cacao, ***Theobroma cacao L***. depende entre otros factores, de la variedad y del proceso de fermentación (PF), etapa necesaria para inducir los cambios bioquímicos en el grano y se producen los precursores del aroma y sabor a chocolate al beneficiar el cacao (Puziah, 1998).

La metodología aplicada en el proceso ayuda a la fermentación, bien sea por el tipo de fermentador empleado (Vargas *et al*., 1989), el volumen de la masa (Braudeau, 1970; Puziah, 1998; Portillo, 2000) y volteo de los granos (Puziah, 1998), variando el método entre los distintos países (Braudeau, 1970).

Las proyecciones indican que la producción mundial de cacao tendrá una tasa de crecimiento anual de 2,2 % desde 1998-2000 hasta 2010, comparado a una tasa de 1,7 % en los diez años anteriores, y llegará a 3,7 millones de toneladas. Durante el mismo período, la participación de África en la producción mundial debería de decrecer ligeramente de 69 % a 68 %, mientras que la del Lejano Oriente se mantendría, según las proyecciones, en 18 %, y la de América Latina y el Caribe en 14 %**.**

1.2.OBJETIVOS

Objetivo General

- Determinar el efecto de los sistemas de fermentación en la calidad del cacao de la variedad Complejo Nacional x Trinitario (Theobroma cacao. L) del Cantón las Naves Provincia Bolívar.

Objetivos Específicos

- Estudiar la fermentación del cacao mediante análisis físicos, químicos y organolépticos en los tres sistemas de fermentación.

- Establecer el mejor sistema de fermentación del cacao de la variedad Complejo Nacional x Trinitario en la zona de las Naves.

- Realizar el análisis económico en la relación costo-beneficio.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2. ORIGEN E HISTORIA

El cacao es una especie originaria del Bosque húmedo tropical (Bh-t) del Noreste de América del Sur, de la región amazónica. De ahí se dispersó de modo natural al resto del continente y luego con la ayuda del hombre al resto de las regiones tropicales del mundo (Erickson, 2002).

El cacao es nativo de América, proveniente de la cuenca alta de la Amazonía se desarrolla y produce bien bajo condiciones especiales, en América fue reportado por Hernán y pasó a Europa en 1526 (Hernández, 2000).

Según la tradición, el árbol de cacao tiene origen diferente; el Botánico Sueco Carl Von Linneo lo clasifico como Theobroma significa "Alimento o Bebida de los Dioses". Durante varios años el monopolio del comercio del cacao gradualmente fue desplazado por Inglaterra y Holanda. El consumo del chocolate se popularizó en el siglo XIX, cuando Houten desarrolló el proceso actual eliminando su excedente convirtiéndola en una bebida apetecida agradable y económica.

El cacao es un árbol perenne cuyo centro de origen se ubica en las estribaciones andinas de la cuenca amazónica, de donde se dispersó de modo natural al resto del continente con la ayuda del hombre y los animales (Hardy, 2001).

2.1. CLASIFICACIÓN BOTÁNICA DEL CACAO

Reino:	Plantae (plantas)
Subreino:	Tracheobionta (plantas vasculares)
División:	Magnoliophyta (plantas con flores, ansgiospermas)
Clase:	Magnoliopsida (dicotiledóneas)
Subclase:	Dilleniidae
Orden:	Malvales
Familia:	Sterculiaceae
Subfamilia:	Byttnerioideae
Género:	Theobroma
Especie:	cacao L.

Fuente: (Manual Agropecuario de la Granja Integral, 2002).

2.2. TIPOS DE CACAO

Actualmente se reconocen cuatro tipos de cacao:

a. Criollos.
b. Forasteros amazónicos
c. Trinitarios.
d. Nacional

a) CACAO CRIOLLO

Este tipo de cacao se caracteriza por tener mazorcas de coloraciones verdes y rojizas en estado inmaduro, tornándose amarillas y anaranjado rojizos, cuando están maduras y las almendras son blancas, el chocolate obtenido de este cacao es apetecido por el sabor a nuez y frutas (INIAP, 2003).

b) CACAO FORASTERO AMAZÓNICO

Evolucionó en la cuenca del rìo amazonas, encontrándose de modo silvestre en la Amazonía del Ecuador, Colombia, Perú, Venezuela y Brasil. El 80% de la superficie mundial esta sembrada con este tipo de cacao.

Las mazorcas en estado inmaduro es verde y amarillas cuando están maduras. La almendra es púrpura, de este tipo se obtiene un chocolate con sabor básico de cacao (CORPEI, 1999).

c) CACAO DE TIPO TRINITARIO

Se formó de manera espontánea de un cruce entre cacao criollos y forasteros amazónicos de este cruce se forman diversidad de formas de mazorcas hallándose colores verdes y rojos y cuando alcanza la madurez son anaranjados y amarillos. El color interno del cotiledón es morado. La calidad que se tiene de este cacao, varía del cultivado en Trinidad (Venezuela) se considera fino (MAG, 2005).

d) CACAO NACIONAL

La variedad nacional por mucho tiempo se ha considerado perteneciente a los grupos forasteros pero se ha mantenido como un grupo distinto aparte, porque sus características de calidad y aroma se asemejan más a los criollos.

Las características de los criollos, las flores y estaminoides, son de color rosado pálido, las mazorcas de color rojo o amarillo al estado de madurez, posee surcos profundos, muy rugosos y puntiagudos, los cotiledones frescos son de color blanco o violeta pálido requieren un periodo corto para fermentar (2, 3 días) es muy aromático y se lo designa comercialmente como “cacao fino” Sabor arriba (Memorias Centro de Acopio las Naves, 2007).

El cacao nacional del Ecuador avanza a veces una altura de hasta 12 m dependiendo de las condiciones ambientales, del crecimiento de las sombras temporales a un inicio y la sombra permanente posteriormente o el cultivo expuesto a pleno sol (Manual Agropecuario, 2000).

El cacao nacional posee semillas grandes, redondeadas y de color rojo claro, con poco mucílago y de sabor más dulce que los otros tipos de cacao y con un peso promedio de 1,2 a 1,7 g el número de semillas por mazorca es de 33 a 45 (Quiroz, 1997).

En Ecuador los Trinitarios introducidos de Venezuela desde 1930 toman progresivamente el lugar del cacao nacional demasiado sensible y proveen actualmente más del 90 % de la población ecuatoriana el cacao nacional tiene la particularidad de dar una sola cosecha por año durante la estación marzo-abril mientras que los trinitarios proporciona su principal cosecha durante la estación seca .

Debido a ello en la actualidad los cacaos producidos en Ecuador de marzo a mayo y que contengan un porcentaje elevado de habas de cacao nacional, pueden ser clasificados entre los de "Arriba Superior", que son bonificados con una prima en el mercado (Torres, 2001).

2.3. EL CACAO EN LA ZONAS DE LAS NAVES

En la zona del Cantón Las Naves existen alrededor de 800 hectáreas de cacao en producción, las mismas que están asociadas entre cacao fino de aroma y la variedad CCN51, siendo esta ultima cultivada en una mayor escala, la superficie ya señalada es explotada por alrededor de 400 agricultores que se encuentran distribuidos a lo largo y ancho de la zona.

Según los datos estadísticos obtenidos por la Unión de Organizaciones de Participación Social por la Justicia del Cantón Las Naves, la producción en el año 2009 de cacao fino de aroma (Nacional) fue de 75 toneladas, las mismas que fueron vendidas a Europa (Memorias Centro de Acopio las Naves, 2009).

2.4. MORFOLOGÍA Y BIOLOGÍA

a) PLANTA

La arquitectura del árbol de semilla es el típico tronco erguido (crecimiento ortotrópico) al final del cual crece un verticilo de hasta 5 ramas laterales (crecimiento plageotròpico), debajo del punto de inserción de este molinete u horqueta, crece otra rama erecta o chupón, dando origen a otro verticilo, pudiendo el árbol crecer hasta 20 m si se desarrolla bajo sombra intensa.

Su corona es densa, redondeada y con un diámetro de 7 a 9 m cuando se propaga vegetativamente, por injertos o ramillas, se obtiene por lo general una planta con un tipo de crecimiento lateral o plagiotròpico, el cual puede variar en su ángulo de crecimiento pudiendo llegar hasta los 5 m de altura (Manual de cultivo de cacao, 2007).

b) SISTEMA RADICULAR

La raíz principal es pivotante y tiene muchas raíces secundarias, la mayoría de las cuales se encuentran en los primeros 30 cm de suelo. En árboles provenientes de ramillas el sistema radicular esta conformado por un haz de raicillas que dan sostén y nutren a la planta (Alvim y Duarte, 2004).

c) HOJAS

Son simples, enteras y de color verde bastante variable (color café claro, morado o rojizo, verde pálido) y de pecíolo corto y caducan cada 2 a 3 meses (Hardy, 2001).

d) FLORES

Son pequeñas y se producen al igual que los frutos, en racimos pequeños sobre el tejido maduro mayor de un año del tronco y de las ramas, alrededor en los sitios donde antes hubo hojas. Las flores son pequeñas, se abren durante las tardes y pueden ser fecundadas durante el día siguiente. El cáliz es de color rosa con segmentos puntiagudos; la corola es de color blancuzco, amarillo o rosa. Los pétalos son largos. La polinización es entomófila destacando una mosquita del género Forcipomya (Duarte, 2004).

e) FRUTO

El tamaño, color y formas son variables, pero generalmente tienen forma de baya, de 30 cm de largo y 10 cm de diámetro, siendo lisos o acostillados, de forma elíptica y de color rojo, amarillo, morado o café. La pared del fruto es gruesa, dura o suave y de consistencia como de cuero.

Los frutos se dividen interiormente en cinco celdas. La pulpa es blanca, rosada o café, de sabor ácido a dulce y aromática.

El contenido de semillas por baya es de 20 a 40 y son planas o redondeadas, de color blanco, café o morado, de sabor dulce o amargo (Hardy, 2001).

2.5. GRANOS DE CACAO

Los granos de cacao son las semillas del árbol Theobroma cacao. Cada semilla consta de dos cotiledones y del pequeño embrión de la planta, todos cubiertos por la piel (cáscara).

Los cotiledones almacenan el alimento para el desarrollo de la planta y dan lugar a las dos primeras hojas de la misma, cuando la semilla germina, las semillas son fermentadas, lo que causa diversos cambios químicos, tanto en la pulpa que las rodea, como dentro de ellas mismas, estos cambios producen el desarrollo del sabor a chocolate así como el cambio de color de las semillas (Álvarez, 2001).

2.6. PROCESO DE FERMENTACIÓN

2.6.1. CONCEPTO

La fermentación es la descomposición de las sustancias orgánicas de origen vegetal exenta de nitrógeno, preferentemente de hidratos de carbono o sus derivados por medio de bacterias, levaduras y mohos con producción de energía (Schawn, 2000).

2.6.2. FERMENTACIÓN EN EL CACAO

El término fermentación se aplica al proceso bioquímico, que sufre el cacao bruto por la acción de diversas enzimas, que son producidas por una sucesión de microorganismos que contribuyen en diferentes fases del proceso. Están involucrados en las etapas iníciales en la fermentación alcohólica y láctica tradicional de los azúcares contenidos en la pulpa (Montero, 2000).

El proceso de fermentación es indispensable en el cacao, porque durante el mismo se forma los precursores del aroma y el sabor característico a chocolate.

La fermentación consiste en lo siguiente:

- Descomposición y remoción del mucílago azucarado que cubre el grano fresco, para facilitar el secado y la conservación o almacenamiento.
- Elevar la temperatura que mata al embrión, para facilitar el desarrollo del sabor a chocolate.
- Destrucción de las células pigmentadas o cambios en la pigmentación interna.
- La transformación del sabor astringente de los cotiledones.
- El desarrollo del sabor y aroma del chocolate.

El alcohol y ácido acético son producidos por acción de los microorganismos de la pulpa, al segundo día los granos mueren en gran parte por la acción del ácido acético y la temperatura.

Luego de la fase anaeróbica hidrolitica, la glucosidaza hidroliza los fenoles en glucósidos fenolitos, en el final del período de fermentación, el aire penetra a los cotiledones, dando lugar a la fase de condensación oxidativa, mientras que el período del secado, sigue hasta que el contenido de agua de los cotiledones, baja a un valor que previene futuras actividades enzimáticas (Montero, 2000).

En el proceso de fermentación de las semillas del cacao los microorganismos juegan un papel importante. La fermentación se lleva a cabo de diversas formas, pero todas se basan en apilar una cantidad de granos de cacao con la pulpa suficiente para que los microorganismos produzcan calor, elevando la temperatura y sin permitir que mucho aire circule entre los granos de cacao (Schawn, 2000).

En la fermentación del cacao se elimina el mucílago y se produce la muerte del embrión, mejora la apariencia del grano de cacao e induce los cambios que luego producirán en su procesamiento industrial, el sabor y aroma característico del chocolate.

Durante el proceso, la acción combinada y balanceada de la temperatura, alcoholes, ácidos, pH y humedad matan al embrión que es indispensable para disminuir el sabor amargo por la pérdida de la theobromina, se produce las reacciones bioquímicas que forman al chocolate. En el proceso de fermentación de las semillas del cacao los microorganismos juegan un papel importante (Montero, 2001).

Se ha comprobado, al realizar prácticas en algunas zonas en las que se cultiva el Trinitario, que la retención de las bayas sin abrir durante unos cuantos días, da como mejor resultado el desarrollo del sabor. La explicación a este fenómeno, es que la desecación parcial de los granos de cacao en las bayas cerradas, fomenta la penetración de más aire entre los granos de cacao (Cros, 2007).

2.7. TIPOS DE FERMENTACIÓN

En la fermentación el oxígeno es determinante, su ausencia o presencia permite una selección, tanto de microorganismos así como los cambios bioquímicos en los granos de cacao. Existen dos tipos de fermentación: fermentación aeróbica y fermentación anaeróbica.

2.7.1. FERMENTACIÓN AERÓBICA

Se denomina fermentación aeróbica cuando se realiza en presencia de oxígeno molecular.

2.7.2. FERMENTACIÓN ANAERÓBICA

Se denomina fermentación anaeróbica cuando el proceso se lo realiza sin presencia de oxígeno

2.8. FERMENTACIÓN DE LA PULPA

Las transformaciones constatadas en el curso de preparación del cacao, empiezan por una fermentación de la pulpa azucarada que envuelven los granos, las fermentaciones están provocadas directamente por microorganismos y que afectan a la pulpa, reacciones internas controladas por las enzimas contenidas en los tejidos de los cotiledones.

El análisis químico de las diferentes partes de los granos frescos de cacao, señala el alto contenido en azúcar (fructosa y glucosa) de la pulpa que rodea los granos de cacao, cuando estas acaban de ser extraídas de la mazorca.

2.9. FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA

Es la fase inicial de la fermentación, llevada a cabo por las levaduras, pertenecientes a los géneros Cándida, Dedaryomyces, Hansenulaa, Kloeckera, Pichia, Rhodotorula, Saccharomyces y Torulopsis.

La fermentación alcohólica se produce por un incremento en los recuentos de Lactobacillus, L. plantarum, L. collinoides y L. fermentum, con la producción asociada de ácido láctico (Contreras, 1999).

2.10. FERMENTACIÓN ACÈTICA

Es la segunda fase de la fermentación (etapa aeróbica) durante los cuales suceden los siguientes procesos:

El aumento del etanol y la mejor aireación facilita la proliferación de las bacterias del ácido acético (Acetonas y Azotobacter), las cuales convierten el etanol en ácido

acético. Las Azotobacter son capaces de oxidar el ácido acético, y al realizarse esta reacción, se produce gran cantidad de monóxido de carbono (CO) y agua. Las bacterias lácticas compiten durante pocas horas con las acéticas (Portillo, 1995).

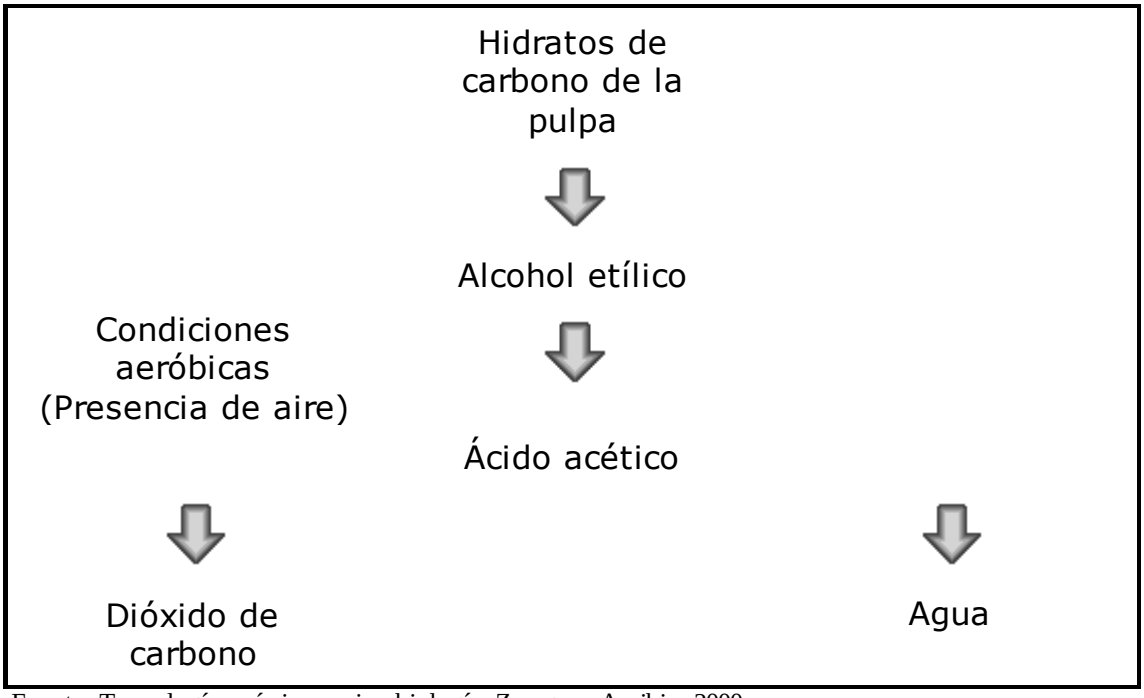
La oxidación del etanol a monóxido de carbono (CO) y agua, libera gran cantidad de calor, intensificándose la perdida de humedad y peso de las almendras. Las temperaturas máximas alcanzadas normalmente se ubican entre 48 y 60ºC, debido posiblemente a que este sea el punto térmico de muerte para muchas bacterias. Las bacterias acéticas quedan inactivadas y el ácido acético no se oxida totalmente quedando un remanente.

Las altas temperaturas detienen el proceso de germinación pero el calor no es el único agente. Los alcoholes y el ácido acético obtenidos también intervienen en el proceso: estos penetran al interior de los granos de cacao y participan en la muerte del embrión , iniciándose así la formación de las sustancias precursoras del aroma y sabor a chocolate, el pH continua aumentado y cuando está por encima de 5, se activan las bacterias Aerobacter, estas desdoblen los aminoácidos con formación de aminas que dan un color pardo oscuro a la testa y un olor desagradable (Esparza, 2007).

La tercera etapa consiste en una intensa acetificación a cargo de las bacterias acéticas: Acetobacter y Gluconobacter (Contreras, 1999).

Esquema de la fermentación del cacao:

Cuadro Nro. 1



Fuente: Tecnología química y microbiología Zaragoza Acribia, 2000.

2.11. PROCESO QUÍMICO DE LA FERMENTACIÓN

Las bacterias y levaduras presentes en el aire se multiplican en la pulpa que rodea los granos por su concentración de azúcares y ésta se descompone formando un líquido ácido y alcohol. Esto aumenta la temperatura del montón y unas transformaciones tienen lugar en el interior de cada grano. Su color cambia del púrpura al marrón chocolate y el olor a cacao empieza a manifestarse.

La fermentación a veces se omite, habiendo plantadores y fabricantes a favor y en contra de ello. La calidad de los granos depende de este proceso de fermentación. Si es excesivo, el cacao puede arruinarse; si es insuficiente, puede adquirir un sabor de patatas crudas y son atacados por los hongos (Schawn, 2002).

2.12. CAMBIOS FÍSICOS-QUÍMICOS QUE OCURREN DURANTE LA FERMENTACIÓN

La semilla fresca presenta un alto contenido de compuestos polifenólicos u purinas. Además, también proteínas, carbohidratos y grasas. Los polifenoles están en el interior de ciertas células de almacenamiento del polifenol (células con pigmentos) donde se encuentra principalmente: taninos, catequizas. leucoantocianinas y antocianinas.

Las antocianinas y otras sustancias polifenólicas de las células pigmentadas, pueden difundirse entonces hacia las células adyacentes de almacenamiento, donde se encuentran con diversas enzimas que provocan reacciones hidrolíticas en las condiciones anaerobias del haba. Entre éstas se encuentra la degradación de las antocianinas coloreadas de las habas de Forastero, de tal forma que se produce algo de decoloración de los cotiledones (Torres, 2001).

La teobromina y la cafeína, que son purinas, se encuentran también dentro de estas células, al igual que los pigmentos de las variedades que tienen semillas púrpura. Existen también las células de reserva, las cuales contienen cristales de manteca de cacao, granos de almidón, proteínas y enzimas (Cros, 2007).

El sabor y aroma a chocolate no se debe a un solo compuesto químico. Mediante cromatografía de gases, se han identificado alrededor de 200 componentes. Los polifenoles de las almendras se hidrolizan mediante una reacción enzimática y produce los aminoácidos volátiles solubles e insolubles, los cuales forman en mayor proporción el sabor a chocolate **(**Torres, 2001).

2.13. BIOQUÍMICA DE LA FERMENTACIÓN

Los dos tipos de reacciones bioquímicas que son responsables de la producción de los precursores del aroma son las reacciones hidroliticas, en donde se produce el desdoblamiento de las moléculas de ciertos compuestos orgánicos, ya sea por exceso de agua o por la presencia de una cantidad de fermento o ácido en la fermentación y las reacciones oxidativas, son transformaciones en los cambios de color por la acción del oxígeno desarrollando el color marrón en los cotiledones durante el secado. Para lograr un buen producto estas dos fases deben seguir una secuencia correcta (Montero, 2001).

La subsecuente degradación de la pulpa mucilaginosa y su rompimiento de las paredes celulares, permiten la entrada de oxígeno al interior de la masa en fermentación, fase aerobia favoreciendo las bacterias lácticas, las cuales dominan los primeros estados de fermentación hasta después de la primera remoción (Madriz, 2000).

Como la actividad microbiana se intensifica, la temperatura de la masa de los granos se incrementa y las bacterias acéticas (acetobacter) y otras bacterias aerófilas formadoras de esporas transforman por medio de hidrasas y mutasas el etanol a ácido acético incrementándose nuevamente la temperatura hasta valores del orden del 45 - 46 ºC debido a la naturaleza exotérmica de la reacción.

El tamaño de la población de las bacterias acéticas y lácticas esta directamente correlacionada con los niveles de ácido acético y ácido láctico formados. Se ha observado que los microorganismos formadores del ácido acético llegan a ser aproximadamente el 80 al 90 % de la población microbiana (Álvarez, 2001).

2.14. FACTORES QUE INTERVIENEN DURANTE LA FERMENTACIÓN DE CACAO

Diversos factores influyen dentro del proceso fermentativo, siendo las principales: la temperatura, tiempo de fermentación, índice de fermentación e índice de hinchamiento.

2.14.1. TEMPERATURA

Es muy importante para el proceso fermentativo ya que es responsable en parte, de la muerte de los granos y del inicio de las reacciones enzimáticas en los tejidos del cotiledón, que dan origen a los precursores del sabor y aroma a chocolate (Braudeau, 1999).

2.14.2. VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA EN LA FERMENTACIÓN DEL CACAO

La elevación de la temperatura en la masa del cacao es ocasionada por las reacciones exotérmicas y el aumento de la actividad microbiana que ocurren en el proceso fermentativo. En los primeros días de la fermentación la temperatura aumenta constantemente llegando a los 45.5 º C. Luego desciende con lentitud pero vuelve a subir cuando se realiza la segunda remoción. A los seis días de iniciar la fermentación la temperatura alcanza entre 45 y 48 º C, los cambios que acompañan a la sobre fermentación puede elevar la temperatura hasta los 52 ºC (INIAP, 2003).

La temperatura de la masa de cacao se desarrolla mejor cuando se realiza en lugares con una temperatura ambiente media superior a los 21 ºC y una altitud inferior a los 1300 m.s.n.m. puesto que a menor temperatura ambiente y alturas superiores, los cambios de la microflora son más lentos y la fermentación requiere de mayor tiempo (Montero, 2001).

2.14.3. TIEMPO DE FERMENTACIÓN

El tiempo es importante porque esta relacionado con la temperatura, a medida que transcurren los días de fermentación, hay un aumento en la temperatura además, esta relacionado con la variedad de cacao, el método utilizado, y las condiciones climáticas.

Durante los días de una fermentación normal del cacao, la actividad bacteriana aumenta continuamente bajo condiciones de aireación progresiva mayor, gracias a los restos del drenaje de la pulpa desaparecen, permitiendo que el aire se difunda por entre las habas. La alta temperatura se mantiene por la actividad bacteriana.

El tiempo de fermentación depende de una serie de factores, el tamaño del grano, influye en el tiempo de fermentación, el cacao Venezolano se fermentan más rápido que los tipos forasteros más gruesos (Rohan, 1999).

El cacao de la variedad complejo nacional x trinitario requiere un tiempo de fermentación de tres a cuatro días, mientras que el cacao tipo nacional se obtiene una fermentación a los seis días, sin embargo este período tiene inconvenientes como fermentación pútridas, excesiva acidez y engrosamiento de las almendras, siendo manipuladas mediante el método de cajas de madera y de montón (Jiménez, 1999).

2.14.4. ÍNDICE DE FERMENTACIÓN

El índice de fermentación en el cacao es importante, porque se puede determinar el grado de fermentación en las almendras, (fermentación buena, mediana, violeta, pizarra).

El índice de fermentación aumenta significativamente durante el proceso fermentativo, este aumento es ocasionado por los diferentes cambios bioquímicos que suceden en los granos. Las antocianinas, responsables del color púrpura de los cotiledones, son hidrolizadas en la fermentación y las agliconas resultantes oxidadas a compuestos quinónicos que contribuyen al color pardo característico del cacao fermentado (Schawn, 2000).

El índice de fermentación es en función de la cantidad de estos últimos compuestos, de forma que a mayor contenido de los productos de condensación de los flavonoides, mayor será el grado de fermentación. Al final del proceso el color de los granos cambia de púrpura a marrón chocolate en el cacao forastero y de amarillo tostado a canela oscuro en el criollo (Schawn, 2000).

El color violeta es una fermentación incompleta, mientras que el color pardo indica que la fermentación se ha completado. El cuarto día del proceso de fermentación es considerado como óptimo (Contreras, 1999).

Después de la etapa de fermentación el color interno de las almendras de cacao debe ser marrón y no violeta, ya que el color violeta es característico de un producto mal fermentado con altos tenores de compuestos polifenólicos y está relacionado con un débil sabor de chocolate (Álvarez, 2001).

2.14.5. ÍNDICE DE HINCHAMIENTO

Es importante porque esta relacionado con la variación de las características de las semillas que ocurren durante la fermentación, siendo estas el largo, ancho, espesor y peso de los granos.

El índice de hinchamiento se incrementa de 109,6 mm a 128,62 mm en el transcurso de la fermentación, entre los días del proceso. En la fermentación se desencadenan

diversas transformaciones bioquímicas en el interior de los cotiledones, que se caracterizan por la desaparición del color púrpura cuando existe hinchazón de los cotiledones y aparición de un color pardo característico de un cacao bien fermentado (Braudeau, 1970).

El índice de hinchamiento también varía con el tipo de cacao, presentando el índice de 123,30 m. el cacao tipo criollo y más bajo 118,77 m el forastero.

2.15. SISTEMAS DE FERMENTACIÓN DEL CACAO

Para la fermentación se necesita un lugar especial no afectado por el viento, bien ventilado. A continuación se describen varios métodos para fermentar el cacao (Torres, 2001).

2.15.1. FERMENTACIÓN EN SACOS

Para la fermentación del cacao en costales de polietileno o yute se colocan las almendras dentro de estos, se cierran y se los deja fermentando en el piso. Algunos agricultores suelen colgarlos para que tengan mejor aireación durante dos o tres días al cabo de los cuales son extraídas para someterlas al proceso del secado. Este método no es recomendable debido a que las almendras presentan un elevado porcentaje de granos violáceos y pizarrosos.

Es muy común que el pequeño agricultor abra sus mazorcas de cacao en el campo y coloque los granos de cacao dentro de los sacos de plástico, para transportarlas hacia el centro de fermentación, se dejan las almendras en dichos sacos por un período de 5 a 6 días para que fermenten (Schawn, 2000).

2.15.2. FERMENTACIÓN EN RUMAS O MONTONES

El método más usado por los pequeños productores; consiste en amontonar las almendras sobre un piso de madera de tal suerte que los jugos puedan escurrir. Esos montones de cacao deben removerse de un lugar a otro, para así obtener una mejor fermentación. En los montones las almendras pueden pasar de 5 a 6 días luego se las extienden para que se sequen. El número de días de la fermentación, depende del material genético al que se le aplique (Schawn, 2000).

La fermentación en rumas o montones es bastante simple, sobre el piso se dispone una capa de hojas de plátano que sirve de base y facilita el drenaje del exudado. Las almendras son acondicionadas sobre estas hojas formando rumas que se cubren con hojas de plátano y sacos de yute para evitar la fuga de calor que dará muerte al embrión de las semillas (Montero, 2001).

Los montones deben estar expuestos directamente al sol y no bajo sombra con remociones a intervalos de 48, 72 y 96 horas que es el tiempo necesario para obtener un cacao bien fermentado por encima del 90 %. Por lo general, todo el proceso demora 5 días. Este método tiene la ventaja de fermentar cualquier volumen y no ocasiona costo alguno (Contreras, 1999).

2.15.3. FERMENTACIÓN EN CAJONES

Las maderas que se utilizan en la construcción de las cajas fermentadoras poseen características específicas como: maderas duras para resistir la humedad y acidez de las almendras, maleables a la perforación de los clavos sin que se partan, y no ser portadores de olores y sabores extraños que confieran otras cualidades diferentes a los granos (Portillo, 1995).

Para proteger a las cajas fermentadoras de la rigurosidad del clima y prolongar su vida útil se instalará debajo de cobertizos, de preferencia cerrados para ampararlos de las corrientes de aire, lo que permitirá optimizar el proceso de fermentación. Todo esto evitará el posible lavado de la pulpa de los granos y mantendrá la temperatura adecuada del cajón. El tamaño de las cajas de fermentación puede variar mucho y guarda relación con la cantidad de almendras que se puede cosechar como máximo en una finca en un momento determinado, o sea el límite de la mayor producción.

Las cajas se preparan de manera que la pulpa licuada, drene y para que pueda penetrar algo de aire, bien por medio de pequeños orificios en el fondo de la caja, o preferiblemente a través de un piso de tabloncillos separados a 6 mm las parvas pueden ser útiles para fermentar entre 90 hasta 1100 kg de granos de cacao húmedas, aunque es preferible trabajar con cantidades intermedias (Madriz, 2000).

Para una buena fermentación, antes de colocar el volumen de granos en el cajón se debe cubrir interiormente con hojas de plátano, luego colocar la masa de cacao y nivelar uniformemente y cubrirlos con hojas de plátano, costales de yute o plástico, a fin de mantener la temperatura y conservar el calor desprendido por la fermentación alcohólica, la capa de granos frescos no debe superar los 80 cm de hacerlos se corre el riesgo que se compacten y reduzca la aireación de los granos además de dificultar el volteo obteniéndose una fermentación dispareja (Madriz, 2000).

Para este tipo de fermentación se colocan las almendras frescas dentro de cajones fermentadores por un período de 6 a 8 días, dependiendo del tipo de cacao que se fermentará, para el caso de los híbridos la fermentación duran entre 5 a 6 días y para el caso exclusivo del cacao misceláneo entre 7 a 8 días.

2.15.4. FERMENTADOR DE CAJAS DE MADERA TIPO ESCALERA

Además de los ya mencionados cajones fermentadores, también se utilizan cajones en escalera, barriles fermentadores o camillas. En algunas regiones se usan pozuelos o canoas y hasta canastos. En cualquier caso, es importante que los recipientes fermentadores tengan orificios para la salida de los jugos.

Es necesario voltear la masa de cacao a partir de las primeras 36 horas y después cada 24 horas para airearla y lograr una fermentación uniforme, mediante la distribución pareja de la temperatura la cual debe permanecer por lo menos 3 días a 50°C, para lo cual la masa de granos debe taparse con costales, hojas o fibras vegetales y estar en un cuarto o lugar abrigado (INIAP, 2003).

2.15.5. FERMENTADOR ROHAN

Consiste en una batería de cinco gavetas de madera superpuestas, en las cuales se coloca el cacao fresco. Las gavetas deben contener el fondo enrejado, con el fin de permitir la salida de los líquidos que se desprenden de la masa de cacao. Estas se colocan sobre otras gavetas llenas de aserrín que servirá de base a la pila, esto es importante ya que dicha base va a permitir el control de la aireación. La gaveta superior se cubre en sacos vacíos para evitar pérdidas de calor (Montero, 2000).

Así mismo cada dos días se deberá cambiar las posiciones de las gavetas entre ellas mismas. La cantidad de gavetas a utilizar por fermentador no debe ser mayor de cinco ni menor de tres esta fermentación se efectúa bajo techo (Manual de cultivo de cacao, 2003).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3. MATERIALES

3.1. UBICACIÓN DEL ENSAYO

El presente trabajo de investigación se realizó en el Centro de Acopio perteneciente a la Unión Cantonal de Organizaciones de Participación Social por la Justicia del Cantón las Naves (UCOCS).

3.2. LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO

Cuadro Nro. 2

Ubicación	**Localidad**
Provincia	Bolívar
Cantón	Las Naves
Sector	Las Naves 1/2 Km. vía a Zapotal

Fuente: Memorias curso de cacao del Centro de Acopio las Naves, 2007.

3.3. SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y CLIMÁTICA DE LA LOCALIDAD

Cuadro Nro. 3

Parámetros climáticos	**Localidad**
Altitud	300 msnm
Latitud	01º16`0"
Longitud	79º0'02"
Temperatura Máxima	32ºC
Temperatura Mínima	17ºC
Temperatura media anual	22ºC
Humedad relativa	85%

Fuente: Estación Meteorológica de Pichilingue, 2007.

3.4.ZONA DE VIDA

Bosque Subtropical Húmedo. (B: S: H) Según Dr. L.R Holdridge, 1999.

3.5.MATERIAL EXPERIMENTAL

En la presente investigación trabajamos con el cacao de la variedad Complejo Nacional x Trinitario (Theobroma cacao L.).

Tipos de fermentadores

- Cajas de madera (laurel)
- Sacos de plástico
- Montones

3.5.1. MATERIALES DE OFICINA

- Computador
- Lápices

- Esferográficos
- Tablas porta papel
- Borrador papel boom
- Memory flash
- Cámara

3.5.2. MATERIALES DE CAMPO

- Fundas de polietileno
- Pala
- Carretilla
- Recipientes
- Plástico
- Machete
- Madera
- Martillo
- Clavos
- Serrucho
- Navaja
- Guantes
- Botas
- Guillotina
- Baldes
- Podones
- Pesa

3.5.3. MATERIALES DE LABORATORIO

- Papel filtro whatman 42
- Crisol de gooch
- Vasos de precipitación
- Pipetas
- Capsulas de evaporación
- Balanza digital
- Filtros de seda fina
- Tubo de ensayo
- Espectrógrafo
- Espectrofotógrafo de absorción atómica
- Potenciómetro
- Varillas de vidrio o plástico
- Estufa de secado
- Secador de bandejas
- Termómetro
- Molino
- Mescladora
- Cajas petri de aluminio

3.6.MÉTODOS

3.6.1. FACTORES EN ESTUDIO

En el presente trabajo se estudiaron los siguientes factores:

- Tipos de fermentadores y
- Tiempo de fermentación.

FACTORES EN ESTUDIO

Cuadro Nro. 4

Factores	Código	Niveles
Tipo de fermentador	A	A_1 Fermentación en cajas de madera A_2 Fermentación en sacos de plásticos A_3 Fermentación en montones
Tiempo de fermentación	B	B_1 3 días B_2 4 días

3.6.2. CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO

Factores de estudio	= 2
Tratamientos	= 6
Repeticiones	= 3
Unidades experimentales	= 18
Tamaño de muestra para laboratorio	= 300gr

3.6.3. TRATAMIENTOS

Cuadro Nro. 5 Tratamientos

Nro. Tratamiento	Código	Descripción o detalle	
		A Tipo fermentador	B Tiempo fermentación
1	A1b1	F.C.M	3 días
2	A1b2	F.C.M	4 días
3	A2b1	F.S.P	3 días
4	A2b2	F.S.P	4 días
5	A3b1	F.M	3 días
6	A3b2	F.M	4 días

3.6.4. TIPO DE DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el presente trabajo se aplicó un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial AxB.

Modelo Matemático

$Yijk = \mu + Ai + Bj + (AB)ij + rk + \Sigma ijk$

Donde:

Yijk = Enésima respuesta experimental obtenido en el enésimo tratamiento

μ = Promedio global para todos los tratamientos

Ai = Efecto del factor A

Bj = Efecto del factor B

(AB) ij = Efecto de la interacción AxB

rk = Efecto de bloque

Σijk = Efecto del error experimental

3.6.5. ANÁLISIS FUNCIONAL

- Para Factores en Estudio A, B, A x B, Prueba de Tukey al 5 %
- Para Promedios de los Tratamientos Prueba de Tukey al 5 %
- Para el Análisis Económico se realizó la relación costo/ beneficio

3.7. MÉTODOS DE EVALUACIÓN Y DATOS A EVALUARSE

Las mediciones experimentales se realizaron en el Laboratorio de Calidad de Cacao del INIAP, Estación Experimental de Pichilingue - Quevedo.

3.7.1. TEMPERATURA: La temperatura se avaluó diariamente a las 08h00, 12h00 y 16h00, con un termómetro, el mismo que se introdujo en la mitad de la masa de cacao fresco de cada fermentador, la lectura de la temperatura fue en grados centígrados °C. Se aplicó el método de Braudeau, (1970).

3.7.2. ÍNDICE DE FERMENTACIÓN: el índice de fermentación del cacao beneficiado se determino mediante la prueba de corte, (corte longitudinal de las almendras de cacao), para lo cual se utilizó una guillotina, se cogió 100 almendras al azar de cacao beneficiado, se clasificó de acuerdo al color de las almendras: buena fermentación presentan un color café rojizo y estrías bien abiertas, almendras con mediana fermentación presentan un color café violáceo y presentan estrías menos abiertas que las anteriores, almendras con mala fermentación son almendras que presentan los cotiledones de color violeta, pizarrosa, y otros deformes. Se aplicó de acuerdo a la norma INEN 173.

3.7.3. HUMEDAD: Para determinar la humedad se cogió 20 granos de almendras de cada uno de los tratamientos, se coloco en un medidor de humedad donde directamente indica el % de humedad. Se aplicó de acuerdo a la Norma N. T. E. INEN 176.

3.7.4. pH: Para determinar el pH se prepara una solución de agua en una proporción de uno a diez, para el efecto se prepara 10 gr de polvo de cacao se mezcla en 100 ml de agua destilada se lleva a ebullición hasta hervir la mezcla, luego a un núcleo magnético para agitar por una hora, la solución pasa por un papel filtro No: 4, luego se realiza la lectura con la ayuda de un potenciómetro. Se aplicó según el sistema de Jiménez, (1990).

3.8. EVALUACIÓN SENSORIAL

Variables que fuerón evaluadas mediante el método de Braudeau, (1970).
Con el personal calificado del INIAP, Estación Experimental de Pichilingue - Quevedo una vez que se realizó la fermentación y el secado del cacao.

METODOLOGÍA

El panel de catadores evaluaron las muestras utilizando los órganos de los sentidos (gusto, olfato y vista), cada miembro del panel toma una porción de la muestra lleva hasta la nariz, aspira el aroma y luego coloca la muestra en el centro de la lengua , saborea por toda la boca y luego procede a digerir o eliminar la muestra; el tiempo que puede transcurrir esta entre 20 y 30 segundos, se lava la boca con agua y tiene opción a comer una galleta, descansa 2 minutos y puede continuar con la siguiente muestra, con un máximo de cinco muestras por sesión utilizando la escala de uno a cero puntos. Se pueden evaluar los siguientes perfiles del sabor: acidez, amargor, astringencia, cacao, flora, frutal, nuez, entre los principales.

Para evaluar estas variables, se procedió al análisis de calidad organoléptico mediante la catación del licor de cacao.

Antes de iniciar el proceso se prepara el licor de cacao: se separan las impurezas y materiales extraños del producto que va ha ser evaluado; se tomaron 200 gr de cacao

los mismos que se tostaron en una estufa, a una temperatura de 135°C por 15 minutos, luego se sacó la testa y se procedió a moler hasta dejar una pasta fina capaz de degustar con facilidad (licor de cacao), las evaluaciones se realizaron con el panel de catadores conformados por un grupo de técnicos del INIAP, Estación Experimental Pichilingue.

LOS CRITERIOS EVALUADOS FUERON:

3.8.1. SABORES BÁSICOS: Son sabores adquiridos, se lo determina como verde, moho, quemado.

3.8.1.1. ACIDEZ: Se percibe como un sabor ácido persistente a los lados y el centro de la lengua. Se aplicó una escala de 0 a 10 puntos, utilizados por la Estación Experimental Tropical Pichilingue – Quevedo de acuerdo a la metodología de Jiménez, (1990).

3.8.1.2. AMARGOR: Este sabor se percibe como sabor fuerte y amargo en la parte posterior de la lengua y garganta. Se aplicó una escala de 0 a 10 puntos utilizados por la Estación Experimental Tropical Pichilingue – Quevedo de acuerdo a la metodología de Jiménez, (1990).

3.8.1.3. ASTRINGENCIA: Se percibe como una sensación fuerte de sequedad en toda la lengua y garganta. Se aplicó una escala de 0 a 10 puntos utilizados por la Estación Experimental Tropical Pichilingue – Quevedo de acuerdo a la metodología de Jiménez, (1990).

3.8.2. SABORES ESPECÍFICOS:

3.8.2.1. CACAO: Este sabor se percibe como una sensación de sabor, aroma típico del chocolate. Se aplicó una escala de 0 a 10 puntos utilizados por la Estación

Experimental Tropical Pichilingue – Quevedo de acuerdo a la metodología de Jiménez, (1990).

3.8.2.2. FLORAL: Se percibe como una sensación dulce en la punta de la lengua. Se aplicó una escala de 0 a 10 puntos utilizados por la Estación Experimental Tropical Pichilingue – Quevedo de acuerdo a la metodología de Jiménez, (1990).

3.8.2.3. FRUTAL: Se percibe como un sabor-aroma similar a una acidez frutal agradable. Se aplicó una escala de o a 10 puntos utilizados por la Estación Experimental Tropical Pichilingue – Quevedo de acuerdo a la metodología de Jiménez, (1990).

.

3.8.2.4. NUEZ: Se percibe como un sabor-aroma similar a nueces o almendras. Se a aplicó una escala de o a 10 puntos utilizados por la Estación Experimental Tropical Pichilingue – Quevedo de acuerdo a la metodología de Jiménez, (1990).

3.8.3. SABORES DEFECTUOSOS: Se identificaron defectos como sabor-aroma similar a tejidos verdes que reflejan una fermentación insuficiente. Para determinar el nivel de intensidad de los sabores defectuosos se aplicó una escala de 0 a 10 puntos de acuerdo a la metodología de Jiménez, (1990).

3.8.3.1. PIZARRA: Se percibe un sabor similar a crudo en toda la lengua y garganta. **S**e aplicó una escala de 0 a 10 puntos utilizados por la Estación Experimental Tropical Pichilingue – Quevedo de acuerdo a la metodología de Jiménez, (1990).

3.8.3.2. VIOLETA: Se percibe un sabor a tejido verde y amargo en la boca y garganta. Se aplicó una escala de 0 a 10 puntos utilizados por la Estación Experimental Tropical Pichilingue – Quevedo de acuerdo a la metodología de Jiménez, (1990).

3.8.4. INFESTACIÓN: Proviene de almendras que han sido infestada por hongos, y han pasado mucho tiempo en almacenamiento, lo cual hace que su aroma ya no sea igual al de cacao. Se aplicó una escala de 0 a 10 puntos de acuerdo a la metodología de Jiménez, (1990).

3.8.4.1. MOHOS: Se siente una sensación a crudo al final del paladar. Se aplicó una escala de 0 a 10 puntos utilizados por la Estación Experimental Tropical Pichilingue – Quevedo de acuerdo a la metodología de Jiménez, (1990).

3.8.4.2. INSECTOS: Su sabor es extraño y picante en toda la lengua y garganta Para determinar este sabor se aplicó una escala de 0 a 10 puntos utilizados por la Estación Experimental Tropical Pichilingue – Quevedo de acuerdo a la metodología de Jiménez, (1990).

3.9. MANEJO DEL EXPERIMENTO

3.9.1. PROCESO: Para el ensayo se utilizó el cacao que se recepta en el Centro de Acopio de la Union Cantonal de Organizaciones de Participación Social por la Justicia (UCOCS) del Canton las Naves de la variedad Complejo Nacional x Trinitario (Theobroma cacao L.), en una cantidad de 30 Kg. por tratamiento.

3.9.2. OPERACIONES PREVIAS A LA FERMENTACIÓN

Para la fermentación del cacao de variedad Complejo Nacional x Trinitario (Theobrama cacao.L), se realizaron las siguientes operaciones.

3.9.3. RECEPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

La recepción de la materia prima (almendras de cacao fresco), se realizó en el Centro de Acopio perteneciente a la Union Cantonal de Organizaciones de Participación Social por la Justicia (UCOCS) del Cantón las Naves, una vez que fuerón llevadas por los productores.

3.9.4. CLASIFICACIÓN: La clasificación se realizó en el centro de Acopio de la Unión de Organizaciones de Participación Social por la Justicia (UCOCS) del Cantón las Naves, una vez que llegaron las almendras de cacao al antes mencionado lugar, se clasificó tomando encuenta su estado de madurez y que estén libres de plagas y enfermedades.

3.9.5. PESADO: El pesado se lo realizó en el centro de Acopio de la Unión de Organizaciones de Participación Social por la Justicia (UCOCS) del Cantón las Naves, cuando estas fuerón clasificadas, se pesó, con la ayuda de una balanza.

3.9.6. FERMENTADO: La fermentación se realizó en cajas de madera, montones y sacos de plástico.

3.9.7. CAJAS DE MADERA: Este proceso se realizó en el centro de Acopio de la Unión de Organizaciones de Participación Social por la Justicia (UCOCS) del Cantón las Naves y consistió en colocar una masa de 30 Kg de cacao fresco en la caja de 80 x 40 x 10 cm, luego se cubrió con hojas de plátano, para elevar la temperatura y se produzca la fermentación.

3.9.8. MONTONES: Este proceso se realizó en el centro de Acopio de la Unión de Organizaciones de Participación Social por la Justicia (UCOCS) del Cantón las Naves, en donde se procedió a amontonar la masa de 30 Kg de cacao fresco, en un

tendal de cemento, sobre una base de hojas de plátano y se cubrió con hojas para elevar la temperatura y se produzca la fermentación.

3.9.9. SACOS: Esta actividad se realizó en el centro de Acopio de la Unión de Organizaciones de Participación Social por la Justicia (UCOCS) del Cantón las Naves, el mismo que consistió en colocar la masa de 30 Kg de almendras frescas de cacao, dentro de un saco plástico, el mismos que fue colocado sobre una superficie de madera y cubierto con hojas de plátano y plástico para elevar la temperatura y se produzca la fermentación.

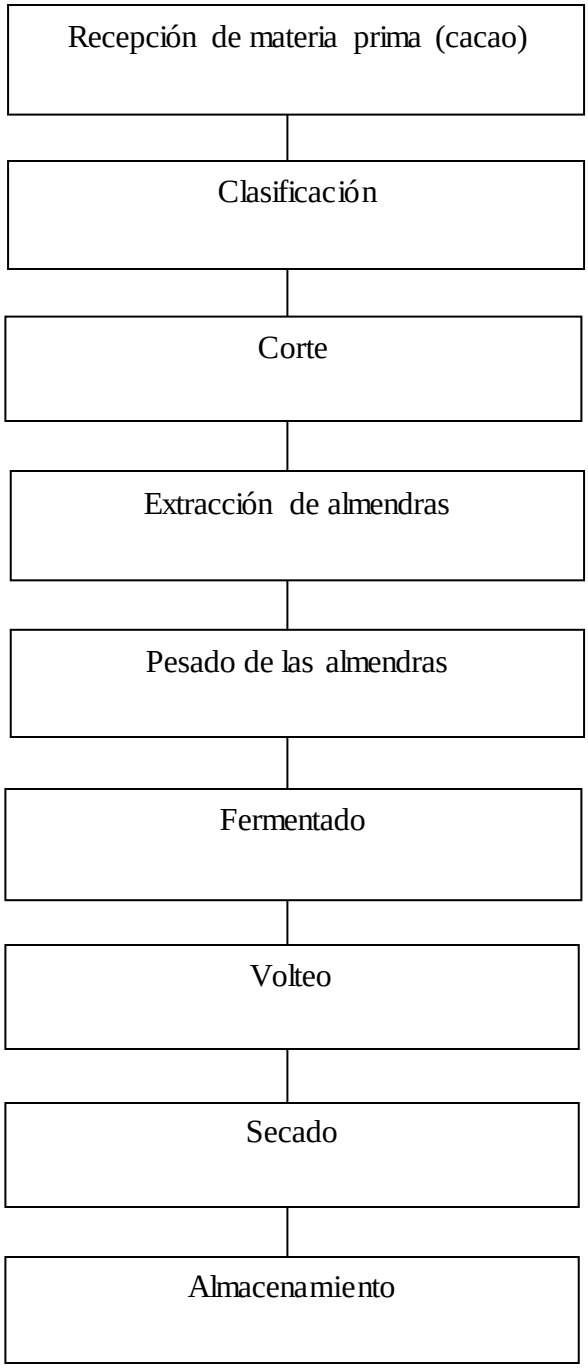
3.9.10. VOLTEO: El volteo se realizó en el Centro de Acopio de la Unión de Organizaciones de Participación Social por la Justicia (UCOCS) del Cantón las Naves, en los tres tipos de fermentadores ya mencionados, las almendras de cacao fuerón volteadas con la ayuda de una pala plástica, a las 24 y 72 horas con la finalidad de homogenizar la fermentación en los granos de cacao.

3.9.11. SECADO: Se lo realizó en el Centro de Acopio de la Unión de Organizaciones de Participación Social por la Justicia (UCOCS) del Cantón las Naves, una vez terminado la fase de la fermentación, se procedió al secado del producto en forma natural en tendales de cemento y madera.

El primer día se lo realizó en capas de 10 cm de espesor por el lapso de tres horas, con remociones de media hora para homogenizar el secado en las almendras.

El segundo día se lo realizó en una capa de 5 cm de espesor por un tiempo de 5 horas y remociones constantes, los días siguientes se colocaron lo granos de cacao, en capas finas hasta reducir la humedad de las almendras a un 7%.

3.10. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE FERMENTACIÓN DE LOS GRANOS DE CACAO FRESCO



CAPÍTULO IV

4.1. RESULTADOS EXPERIMENTALES Y DISCUSIONES

4.1.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

4.1.1.1 TEMPERATURA

Cuadro Nro. 6 Análisis de varianza para la temperatura

Fuente de Variación	Grados Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. C	F. Tab	
					5%	1%
TRATAMIENTOS	5	20,59	4,11	4,56	3,11	5,06
A	2	3,28	1,64	1,82	3,89	6,93
B	1	17,19	17,19	19,09	4,75	9,33
AB	2	0,12	0,06	0,07	3,89	6,93
ERROR	12	10,81	0,90			
TOTAL	17	31,4				

Experimentales: Mónica Lara y Edith Guillin

La elevación de la temperatura en la masa de cacao es ocasionada por las reacciones exotérmicas y el aumento de la actividad microbiana, es decir por la acción de las levaduras y bacterias que se desarrollan durante la fermentación (Cros, 1995). Este aumento fue importante para el proceso fermentativo, ya que es responsable en parte de la muerte de los granos y del inicio de las reacciones enzimáticas en los tejidos del cotiledón, que dan origen a los precursores del sabor y aroma a chocolate (Braudeau, 1999).

Según los datos obtenidos en lo que corresponde a la variable temperatura, existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos y altamente significativa con relación al tiempo de fermentación, en donde la temperatura se incrementó durante el proceso fermentativo, en todos los tratamientos a las 24:00h, 48:00h y mientras que a las 72:00h descendió en los tres tipos de fermentadores, alcanzándose

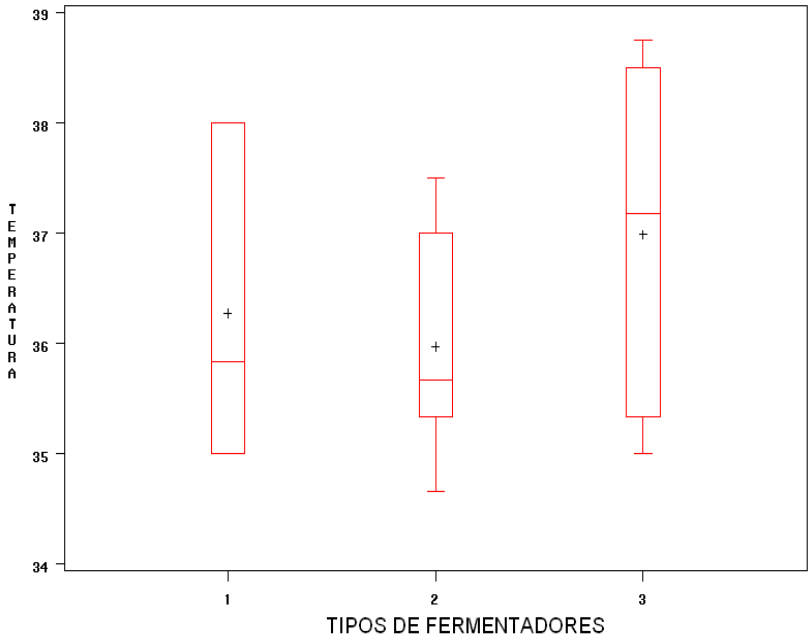
las siguientes temperaturas: el fermentador cajas de madera (a_1b_1) con una temperatura de 35,22 °C, el fermentador sacos plásticos (a_2b_1) con una temperatura de 35,11°C y el fermentador de montones (a_3b_1) con una temperatura de 35,97°C,a los tres días de fermentación; pero se evidenció un aumento en la temperatura durante los cuatro días de fermentación, en el cual se destaca el fermentador de montones con la temperatura más alta de 38°C, con relación a los otros tipos de fermentadores, resultados que coinciden con Álvarez (1997), quien obtuvo la máxima temperatura (38°C) en su ensayo de fermentación de cacao a los 5 días.

Prueba de rango múltiple tukey para temperaturas

Tipos de Fermentadores	Media	Rango
a_3	36,98	a
a_1	36,27	a
a_2	35,97	a

Según los resultados de la prueba de tukey al 5% para comparar promedios factor a (tipo de fermentador) se observa que no existe diferencia entre las temperaturas de los tratamientos, pero se aprecia que la fermentación a_3 (fermentación en montones) alcanzó una mejor temperatura de fermentación con un valor de 36,98, siendo la temperatura del tratamiento a_2 (fermentación en sacos de plásticos) alcanzó el valor más bajo.

Figura Nro.1 Comportamiento de la temperatura durante la fermentación de cacao en los tres tipos de fermentadores y el tiempo



Experimentales: Mónica Lara y Edith Guillin

4.1.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

4.1.2.1. pH

4.1.2.2. pH COTILEDÓN

Cuadro Nro. 7 Análisis de varianza para el pH de cotiledón

Fuente de Variación	Grados Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. C	F. Tab	
					5%	1%
TRATAMIENTOS	5	0,36	0,07	1,00	3,11	5,06
A	2	0,05	0,02	0,28	3,89	6,93
B	1	0,16	0,16	2,14	4,75	9,33
AB	2	0,16	0,08	1,14	3,89	6,93
ERROR	12	0,87	0,07			
TOTAL	17	1,22				

Experimentales: Mónica Lara y Edith Guillin

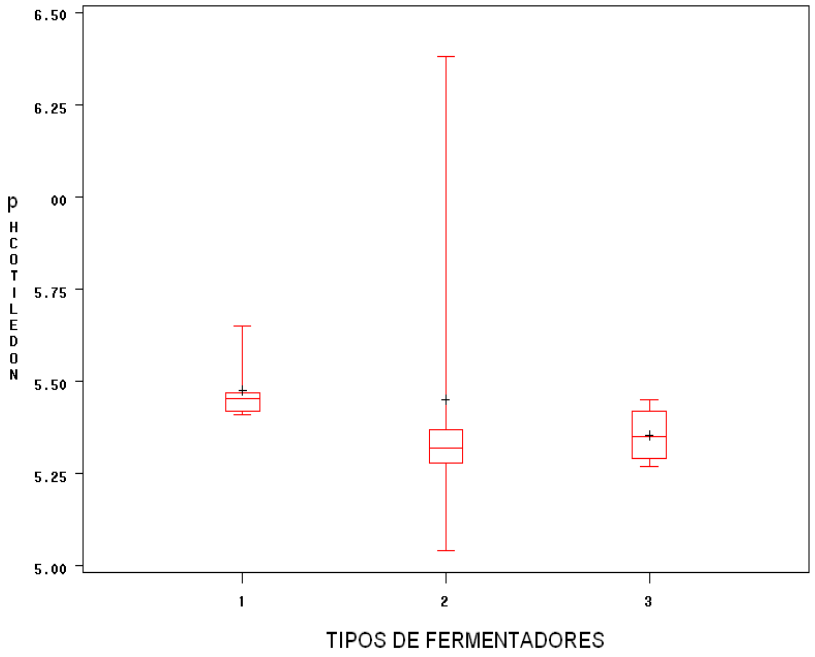
Según los datos obtenidos en lo que corresponde a la variable pH de cotiledón, no existe diferencia estadística, tanto para la interacción de los factores, tipos de fermentadores, tiempo de fermentación, así como para cada uno de ellos, pero existe diferencia numérica en la masa fermentada, en el fermentador cajas de madera, con un pH de 5,47, sacos de plástico con un pH de 5,45 y montones con un pH de 5,4. Es importante indicar que el comportamiento del pH con relación a los días de fermentación no varió, criterio que se comparte con (Enríquez, 2002), quien no encontró diferencias al realizar el proceso de fermentación, pero se discrepa con (Jiménez, 1999), quien menciona que al aumentar el proceso de fermentación aumenta el pH.

Prueba de rango múltiple tukey para el pH de cotiledón

Tipos de Fermentadores	Media	Rango
a_1	5,47	a
a_2	5,45	a
a_3	5,35	a

Según los resultados de la prueba de tukey al 5% para comparar promedios factor a (tipos de fermentadores), se observa que no existe diferencia entre el pH de los tratamientos, pero se aprecia que la fermentación a_1 (fermentación en cajas de madera) alcanzó un mayor pH de fermentación con un valor de 5,47, siendo el pH del tratamiento a_3 (fermentación en montones) el que alcanzó el valor más bajo.

Figura Nro. 2 Comportamiento del pH del cotiledón después de la fermentación y secado del cacao tanto para efectos principales como para la interacción de tipos de fermentadores y el tiempo



Experimentales: Mónica Lara y Edith Guillin

4.1.2.3. pH TESTA

Cuadro Nro. 8 Análisis de varianza para el pH testa

Fuente de Variación	Grados Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. C	F. Tab	
					5%	1%
TRATAMIENTOS	5	1,02	0,20	3,33	3,11	5,06
A	2	1,00	8,33	7,91	3,89	6,93
B	1	0,00	0,06	0,07	4,75	9,33
AB	2	0,02	0,16	0,15	3,89	6,93
ERROR	12	0,76	0,06			
TOTAL	17	1,78				

Experimentales: Mónica Lara y Edith Guillin

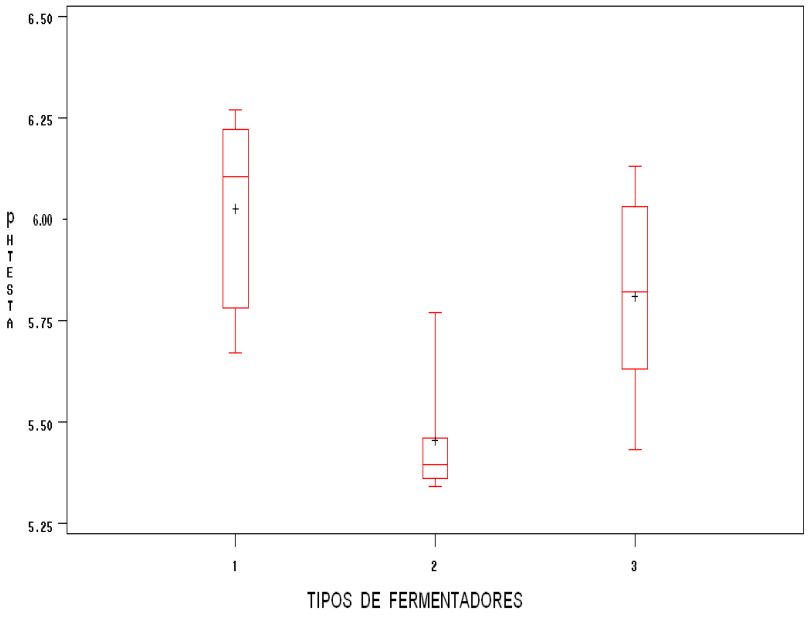
El análisis de varianza realizado para esta respuesta experimental revela diferencias estadísticas altamente significativas al 5% y al 1 % para los tipos de fermentadores, en el cual el fermentador cajas de madera, obtiene el valor más alto de pH en la testa con 6,02, con relación al fermentador sacos plásticos con un pH de testa de 5,43 y el fermentador en montones con un pH de testa de 5,81, este valor alto, indica que hubo una sobre fermentación en los granos de cacao, lo que conduce a la formación de ácidos carboxilos a esto corrobora (Jiménez, 1999), en donde señala que se producen malos olores y sabores al existir una prolongación en la fermentación, a medida que avanza la fermentación aumenta el pH de la testa. El pH de testa durante de la fermentación pasa de 3,5 a 5,5 después del secado.

Prueba de rango múltiple tukey para el pH de testa

Tipos de Fermentadores	Media	Rango
a_1	6,02	a
a_3	5,81	a
a_2	5,43	b

Según los resultados de la prueba de tukey al 5% para comparar promedios factor a (tipos de fermentador) se observa que no existen diferencia entre el tratamiento a_1, y a_3 pero difieren del tratamiento a_2 del pH de testa de los tratamientos, pero se aprecia que la fermentación a_1 (fermentación en cajas de madera) alcanzó el valor más alto de pH con 6,02 siendo, el pH del tratamiento a_2 (fermentación en sacos de plásticos) alcanzó el valor más bajo.

Figura Nro. 3 Comportamiento del pH de la testa después de la fermentación y secado cacao tanto para efectos principales como para la interacción de tipos de fermentadores y el tiempo



Experimentales: Mónica Lara y Edith Guillin

4.1.3. HUMEDAD

4.1.3.1. HUMEDAD COTILEDÓN

Cuadro Nro. 9 Análisis de varianza para la humedad de cotiledón

Fuente de Variación	Grados Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. C	F. Tab	
					5%	1%
TRATAMIENTOS	5	2,74	0,54	10,8	3,11	5,06
A	2	2,49	1,24	24,8	3,89	6,93
B	1	0,03	0,02	0,47	4,75	9,33
AB	2	0,22	0,11	2,2	3,89	6,93
ERROR	12	0,69	0,05			
TOTAL	17	3,42				

Experimentales: Mónica Lara y Edith Guillin

Como resultado del análisis de varianza para la variable humedad de cotiledón, podemos observar que existe diferencia estadística altamente significativa en relación a los tipos de fermentadores, en el cual el fermentador cajas de madera, tiene un valor de 4,91 de humedad en el cotiledón, el fermentador sacos de plásticos, con un valor de 4,6 de humedad en el cotiledón y el fermentador de montones, con el valor de 4,03 de humedad en el cotiledón, valores que se obtuvieron con un secado excesivo.

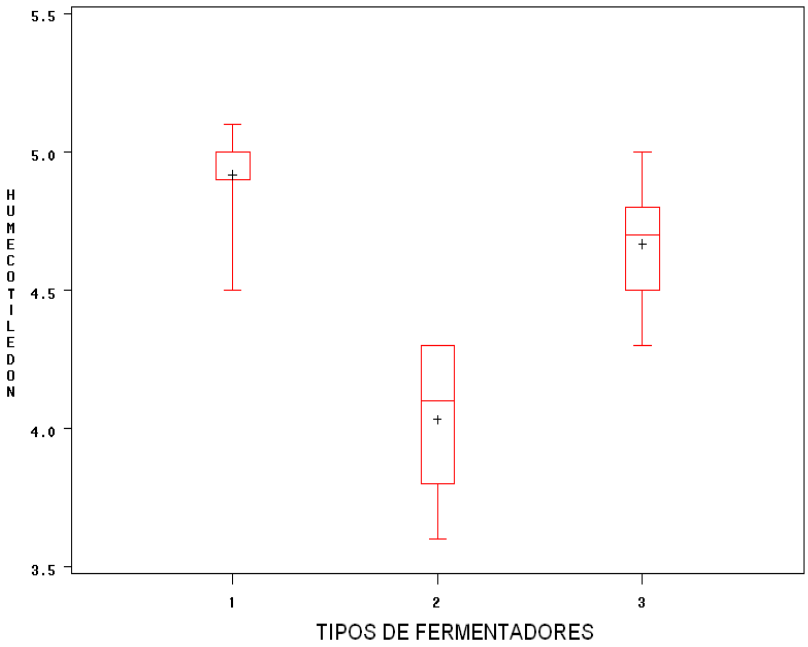
A esto menciona (Jiménez, 1999), que el punto de equilibrio de la humedad del cacao con el contenido de agua del ambiente es del 7%, valores superiores al 8 % están propensos a la contaminación de hongos y olores desagradables, inferiores al 7% se vuelven quebradizos y no pueden ser exportados.

Prueba de rango múltiple tukey para la humedad de cotiledón

Tipos de Fermentadores	Media	Rango
a_1	4,91	a
a_2	4,66	a
a_3	4,03	b

Según los resultados de la prueba de tukey al 5% para comparar promedios factor a (tipos de fermentador), se observa que no existen diferencia entre el tratamiento a_1 y a_2, pero difieren del tratamiento a_3 de la humedad del cotiledón, de los tratamientos, pero se aprecia que la fermentación a_1 (fermentación en cajas de madera), alcanzó un valor superior de 4.91, siendo la humedad del tratamiento a_3 (fermentación en montones) el valor más bajo.

Figura Nro. 4 Comportamiento de la humedad de cotiledón después de la fermentación y secado del cacao tanto para los efectos principales como para la interacción tipos de fermentadores y tiempo



Experimentales: Mónica Lara y Edith Guillin

4.1.3.2. HUMEDAD TESTA

Cuadro Nro. 10 Análisis de varianza para la humedad de testa

Fuente de Variación	Grados Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. C	F. Tab	
					5%	1%
TRATAMIENTOS	5	3,98	0,79	0,11	3,11	5,06
A	2	1,83	0,91	1,29	3,89	6,93
B	1	1,74	1,74	2,45	4,75	9,33
AB	2	0,40	0,20	0,28	3,89	6,93
ERROR	12	8,53	0,71			
TOTAL	17	12,51				

Experimentales: Mónica Lara y Edith Guillin

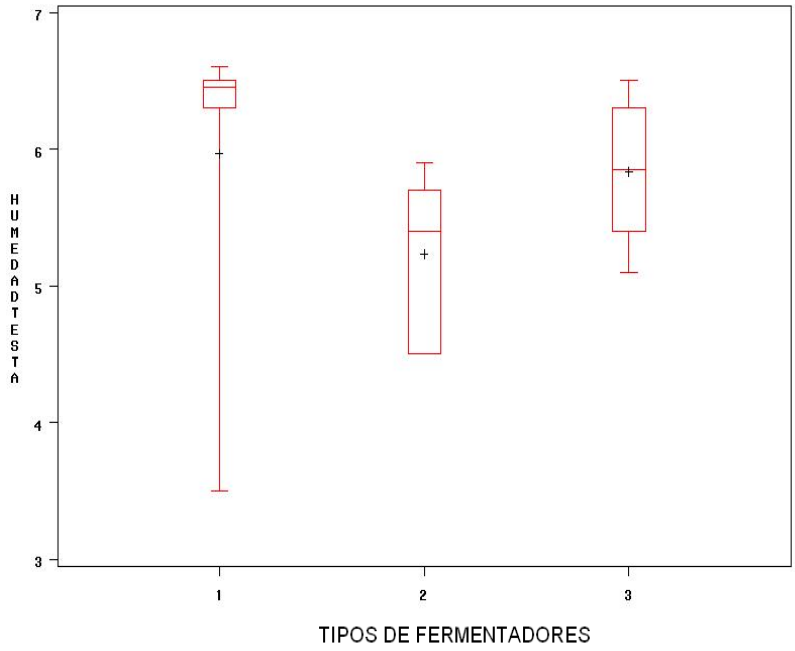
Como resultado del análisis de varianza podemos observar que no existen diferencias estadísticas en relación a la variable humedad testa, tanto para la interacción de los factores, tipos de fermentador y tiempo de fermentación, así como entre cada una de ellos, pero existe diferencia numérica en la cual el fermentador cajas de madera, tiene un valor de humedad en la testa de 5,96, el fermentador sacos de plásticos, con un valor de humedad en la testa de 5,23 y el fermentador en montones, con un valor de humedad en la testa de 5,83, valores que coinciden con (Jiménez, 1999).

Prueba de rango múltiple tukey humedad de testa

Tipos de Fermentadores	Media	Rango
a_1	5,96	a
a_3	5,83	a
a_2	5,23	b

Según los resultados de la prueba de tukey al 5%, para comparar promedios factor a (tipos de fermentadores), se observa que no existen diferencia entre los tratamientos, pero se aprecia que la fermentación a_1 (fermentación en cajas de madera), alcanzó un mayor humedad de testa con un valor de 5,96, siendo la humedad del tratamiento a_2 (fermentación en sacos de plásticos) el valor más bajo.

Figura Nro. 5 Comportamientos de la humedad de testa después de la fermentación y secado del cacao tanto para los efectos principales como para la interacción de los fermentadores y el tiempo



Experimentales: Mónica Lara y Edith Guillin

4.1.4. PESO EN GR (100 ALMENDRAS SECAS)

Cuadro Nro.11 Análisis de varianza para la variable peso en gr (100 almendras)

Fuente de Variación	Grados Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. C	F. Tab	
					5%	1%
TRATAMIENTOS	5	918,34	183,66	1,95	3,11	5,06
A	2	772,06	386,02	4,10	3,89	6,93
B	1	143,76	143,76	1,52	4,75	9,33
AB	2	2,52	2,52	0,01	3,89	6,93
ERROR	12	1128,31	94,02			
TOTAL	17	2046,66				

Experimentales: Mónica Lara y Edith Guillin

Como resultado del análisis de varianza podemos observar que si existen diferencias estadísticas significativas con relación a la variable, peso de cien almendras secas, entre los tipos de fermentadores, en donde el mayor peso se obtuvo a los tres días de fermentación, en el fermentador cajas de madera, con un peso de 142,80 gr y a los cuatro días de fermentación con un peso de 137,5 gr, con relación al fermentador sacos plásticos, con un peso a los tres días 135,68 gr y a los cuatro días con un peso de 130,78 y el fermentador montones, a los tres días con un peso de 127,6 gr, a los cuatro días con un peso de 120,92 gr, esto se debe al tiempo de fermentación y secado además, esta relacionado con el estado físico de las semillas y las condiciones ambientales, a esto corrobora (Jiménez, 1999), mientras menor sea los días de fermentación, mayor es el tiempo de secado y el peso también será mayor y viceversa.

La relación del peso fresco/seco, muestra un comportamiento en el cual el rendimiento para las cajas de madera, es mayor con el 40%, seguido por el fermentador de montón, con 36% y el fermentador sacos plásticos, con el 35%, esto esta influenciado por el tipo de fermentador, ya que la variedad complejo nacional x trinitario, requiere de un período de fermentación corto, la época favorable, lo que hace que el rendimiento sea mayor, con este criterio comparte (Enríquez, 2002).

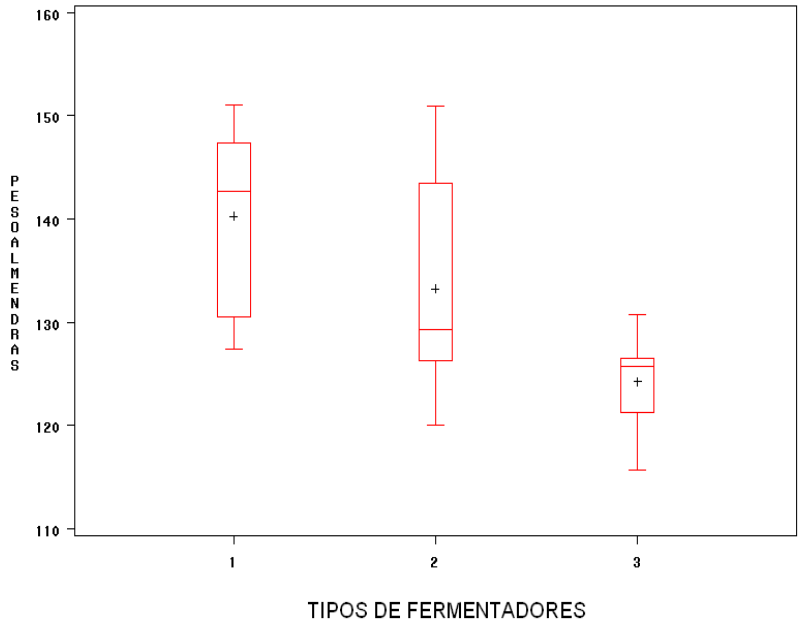
Prueba de rango múltiple tukey del peso en gr de (100 almendras)

Tipos de Fermentadores	Media	Rango
a_1	140,26	a
a_2	133,23	ab
a_3	124,26	b

Según los resultados de la prueba de tukey al 5%, para comparar promedios factor a (tipos de fermentador) se observa que existe diferencia, entre los tratamientos a_1 y a_3 de los pesos de los granos de cacao, pero se aprecia que el peso en el tratamiento a_1 (fermentación en cajas de madera) y a_2 son iguales, como también los pesos a_2 y a_3

son iguales, alcanzando una mayor promedio de peso en los granos de cacao, el tratamiento a_1 con un valor de 140,26, siendo la fermentación del tratamiento a_3 (fermentación en montones) el valor más bajo.

Figura Nro. 7 Comportamientos del peso de 100 almendras secas durante el secado del cacao tanto para efectos principales como para la interacción tipo de fermentadores y tiempo



Experimentales: Mónica Lara y Edith Guillin

4.1.4.1. ÍNDICE DE FERMENTACIÓN

4.1.4.2. % DE FERMENTACIÓN TOTAL

Cuadro Nro. 12 Análisis de varianza para el % de fermentación total

Fuente de Variación	Grados Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. C	F. Tab	
					5%	1%
TRATAMIENTOS	5	476,94	95,38	2,21	3,11	5,06
A	2	459,11	229,55	5,33	3,89	6,93
B	1	6,72	6,72	0,16	4,75	9,33
AB	2	11,11	5,55	0,13	3,89	6,93
ERROR	12	516,66	43,05			
TOTAL	17	993,61				

Experimentales: Mónica Lara y Edith Guillin

Se encontraron diferencias estadísticas significativas al (<0,05) en relación a la variable fermentación total, refiriéndose a los tipos de fermentadores y a los tratamientos, notándose un mayor porcentaje de fermentación total en el fermentador cajas de madera, con el (84 %), a los tres días de fermentación; además fue superior el porcentaje con el período de cuatro días de fermentación (86,3%) con remociones a las 48 horas, en comparación al fermentador sacos de plásticos, con un porcentaje de fermentación total (73,3%) a los tres días de fermentación y a los cuatro días de fermentación con un porcentaje de (72,3%) y el fermentador de montones con un porcentaje de fermentación total (77%) a los tres días de fermentación y a los cuatro días de fermentación con un porcentaje de fermentación total de (79,3%), existiendo una diferencia notable, en comparación a los tres y cuatro días de fermentación, el período ideal para este tipo de cacao fue de 4 días, resultados en los cuales se coinciden con (Enríquez, 2002).

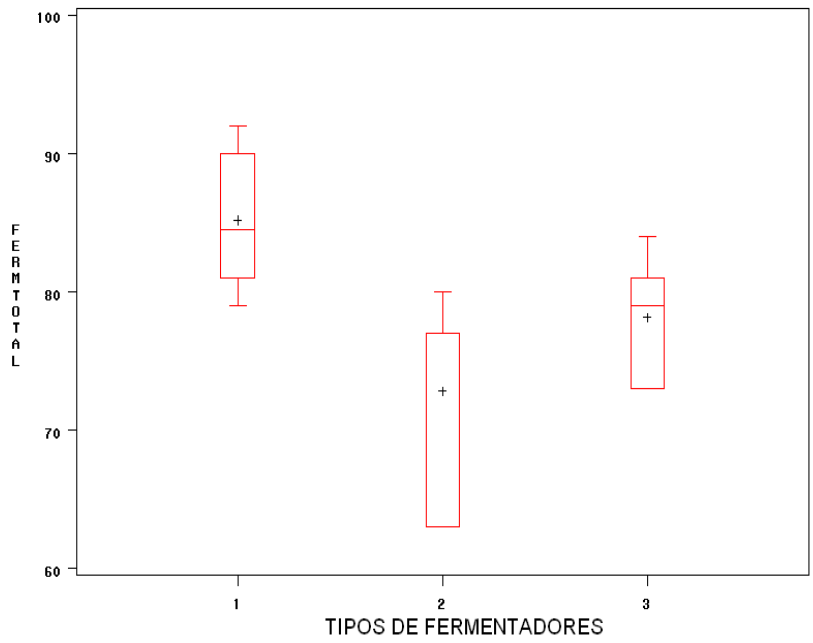
El índice de fermentación al cuarto día del proceso fue igual al considerarlo como óptimo por Barel (1987); superior a los obtenidos (42% - 45,0%) por Samah (1993) en cacaos de Malasia fermentados por 6 días y mayor al encontrado (65,50%) por Contreras (1999) al fermentar el cacao tipo trinitario en una caja de madera.

Prueba de rango múltiple tukey fermentación total

Tipos de Fermentadores	Media	Rango
a_1	85,16	a
a_3	78,16	ab
a_2	72,83	b

Según los resultados de la prueba de tukey al 5%, para comparar promedios factor a (tipos de fermentadores), se observa que existe diferencia entre los tratamientos a_1 y a_2 de la fermentación total, pero se aprecia que la fermentación a_3 (fermentación en montones) y a_2 son iguales, como también los tratamientos a_1 y a_3 son iguales, alcanzando una mayor fermentación total el tratamiento de cajas de madera a_1 con un valor de 85,16, siendo el tratamiento a_2 (fermentación en sacos de plásticos) quien obtuvo el valor más bajo (72,83).

Figura Nro. 6 Comportamientos del porcentaje de fermentación total después de la fermentación y secado del cacao tanto para los efectos principales como para la interacción tipos de fermentadores y el tiempo



Experimentales: Mónica Lara y Edith Guillin

Cuadro Nro. 13 Análisis de varianza para el % de fermentación buena

Fuente de Variación	Grados Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. C	F. Tab	
					5%	1%
TRATAMIENTOS	5	229,78	45,95	3,79	3,11	5,06
A	2	180,78	90,39	7,46	3,89	6,93
B	1	3,56	3,56	0,29	4,75	9,33
AB	2	45,44	22,72	1,88	3,89	6,93
ERROR	12	145,33	12,11			
TOTAL	17	375,11				

Experimentales: Mónica Lara y Edith Guillin

Los resultados estadísticos para esta variable porcentaje de fermentación buena, muestran diferencia estadística altamente significativa entre los tipos de fermentadores y diferencia estadística significativa para los tratamientos, por lo que el fermentador caja de madera a los tres días, obtiene el porcentaje más alto 40,66 y a los cuatro días con un porcentaje de 39%, el fermentador de sacos plásticos a los tres días, con un porcentaje de fermentación buena de 33,50 y a los cuatro días de fermentación con 34,3 % y el fermentador de montones a los tres días con un porcentaje de fermentación buena de 32,3 y a los cuatro días con un porcentaje de 37, esto esta influenciado a que el fermentador cajas de madera, tiene una buena aireación, lo cual es favorable para la multiplicación de las levaduras y las bacterias acéticas lo que reduce el acido acético y el calor generado (Schawn, 2000), a esto corrobora (Graziani de Fariñas, 2003), el tipo de fermentador usado en el proceso influye sobre la fermentación, según el cual las reacciones químicas involucradas pueden ser retardadas o aceleradas.

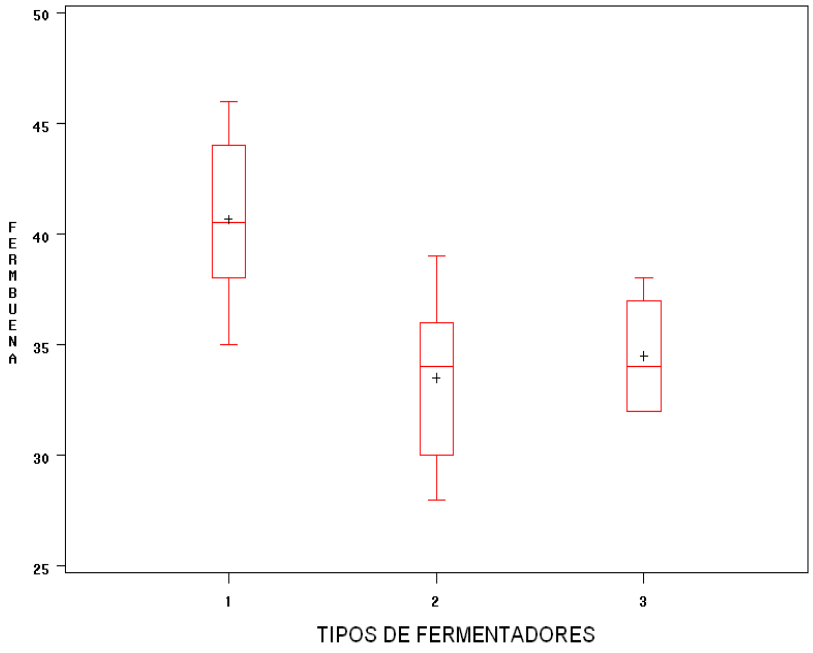
Prueba de rango múltiple tukey fermentación buena

Tipos de Fermentadores	Media	Rango
a_1	40,66	a
a_3	34,50	a b
a_2	33,50	b

Según los resultados de la prueba de tukey al 5% para comparar promedios factor a (tipos de fermentador), se observa que existe diferencia entre los tratamientos a_1 y a_2 de la fermentación buena en los tratamientos, pero se aprecia que la fermentación del tratamiento a_1 (fermentador cajas de madera) y a_3 fermentador de montones son iguales, así los tratamientos a_3 y a_2 son iguales, alcanzando una mayor promedio de fermentación buena el tratamiento a_1 con un valor de 40,66 en tanto que el tratamiento a_2 fermentador sacos plásticos, obtuvo el valor más bajo.

Se puede apreciar claramente el comportamiento del porcentaje de fermentación buena, al ser influenciado por los dos factores de estudio y la interacción de los mismos.

Figura Nro. 8 Comportamientos de la fermentación buena después de la fermentación y secado del cacao tanto para los efectos principales como para la interacción tipos de fermentadores y el tiempo



Experimentales: Mónica Lara y Edith Guillin

Cuadro Nro. 14 Análisis de varianza para el % de fermentación parcial

Fuente de Variación	Grados Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. C	F. Tab	
					5%	1%
TRATAMIENTOS	5	157,17	31,43	1,80	3,11	5,06
A	2	92,33	46,17	2,65	3,89	6,93
B	1	0,50	0,50	0,03	4,75	9,33
AB	2	64,33	32,17	1,84	3,89	6,93
ERROR	12	209,33	17,44			
TOTAL	17	366,50				

Experimentales: Mónica Lara y Edith Guillin

Como resultado del análisis de varianza podemos observar que no existen diferencias estadísticas en cuanto a la fermentación parcial, entre la interacción de los factores, tipos de fermentadores y tiempo de fermentación, así como entre cada una de ellos, pero existe diferencia numérica, por lo que el fermentador cajas de madera, tiene un valor de 42,6 % a los tres días de fermentación y a los cuatro días con un valor de 47,3 % de granos de cacao fermentados parcialmente, en el fermentador sacos de plástico con un valor de 41 % a los tres días, mientras que a los cuatro días se obtiene un valor de 38% y el fermentador de montones con un valor de 45 % a los tres días de fermentación y a los cuatro días con un total de 43 % de granos parcialmente fermentados. Resultados que coinciden con (Torres, 2001).

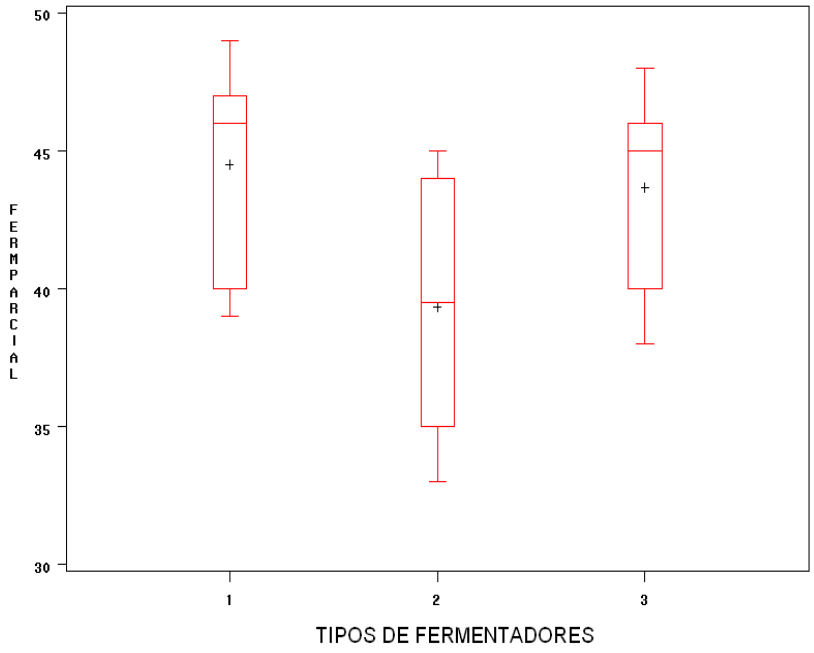
Prueba de rango múltiple tukey para el % de fermentación parcial

Tipos de Fermentador	Media	Rango
a_1	44,50	a
a_3	43,66	a
a_2	39,33	a

Según los resultados de la prueba de tukey al 5%, para comparar promedios factor a (tipos de fermentador), se observa que no existe diferencia entre los tratamientos, alcanzando un mayor promedio de fermentación parcial, el tratamiento a_1 con un

valor de 44,50%, con relación al tratamiento a_2 (fermentación en saco de plástico) que obtuvo el valor más bajo con 39,33%.

Figura Nro. 9 Comportamientos del porcentaje de fermentación parcial después de la fermentación y secado del cacao tanto para efectos principales como para la interacción tipos de fermentadores y tiempo



Experimentales: Mónica Lara y Edith Guillin

Cuadro Nro. 15 Análisis de varianza para el % de defectos violeta

Fuente de Variación	Grados Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. C	F. Tab	
					5%	1%
TRATAMIENTOS	5	473,61	94,72	2,06	3,11	5,06
A	2	445,44	222,72	4,85	3,89	6,93
B	1	9,39	9,39	0,20	4,75	9,33
AB	2	18,78	9,39	0,20	3,89	6,93
ERROR	12	550,00	45,83			
TOTAL	17	1023,61				

Experimentales: Mónica Lara y Edith Guillin

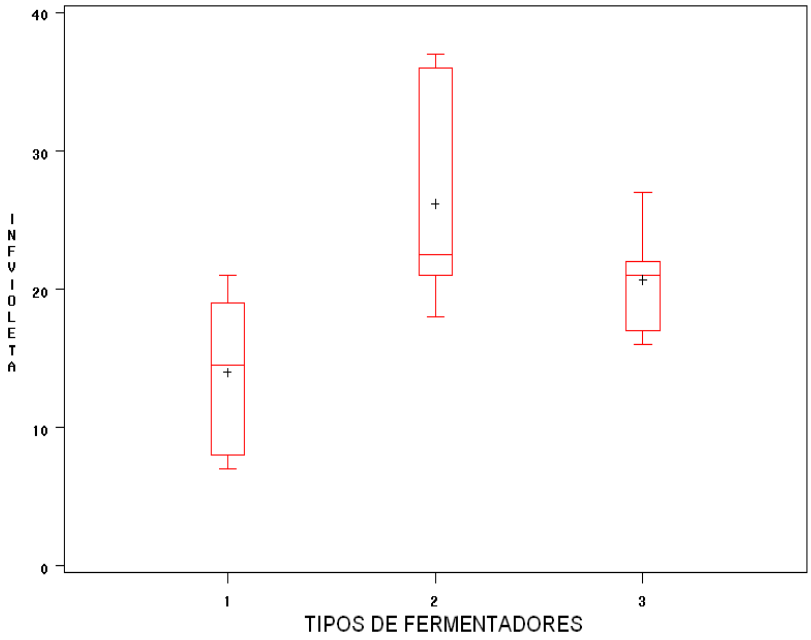
El análisis de varianza realizado para esta respuesta experimental revela diferencia estadística significativa del 5%, para los tipos de fermentadores, en donde el fermentador cajas de madera, obtuvo el porcentaje más bajo de las almendras violetas 14,00 %, el fermentador en montones 20,66 % en relación al fermentador sacos plásticos, que obtuvo el mayor porcentaje de 26,16 % de almendras color violeta, lo que es atribuido a que el fermentador sacos plásticos no reúne las condiciones adecuadas para la aireación y drenaje de los jugos (Vargas, 1989), esto se estima que no completaron la fermentación durante el proceso, o la remoción no fue bien homogénea. Criterio que comparte (Enríquez, 2002) y (Hardy, 2001).

Prueba de rango múltiple tukey para la fermentación defectos % violeta

Tipos de Fermentadores	Media	Rango
a_2	26,16	a
a_3	20,66	ab
a_1	14,00	b

Según los resultados de la prueba de tukey al 5% para comparar promedios del factor a (tipos de fermentador), se observa que existe diferencia entre los tratamientos a_1 y a_2 del porcentaje de fermentación violeta en los tratamientos, pero se aprecia que el porcentaje de fermentación violeta en el tratamiento a_2 (fermentación en saco de plástico) y el tratamiento a_3 del fermentador de montones son iguales, como también los tratamientos de a_3 y a_1 son iguales, alcanzando el más alto promedio de fermentación violeta el tratamiento a_2 (sacos de plásticos) con un valor de 26,16 %, siendo el tratamiento a_1 (fermentador cajas de madera), que obtuvo el valor más bajo con un promedio de 14,00%.

Figura Nro. 10 Comportamientos del % de fermentación violeta después de la fermentación y secado del cacao tanto para efectos principales como para la interacción tipos de fermentadores y tiempo



Experimentales: Mónica Lara y Edith Guillin

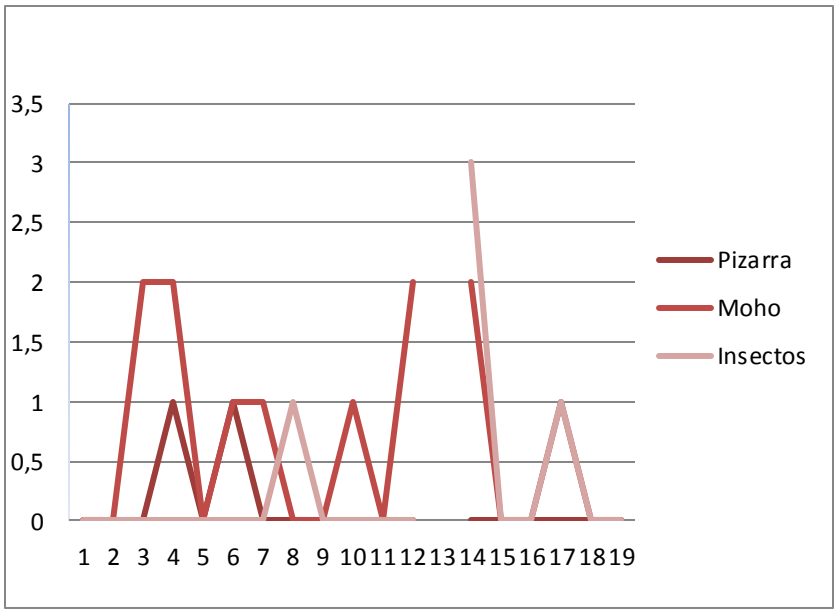
Cuadro Nro. 16 Análisis para las variables defectos, moho e insectos

Tratamientos	Repeticiones	Pizarra	Moho	Insectos	Total
a_1 b_1	1 2 3	**0** **0** **0**	**0** **0** **2**	**0** **0** **0**	**2**
a_1 b_2	**1** **2** **3**	**1** **0** **1**	**2** **0** **1**	**0** **0** **0**	**5**
a_2 b_1	**1** **2** **3**	**0** **0** **0**	**1** **0** **0**	**0** **1** **0**	**3**
a_2 b_2	**1** **2** **3**	**0** **0** **0**	**1** **0** **2**	**0** **0** **0**	**3**
a_3 b_1	**1** **2** **3**	**0** **0** **0**	**2** **0** **0**	**3** **0** **0**	**5**
a_3 b_2	**1** **2** **3**	**0** **0** **0**	**1** **0** **0**	**1** **0** **0**	**2**

Experimentales: Mónica Lara y Edith Guillin

Como podemos observar estos resultados son inferiores al 20% y menores al 10%, en todos los tratamientos con tres y cuatro días de fermentación, para el caso de la variable granos defectuosos, por lo que se encuentran dentro de una masa de cacao considerada de calidad. Hardy (2001), argumenta que una masa de cacao de exportación debe tener menos del 20% de granos de cacao fermentados y menos del 10% de granos con defectos.

Figura Nro. 11 Comportamiento de la fermentación para porcentajes de defectos e infestaciones después de la fermentación y secado del cacao tanto para efectos principales como para la interacción tipos de fermentadores y tiempo



Experimentales: Mónica Lara y Edith Guillin

Como podemos observar en el grafico en lo que se refiere a los defectos pizarra, así como en la infestación por mohos e insectos se pueden apreciar que los tratamientos. $a_1b_1r_1$ y. $a_1b_2r_3$ presenta el 1% de defectos pizarra. En cambio los tratamientos. $a_1b_2r_3$, $a_2b_1r_1$, $a_2b_2r_1$ y. $a_3b_2r_1$ presenta el 1% de infestación por mohos en relación a los tratamientos. $a_1b_1r_3$ $a_1b_2r_1$, $a_2b_2r_3$ y $\mathbf{a_3b_1r_1}$; que presentan el 2 % de infestación por insectos, los tratamientos $a_2b_1\mathbf{r_2}$, y. $a_3b_2r_1$ presentan el 1% de infestación por insectos en relación al tratamiento. $a_3b_1r_1$ que presenta el 3% de infestación de insectos.

4.1.5. ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO

Cuadro Nro. 17 Análisis de varianza sensorial

Fuente de Variación	Grados Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. C	F. Tab
Tratamientos	8	26544,464	3318,058	7,419	1,8337
Error	9	16285,004	1809,445		
Total	17	42,829468			

Experimentales: Mónica Lara y Edith Guillin

Cuadro Nro. 18 Análisis de varianza de un factor

Grupos	Cuenta	Suma	Media	Varianza
Cacao	2	8,8	4,4	1,62
Amargor	2	6,1	3,05	1,80
Astringencia	2	6,5	3,25	3,12
Acidez	2	7,1	3,55	1,44
Floral	2	4	2,0	0,02
Frutal	2	7,3	3,65	0,84
Nuez	2	3,6	1,8	4,5
Dulce	2	1,2	0,6	0,72
Crudo	2	2,1	1,05	2,20

Experimentales: Mónica Lara y Edith Guillin

En relación al análisis sensorial, existe diferencia estadística significativa en relación a los tratamientos, en el cual el tratamiento (a1b2) correspondiente al fermentador cajas de madera, a los cuatro días de fermentación, obtuvo el mayor valor de (5,3) en lo referente al sabor a cacao, mientras que los sabores básicos, fueron bajos y los sabores específicos fueron equilibrados, con relación al tratamiento (a1b1) que corresponde al fermentador cajas de madera, a los cuatro días de fermentación, en donde la intensidad del sabor a cacao es bajo (3;5), los sabores específicos son aceptables, los sabores básicos son similares, el sabor a nuez es bajo, también se determinó el sabor a crudo, debido a la falta de fermentación.

4.1.6. ANÁLISIS ECONÓMICO EN LA RELACIÓN BENEFICIO/ COSTO

Cuadro Nro. 19 Análisis económico en la relación beneficio /costo del mejor tratamiento

Tratamiento ($a_3b_1r_2$)	
Materia prima (libras) Precio (qq)	25,8 $120,00
Beneficio Marginal	$30,96
Costos	
Costo Marginal	$ 10,00
Beneficio marginal/ costo marginal	$0,3096
Tasa marginal de retorno %	30,96

Experimentales: Mónica Lara y Edith Guillin

De acuerdo al análisis económico en la relación beneficio/ costo, el tratamiento (a_3b_1), fermentador de montones, a los tres días de fermentación, obtuvo la tasa de retorno más alta, debido a bajo costos de los materiales utilizados en este fermentador, en relación al fermentador cajas de madera y sacos de plástico.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

1. En relación a la variable temperatura, el mejor tratamiento fue el fermentador de montones, a los cuatro días de fermentación (a_3b_2), iniciándose con una temperatura ambiente de 27 °C, y alcanzo la temperatura más alta 44°C, temperatura necesaria para causar la muerte al embrión, dando inicio a los cambios bioquímicos, esto se debe a que los fermentadores en montones, estuvieron expuestos directamente al sol.

2. En relación a la variable índice de fermentación, el mejor tratamiento fue el fermentador cajas de madera, a los cuatro días de fermentación (a_1b_2) debido a que se alanzaron los porcentajes de fermentación total más altos (86,33 %), esto esta relacionado a que el tipo de fermentador presenta mejores condiciones de drenaje y aireación, así como facilidad en el volteo lo que ayuda a una buena fermentación.

3. En relación a la variable pH de cotiledón, no existe diferencias significativas, por que los tratamientos son estadísticamente iguales, es decir que en estado seco no variaron.

4. En relación a la variable pH de testa, se obtuvo el valor más alto en el tratamiento (a_1b_2) que corresponde al fermentador cajas de madera, a los cuatro días de fermentación, debido a que existió una sobre fermentación en los granos de cacao, lo cual es perjudicial para la calidad del cacao.

5. En relación a la variable humedad, el mejor tratamiento fue el fermentador cajas de madera a los cuatro días (a_1b_2) porque alcanzo el valor más alto, con relación a los dos tipos de fermentadores utilizados en esta investigación, pero valor que no esta dentro de los parámetros requeridos, porque hubo un exceso en el secado.

6. En lo que corresponde a la evaluación sensorial, el mejor tratamiento fue el fermentador cajas de madera, a los cuatro días de fermentación (a_1b_2), debido a que la intensidad del sabor a cacao fue mayor, en tanto que los perfiles de los sabores específicos como son floral, frutal y nuez fueron equilibradas, mientras que los perfiles de los sabores básicos amargor, astringencia y acidez fueron bajos, lo que demuestra que el tipo de fermentador es apropiado, permitiendo un proceso de beneficio en los granos de cacao significativo, para la presencia especial del sabor a dulce.

7. En relación al análisis económico beneficio/costo, el mejor tratamiento corresponde al fermentador de montones a los tres días (a_3b_1), porque la tasa de retorno marginal fue más alta, con un porcentaje de 30,96 en relación a los dos fermentadores, esto se debe a los bajos costos de los materiales utilizados en este fermentador.

5.2. RECOMENDACIONES

1. Para obtener una mejor calidad del cacao en la Unión de Organizaciones de Participación Social por la Justicia del Cantón las Naves, se necesita implementar un Laboratorio de Control de Calidad de Cacao.

2. Se recomienda a las principales autoridades del Cantón Las Naves, en conjunto con la Unión de Organizaciones de Participación Social por la Justicia, planifiquen capacitaciones dirigidas a los productores de cacao.

3. Se recomienda a través del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, se realicen capacitaciones sobre la obtención de créditos productivos, para el mantenimiento y mejoramiento de sus huertas de cacao, de esta manera haya una mejor producción, mayores ingresos económicos y por consiguiente mejores condiciones de vida en las familias dedicadas a este cultivo.

4. Se recomienda a la Universidad Estatal de Bolívar, a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, se continúe impulsando investigaciones con los estudiantes del CAEDIS las Naves de las carreras de Ingeniería Agronómica e Ingeniería Agroindustrial en temas relacionados a la Fermentación de cacao y sus derivados.

5. En relación al tema de investigación se recomienda difundir estos resultados y continuar con este tipo de investigación, ya que permite desarrollar las características precursoras del sabor y aroma a chocolate, necesarios para la industrialización, por consiguiente mejoramos la calidad en los granos de cacao.

6. Se recomienda a los productores de cacao del Cantón las Naves, que es necesario realizar la fermentación del cacao en cajas de madera, porque en este fermentador se obtiene el mayor porcentaje de granos de cacao fermentados, logrando de esta manera, el desarrollo de los precursores del sabor y aroma a chocolate.

CAPÍTULO VI

6. RESUMEN SUMMARY

6.1. RESUMEN

El Cacao *(Theobroma cacao L.)* familia Sterculiaceae del género Theobroma y a la especie cacao. Su explotación y consumo lo ha convertido en un producto de alto valor nutricional, el cual debe reunir obligatoriamente requisitos especiales de "calidad" para su comercialización. El proceso fermentativo se convierte en el principal proceso del beneficio pues los cambios que se originan son fundamentales para que aparezcan los agentes precursores del aroma y sabor típicos del cacao de calidad.

Para evaluar los tipos de fermentadores utilizados por los productores del Canton las Naves, se trabajo con la materia prima que se recepta en el centro de acopio perteneciente a la Unión Cantonal de Organizaciones de Participación Social, donde se utilizo, como fermentadores sacos de plásticos cajas de madera de laurel y en montón, se colocaron 30 Kg de almendras de cacao en cada fermentador de la variedad Complejo Nacional x Trinitario que existen en la zona.

El proceso fermentativo tuvo una duración de tres y cuatros días y los granos fuerón volteados a las 24, 48, y 72 horas de iniciado el proceso. La temperatura fue medida diariamente, a las 8, 12:30 y 16 horas, terminado el proceso de fermentación se procedió al secado de las almendras. Posteriormente se cogió las muestras y fuerón llevados al Laboratorio de Control de Calidad de Cacao del Instituto de Investigaciones Agropecuarias de la Estación Experimental Tropical Pichilingue - Quevedo.

Los resultados revelaron que entre los fermentadores las características físicas variaron significativamente, en cambio las características químicas difirieron a un nivel de probabilidad al 5%, lo que influyo sobre la humedad, la acidez y los azucares de la pulpa más testa.

Loa tres tipos de fermentadores resultaron eficientes en el proceso fermentativo, ya que se alcanzaron temperaturas e índices de fermentación apropiados, sin embargo por las características químicas obtenidas en el cacao y por razones de uso práctico, de manejo, las cajas de madera se considera como el tipo de fermentador más apropiado.

6.2. SUMMARY

The Cocoa (*Theobroma cocoa L.)* family Sterculiaceae of the gender Theobroma and to the species cocoa. Their exploitation and consumption has transformed it into a product of high nutritional value, which should gather special requirements of "quality" obligatorily for its commercialization. The process fermentative becomes the main process of the since benefit the changes that originate they are fundamental so that the precursory agents of the aroma and typical flavor of the cocoa of quality appear.

To evaluate the types of fermentation used by the producers of the Canton the Naves, is work with the matter outweighs that is recepta in the collection center belonging To the Union Cantonal of Organizations of Social Participation, where is I used, as fermentadores sacks of plastic, boxes of laurel Wood and in heap, is colocarón 30 Kg of cocoa almonds in each fermentation of the National Complex variety x Trinitario that exist in the zone.

The process fermentativo had a duration of three and four days and the grains was turned to 24, 48, and 72 initiate hours the process. The temperature was measured daily, to 8, 12:30 and 16 hours, ended the process of fermentation is proceed to the dried of the almonds. For thereinafter is gather the samples and was carried to the Laboratory of Cocoa quality control, of the Agricultural Investigations Institute of the Tropical Experimental Estación Pichilingue - Quevedo.

The results revealed that between the fermentation the characteristic physical shift significantly, on the other hand, chemical characteristics differed, to a level of probability of 5%, what influence on the dampness, the acidity and you sugar them of the flesh most testa.

Praise three types of fermentation devices efficient in the fermentative process , since were reached temperatures and appropriate fermentation indexes, however by the chemical characteristics obtained in the cocoa and by reasons from practical use, as for handling, the wood boxes is considered as the type of fermentation more appropriate.

CAPÍTULO VII

BIBLIOGRAFÍA

ALVARÉZ Y. 2001. Efecto del tiempo transcurrido entre la cosecha y el desgrane sobre algunas características del cacao criollo (*Theobroma* cacao L.) selección Ocumare 61, durante el proceso de fermentación, utilizando el sistema trinitario. Trabajo de grado. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay, Septiembre 149pp.

ALVIN, P, de T, y O. DUARTE, 2004. Mejores preparaciones hormonales para enraizamiento de estacas de cacao. En Quinta Conferencia Internacional del Cacao IICA Turrialba.

Botánica, 2000. Historia Natural Básica Everest, España, 170 p.

BRAUDEAU, J, 1970. El Cacao Ed, Blume Barcelona. 1er Edición, México p 36-145.

CHIRINOS, J., C. Viloria, E. Portillo y D. Esparza. 2007. Evaluación de los diferentes métodos de fermentación en cacao (*Theobroma* cacao L.) en la Zona Sur del Lago de Maracaibo. Tesis Ing. Agr. LUZ – Maracaibo. Venezuela. 86 p.

CONTRERAS, A. 1999. Efecto del uso de diferentes fermentadores sobre algunas características físicas y químicas durante la fermentación del cacao forastero (*Theobroma* cacao L.). Tesis de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay. 84 pHARDY, F. 1961. Manual de cacao. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. (IICA).Turrialba- Costa Rica. 150p.

CORPEI, 1999. Caracterización del sector cacaotero ecuatoriano, primer borrador – Guayaquil, Ecuador.

CROS, E., 2007. Factores condicionantes de la calidad del cacao. Memorias del 1er Congreso Venezolano del cacao y su Industria. Noviembre. Maracay, Estado Aragua. Venezuela.

ENRÍQUEZ, G. 2002. Curso sobre el cultivo del cacao. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE. Costa Rica. 239p.

HARDY Y F. 2001. Manual del cacao. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Costa Rica.

INIAP, 2003. (INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS). Manual del cultivo del cacao. Estación Experimental Tropical Pichilingue Quevedo Ecuador.

INIAP, 2003. (INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS). Propagación vegetativa de cacao. Boletín divulgativo Nº 13. Estación Experimental Pichilingue. Quevedo – Ecuador.

MONTERO, G. 2001. Tiempo óptimo de fermentación de cacao en cajones grandes.

Memoria, Seminario regional sobre tecnología pos cosecha y calidad mejorada del cacao. 20-21 julio. Turrialba. Costa Rica. 120 p.

Manual agropecuario, 2002. Biblioteca del Campo.

Memorias, 2007.Curso de cacao, Para el Centro de Acopio Las Naves.

MADRIZ, J., 2000. Estudio de la fermentación del cacao en Gavetas Rohan en tres fincas de la zona Atlántica de Costa Rica. Informe Técnico 79p.

MAG, 2005. El cultivo del cacao. Programa Nacional del Cacao. Ecuador.

MAG, 2006. El cultivo del cacao. Programa Nacional de Cacao Ecuador.

PORTILLO, E., E. Martínez, F. Araujo, R. Parra, y D. Esparza. 1995. Diagnóstico técnico agronómico para el cultivo cacao (*Theobroma* cacao L.) en el Sur del Lago de Maracaibo. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 12:151 –166.

Proyecto Ecu – B7 – 3010/93/176 Guayaquil, 1999. Reactivación de la producción y mejora de la calidad del cacao nacional. Guayaquil.

ROHAN, T 1999. El beneficio del cacao del cacao bruto destinado al mercado de Roma. FAO. 79p.

SCHAWN, R. 2000. Microbiología de la fermentación del cacao: Estudio para mejorar la calidad CEPLAC/ CEPEC/SETEA. Cp 07, 45600- 000, Itabuna, Bahía, Brasil. Agro trópica. 2(1): 22-31.

SORIA, V. 2001. Principales Variedades de Cacao Cultivadas en América Tropical. Turrialba (Costa Rica) 16(3); 261-266.

TORRES, O. 2001. Efecto del tiempo transcurrido entre la cosecha y el desgrane sobre algunas características físicas y químicas del cacao (*Theobroma* cacao L.) durante la fermentación. Tesis de grado. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay. 96 p.

ANEXOS

ANEXO A. CROQUIS DEL LUGAR DEL ENSAYO

CROQUIS

PROVINCIA DE LOS RIOS



ANEXO B. NORMA INEN 173 DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD

Ecuatoriana
Obligatoria
Y Emergente
CACAO EN GRAMO
DETERMINACION DE LA HUMEDAD.
INEN 173
1986-12
Primera revisión

1. OBJETO

1.1 Esta norma tiene por objeto establecer el método para determinar el contenido de humedad en el cacao en grano.

2. TERMINOLOGIA

2.1 Contenido de humedad. Para los efectos de esta Norma, es la pérdida de masa, (peso) expresada en porcentaje, que se produce al calentar una porción molida de cacao bajo condiciones preestablecidas.

3. INSTRUMENTAL

3.1 Mortero. Para triturar los granos sin elevar la temperatura.
3.2 Estufa, ajustada a 103° ± 2°C.
3.3 Cápsulas con tapa, de metal inoxidable o de vidrio, con una superficie mínima de 35 cm2 (por ejemplo con diámetro mínimo de 70 mm y 20 ó 25 mm de altura).
3.4 Desecador, provisto de material deshidratante adecuado.
3.5 Balanza analítica, sensible a 0,1 mg.

4. PREPARACION DE LA MUESTRA

4.1 Se mezcla cuidadosamente la muestra para ensayo obtenida según la Norma INEN 177, y, mediante reducciones sucesivas, se separan 15 granos de cacao, exponiéndolos durante el menor tiempo posible a la atmósfera del laboratorio, se los tritura en el mortero uno a uno, hasta que las partículas más grandes no superen los 5 mm evitando además, que se forme una pasta.

5. PROCEDIMIENTO

5.1 Se transfiere poco menos de la totalidad de la muestra preparada según 4.1 a la cápsula vacía y se coloca la tapa (la cápsula y su tapa deben estar perfectamente secas).

5.2 Se pesa 5 g de muestra con aproximación a 0,2 mg, y se lo introduce en la estufa a 103° ± 2ºC, quitando previamente la tapa y colocando la cápsula sobre la misma.
5.3 Se mantiene el conjunto dentro de la estufa, durante aproximadamente 5 a 6 horas, evitando abrir la estufa. Al cabo de ese tiempo, se saca la cápsula, se coloca inmediatamente la tapa y el conjunto se transfiere al desecador, manteniéndolo allí hasta que se enfríe a temperatura ambiente (esto ocurre al cabo de 30 o 40 minutos).
5.4 Se saca el conjunto del desecador y se pesa con aproximación a 0,2 mg.
5.5 La determinación debe realizarse por duplicado, usando cada vez una muestra separada en las tres fases:
Trituración, toma de la muestra de ensayo y desecación.

6. CÁLCULOS

6.1 El contenido de la humedad en la muestra, expresado en porcentaje de masa, se calcula mediante la expresión
Siguiente:

$$H = \frac{Pi - Pf}{Pi\ (100)}$$

H = Humedad
Pi = Porcentaje inicial
P_f = Porcentaje final
$Pi\ (100)$ = Porcentaje Inicial (cien por ciento)

7. ERRORES DE MÉTODO

7.1 La diferencia entre los resultados de la determinación efectuada por duplicado, no debe exceder de 0,3 por ciento; caso contrario, debe repetirse la determinación.

8. INFORME DE RESULTADOS EXPERIMENTALES

8.1 En el informe de resultados, debe constar la media aritmética de los dos resultados obtenidos, aproximada.
A 0,1. Debe indicarse, además, el método utilizado y cualquier condición no prevista por esta norma que pueda haber influido en los resultados.
8.2 Debe incluirse todas las indicaciones para la completa identificación de la muestra.

APENDICE Z

Z.1 NORMAS A CONSULTAR

INEN 177 *Cacao en grano. Muestreo*

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Estudio sobre la normalización del cacao en el Ecuador. Ing. Vicente lllingworth. Instituto Ecuatoriano de Normalización. Quito, febrero de 1973

.

Comité de problemas de productos básicos. *Grupo de estudios sobre el cacao. Grupo de trabajo sobre clasificación del cacao*. Normas Internacionales para los granos de cacao FAO, tercer período de sesiones. París.
1969.

ANEXO C. DATOS DE LOS ANÁLISIS

INTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
ESTACIÓN EXPERIMENTAL TROPICAL PICHLINGUE

LABORATORIO DE CALIDAD INTEGRAL DE CACAO

Resultados de los análisis físicos (prueba de corte, pH y humedad)

Interesado: Sra. Mónica Lara

Factura: 19

Fecha: Mayo 05 2009

Resultados de Fermentación.

Referencia	Código	Peso g, 100 Almendras	Fermentación %			Defectos %		Infestación %		
			Buena	Parcial	Total	Violeta	Pizarra	Moho	Insectos	Total
T6 R3 a2b1	404	121.3	38	46	84	16	0	0	0	100
T4 R3 a1 b1	405	128.8	36	41	77	21	0	2	0	100
TRa 2 R3 a0b1	406	127.4	35	47	82	16	1	1	0	100
T2 R1 a0b1	407	146.43	44	46	90	7	1	2	0	100
T1 R1 a0b0	408	151.04	41	40	81	19	0	0	0	100
T6 R1 a2b1	409	115.63	37	44	81	17	0	1	1	100
T5 R1 a2b0	410	126.44	33	40	73	22	0	2	3	100
T3 R1 a1b0	411	150.96	35	45	80	18	0	1	1	100
T4 R1 a1b1	412	143,50	39	38	77	22	0	1	0	100

Resultados del contenido de humedad y pH.

Referencia	Código	Humedad %		pH	
		Testa	Cotiledón	Testa	Cotiledón
T6 R3 a2b1	404	5.6	4.6	5.63	5,35
T4 R3 a1 b1	405	4.5	4.3	5,46	5,29
TRa 2 R3 a0b1	406	6,4	4.9	6.17	5,47
T2 R1 a0b1	407	6,5	4.5	6,22	5,45
T1 R1 a0b0	408	6,5	5	6,04	5,41
T6 R1 a2b1	409	6.3	4,8	6,13	5,29
T5 R1 a2b0	410	5.4	4,3	6,03	5,45
T3 R1 a1b0	411	5.3	3.6	5,41	5,37
T4 R1 a1b1	412	5.9	3.8	5,34	5,35

Juan Carlos Jiménez
Resp. Lab. Calidad

INST. NACIONAL AUTÓNOMO DE INV. AGROP. ESTACIÓN EXP. TROP. PICHILINGUE
INIAP
Programa Nacional De Cacao y Café
QUEVEDO

INTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
ESTACIÓN EXPERIMENTAL TROPICAL PICHLINGUE

LABORATORIO DE CALIDAD INTEGRAL DE CACAO

Resultados de los análisis físicos (prueba de corte, pH y humedad)

Interesado: Sra. Mónica Lara

Factura: 22
Fecha: Junio, 09/2009

Resultados de Fermentación.

Referencia	Código	Peso g, 100 Almendras	Fermentación %			Defectos %		Infestación %		
			Buena	Parcial	Total	Violeta	Pizarra	Moho	Insectos	Total
T5R3 a2b0	424	125.6	32	48	80	20	0	0	0	100
T4R3 a1b1	423	128.8	36	41	77	21	0	2	0	100
T3R3 a1b0	422	126.3	33	44	77	23	0	0	0	100
T6R3 a2b1	425	121.3	38	46	84	16	0	0	0	100
T1R3 a0b0	420	130.5	46	46	92	8	0	0	0	100
T2R3 a0b1	421	127.4	35	47	82	16	1	1	0	100

Resultados del contenido de humedad y pH.

Referencia	Código	Humedad %			pH	
		Almendras	Testa	Cotiledón	Testa	Cotiledón
T5R3 a2b0 (6.2)	424	5.2	5.1	4.5	5.92	5.42
T4R3 a1b1 (7)	423	6.2	4.5	4.3	5.46	5.29
T3R3 a1b0 (7.1)	422	6.3	4.5	4.1	5.77	5.38
T6R3 a2b1 (8.1)	425	5.9	5.6	4.6	5.63	5.35
T1R3 a0b0 (9.1)	420	6.4	6.6	5.1	6.27	5.65
T2R3 a0b1 (8.5)	421	5.8	6.4	4.9	6.17	5.47

Juan Carlos Jiménez
Resp. Lab. Calidad



INTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
ESTACIÓN EXPERIMENTAL TROPICAL PICHLINGUE

LABORATORIO DE CALIDAD INTEGRAL DE CACAO

Resultados de los análisis físicos (prueba de corte, pH y humedad)

Interesado: Sra. Mónica Lara

Factura: 42

Fecha: Agosto 11/2009

Resultados de Fermentación.

Referencia	Código	Peso g, 100 Almendras	Fermentación %			Defectos %		Infestación %		
			Buena	Parcial	Total	Violeta	Pizarra	Moho	Insectos	Total
T5R3 a2b0	424	116.8	24	57	81	19	0	0	0	100
T4R3 a1b1	422	127.1	38	39	77	21	0	2	0	100
T3R3 a1b0	423	127.8	44	24	68	32	0	0	0	100
T6R3 a2b1	425	121.2	36	54	90	10	0	0	0	100
T1R3 a0b0	420	119.5	46	46	92	6	0	2	0	100
T2R3 a0b1	421	128.0	35	47	82	16	1	1	0	100

Resultados del contenido de humedad y pH.

Referencia	Código	Humedad %			pH	
		Almendras	Testa	Cotiledón	Testa	Cotiledón
T5R3 a2b0	424	5.2	4.1	4.5	5.92	5.59
T4R3 a1b1	422	6.2	4.5	4.2	6.40	5.65
T3R3 a1b0	423	6.3	4.5	5.1	6.0	5.38
T6R3 a2b1	425	5.9	4.6	4.6	6.63	5.75
T1R3 a0b0	420	6.4	4.6	5.2	6.27	5.91
T2R3 a0b1	421	5.8	4.4	4.9	6.17	6.42

Juan Carlos Jiménez
Resp. Lab. Calidad

INST. NACIONAL AUTONOMO DE INV. AGROP. ESTACION EXP. TROP. PICHLINGUE
INIAP
Programa Nacional De Cacao y Cafe
QUEVEDO

INTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
ESTACIÓN EXPERIMENTAL TROPICAL PICHLINGUE

LABORATORIO DE CALIDAD INTEGRAL DE CACAO

Análisis Organoléptica de dos muestras de cacao

Interesado: Sra. Mónica Lara

Factura: 42

Fecha: Agosto/11/2009

Resultados de sensoriales de dos muestras de cacao.

Referencia	Cacao	Amargor	Astringencia	Acidez	Floral	Frutal	Nuez	Dulce	Crudo
TRA2 R1	5,3	2,1	2,0	2,7	1,9	4,3	3,3	1,2	0,0
TRA1 R3	3,5	4,0	4,5	4,4	2,1	3,0	0,3	0,0	2,1

La muestra con código TRA2 R1 los perfiles de los sabores específicos floral, frutal y nuez son equilibradas mientras que los sabores básicos son bajos y la intensidad del sabor a cacao alcanzó mayor valor, lo que indica que hubo un proceso de beneficio de las almendras; importante para la presencia especiales como el sabor a dulce.

Los perfiles de los sabores básicos amargor, astringencia y acidez son muy similares en la muestra TRA1 R3, mientras que los sabores específicos Frutal y floral son aceptables y el sabor a nuez es muy bajo, también observamos la presencia del sabor a crudo por la falta de fermentación, producto de eso aparece la intensidad del sabor a cacao es bajo

Atentamente,

Juan Carlos Jiménez
Resp. Lab. Calidad



RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE FERMENTACIÓN DE CACAO

	TRAT	P(100) almendras	Buena	Parcial	Total	Violeta	Pizarra	Moho	Insectos	HUMDAD Testa	HUMDAD Cotiledón	pH Testa	pH Cotiledón	T °C
	Trat a1b1	151,04	41	40	81	19	0	0	0	6,5	5	6,04	5,41	35,00
	Trat a1b2	146,43	44	46	90	7	1	2	0	6,5	4,5	6,22	5,45	38,00
R1	Trat a2b1	150,96	35	45	80	18	0	1	1	5,3	3,6	5,41	5,37.	34,66
	Trat a2b2	143,50	39	38	77	22	0	1	0	5.9	3,8	5,34	5,35	36,00
	Trat a3b1	126,44	33	40	73	22	0	2	3	5,4	4,3	6,03	5,45	37,60
	Trat a3b2	115,63	37	44	81	17	0	1	1	6,3	4,8	6,13	5,29	38,50
	Trat a1b1	147,33	40	39	79	21	0	0	0	6,3	5,0	5,78	5,46	35,00
	Trat a1b2	138,90	38	49	87	13	0	0	0	6,5	5,0	5,67	5,42	36,00
R2	Trat a2b1	129.79	30	33	63	36	0	0	1	5,5	4,1	5,56	5,28	35,33
	Trat a2b2	120,04	28	35	63	37	0	0	0	5,7	4,3	5,38	5,04	37,00
	Trat a3b1	130,76	32	46	78	22	0	0	0	6,1	4,8	5,43	5,27	35,00
	Trat a3b2	125,85	35	38	73	27	0	0	0	6,5	5,0	5,72	5,35	38,75
	Trat a1b1	130,5	46	46	92	8	0	2	0	6,6	5,1	6,27	5,65	35,66
	Trat a1b2	127.4	35	47	82	16	1	1	0	6,4	4,9	6,17	5,47	38,00
R3	Trat a2b1	126.3	33	44	77	23	0	0	0	4,5	4,1	5,77	5,38	35,33
	Trat a2b2	128.8	36	41	77	21	0	2	0	4,5	4,3	5,46	5,29	37,50
	Trat a3b1	125.6,	32	48	80	20	0	0	0	5,1	4,5	5,92	5,42	35,33
	Trat a3b2	121,3	38	46	84	16	0	0	0	5,6	4,6	5,63	5,35	36,75

RESULTADOS DE LAS TEMPERATURAS OBTENIDAS DURANTE LA FERMENTACIÓN DEL CACAO

Código	T°C inicial R1	T°C Final R1	T°C Inicial R2	T°C Final R2	T°C Inicial R3	T°C Final R3
Trat a1b1	27	35,00	27	35,00	27	35,66
Trat a1b2	27	38,00	26	36,00	27	38,00
Trat a2b1	27	34,66	26	35,33	27	35,33
Trat a2b2	27	36,00	24	37,00	27	37,50
Trat a3b1	28	37,60	28	35,00	26	35,33
Trat a3b2	28	38,50	30	38,75	26	36,75

ANEXO D. ANÁLISIS BENEFICIO/ COSTO DE TODOS LOS TRATAMIENTOS

Nro. Tra.	Cód.	M.P (Lbs.)	Precio qq	B/M	Costos	C/M	B/M	Tasa marginal de retorno %
1	$a_1b_1r_1$	26,45	$120,00	$ 31,74		$ 26,50	$ 0,1197	11,97
2	$a_1b_2r_1$	23,30	$120,00	$ 27,96		$ 26,50	$ 0,1055	10,55
3	$a_2b_1r_1$	26,36	$120,00	$ 31,63		$ 24,80	$ 0,127	12,75
4	$a_2b_2r_1$	22,45	$120,00	$ 26,94		$ 24,80	$ 0,214	21,4
5	$a_3b_1r_1$	25,00	$120,00	$ 30,00		$ 10,00	$ 0,30	30,00
6	$a_3b_2r_1$	21,11	$120,00	$ 25,33		$ 10,00	$ 0,253	25,30
7	$a_1b_1r_2$	26,15	$120,00	$ 31,38		$ 26,50	$,1184	11,84
8	$a_1b_2r_2$	24,43	$120,00	$ 29,31		$ 26,50	$ 0,110	11,06
9	$a_2b_1r_2$	26,10	$120,00	$ 31,32		$ 24,80	$ 0,126	12,62
10	$a_2b_2r_2$	22,25	$120.00	$ 26,70		$ 24,80	$ 0,19	19,00
11	$a_3b_1r_2$	25,80	$120,00	$ 24,80		$ 10,00	$ 0,3096	30,96
12	$a_3b_2r_2$	21,18	$120,00	$ 25,41		$ 10,00	$ 0,2541	25,41
13	a_{1b1r3}	26,20	$120,00	$ 31,44		$ 26,50	$ 0,1186	11,86
14	$a_1b_2r_3$	24,53	$120,00	$ 29,43		$ 26,50	$ 0,1145	11,45
15	$a_2b_1r_3$	26,12	$120,00	$ 31,34		$ 24,80	$ 0,1263	12,63
16	$a_2b_2r_3$	22,10	$120,00	$ 26,52		$ 24,80	$ 0,1069	10,69
17	$a_3b_1r_3$	24,80	$120,00	$ 29,76		$ 10,00	$ 0,2976	29,76
18	$a_3b_2r_3$	21,11	$120,00	$ 25,33		$ 10,00	$ 0,2523	25,33

ANEXO E. FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO.

Foto 1. Selección de la materia prima (cacao)



Foto 2. Fermentador de caja de madera



Foto 3. Fermentador en sacos plásticos



Foto 4. Fermentador de Montones



Foto 5. Toma de Temperatura en el Fermentador de cajas



Foto 6. Remoción del cacao en el fermentador de cajas



Foto 7. Remoción del cacao en el fermentador de sacos



Foto 8. Remoción del cacao en el fermentador de montones



Foto 9. Toma de temperatura en el fermentador de sacos



Foto 10. Toma de temperatura en el fermentador de montones



Foto 11. Cubierta de hojas de plátano y sacos al fermentador de montones



Foto 12. Cubierta de hojas de plátano y sacos al fermentador de cajas



Foto 13. Cubierta de hojas de plátano y sacos al fermentador de sacos



Foto. 14. Instalación del cacao en el fermentador de montones



Foto 15. Secado del cacao en tendal de cemento



Foto 16. Remoción del cacao en el secado



Foto 17. Secado del cacao en la marquesina



Foto 18. Almacenamiento del cacao en sacos plásticos



Foto 19. Toma de muestras de cacao seco para el laboratorio

.



Foto 20. Visita del trabajo de Campo por la Ing. María Ruilova Miembro del Tribunal de Tesis





ANEXO F. FORMULARIO PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL

FORMULARIO PARA LA EVALUACIÓN SENSORIALES DE LICOR DE CACAO

PRUEBA DEL INVESTIGADOR

NOMBRE.....FECHA.....

Estas muestras están identificadas por medio de un código de tres dígitos. La escala que se utiliza es de 0 a 10 puntos para medir el contenido o intensidad del sabor que encuentre en cada una de ellas.

0 = ausente
1 a 2 bajo
3 a 5 medio
6 a 8 alto
9 a 10 Muy alto, fuerte

Repita cuantas veces sea necesario para detectar los sabores básicos y específicos que existen en las muestras que realizó las degustaciones. Escriba los resultados de acuerdo a la escala indicada. Después de degustar una muestra lávese la boca, descanse un minuto para iniciar con la siguiente muestra.

Código	Sabores básico				Sabores específicos				Sabores Adquiridos		
	Cacao	Acidez	Astring	Amargor	Frutal	Floral	Nuez	Dulce	Moho	Verde	Otros

Formulario utilizado por el laboratorio de calidad de la EET- Pichilingue

Comentarios.....
.....

Sugerencias.....
.....



ANEXO G. HIPOTESIS

El cacao fermentado bajo diferentes sistemas tiene características de calidad similares.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Anticianinas: cada uno de los pigmentos que se encuentran disueltos en el citoplasma de las células de diversos órganos vegetales, y a los cuales deben su color las corolas de todas las flores azules y violadas y de la mayoría de las rojas, así como también el epicarpio de muchos frutos.

Ácido láctico: o Ácido 2-hidroxipropanoico, compuesto incoloro de fórmula $CH_3CHOHCOOH$. Se da bajo dos formas ópticamente activas, dextrógiras y levógiras, frecuentemente denominadas ácido D-láctico y ácido L-láctico. En su estado natural es una mezcla ópticamente inactiva compuesta por partes iguales de ambas formas D- y L-, conocida como mezcla 'racémica'.

Almendra: la grasa (manteca de cacao), que las semillas contienen en gran cantidad, se utiliza en la fabricación de medicamentos, cosméticos y jabones.

Ácido etanoico: o Ácido acético, líquido incoloro, de fórmula CH_3 COOH, de olor irritante y sabor amargo. En una solución acuosa actúa como ácido débil. El ácido etanoico puro recibe el nombre de ácido etanoico glacial, debido a que se congela a temperaturas ligeramente más bajas que la ambiente.

Bacteria: (del griego, *bakteria,* 'bastón'), nombre que reciben los organismos unicelulares y microscópicos, que carecen de núcleo diferenciado y se reproducen por división celular sencilla.

Enzima: cualquiera de las numerosas sustancias orgánicas especializadas compuestas por polímeros de aminoácidos, que actúan como catalizadores en el metabolismo de los seres vivos. Con su acción, regulan la velocidad de muchas reacciones químicas implicadas en este proceso.

Fermentación: fermentación, cambios químicos en las sustancias orgánicas producidos por la acción de las enzimas. Esta definición general incluye prácticamente todas las reacciones químicas de importancia fisiológica. Actualmente, los científicos suelen reservar dicha denominación para la acción de ciertas enzimas específicas, llamadas fermentos, producidas por organismos diminutos tales como el moho, las bacterias y la levadura.

Glucosa: azúcar monosacárido, de fórmula $C_6H_{12}O_6$. Se encuentra en la miel y en el jugo de numerosas frutas. El nombre alternativo *azúcar de uva* proviene de la presencia de glucosa en las uvas. Se produce en la hidrólisis de numerosos glucósidos naturales.

Mazorcas: baya del cacao

Metabolismo de Glúcidos: mecanismo mediante el cual el cuerpo utiliza azúcar como fuente de energía. Los glúcidos, o hidratos de carbono, son uno de los tres constituyentes principales del alimento y los elementos mayoritarios en la dieta humana.

Pulpa: Parte mollar de la fruta del cacao.

Hidrólisis: Descomposición de un compuesto químico por la acción del agua.

Tanino: Sustancia astringente contenida especialmente en la corteza, y las agallas de muchos arboles.