

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Departamento Académico de Ciencias, Tecnología e Ingeniería de Alimentos



**“FERMENTACIÓN DEL CACAO (*Theobroma cacao* L.)
CCN-51 EN DOS DISEÑOS DE CAJAS DE MADERA”**

T E S I S

Para optar el título de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

ANTONIO ALEJANDRO MEZA ESPINOZA

Tingo María – Perú

2010



Q02

M49

Meza Espinoza, Antonio A.

Fermentación del Cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN-51 en dos Diseños de Cajas de Madera. Tingo María, 2010

77 h.; 18 cuadros; 22 fgrs.; 59 ref.; 30 cm.

Tesis (Ing. Industrias Alimentarias) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias.

THEOBROMA CACAO L. / FERMENTACION - CACAO / ANALISIS
FISICO QUIMICO / CAJON - MADERA / CALIDAD-GRANO / TINGO
MARIA / RUPA RUPA / LEONCIO PRADO / HUANUCO / PERU.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
Av. Universitaria s/n. Teléfono (062) 561385 – Fax (062) 561156
Apart. Postal 156 Tingo María E.mail: fia@unas.edu.pe

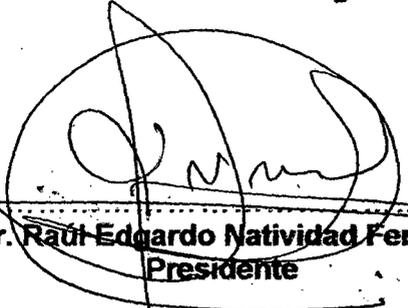
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

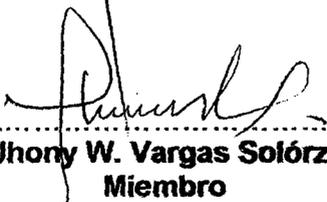
Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público el 01 de Diciembre del 2010, a horas 5:00 p.m. en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, para calificar la tesis presentado por el Bach. **ANTONIO ALEJANDRO, Meza Espinoza** titulado:

“FERMENTACION DEL CACAO (*Theobroma cacao L.*) CCN-51 EN DOS DISEÑOS DE CAJAS DE MADERA”

Después de haber escuchado la sustentación, las respuestas a las preguntas formuladas, lo declaran **APROBADO** con el calificativo de **BUENO** en consecuencia el Bachiller, queda apto para recibir el título de **Ingeniero en Industrias Alimentarias** del Consejo Universitario, de conformidad con el Art. 22° de la Ley Universitaria 23733; los artículos 51° y 52° del Estatuto Actualizado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 01 de Diciembre del 2010


.....
Dr. Raúl Edgardo Natividad Ferrer
Presidente


.....
Ing. Jhony W. Vargas Solórzano
Miembro


.....
Ing. Williams V. Roldán Carbajal
Miembro


.....
Ing. Jaime E. Basilio Atencio
Asesor

DEDICATORIA

A MIS QUERIDOS PADRES MANUEL
MEZA BERROSPI Y MARÍA ESPINOZA
RIVERA; EJEMPLO DE AMOR,
TRABAJO, RESPONSABILIDAD Y
SENCILLEZ.

A MIS HERMANOS CON EL
APRECIO Y CARIÑO DE
SIEMPRE HAMILTON, MARLON
Y CARMEN.

A MIS TIOS Y TIAS: POR APOYARME
EN ALCANZAR UN MEJOR FUTURO.

CON MUCHO AMOR A
MI ESPOSA YOLANDA.

CON CARIÑO Y AMOR

A MI HIJO

HARBERT.

AGRADECIMIENTOS

A mi asesor: Ing. Jaime Basilio Atencio por su orientación, paciencia, motivación y a su capacidad y experiencia, que ha sido fundamental para la consecución del trabajo.

Al presidente, los miembros del jurado; Raúl natividad Ferrer, Jhony Vargas Solórzano, williams roldan Carbajal por su valiosa colaboración en la mejora y culminación del presente trabajo.

Al Ing. Mendis Paredes Arce por facilitarme la realización de la tesis en la planta de benéfico de cacao y por brindarme una oportunidad laboral en la Asociación de Productores de Cacao Alto Huallaga.

A la Ing. Sara Saavedra Gómez y Mey Choy Paz por el apoyo en la evaluación sensorial y por facilitarme el laboratorio de Control de Calidad de la Asociación Peruana de Productores Cacao y Cooperativa Agraria Industrial Naranjillo.

A los técnicos de la UNAS: Celedonio Yacha, Juan Soto y Pedro Condori por su apoyo en los diferentes laboratorios, también a la Señora Diana y Anita.

A todos mis amigos en especial para: Joel Chuqui, José Huanca, Luis Ruiz, José Cárdenas, Oldemar Terrones, Lina Duran, Pablo Mishari y José meza.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Generales del cacao (<i>Theobroma cacao</i> L).....	3
2.2. Beneficio del cacao	3
2.3. pH.....	6
2.4. Acidez titulable	7
2.5. Grados Brix.....	7
2.6. Humedad	8
2.7. Índice de madurez.....	8
2.8. Índice de fermentación	9
2.9. Colorimetría modelo CIE-L*a*b*	9
2.10. Evaluación sensorial.....	10
III. MATERIALES Y METODOS.....	11
3.1. Lugar de ejecución	11
3.2. Materia prima	11
3.3. Materiales, equipos y reactivos.....	12
3.4. Métodos de análisis	13
3.5. Metodología experimental.....	13
3.6. Diseño experimental.....	22
3.7. Análisis estadístico.....	23
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	24
4.1. Caracterización químico proximal, fisicoquímica y física de los granos de cacao fresco.	24

4.2. Evaluación de la temperatura durante la fermentación de granos de cacao en dos diseños de caja.....	29
4.3. Variación de la humedad del cacao durante la fermentación.....	34
4.4. Evaluación de pH de la pulpa más testa y cotiledón durante la fermentación, en dos diseños de caja.	35
4.5. Evaluación de la acidez titulable de la pulpa más testa y cotiledón durante la fermentación de cacao en dos diseños de caja.	39
4.6. Evaluación de los grado Brix pulpa más testa y cotiledón durante la fermentación de cacao en dos diseños de caja.	42
4.7. Porcentaje de fermentación durante la fermentación de cacao en dos diseños de caja.....	45
4.8. Evaluación del índice de fermentación durante la fermentación de cacao en dos diseños de cajas.....	51
4.9. Evaluación del color durante el tiempo de la fermentación.....	53
4.10.Evaluación sensorial del licor de cacao.	58
4.11.Prueba de hipótesis para la evaluación organoléptica	62
V. CONCLUSIONES	65
VI. RECOMENDACIONES.....	67
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
ANEXO	77

INDICE DE CUADROS

Cuadros	Pág.
Cuadro 1. Composición químico proximal y fisicoquímico de los granos de cacao del cotiledón fresco.	24
Cuadro 2. Características físicas del cacao CCN – 51 en estado fresco, utilizando el anexo 42.	25
Cuadro 3. Variación de la temperatura en el centro hasta 108 horas durante el tiempo de fermentación en dos diseños de caja.	32
Cuadro 4. Variación de la temperatura durante la fermentación.....	32
Cuadro 5. variación del pH del cotiledón respecto al tiempo.	37
Cuadro 6. variación del acidez del cotiledón durante la fermentación	41
Cuadro 7. Variación del ° Brix de la pulpa más testa durante la fermentación..	44
Cuadro 8. Variación porcentual de granos fermentados durante los días de fermentación.	47
Cuadro 9. Variación porcentual de granos fermentados en dos diseños de cajas.....	48
Cuadro 10. Variación porcentual de granos violetas durante la fermentación. .	48
Cuadro 11. Porcentual de granos violetas de cacao en dos diseños de cajas.....	49

Cuadro 12. Variación porcentual de granos parcialmente violeta durante la fermentación.	49
Cuadro 13. Variación porcentual de granos parcialmente violeta durante el tiempo de fermentación de cacao en dos diseños de caja.....	50
Cuadro 14. Índice de fermentación porcentual al 6to día fermentación en dos diseños de caja.	52
Cuadro 15. Variación porcentual índice fermentación durante la fermentación.	52
Cuadro 16. Variación del parámetro de color a* durante la fermentación.....	56
Cuadro 17. Variación del parámetro de color b* durante la fermentación.....	56
Cuadro 18. para el licor de cacao de datos (APPCACAO) y los obtenidos por fermentación en diseño de caja cuadrada y trapezoidal.	64

INDICE DE FIGURAS

Figuras	Pág.
Figura 1 . Dimensiones en centímetros del cajon cuadrado.....	14
Figura 2 . Ubicación vertical de los cajones cuadrados para la fermentación de los granos de cacao.....	15
Figura 3 . Diseño y ubicación de los cajones trapezoidales, para la fermentación de los granos de cacao.....	16
Figura 4. Flujograma para la obtención de cacao fermentado y seco.....	17
Figura 5. Flujograma de operaciones para la preparación de extractos de cacao fresco.....	18
Figura 6. Diseño experimental del fermentado de cacao CCN-51 en dos diseños de cajas de madera, fermentado a diferentes días.	22
Figura 7. Variación de la temperatura durante la fermentación de cacao en caja cuadrada.....	29
Figura 8. Variación de la temperatura durante la fermentación de cacao en caja trapezoidal.....	29
Figura 9. Variación de la temperatura durante la fermentación de cacao evaluada en el centro, de caja cuadrada (TCC) y trapezoidal (TCT).	30
Figura10. Variación del porcentaje de humedad durante la fermentación en las cajas cuadrado y trapezoidal.....	35

Figura 11. Variación del pH en pulpa más testa y cotiledón de cacao durante la fermentación en caja cuadrada.	36
Figura 12. Variación del pH en pulpa más testa y cotiledón de cacao durante la fermentación en caja trapezoidal.	36
Figura 13. Variación de la acidez en pulpa más testa y cotiledón de cacao fermentado en caja cuadrada.	39
Figura 14. Variación de la acidez en pulpa más testa y cotiledón de cacao fermentado en caja trapezoidal.	40
Figura 15. Variación de °Brix en pulpa más testa y cotiledón de cacao fermentado en caja cuadrada.	43
Figura 16. Variación de °Brix en pulpa más testa, cotiledón de cacao fermentado en caja trapezoidal.	43
Figura 17. Evolución porcentaje fermentación durante la fermentación en caja cuadrado.....	46
Figura 18. Evolución porcentaje fermentación durante la fermentación en caja trapezoidal.....	46
Figura 19. Variación del porcentual del índice fermentación de los granos durante el tiempo fermentado en caja cuadrada y trapezoidal.....	51
Figura 20. Variación del parámetro L* de color interno del cotiledón durante la fermentación en cajón cuadrado y trapezoidal.....	54
Figura 21. Variación del parámetro a* de color interno del cotiledón durante la fermentación en cajón cuadrado y trapezoidal.....	54
Figura 22. Variación del parámetro b* de color interno del cotiledón durante la fermentación en cajón cuadrado y trapezoidal.....	55

RESUMEN

El trabajo fue realizado con el fruto de cacao del cultivar CCN-51 procedente de sector de Puerto Nuevo, distrito Luyando-Naranjillo, provincia de Leoncio Prado, las mazorcas fueron cosechadas, quebradas y desgranadas en el cacahual, luego los granos en mucilago se fermentaron en cajones cuadrados y trapezoidales de madera tornillo, diseñados y construidos para tal fin. En el laboratorio de Ingeniería de Alimentos se hizo la fermentación y el secado en el laboratorio de Química de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, secándose con aire caliente a 40 °C hasta obtener 7% de humedad en los granos. Durante la fermentación se removieron cada 24 horas, hasta 144 horas.

El análisis fisicoquímico de los granos se realizó en el Laboratorio de Química, y laboratorio de Análisis de Alimentos.

La Preparación del licor de cacao y la evaluación sensorial se hicieron en la Asociación Peruana de Productores de Cacao (APPCACAO) y la Cooperativa Agraria Industrial Naranjillo.

El estudio tuvo como objetivo general, determinar el efecto del diseño de la caja de madera cuadrado y trapezoidal en la fermentación de cacao. Y como objetivos específicos caracterizar fisicoquímicamente los granos de cacao, determinar el mejor diseño de caja de madera para la fermentación y caracterización de los granos de cacao fermentados.

Los resultados revelaron que el diseño del cajón influye en la temperatura, alcanzando durante el proceso de fermentación para la caja cuadrada la temperatura máxima a $44,63 \pm 0,81^{\circ}\text{C}$ a 96 horas de fermentación y en promedio $33,80 \pm 6,82^{\circ}\text{C}$. En el cajón trapezoidal la temperatura máxima obtenido fue de $35,50 \pm 4,73^{\circ}\text{C}$ a 96 horas y en promedio $30,16 \pm 4,79^{\circ}\text{C}$.

Durante la fermentación, La temperatura no alcanzó los 50°C para una buena fermentación, debido que la masa usada aproximadamente 5 Kg y la altura 20 cm son muy pequeños haciendo que la temperatura no se incremente durante los primeros días, ocasionando una fermentación butírica, que fue percibido por el olor desagradable en los granos.

Respecto a los atributos sensoriales analizados por QDA, no llegaron a los niveles de calidad adecuada, debido a que la temperatura de fermentación fue inferior a lo necesario; lo mismo ocurrió para el índice de fermentación alcanzando $60 \pm 2,55\%$ para caja cuadrada y $50 \pm 2,96\%$ para caja trapezoidal.

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*) es una actividad de larga tradición en la Amazonía peruana especialmente en el Valle del Alto Huallaga, por las condiciones edafoclimáticas apropiadas que permiten obtener granos de alta calidad, convirtiéndole en un producto muy cotizado en el mercado nacional e internacional.

Se viene intensificando este cultivo, en el valle del Huallaga principalmente CCN-51 debido a su resistencia a plagas, enfermedades y productividad, haciendo de este una alternativa muy rentable para el agricultor.

Sin embargo el beneficio del cacao, se ve condicionado por varios factores entre ellos la fermentación uno de los procesos de mayor importancia por el uso de fermentadores de diversos diseños que influyen directamente en la calidad de los granos. En esta etapa de fermentación se desarrollan los precursores de aroma y sabor característicos a chocolate, complementándose en el secado y tostado. Por ello, se planteó los objetivos siguientes:

Objetivo general.

- Determinar el efecto del diseño de la caja de madera cuadrado y trapezoidal en la fermentación del cacao.

Objetivos específicos:

- Caracterizar fisicoquímicamente los granos de cacao.
- Determinar el mejor diseño de caja de madera para la fermentación.
- Caracterización de los granos de cacao fermentados.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generales del cacao (*Theobroma cacao* L).

2.1.1. Origen y distribución geográfica.

El cacao (*Theobroma cacao* L.), es una de las 22 especies que constituyen el género *Theobroma*. La especie se extiende en América del sur, de México hasta Brasil y Bolivia. Su centro de origen está en la cuenca del Amazonas y el Orinoco (WOOD, 1982).

Se puede decir que el cacao, es una especie endémica de América del Sur cuyo centro de origen está localizado en la región que comprende la cuenca de los ríos Caquetá, Putumayo y Napo, tributarios del río Amazonas (CHESSMAN, 1944).

El cacao es una especie originaria del bosque húmedo tropical en América del Sur. Geográficamente en el mundo las mayores áreas cacaoteras están concentradas entre los 10° de latitud Norte y Sur del Ecuador, distribuida en el Oeste Africano, América Latina y Sur Este de Asia (ARÉVALO, 2004).

2.2. Beneficio del cacao

ARÉVALO (2004) manifestó que se denomina así al conjunto de prácticas interrelacionadas que tienen que ver con la transformación biológica que deben sufrir las almendras una vez cosechadas y que permiten la expresión de su potencial de calidad. Sólo así serán aceptadas y valoradas por los procesadores de la industria chocolatera.

Los objetivos del beneficio se pueden resumir así:

- Descomponer y remover el mucílago azucarado que cubre el grano fresco.
- Acondicionar y facilitar las transformaciones bioquímicas que sufre el grano para desarrollar el sabor y aroma del chocolate.
- Reducir el contenido de humedad del grano para facilitar su almacenaje.

2.2.1. Cosecha.

Según MINISTERIO DE AGRICULTURA (2000) la cosecha de frutos debe realizarse semanalmente, sobre todo en aquellas áreas donde predominan enfermedades que dañan la mazorca, como la mancha parda, la moniliasis y la escoba de brujas. En ningún caso, la frecuencia debe aumentarse a dos semanas para evitar que los frutos levemente enfermos lleguen a deteriorarse totalmente.

2.2.2. Fermentación.

Esta etapa comprende la eliminación de la baba del cacao y dentro del grano la formación de sustancias que lo dan aroma y sabor a chocolate, consiguiendo calidad del grano y facilitando el secado. Para conseguir una buena fermentación se deben utilizar granos de buena calidad, provenientes de frutos maduros. Los frutos verdes no poseen cantidades suficientes de azúcares necesarios para una adecuada fermentación. Es un proceso de vital importancia en relación con la calidad de los granos (ARÉVALO, 2004).

PAREDES *et al.*, (2004) reportó valores de temperaturas alcanzados entre las 72 y 84 horas de iniciada la fermentación en los diferentes métodos de fermentación: 48,2 °C en cajas; 46,2 °C en montones y 42,0 °C en sacos.

NOGALES *et al.*, (2006) realizó estudios de los cambios físicos y químicos durante el secado al sol del grano de cacao fermentados en dos diseños de cajones de madera: el rectangular de dimensiones 30 x 15 x 10 cm (largo x alto x ancho) y el cuadrado de 20 x 20 x 20 cm, ambos construidos con madera saqui-saqui (*Bombacopsis Quinata Jacq.*) y con perforaciones de 0,8 cm de diámetro en el fondo para permitir la salida del exudado. Los fermentadores fueron llenados equitativamente con la masa de cacao (semillas y pulpa) y cubiertos con un plástico grueso y una lona. El proceso tuvo una duración de 5 días con remoción de la masa a las 24 y 48 h.

GUTIERREZ y BACALLA (2007) estudiaron la fermentación del cacao en dos diseños de cajas de madera, una de sección trapezoidal con capacidad volumétrica de carga de 0,536 m³ y cajón de sección cuadrado con capacidad volumétrica de carga de 0,512 m³; alcanzando temperaturas de fermentación de 44°C para el cajón de sección cuadrado y 41°C para el cajón de sección trapezoidal.

GUTIERREZ y BACALLA (2007) realizó fermentación de cacao en caja cuadrada en donde alcanzó temperaturas de 44°C en la masa de cacao y mayor porcentaje de granos fermentados. Mientras que en cajón de sección trapezoidal alcanzó una temperatura de 41°C a las 96 horas y menor porcentaje de granos bien fermentados.

Por su parte PORTILLO *et al.*, (2005) en su investigación realizada en cacao Criollo porcelana fermentadas en cajón de sección cuadrada alcanzó temperatura media de 46,5°C a las 72 horas con un índice de fermentación de 65,4%.

Los sistemas de fermentación contruidos en madera conlleva a una mejor fermentación de los granos de cacao (CHIRINOS *et al.*, 1997)

2.2.3. Secado.

SULLCA (1992) manifestó que la finalidad principal del secado es la de retener el sabor a chocolate adquirido en el proceso de fermentación y eliminar el exceso de agua. La almendra fermentada tiene más del 50 % de humedad que debe ser reducida por lo menos a 8 %, límite considerado como humedad crítica para el almacenamiento.

2.3. pH

GIMÉNEZ *et al.*, (2000) manifestó que el pH es una magnitud cuantitativa, un valor numérico; es decir, las disoluciones no tienen pH ácidos, básicos o neutros sino que las disoluciones con valores del pH > 7 son básicas, las que tienen valores del pH < 7 son ácidas y para una disolución neutra o para el agua pura, a 25 °C, el pH = 7.

PAREDES *et al.*, (2004) en los diferentes métodos de fermentación del cacao (en cajas, montones y sacos) determinó pH de 5,52 método de fermentación en cajas; 5,42 método de fermentación en montones; 5,26 método de fermentación en sacos y 5,84 en cacao sin fermentar.

ORTIZ *et al.*, (2009) reportó un pH de 6 para cacao Criollo fermentado por 5 días y secados al sol por 4 días.

Los valores de pH encontrados en los cotiledones de granos de cacao fresco, fermentado y seco fueron (5,86), (5,98), (6,07) respectivamente (ORTIZ *et al.*, 2009).

NOGALES *et al.*, (2006) reportó valores de pH para el cacao secados al sol y fermentados en dos diseños de cajones de madera: 6,09 para el cacao fermentado en cajón cuadrado y 5,57 para el cacao fermentado en cajón rectangular.

2.4. Acidez titulable

Los ácidos orgánicos se usan durante la respiración del fruto, siendo varios de estos ácidos componentes esenciales en el ciclo respiratorio de los ácidos tricarbóxicos (KAYS, 2004).

GUZMÁN y SEGURA (1989) manifestó que se observó una disminución de la acidez durante la maduración de muchos frutos lo que indica una alta tasa metabólica en esta fase.

Los precursores de los ácidos orgánicos, en su mayoría, son otros ácidos orgánicos o azúcares (KAYS, 2004).

ORTIZ *et al.*, (2009) reportó para los granos de cacao Criollo fermentado por 5 días y secados al sol por 4 días valores de acidez titulable de 6 – 6,07%. Así mismo reporta valores de acidez titulable para los cotiledones: frescos (1,35%); fermentados (0,75%) y secos (0,70%).

NOGALES *et al.*, (2006) en su trabajo de investigación de cambios físicos y químicos durante el secado al sol del grano de cacao fermentado en dos diseños de cajones de madera encontró valores de acidez total de 0,27% para el cacao fermentado en cajón cuadrado y 0,33% para el cajón rectangular.

2.5. Grados Brix

Uno de los aspectos que refleja la madurez es el comportamiento de los sólidos solubles totales (SST) o °Brix. El contenido de SST está constituido por

80 a 95% de azúcares y la medida de SST se encuentra asociada con los azúcares disueltos en el jugo celular (OSTERLOH *et al.*, 1996).

2.6. Humedad

El contenido de humedad es un factor de calidad para preservación, conveniencia en empaque transporte y almacenamiento, también constituye un criterio de identidad (BRADLEY, 2003).

Los granos recién fermentados tienen más de 50% de humedad, que debe reducirse por lo menos a 7 – 8%, límite considerado como crítico para el almacenamiento evitando que se desarrollen hongos (mohos) (ARÉVALO, 2004).

En el estudio que se realizó por PAREDES *et al.*, (2004) en tres métodos de fermentación (en cajas, montones y sacos) la humedad de las almendras es estadísticamente igual, aunque numéricamente es menor en las cajas (7,65%), que en los sacos (8,39%) y montones (8,00%).

Los valores de humedad encontrado por ORTIZ *et al.*, (2009) en cacao Criollo fermentado por 5 días y secado al sol por 4 días son de 4,29 – 5,20%. Así mismo reporto valores de humedad para los cotiledones: frescos (39,69%), fermentados (44,58%) y secos (4,55%).

2.7. Índice de madurez

Para determinar el índice de madurez se llevaran a cabo mediciones por los productores, manipuladores y el personal de control de calidad. La medida de estos índices debe ser sencilla, fácil de realizar durante la manipulación y con equipos relativamente baratos que den unos resultados objetivos y preferiblemente no destructivo (CRISOSTO *et al.*, 1995).

2.8. Índice de fermentación

Los índices físicos de calidad de los granos secos se relacionan con el grado de madurez de los frutos, observándose que mazorcas que no están completamente maduras dan origen a granos insuficientemente fermentados, violáceos y pizarrosos, ya que carecen de suficiente cantidad de azúcar para una adecuada fermentación (ROHAN, 1964).

ORTIZ *et al.*, (2009) reportó valores de índice de fermentación para el cacao Criollo fermentado / 5 días y secados al sol / 4 días de 72, 50 –74,17%.

NOGALES *et al.*, (2006) reportó que en el transcurso del secado, el índice de fermentación aumenta y obtuvo una alta proporción de granos marrones con un valor final ligeramente mayor en el cacao fermentado en el cajón cuadrado (98,04%) y cajón rectangular (96,50%).

GUTIERREZ y BACALLA (2007) estudiaron la fermentación del cacao en dos diseños de cajas de madera, una de sección trapezoidal y de sección cuadrado; alcanzando índices de fermentación de 85,7% para el cacao fermentado en cajón de sección cuadrado y 76,7% en el cajón trapezoidal a los 3 días de fermentación y el mayor índice de fermentación que logró al quinto día correspondió al cajón de sección cuadrado con 94,10%.

2.9. Colorimetría modelo CIE - L*a*b*

El espacio de color CIE - L*a*b* define magnitudes colorimétricas que derivan matemáticamente de los valores triestímulos, y puede considerarse como respuestas de los observadores colorimétricos CIE 1931 y CIE 1964 a un Estímulo luminoso. Tratando de imitar a los observadores reales, estas respuestas se hacen depender del tipo de estímulo y del blanco de referencia.

La coordenada L^* recibe el nombre de Luminosidad (métrica) y puede tomar valores entre 0 y 100. Las coordenadas colorimétricas a^* , b^* forman un plano perpendicular a la claridad. La coordenada a^* define la desviación del punto acromático correspondiente a la claridad, hacia el rojo si $a^* > 0$, hacia el verde si $a^* < 0$. Análogamente, la coordenada b^* define la desviación hacia el amarillo si $b^* > 0$, hacia el azul si $b^* < 0$ (GILABERT, 2002).

2.10. Evaluación sensorial

El análisis descriptivo es un método de la evaluación sensorial

Los métodos más utilizados son: análisis descriptivo cuantitativo (QDA), perfil de sabor (LAWLESS y HEYMANN, 1999).

Perfil de sabor

Originalmente se concibió como un análisis descriptivo y fue utilizado para describir complejo sistemas de sabores. Este método se ha ido refinando y actualmente trabaja como una técnica de consenso, ya que se cree que es más confiable que un juicio individual (LAWLESS y HEYMANN, 1999). Los jueces anotan individualmente sus respuestas en el orden de aparición e indican la intensidad percibida en una escala (PANGBORN y PEDRERO, 1989). El vocabulario utilizado para describir el producto y su evaluación se logra por el consentimiento de los miembros del panel (LAWLESS y HEYMANN, 1999)

Álvarez *et al.*, (2007) indicó que los fabricantes de chocolate le dan enorme importancia y frecuentemente monitorean el sabor y la calidad del chocolate que fabrican, ya que estos parámetros afectan la demanda de los productos.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Lugar de ejecución

La etapa de fermentación se realizó en el laboratorio de Ingeniería de Alimentos, el secado en laboratorio de Química y los análisis fisicoquímicos en los laboratorios de Química y Análisis de Alimentos de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS). La preparación del licor de cacao, evaluación sensorial se realizó en el laboratorio de Control de Calidad de la Asociación Peruana de Productores de Cacao (APPCACAO) ubicado Av. Nicolás de Araníbar N° 677, Santa Beatriz, Lima – Perú., También en la Cooperativa Agraria Industrial Naranjillo (COOPAIN), ubicado en la ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado departamento de Huánuco.

3.2. Materia prima

Las muestras de cacao CCN-51 fueron obtenidas del sector de Puerto Nuevo, Distrito Luyando-Naranjillo, Provincia de Leoncio Prado, Región Huánuco. Parcela del señor Sabino Ramos Lucido, socio de la Asociación de Productores Cacao Alto Huallaga (APCAH).

3.3. Materiales, equipos y reactivos

3.3.1. Materiales de campo.

Machete sin filo, cuchillo, carretilla, cuchara, baldes de plástico, bolsas plásticas, hojas de plátano, cinta métrica, balanza, cámara digital.

3.3.2. Materiales de laboratorio.

Vaso de precipitación 50 ml, micropipetas 100-1000 ul, placa petri, soporte universal, embudo de vidrio, papel filtro simple, matraz erlenmeyers 250 ml, mortero, bagueta, pizeta, probeta 50 ml, balanza mecánica SDEHNLE máx. 10 Kg, termómetro digital MULTI THERMOMETER (-50°C a +150°C), navaja, plumón indeleble, lapicero, cinta maskin tape, bolsas de plástico, papel toalla, galleta de agua light, malla metálica, frascos herméticos transparentes.

3.3.3. Equipos de laboratorio.

Secador de aire caliente, colorímetro KONICA MINOLTA, modelo CR400 made in japan, molino de cuchillas modelo GM 200 marca RETSCH, estufa marca MEMMERT, baño maría VWR SHELDON MANUFACTURING, soxhlet, Kendal, mufla, balanza digital ADAM máx. 250 g, equipo de titulación, refractómetro CARLZELSS JENA, pH-metro JENWAY 3510 pH Meter, balanza gramera MIRAY, refrigeradora FRIOLUX, Plancha.

3.3.4. Reactivos.

Alcohol 96%, fenolftaleína 1%, hidróxido de sodio, agua destilada, hexano, ácido clorhídrico.

3.4. Métodos de análisis

3.4.1. Caracterización fisicoquímica de los granos de cacao fresco y fermentado.

- El índice de madurez se realizó mediante la relación de sólidos solubles y acidez titulable términos ácido cítrico.
- El pH, se determinó mediante el método 981.15 AOAC (1995)
- Para la determinación de la acidez titulable se usó el método 947.05 AOAC (1997).
- Humedad, se determinó mediante el método descrito por 931.04 AOAC (1995).
- Los grados °Brix fueron determinados mediante el método refractométrico.
- La temperatura se midió en tres niveles del cajón de fermentación (superior, central e inferior).
- El índice de fermentación se determinó mediante el método 921.01 AOAC (1995).
- La evaluación del color de los granos de cacao fermentado se realizó mediante el método colorimétrico.
- El análisis organoléptico de los granos de cacao se realizó mediante el método QDA (como medio para la cuantificación de la percepción) Stone, H. 1974.

3.5. Metodología experimental

3.5.1. Construcción de los cajones cuadrado y trapezoidal.

3.5.1.1. Descripción, especificación técnico del cajón cuadrado

Se puede observar en la Figura 1, Las dimensiones en cm del cajón cuadrado de fermentación tienen 20 cm de ancho por 20 cm de alto y 20 cm de largo; para contener aproximadamente 6 kg de granos de cacao fresco.

El Armazón: El material utilizado es de madera dura de 3*3 cm para columnas y vigas, es la que va a resistir el peso total de toda la estructura y del contenido total de almendras.

Cajón cuadrado : son los que contienen las almendras de cacao y donde se llevará a cabo todo el proceso de fermentación, el material utilizado para su construcción fue madera tornillo, la cual está levantado de 5 cm desde la superficie del suelo para evitar el contacto con la tierra, con un sistema móvil por la parte frontal para realizar la remoción y descarga de las almendras fermentadas, los cajones están posicionados en tres niveles, donde la base del cajón del primer nivel (nivel "A") está a 45 cm, la base del segundo nivel (nivel "B") está a 25 cm y la base del tercer nivel (nivel "C") está a 5 cm desde la superficie del suelo respectivamente.

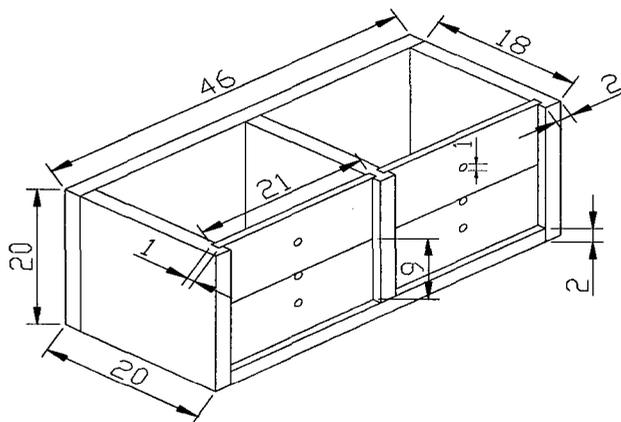


Figura 1. Dimensiones en centímetros del cajón cuadrado.

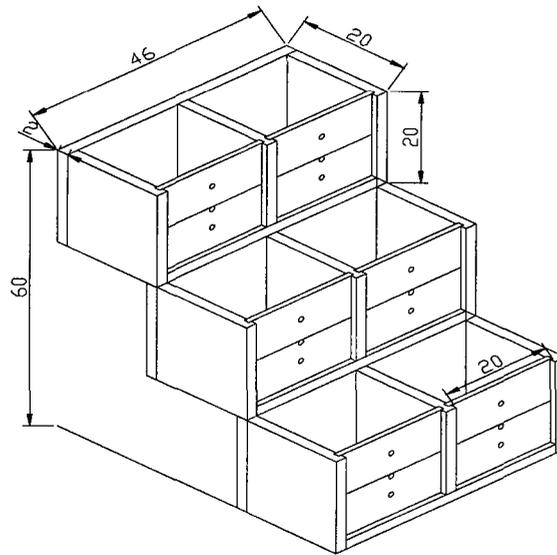


Figura 2. Ubicación vertical de los cajones cuadrados para la fermentación de los granos de cacao.

3.5.1.2. Descripción y especificaciones técnicas del cajón trapezoidal.

Las dimensiones de los cajones de fermentación se observa en la Figura 3. Para contener aproximadamente 5 Kg de granos de cacao fresco.

Cajón trapezoidal.- son los que contienen las almendras de cacao durante la fermentación, el material utilizado para su construcción fue madera tornillo, la misma que está a una altura de 6cm desde la superficie del suelo para evitar el contacto con la tierra.

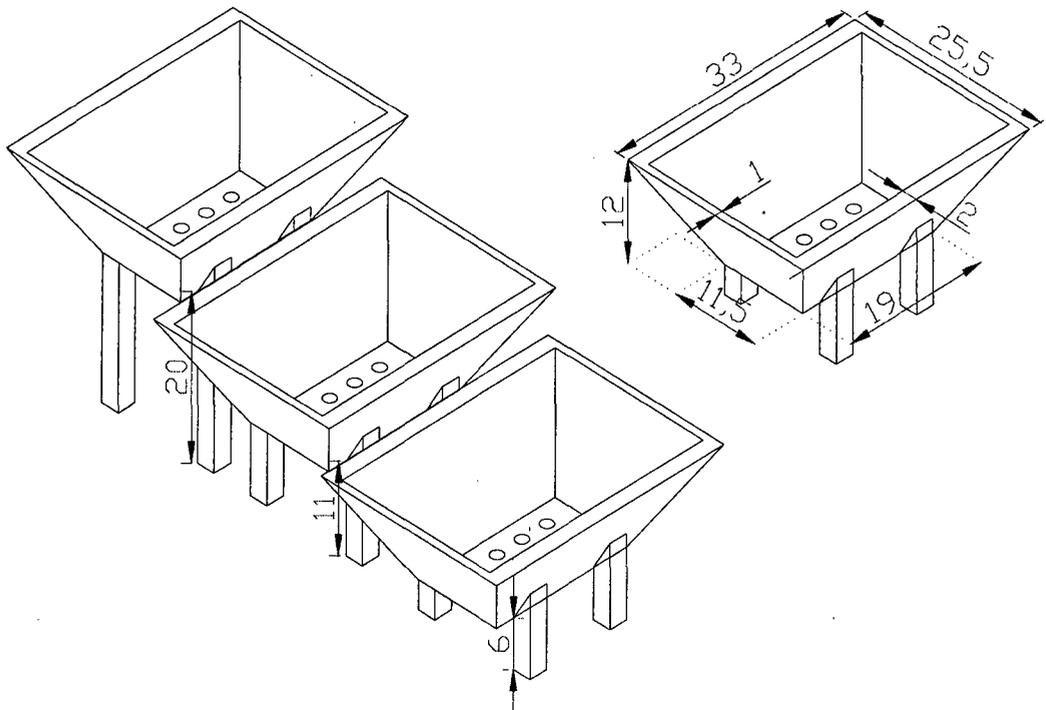


Figura 3. Diseño y ubicación de los cajones trapezoidales, para la fermentación de los granos de cacao.

3.5.2. Fermentación y secado

Las mazorcas se cosecharon con un índice de madures optimo y sano, se realizó la quiebra de las mazorcas y se fermento 5 Kg de cacao fresco para cada tratamiento con tres repeticiones en dos diseños de cajón de madera por: 4, 5, 6 días respectivamente, la remoción se realizó a cada 24 horas, se secaron los granos fermentados por aire caliente a 40°C/28 horas para el tratamiento de 4 días de fermentado, 26 horas para 5 días de fermentado y 24 horas para 6 días de fermentado, hasta alcanzar una humedad aproximada de 7 %.

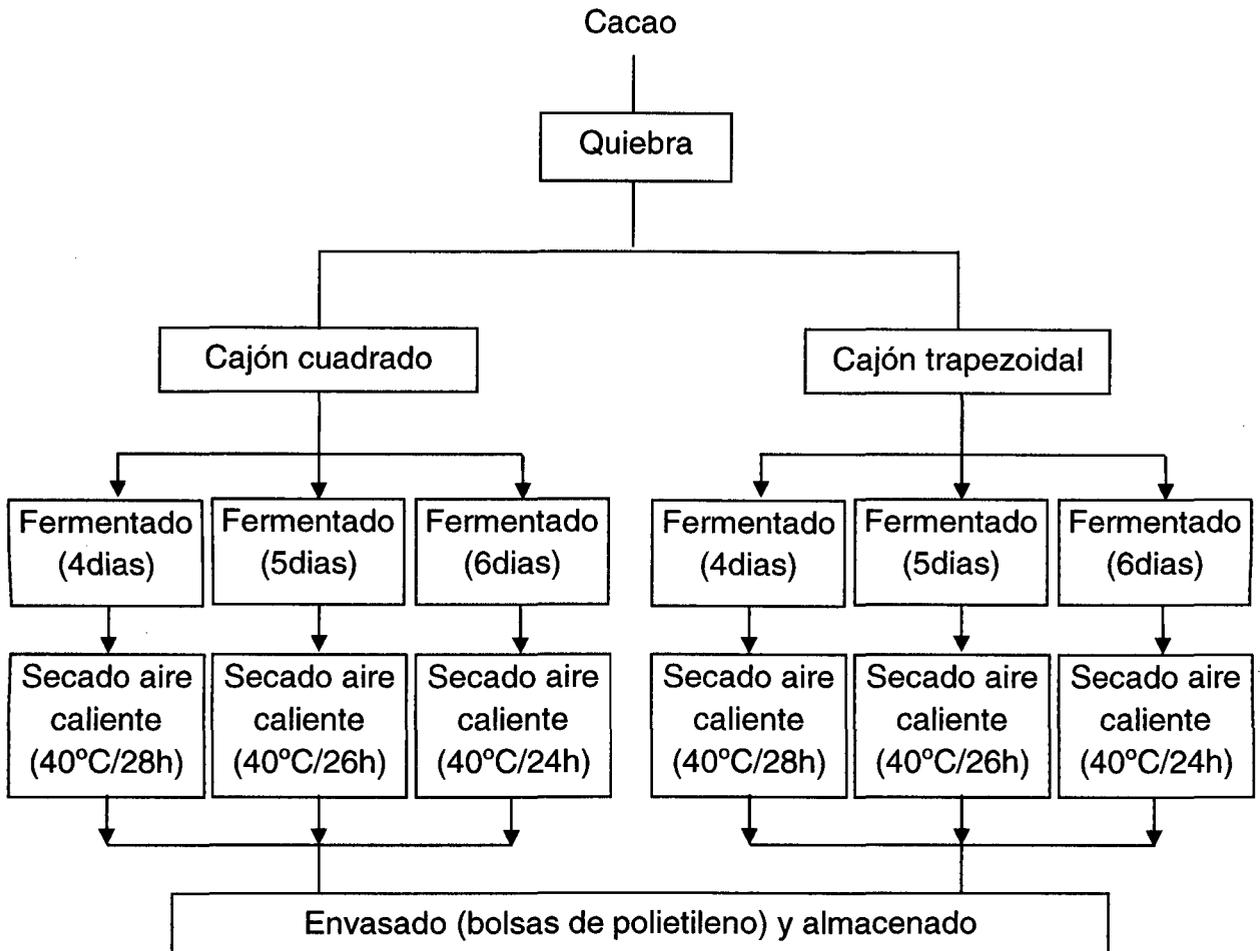


Figura 4. Flujograma para la obtención de cacao fermentado y seco.

3.5.3. Evaluación de pH, acidez, °Brix e índice de madurez durante la fermentación, para la pulpa más testa y cotiledón.

3.5.3.1. Preparación de extracto

La pulpa más testa y cotiledón, se separaron manualmente con la ayuda de un cuchillo.

– Extracto Pulpa más testa.

Se mezcla 6 g pulpa más testa con 20 ml de agua destilada a 80°C/2 minutos y se filtra con papel filtro simple.

– **Extracto del Cotiledón.**

Se muele 3 g de cotiledón y se mezcla con 50 ml de agua destilada y la extracción se realiza en caliente a 80°C/4 minutos luego se Filtra con papel filtro simple.

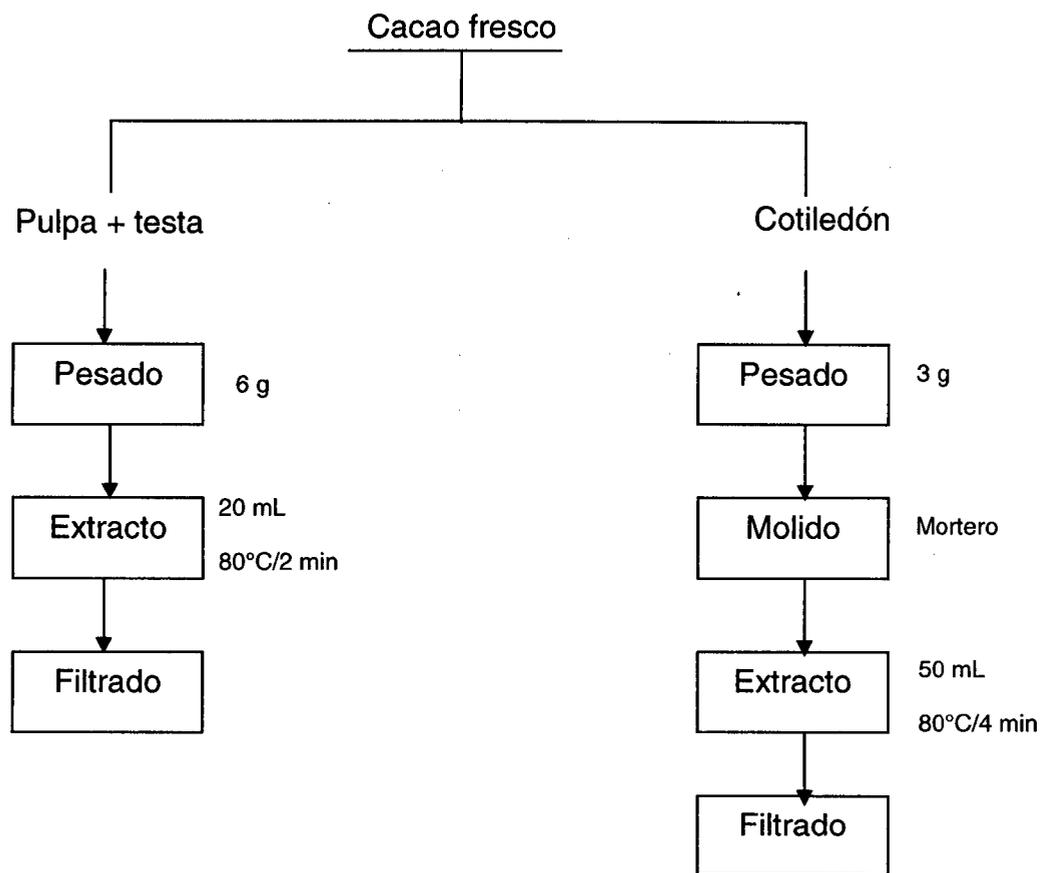


Figura 5. Flujograma de operaciones para la preparación de extractos de cacao fresco.

* Para la preparación de extractos de cacao fermentados por 96, 120 y 144 horas se siguió las mismas operaciones detalladas para preparación del extracto de cacao fresco.

3.5.3.2. Evaluación de pH.

Para la determinación del pH se calibro el pH-metro y se midió los extractos (pulpa más testa y cotiledón) por triplicado para cada tratamiento; la misma que se midió a 0, 96, 120 y 144 horas de fermentado.

3.5.3.3. Evaluación de acidez.

Se tomó 1ml del extracto (pulpa más testa y cotiledón) y se transfirió a un matraz y se adiciono 20 ml para el extracto de pulpa + testa y 25 ml para el extracto de cotiledón, se adiciono tres gotas de indicador de fenolftaleína al 1%, se tituló con solución de hidróxido de sodio normalidad 0.00741. Y se expresó el porcentaje de acidez en términos de ácido cítrico para los granos frescos y en términos de ácido acético para los granos de cacao fermentados a 96, 120 y 144 horas.

3.5.3.4. Evaluación de grados Brix

Se tomó 1ml de extracto (pulpa más testa y cotiledón) y se transfirió al lente refractómetro y se midió los °Brix a las 0, 96, 120 y 144 horas.

3.5.3.5. Determinación del índice de madurez.

Para la determinación del índice de madurez se tomó la relación de °Brix y la acidez de los extractos (pulpa más testa y cotiledón) tomados en estado fresco.

3.5.4. Determinación de la humedad.

Se pesó 30 g de cacao se transfirió a una placa y se llevó a la estufa a aproximadamente 75°C/ 24 horas, luego se enfrió en desecador por 20 minutos y se pesó en una balanza analítica.

3.5.5. Determinación del índice de fermentación.

Para determinar el índice de fermentación de los granos fermentados en dos diseños de caja de madera (cuadrado y trapezoidal) a las 96, 120, 144 horas, se tomó 100 granos de cacao para cada uno de los tratamientos y se hizo la prueba de corte, categorizando los granos bien

fermentados, violeta (no fermentados) y parcialmente violetas en función a su coloración y las grietas formadas en el grano.

3.5.6. Evaluación de temperatura en la fermentación de los granos de cacao.

La temperatura se midió con un termómetro digital en tres niveles (superior, central e inferior) del cajón de fermentación con intervalos de tiempo de 12 horas, para los diferentes tratamientos: 0 a 144 horas de fermentado.

3.5.7. Evaluación del color de los granos de cacao.

Se evaluó con el colorimétrico CR400 previamente calibrado, con el modo $L^*a^*b^*$. El valor de L^* representa la claridad, en una escala de 0 a 100, siendo 0 negro y 100 blanco. El valor de a^* mide la cantidad de rojo y verde, siendo $-a^*$ verde y $+a^*$ rojo (-60 a+60). El valor de b^* representa el azul y amarillo, siendo $-b^*$ azul y $+b^*$ amarillo (-60 a+60). Para ello se tomó granos de cacao seleccionados (grandes), se hizo un corte transversal y se colocó la muestra por la parte cortada del cotiledón en el equipo colorimétrico y se hizo la lectura por triplicado con cinco lecturas por medición para cada uno de los tratamientos, cada 24 horas para cada tratamiento.

3.5.8. Obtención de licor de cacao.

Para la obtención de licor de cacao a partir de granos fermentados secos, se describen a continuación.

Pesado. Se pesó 200 g de cacao seco en una balanza gramera de capacidad máxima de 5000 g.

Tostado. Se tomó 200 g de cacao seco, se colocó en una malla metálica y tostado en estufa a 115°C/30 min.

Descascarillado. El descascarillado se hizo manualmente con la finalidad de separar la cascarilla del cotiledón.

Molido. Para la molienda del cotiledón se usó un molino marca RETSCH, la misma que se molió a una temperatura menor a 50°C, hasta obtener licor de cacao.

Almacenado. El licor de cacao se atempero a 27°C en frascos de plástico y se almaceno en refrigeración.

Atemperado. Se colocó la muestra en un becker y se atempero en una estufa a 45°C con la finalidad de disolver la muestra.

3.5.9. Evaluación sensorial de licor de cacao

La evaluación sensorial se realizó por 4 panelistas altamente entrenados de la Asociación Peruana de Productores de Cacao (APPCACAO) a partir del licor de cacao atemperado con tres repeticiones para cada tratamiento. La tasación sensorial de licores de cacao fue usado de 0 – 10.

0	=	ausente
1-3	=	ligeramente presente
3-5	=	moderadamente presente
5-7	=	fuertemente presente
7-8	=	muy fuerte
8-10	=	intenso

3.7. Análisis estadístico

Para la evaluación de los resultados del diseño experimental de la figura 6, se utilizó el modelo estadístico para los diferentes tipos de evaluación. Diseño Completo al Azar (DCA) y Diseño de bloques completo al azar (DBCA), con tres repeticiones (MONTGOMERY, 1991). El análisis estadístico de los datos se realizó por medio del programa STATGRAPHICS Plus versión 5.1, 2004 Statistical Graphics Corp

Comparación de las medias

La diferencia significativa existente entre las medias de los tratamientos se evaluó mediante la prueba de Tukey y la prueba de Duncan dependiendo del tipo de variable dependiente.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Caracterización químico proximal, fisicoquímica y física de los granos de cacao fresco.

El cuadro 1 muestra el resultado de la caracterización químico proximal y fisicoquímico de los granos de cacao fresco, los cuales se realizaron con tres repeticiones.

Cuadro 1. Composición químico proximal y fisicoquímico de los granos de cacao del cotiledón fresco.

Componente	Unidad	CCN-51
Grasa	%	49,17 ± 0,07
Proteína	%	10,66 ± 0,36
Ceniza	%	3,46 ± 0,00
Humedad	%	29,98 ± 0,22
pH		6,63 ± 0,06
Acidez	g/100g	2,21 ± 1,19
Sólidos del Solubles	°Brix	0,20 ± 0,17
Índice Madurez	°Brix/acidez	1,83 ± 0,18
Tamaño semilla	(g)	1,25 ± 0,21
°N Semillas por mazorca	U	42,53 ± 1,85

El cuadro 2 muestra las características físicas y biométricas del cacao CCN-51 de la zona de puerto nuevo Km 51, para esta caracterización se usó el anexo 42.

Cuadro 2. Características físicas del cacao CCN – 51 en estado fresco, utilizando el anexo 42.

DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS
Tamaño del Fruto	Grande
Forma del Fruto	Elíptico
Rugosidad del Fruto	Fuertemente rugoso
Grosor de la Cáscara del Fruto	Gruesa > 12 mm
Número de Semillas por Fruto	35 – 55
Tamaño de la Semilla	Mediana de 1,1 a 1,5g
Forma de Semilla en Sección o Corte Longitudinal	Elíptica
Forma de Semilla en Sección o Corte Transversal	Intermedia (aplanada y redondeada)
Color de Cotiledones:	Morado

Respecto al contenido graso de $49,17 \pm 0,07$ % VERDESOTO (2009) reporta en granos de cacao sin fermentar del clon complejo trinitario de Honduras de 55,36% en contenido graso, esto nos permite aducir a que el contenido de grasa en el cacao está influenciado por el genotipo y lugar de procedencia. Por su parte GONZALES *et al.*, (1999) Afirma que el estudio de la grasa se centra básicamente en semillas maduras fermentadas tal como la reciben los fabricantes de productos derivados del cacao, sin embargo manifiesta que el contenido graso en granos de cacao sin fermentar se ve afectada por el grado de madurez de las mazorcas, encontrándose mayor

porcentaje de grasa en granos de mazorcas maduros que las pintonas y verdes.

El contenido de proteína en los granos frescos de cacao CCN-51 fue de $10,66 \pm 0,04$ %, GRAZIANI *et al.*, (2002) reporta 15,79 % en mezcla de granos de cacao criollo y forastero no fermentados de Venezuela, ORTIZ *et al.*, (2009) encontró 16,82 % de proteína en granos de cacao fermentado, siendo esto mucho mayor que los encontrados en el presente trabajo de investigación y los de GRAZIANI. Este mismo autor hace referencia que el aumento de proteína durante la fermentación del cacao es atribuido a la síntesis microbiana de aminoácidos y proteínas en la pulpa y se difunden hacia el cotiledón, sin embargo la degradación de las proteínas es más rápida que la velocidad de difusión, resulta que la acumulación de compuestos nitrogenados solubles en el cotiledón será menor cuanto más completo sea el proceso fermentativo.

El contenido de cenizas en granos de cacao CCN-51 fresco fue de $3,46 \pm 0,00$ %, este resultado coincide con los valores encontrados por NOGALES *et al.*, (2006) con 3,91%, GRAZIANI *et al.*, (2003) 3,63 % y VERDESOTO (2009) 3,61 % en granos de cacao no fermentados, asimismo este último afirma que la ceniza es indicador del grado de fermentación del grano, indica claramente si un grano fue fermentado o directamente secado al sol, debido a que el cacao fermentado pierde alrededor del 25% de las cenizas que poseía antes de la fermentación sin hacer diferencia entre genotipos.

Por su parte ENRIQUEZ (2003) aduce que el contenido de cenizas permite diferenciar un cacao fino de un ordinario ya que el primero posee porcentajes mayores al 3 % y el segundo menores al 2,5 %.

Por otro lado la humedad encontrada en granos de cacao CCN-51 fresco fue de $29,98 \pm 0,22$ %, ORTIZ *et al.*, (2009) reporta en grano fresco 39,69 % de humedad, GONZALES *et al.*, (1999) Menciona que la humedad del grano disminuye a medida que la coloración externa va variando con la maduración del fruto, encontrando valores de 47,68 % en granos de mazorcas que visualmente no mostraron cambio de color (MSC), 41,82 % en granos de las mazorcas con un cambio de color visual entre 25 y 50 % en su área total (M25) y 40,26 % en granos de cacao de mazorcas con cambio de coloración visual de 75 % o superior (M75). Por otro lado CONTRERAS *et al.*, (2004) en su investigación sobre caracterización química de los cotiledones del cacao durante la fermentación con tres tipos de fermentadores encontró valores de humedad para el cacao sin fermentar 37,25%.

El pH del cacao CCN-51 fresco fue de $6,63 \pm 0,06$ comparando este con los valores reportados por GRAZIANI *et al.*, (2003) en cacao del clon complejo trinitario fresco de 6,35, VERDESOTO (2009) en cacao del clon complejo trinitario de Honduras sin fermentar 6,08 y CONTRERAS *et al.*, (2004) en cacao forastero fresco de 6,05 de pH, la variación de los valores de pH puede estar relacionado con el genotipo y lugar de procedencia de los granos.

Por su parte PETTIPHER (1986) manifiesta que el valor del pH como índice de calidad podría estar asociado con los niveles de ácido cítrico de los frutos maduros recién cosechados, quien encontró en la pulpa fresca de cacao híbrido de Malasia y de cacao tipo amelonado de Costa de Marfil y Nigeria una relación lineal e inversa de los valores de pH con los niveles de ácido cítrico.

En cuanto a la acidez de los granos frescos de cacao CCN-51 fue $2,21 \pm 1,19$ % en equivalente ácido cítrico, CONTRERAS *et al.*, (2004) Reporto en cacao forastero fresco 0,64 %, GRAZIANI *et al.*, (2003) en cacao del clon complejo trinitario 0,35%, ORTIZ *et al.*, (2009) en cacao criollo no fermentado 1,35 % y GRAZIANI *et al.*, (2002) en mezclas de cacao criollo y forastero 0,37 %, como se puede apreciar los valores difieren el cual nos permite aducir que el porcentaje de acidez de los granos de cacao depende del genotipo, estado de madurez y procedencia de los granos.

El número de semillas por mazorca CCN-51 fresco fue $42,53 \pm 1,85$ U comprando esto con valores reportados por GRAZIANI *et al.*, (2002) reporta números de semilla totales frutos de cacao del clon complejo trinitario en la parcela de la localidad de Cumboto, la Isleta $38,66 \pm 8,26$ U.

Por otro lado el índice de madures encontrados en grano de cacao CCN-51 fresco fue $1,83 \pm 0,17$ comparando esto con los valores reportados por FARIÑAS *et al.*, (2003) en el genotipo criollo de Venezuela el índice de madurez es 3,93, ABARCA (2010) en cacao en la clon complejo nacional por trinitario en la zona de TAURO Y CONE el índice de madurez reporta 3,95 y 3.63, por su parte FARIÑAS *et al.*, (2003) manifiesta la variación existentes en los dos sectores puede ser atribuida al lugar de cosecha y al diferente manejo que reciben las parcelas.

4.2. Evaluación de la temperatura durante la fermentación de granos de cacao en dos diseños de caja.

La temperatura tomada en tres niveles (superior, central e inferior) durante 144 horas de fermentación de la masa de cacao para ambos diseños de cajas cuadrado y trapezoidal, se muestran en las Figuras 7 y 8.

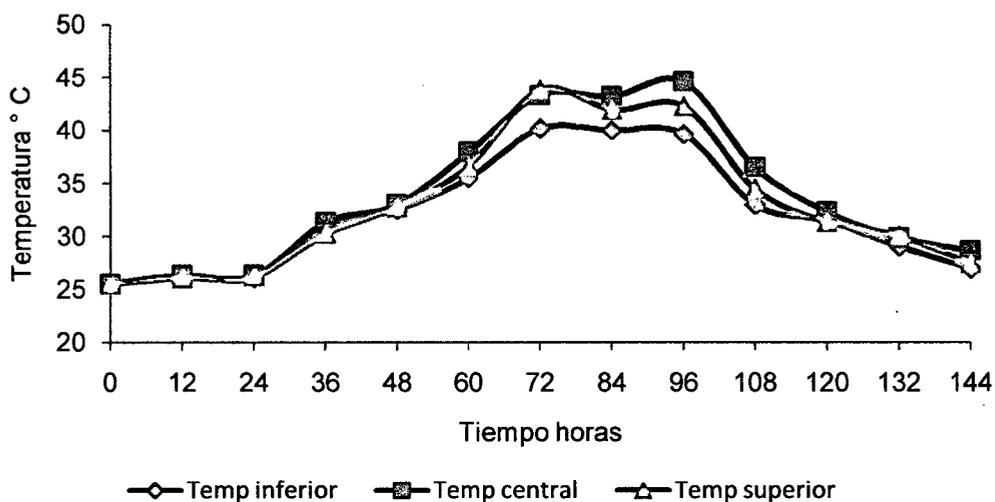


Figura 7. Variación de la temperatura durante la fermentación de cacao en caja cuadrada.

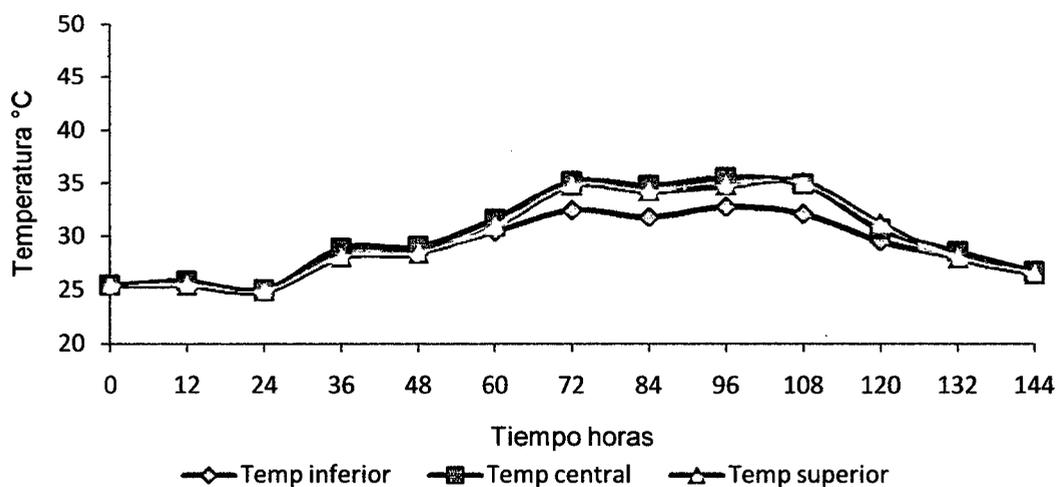


Figura 8. Variación de la temperatura durante la fermentación de cacao en caja trapezoidal.

Considerando que la parte central alcanza los valores más altos de temperatura, se realizó el gráfico para comparar los dos diseños el cual se muestra en la Figura 9.

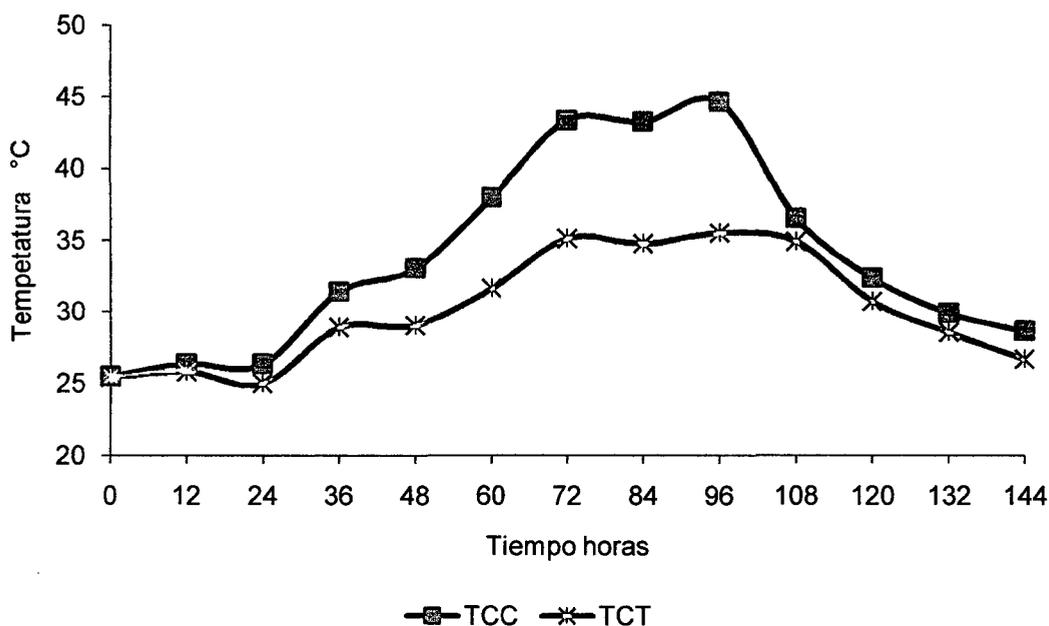


Figura 9. Variación de la temperatura durante la fermentación de cacao evaluada en el centro, de caja cuadrada (TCC) y trapezoidal (TCT).

La temperatura máxima se encuentra en el centro a 96 horas de fermentación, $44,63 \pm 0,81$ °C para el diseño caja cuadrada y $35,50 \pm 4,73$ °C para el diseño de caja trapezoidal, la temperatura promedio fermentación $33,80 \pm 6,82$ °C para el diseño caja cuadrada y $30,16 \pm 4,78$ °C para el diseño de caja trapezoidal. En ambos diseños la temperatura se encuentra por debajo del rango de 50°C que es necesario para una buena fermentación.

AMORES *et al.*, (2009) hace referencia que los primeros días de la fermentación la temperatura de la masa varía entre 45 y 50°C, una variación normal de este proceso. Luego desciende lentamente para volver a subir a 48 y

50°C. El embrión de la almendra muere cuando la temperatura llega a 45°C marcándose el inicio de los cambios bioquímicos que conducirán a la formación de precursores de sabor y aroma a chocolate. Con respecto al descenso de la temperatura puede ser explicado por SENANAYAKE *et al.*, (1995) quien hace referencia que el descenso de la temperatura de fermentación es ocasionado por la inactivación de la microflora predominante al alcanzar la temperatura valores cercanos a 40 °C.

Para establecer el efecto de los dos diseños de cajas en el comportamiento de temperatura durante la fermentación, se realizó el análisis estadístico, considerando hasta 108 horas de fermentación, el cual se muestran en el anexo 14.

Del análisis de varianza se nota que hay diferencia estadística altamente significativa entre los diseños de caja ($P_{\text{valor}}=0.00$) y también para el tiempo ($P_{\text{valor}}=0.00$) en la temperatura durante la fermentación, la comparación de medias para los dos diseños de cajas por DUNCAN se muestra en el cuadro 3, donde se puede notar que el diseño cuadrado alcanza mayor temperatura, y en el Cuadro 4 se muestra la prueba de DUNCAN para el efecto del tiempo de fermentación en la temperatura.

Cuadro 3. Variación de la temperatura en el centro hasta 108 horas durante el tiempo de fermentación en dos diseños de caja

Diseño del cajón	Promedio	Homogeneidad
Cuadrado	34,85±7,42	a
Trapezoidal	30,62±5,19	b

Los valores representan (promedio ±SEM) datos provienen del experimento (n=3). las diferencias significativos son a ($p \leq 0,05$). C.V=10,29%.

Cuadro 4. Variación de la temperatura durante la fermentación

Tiempo(h)	Promedio	Homogeneidad
0	25,50±0,86	a
24	25,70±0,86	a
12	26,10±0,43	a
36	30,15±1,82	b
48	31,07±4,36	bc
60	34,82±5,42	cd
108	35,70±3,92	de
84	39,02±5,31	ef
72	39,22±5,81	ef
96	40,07±5,85	f

Los valores representan (promedio ±SEM) datos provienen del experimento (n=6). las diferencias significativos son a ($p \leq 0,05$). C.V=10,29%.

La temperatura máxima se obtiene a 96 horas, en promedio para los diseños 40,07°C estadísticamente este tiempo es igual a 72 y 84 horas.

De los resultados se puede notar que la temperatura se incrementa durante la fermentación, en los tres niveles (superior, central e inferior) y tiene comportamiento similar en ambos diseños de caja.

PUZIAH *et al.*, (1998) hace referencia que la remoción de la masa de cacao beneficia la fermentación, afectando la temperatura del proceso, al aumentar la aeración de la masa y propiciar el desarrollo de los microorganismos aeróbicos, los cuales generaran reacciones exotérmicas causando aumento más rápido de la temperatura. Asimismo el aumento de la temperatura de fermentación, se da por el calor generado producto de la oxidación del etanol acetato y de la conversión del acetato a CO₂ y agua (CROS y JEANJEAN, 1995; SENANAYAKE *et al.*, 1995).

Asimismo SEMIGLIA (1979) menciona que las temperaturas más altas se producen en la capa superior de la masa entre el segundo y tercer día a partir del inicio de la fermentación. Esta afirmación fue corroborada por SALTOS (2005) quien logro establecer una diferencia de 6°C entre la capa superior de la masa fermentante y la de capa inmediatamente inferior.

El valor máximos obtenidos en la caja cuadrada $44,63 \pm 0,81^{\circ}\text{C}$ es más alto que en valor máximo en caja trapezoidal $35,50 \pm 4,73^{\circ}\text{C}$ lo cual es similar al obtenido por GUTIERREZ y BACALLA (2007) quien reporta mayor temperatura para caja cuadrada 44°C con respecto a la caja trapezoidal 41°C , NOGALES *et al.*, (2006) en su investigación sobre cambios químicos y físicos de cacao secados al sol fermentados en dos diseños de caja menciona valores de $36,9^{\circ}\text{C}$ para el cacao fermentado en caja cuadrado y $37,1^{\circ}\text{C}$ para los granos de cacao fermentados en caja rectangular. Asimismo CONTRERAS *et al.*, (2004) encontró valores de temperatura para granos de cacao fermentados en caja de madera $37,1^{\circ}\text{C}$, caja de plástico $36,9^{\circ}\text{C}$ y en saço de yute $36,7^{\circ}\text{C}$.

4.3. Variación de la humedad del cacao durante la fermentación.

La figura 10 muestra la variación de la humedad durante la fermentación para los dos diseños de cajas cuadrado y trapezoidal. Se observa que la humedad durante la fermentación para ambos diseños desciende, iniciándose con $52,89 \pm 0,13$ %, Al final de la fermentación se alcanza $40,7 \pm 1,91$ % de humedad para la caja cuadrada y $34,33 \pm 1,81$ % de humedad para la caja trapezoidal, esto puede ser explicado por BRAUDEAU (1970) quien manifiesta que en la fermentación del cacao, la pulpa es descompuesta por acción microbiana, lo que ocasiona ruptura de células y desprendimientos de jugos disminuyendo la humedad de los granos. NOGALES *et al.*, (2006) reportó 52,44 % de humedad para el cacao criollo fermentado por cinco días en dos diseños de caja. Asimismo AMORES (2009) menciona que al completarse la fermentación, las almendras terminan con alrededor de del 55 % de humedad.

Por su parte ROHAN (1964) manifestó que al ser eliminado parte del agua en el exudado, se establece un equilibrio osmótico entre la pulpa y los cotiledones con difusión de los productos de la fermentación hacia el cotiledón a través de la testa, lo que causa una disminución de humedad.

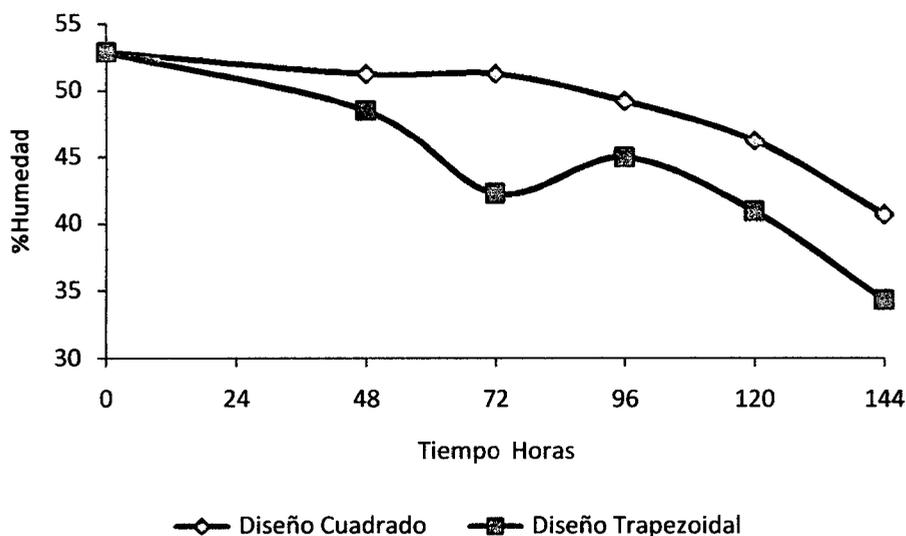


Figura10. Variación del porcentaje de humedad durante la fermentación en las cajas cuadrado y trapezoidal.

4.4. Evaluación de pH de la pulpa más testa y cotiledón durante la fermentación, en dos diseños de caja.

Se evaluó el pH durante 144 horas de fermentación del grano de cacao (pulpa más testa y cotiledón) para los diseños de caja cuadrada y trapezoidal el cual se muestra en las Figuras 11 y 12.

Como se puede observar en el grafico el pH de la pulpa más testa tiene una tendencia ascendente durante la fermentación, alcanzan su punto más elevado de $6,46 \pm 2,51$ a las 144 horas de fermentación, mientras que el pH del cotiledón tiene un comportamiento descendente, llegando a su nivel más bajo a las 96 horas con $5,50 \pm 0,27$ para el cotiledón en el diseño de caja cuadrado. Asimismo se aprecia el comportamiento del pH del cacao fermentado en caja trapezoidal que tiene una evolución similar a la muestra de cacao fermentado en caja cuadrada, con valor de pH de la pulpa más testa en

su punto más alto de $6,27 \pm 2,11$ a las 144 horas de fermentado, para el cotiledón los niveles más bajos alcanzados fue de $5,41 \pm 0,11$ a las 96 horas.

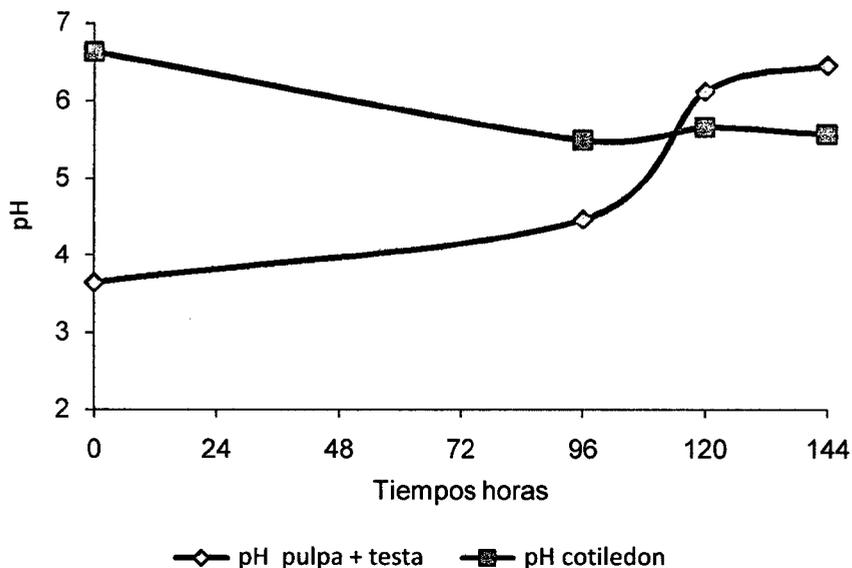


Figura 11. Variación del pH en pulpa más testa y cotiledón de cacao durante la fermentación en caja cuadrada.

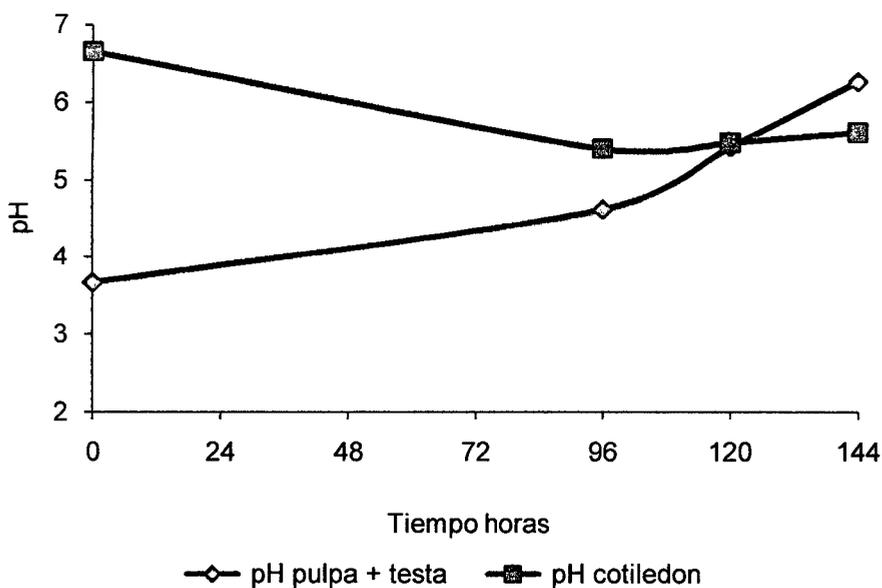


Figura 12. Variación del pH en pulpa más testa y cotiledón de cacao durante la fermentación en caja trapezoidal.

El análisis de varianza para diferenciar estadísticamente el efecto del diseño de caja en el pH de la pulpa más testa y cotiledón durante la fermentación se muestra en los anexos 15 y 16 respectivamente.

Se puede notar que no influye el diseño de cajón ($P_{\text{valor}}=0,7967$) ni el tiempo ($P_{\text{valor}}=0,0501$) en el pH de la pulpa más testa durante la fermentación.

Se verifica que no hay diferencia significativa para los dos diseños de caja ($P_{\text{valor}}=0,4802$), pero si para el tiempo de fermentado ($P_{\text{valor}}=0,00$) en el pH del cotiledón, lo que corrobora lo mostrado en la figura que existe variación de pH durante la fermentación.

En el cuadro 5 se presenta la prueba DUNCAN para el tiempo de fermentación en el pH del cotiledón.

Cuadro 5. Variación del pH del cotiledón respecto al tiempo.

Tiempo(h)	Promedio	Homogeneidad
96	5,45±0,19	a
120	5,57±0,23	a
144	5,59±0,06	a
0	6,65±0,05	b

Los valores representan (promedio ±SEM) datos provienen del experimento (n=6).las diferencias significativos son a ($p \leq 0,05$).C.V=2,68%.

Como se puede observar en la figura 11 y 12 el pH de la pulpa más testa tiene una tendencia ascendente durante la fermentación por mayor actividad metabólica debido a la transformación bioquímica, al finalizar la fase acética el pH no parece variar debido a la lisis celular de la pulpa alcanzando

el punto más elevado con $6,46 \pm 2,51$ a las 144 horas de fermentación al respecto TORRES *et al.*, (2004) en su investigación reporta 5,50 de pH en pulpa más testa de granos de cacao fermentados por 168 horas, por su parte GRAZIANI *et al.*, (2002) encontró valores de pH 5,20 en pulpa más testa de mezclas de granos de cacao criollo y forastero fermentados por 96 horas.

Mientras que el pH del cotiledón tiene un comportamiento descendente, llegando a su nivel más bajo a las 96 horas con $5,50 \pm 0,27$ para el cotiledón para diseño de caja cuadrado, GRAZIANI *et al.*, (2002) reporta valores de pH para el cotiledón en mezclas de granos de cacao tipo criollo y forastero fermentados por 96 horas de 5,49; así mismo ORTIZ *et al.*, (2009) en su investigación sobre influencia de varios factores sobre las características del cacao fermentado por 144 horas encontró valores de pH 5,98.

Con respecto al tipo de diseño de caja de fermentación, se aprecia el comportamiento del pH del cacao fermentado en caja trapezoidal que tiene una evolución similar a la muestra de cacao fermentado en caja cuadrada, con valor de pH de la pulpa más testa en su punto más alto de $6,27 \pm 2,11$ a las 144 horas de fermentado, para el cotiledón los niveles más bajos alcanzados fue de $5,41 \pm 0,11$ respectivamente a las 96 horas de fermentado. NOGALES *et al.*, (2006) En su investigación realizado reporta valores de pH para cacao fermentado en cajas de sección cuadrada de 6,09 y 5,57 para granos fermentados en caja de sección rectangular. ROHAN (1964); DOUGAN (1981) manifiestan que la elevación del pH en la pulpa + testa durante el proceso de fermentación es atribuida a la desasimilación del ácido cítrico por las levaduras y las bacterias lácticas y su sustitución por los ácidos láctico y acético menos

disociados. Por su parte CROS y JEANJEAN (1995) mencionan que la elevación del pH durante la fermentación de cacao es por la formación de amoníaco producto de la desaminación de las proteínas.

4.5. Evaluación de la acidez titulable de la pulpa más testa y cotiledón durante la fermentación de cacao en dos diseños de caja.

Los resultados de la acidez durante 144 horas fermentación del cacao (pulpa más testa, cotiledón) y expresada en gramos de ácido acético / 100 g para los diseños de caja cuadrada y trapezoidal. Se muestran en las Figuras 13 y 14

Como se puede observar en el grafico la acidez de la pulpa más testa y cotiledón tiene una tendencia descendente durante la fermentación en ambos diseños de cajas.

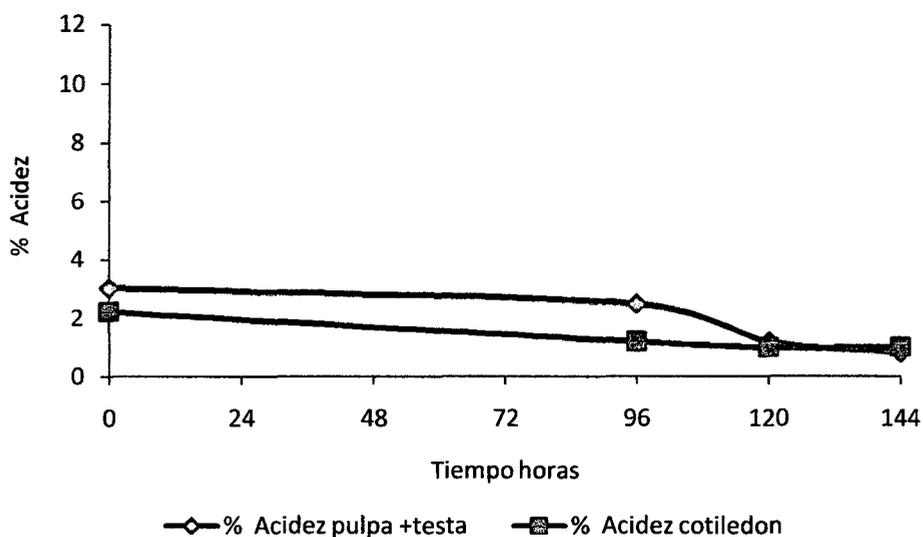


Figura 13. Variación de la acidez en pulpa más testa y cotiledón de cacao fermentado en caja cuadrada.

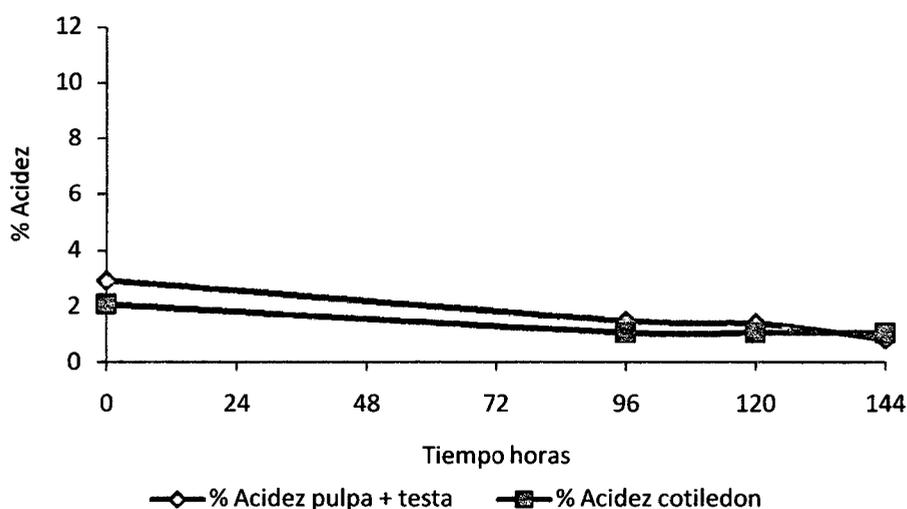


Figura 14. Variación de la acidez en pulpa más testa y cotiledón de cacao fermentado en caja trapezoidal.

Se realizó el análisis de varianza para diferenciar estadísticamente el efecto del diseño de caja en el porcentaje de acidez la pulpa más testa y cotiledón durante la fermentación, el cual se muestra en los anexos 17 y 18.

De los resultados del análisis de varianza se puede notar que no influye significativamente el diseño de cajón ($P_{\text{valor}}=0,7107$) ni el tiempo de fermentado ($P_{\text{valor}}=0,0634$) en el porcentaje acidez de la pulpa más testa durante la fermentación.

Del análisis de varianza se puede notar que no influye significativamente el diseño de cajón ($P_{\text{valor}}=0,9189$) en el porcentaje acidez del cotiledón, pero si el tiempo de fermentado ($P_{\text{valor}}=0,0046$).

Se presenta la prueba DUNCAN para el efecto del tiempo en el porcentaje del cotiledón durante la fermentación cuadro 6.

Cuadro 6. Variación de la acidez del cotiledón durante la fermentación.

Tiempo(h)	Promedio	Homogeneidad
120	1,02± 0,13	a
144	1,03± 0,06	a
96	1,12± 0,31	a
0	2,15± 1,01	b

Los valores representan (promedio \pm SEM) datos provienen del experimento (n=6). las diferencias significativas son a ($p \leq 0,05$). C.V=41,16%.

En las Figuras 13 y 14 se muestran la variación de la acidez del cacao fermentados por 144 horas en los dos diseños de caja.

Como se puede observar en el gráfico la acidez de la pulpa más testa y cotiledón tiene una tendencia descendente durante la fermentación, y llegando a su punto más bajo con $0,81 \pm 1,00$ y $0,98 \pm 0,16$ respectivamente a las 144 ,120 horas de fermentación, en el diseño de caja cuadrado. PORTILLO *et al.*, (2007) reporta valores de acidez del cotiledón de granos de cacao porcelana fermentados en caja cuadrada de 0,97 %. ABARCA (2010) encontró valores de acidez en la pulpa más testa de cacao complejo nacional por trinitario del sector Taura 3,52 % y del sector Cone 3,57 %, la diferencia en los resultados se presume que son debido a los factores como el genotipo y lugar de procedencia de los granos. Asimismo se aprecia el comportamiento de la acidez del cacao fermentado en caja trapezoidal que tiene una evolución similar a la muestra de cacao fermentado en caja cuadrada, con valor de acidez de la pulpa más testa y cotiledón en su punto más bajo $0,85 \pm 0,99$ y

1,06 ± 0,11 a las 144 y 120 horas de fermentado, al respecto PORTILLO *et al.*, (2007) reporta acidez titulable de 0,78% para cacao porcelana fermentado en caja cuadrada. Según SCHWAN *et al.*, (1990) la disminución de la acidez en la pulpa y la elevación en el cotiledón han sido atribuidas a la absorción de los ácidos producidos por la degradación microbiana de la pulpa, HERNANDEZ (1989) encontró variaciones de pH y acidez del cacao fermentado en dos tipos de fermentadores: sistema Rohan y caja de madera. Igualmente PORTILLO *et al.*, (2000) observo diferencias en dichas características al usar dos diseños de fermentador de cajas de madera.

4.6. Evaluación de los grados Brix pulpa más testa y cotiledón durante la fermentación de cacao en dos diseños de caja.

Los resultados de la medición del °Brix cada 24 horas tomados durante 144 horas de fermentación del cacao (pulpa más testa y cotiledón) para los diseños de caja cuadrada y trapezoidal. Se muestran en las Figuras 15 y 16.

Los °Brix de la pulpa más testa desciende a medida que va transcurriendo la fermentación alcanzando el punto más bajo con 1,1±0,10 °Brix a las 144 horas de fermentación, este descenso es debido a la fermentación microbiana, lisis celular, fraccionamiento de los polisacáridos, transformación de los azúcares en alcohol por acción de las levaduras y finalmente el ácido acético, los °Brix del cotiledón tiene una tendencia ligeramente ascendente durante la fermentación, alcanzando el punto más elevado con 0,87±0,12 °Brix a las 144 horas de fermentación.

Asimismo se aprecia el comportamiento de los °Brix del cacao fermentado en caja trapezoidal que tiene una evolución similar a la muestra de cacao fermentado en caja cuadrada, con valor de °Brix de la pulpa más testa en su punto más bajo $1,13 \pm 0,13$ °Brix a las 144 horas de fermentado, para el cotiledón ligeramente se elevó la curva en el punto más alto $0,60 \pm 0,44$ °Brix 144 horas.

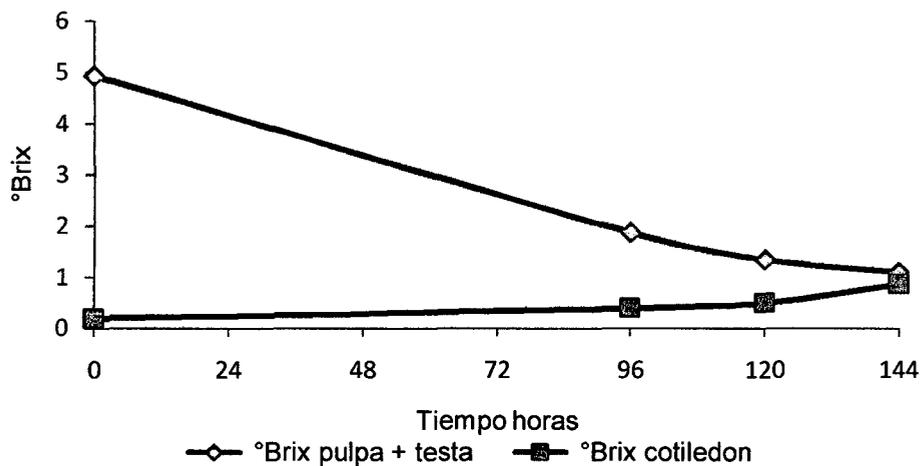


Figura 15. Variación de °Brix en pulpa más testa y cotiledón de cacao fermentado en caja cuadrada

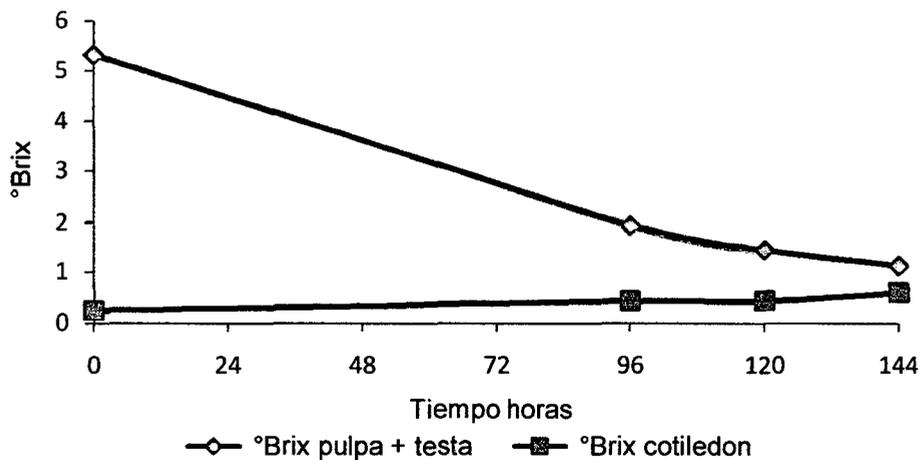


Figura 16. Variación de °Brix en pulpa más testa, cotiledón de cacao fermentado en caja trapezoidal

El análisis de varianza para el efecto del diseño de caja en el °Brix de la pulpa más testa y cotiledón durante la fermentación, se muestra en los anexos 19 y 20 respectivamente.

En el cuadro 7 se presenta la prueba DUNCAN para el tiempo del ° Brix de la pulpa más testa durante la fermentación.

Cuadro 7. Variación del ° Brix de la pulpa más testa durante la fermentación

Tiempo(h)	Promedio	Homogeneidad
144	1,12±0,10	a
120	1,38±0,46	a
96	1,90±1,20	a
0	5,13±0,53	b

Los valores representan (promedio ±SEM) datos provienen del experimento (n=6).las diferencias significativos son a ($p \leq 0,05$).C.V=29,80%.

Del análisis de varianza se puede notar que no influye significativamente el diseño de cajón ($P_{valor}=0,6104$) en los °Brix de la pulpa + testa durante la fermentación, pero si el tiempo de fermentado ($P_{valor}=0,000$)

Del análisis de varianza se puede notar que no influye el diseño de cajón ($P_{valor}=0,6157$) ni el tiempo ($P_{valor}=0,0601$) en los °Brix del cotiledón durante la fermentación.

En las Figuras 15 y 16 se muestran el comportamiento del °Brix del cacao fermentados por 144 horas en los dos diseños de caja.

Como se puede observar en el grafico a las 0 horas de fermentado los grados Brix pulpa más testa es de $5,13 \pm 0,53$ °Brix y a medida que va

trascurriendo la fermentación alcanzando el punto más bajo con $1,1 \pm 0,10$ °Brix pulpa más testa a las 144 horas de fermentación.

Al respecto ABARCA (2010) reportó valores de °Brix en la pulpa más testa de cacao complejo nacional por trinitario del sector Taura 13,43 °Brix y del sector Cone 12,18 °Brix. ALVAREZ *et al.*, (2002) encontró valores de sólidos solubles en mucilago de cacao amelonado de Cumboto Ecuador 7,83 y cacao amelonado de Cuyagua 14,89; estos resultados nos permite aducir que la variabilidad de los sólidos solubles en las diferentes partes del grano de cacao está influenciado por el genotipo y lugar de procedencia de los granos.

4.7. Porcentaje de fermentación durante la fermentación de cacao en dos diseños de caja.

La evaluación del grano fermentado se realizó haciendo un corte y observando visualmente estableciendo bien fermentado, violetas y parcialmente violetas, anexo 7.

Las figuras 17 y 18 muestran el porcentaje de fermentación del cacao a 96, 120 y 144 horas de fermentado para diseños de caja cuadrada y trapezoidal.

Como se puede observar en la figura 17 el porcentaje de granos bien fermentados se incrementa a medida que va trascurriendo la fermentación alcanzando el valor máximo de $50 \pm 3,24$ % el sexto día, este incremento es debido a la elevación de temperatura por la fermentación microbiana. El porcentaje violeta y parcialmente violetas descienden durante la fermentación, alcanzado su menor valor $10 \pm 1,94$ % el sexto día de fermentación.

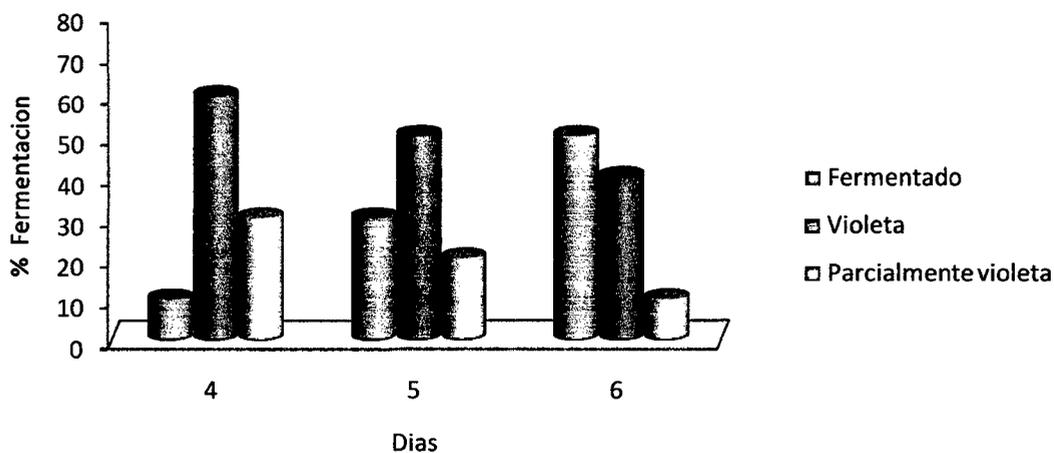


Figura 17. Evolución porcentaje fermentación durante la fermentación en caja cuadrado

En la figura 18 se puede interpretar que la caja trapezoidal tiene una variación similar a la fermentación en caja cuadrada, alcanzado su máximo valor de granos fermentados a 144 horas de fermentado.

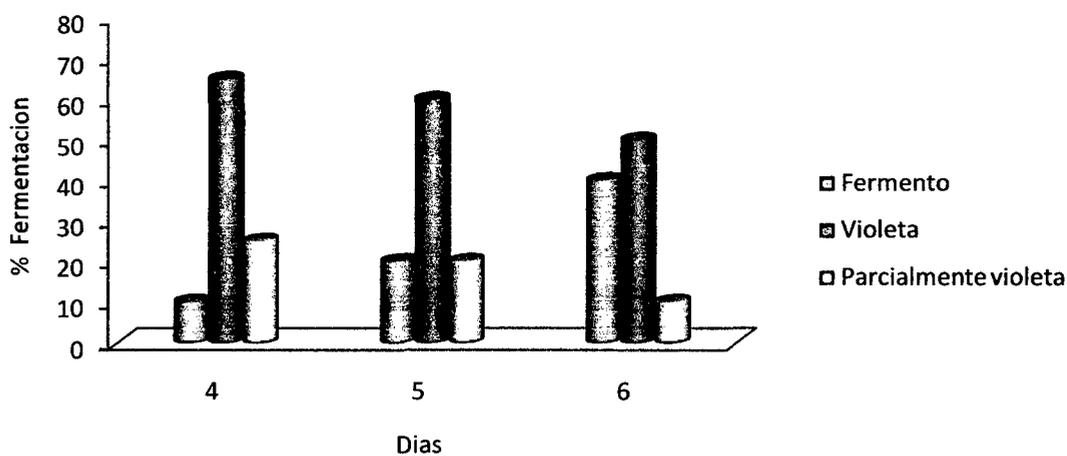


Figura 18. Evolución porcentaje fermentación durante la fermentación en caja trapezoidal.

El análisis de varianza del efecto del diseño de caja en los porcentajes de granos fermentados, violetas y parcialmente violetas durante la fermentación se muestra en los anexos 21, 22 y 23.

4.7.1 Bien fermentado

Del análisis de varianza del porcentaje de granos bien fermentados de cacao evaluadas hasta las 144 horas se encontró que hay efecto altamente significativa para el diseños de caja ($P_{valor}=0,00$) y tiempo de fermentado ($P_{valor}=0,00$) en porcentaje de granos bien fermentados, la comparación de medias por DUNCAN para el tiempo y diseño porcentaje granos fermentados se muestran en los cuadros 8 y 9.

Cuadro 8. Variación porcentual de granos fermentados durante los días de fermentación.

Tiempo(Días)	Promedio	Homogeneidad
4	10± 2,20	a
5	25± 6,00	b
6	45± 5,81	c

Los valores representan (promedio ±SEM) datos provienen del experimento (n=18) valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos ($p \leq 0,05$). C.V=13,71%.

Cuadro 9. Variación porcentual de granos fermentados en dos diseños de cajas

Diseño del cajón	Promedio	Homogeneidad
Trapezoidal	40±2,24	a
Cuadrado	50±3,24	b

Los valores representan (promedio ±SEM) datos provienen del experimento (n=9).las diferencias significativos son a (p≤0,05).C.V=13,71%.

4.7.2 Porcentaje de granos violetas

Del anexo 22 se observa que hay diferencia estadística altamente significativa para los diseños de caja ($P_{valor}=0,00$) y tiempo de fermentado ($P_{valor}=0,00$) en el porcentaje violetas durante la fermentación, por lo que se realizó la comparación de medias por DUNCAN lo que se muestra en los cuadros 10 y 11.

Cuadro 10. Variación porcentual de granos violetas durante la fermentación

Tiempo(Días)	Promedio	Homogeneidad
6	45,0 ± 5,8	a
5	55,0 ± 7,05	b
4	62,5± 3,82	c

Los valores representan (promedio ±SEM) datos provienen del experimento (n=18).las diferencias significativos son a (p≤0,05).C.V=7,05%.

Cuadro 11. Porcentual de granos violetas de cacao en dos diseños de cajas.

Diseño del cajón	Promedio	Homogeneidad
cuadrado	40±2,55	a
trapezoidal	50±2,96	b

Los valores representan (promedio ±SEM) datos provienen del experimento (n=9).las diferencias significativos son a ($p \leq 0,05$).C.V=7,05%.

4.7.3 Porcentaje de granos parcialmente violeta.

Del ANVA se encontró que hay diferencia estadística altamente significativa para los diseños de caja ($P_{valor}=0,00$) y tiempo de fermentado ($P_{valor}=0,00$) en el porcentaje de granos parcialmente violetas durante la fermentación, la comparación de medias por DUNCAN se muestra en los cuadros 12 y 13.

Cuadro 12. Variación porcentual de granos parcialmente violeta durante la fermentación

Tiempo(Días)	Promedio	Homogeneidad
6	10,0 ± 1,78	a
5	20,0 ± 3,80	b
4	27,5± 3,40	c

Los valores representan (promedio ±SEM) datos provienen del experimento (n=18).las diferencias significativos son a ($p \leq 0,05$).C.V=15,81%.

Cuadro 13. Variación porcentual de granos parcialmente violeta durante el tiempo de fermentación de cacao en dos diseños de caja.

Diseño del cajón	Promedio	Homogeneidad
Trapezoidal	10±1,73	a
Cuadrado	10±1,94	b

Los valores representan (promedio \pm SEM) datos provienen del experimento (n=9).las diferencias significativos son a ($p \leq 0,05$).C.V=15,81%.

El porcentaje de granos bien fermentados se incrementa debido a la elevación de temperatura por la acción microbiana. El porcentaje granos violeta y parcialmente violetas descienden, alcanzado su menor valor $10 \pm 1,94\%$ el sexto día de fermentación, también se puede observar que el incremento de porcentaje de granos bien fermentados es más acelerado en caja cuadrado. CARRILLO (2010) reporta el comportamiento de la fermentación de los granos de cacao CCN-51 en el transcurso de fermentación de 192 horas, cuyos valores para granos parcialmente violetas de $11,33 \pm 1,53\%$, granos violetas $30,67 \pm 3,79\%$ hasta $10,00 \pm 2,00\%$. Asimismo GUTIERREZ y BACALLA (2007) observaron el nivel de fermentación del grano de cacao en el sistema caja sección cuadrada y trapezoidal, disminuyendo el porcentaje de granos ligeramente fermentados y violáceos, incrementándose el porcentaje de granos bien fermentados, siendo este comportamiento mucho más acelerado en el sistema de caja de sección cuadrada.

4.8. Evaluación del índice de fermentación durante la fermentación de cacao en dos diseños de cajas.

El resultado del porcentaje de índice de fermentación del cacao a diferentes tiempos de fermentado 96, 120 y 144 horas para diseños de caja cuadrada y trapezoidal se muestra en la figura 19 y el ANVA correspondiente en el anexo 24. En la figura 19 se observa que el porcentaje de granos fermentados es mayor en la caja cuadrada, obteniéndose a 144 horas el más alto índice de fermentación 60%.

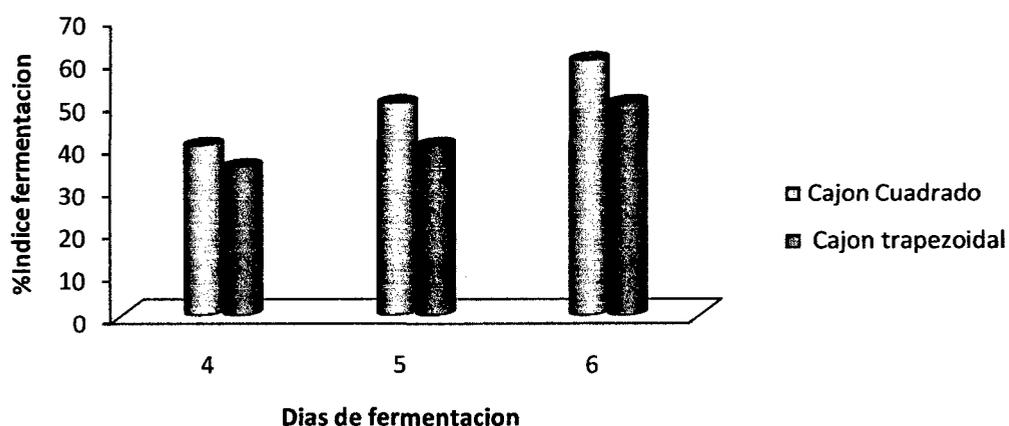


Figura 19. Variación del porcentual del índice fermentación de los granos durante el tiempo fermentado en caja cuadrada y trapezoidal.

Del Anexo 24 se encontró que hay diferencia estadística altamente significativa para los diseños de caja ($P_{\text{valor}}=0,00$) y para tiempo de fermentado ($P_{\text{valor}}=0,00$) en el porcentaje de índice de fermentación, las pruebas de DUNCAN correspondientes se muestra en los Cuadros 14 y 15.

Cuadro 14. Índice de fermentación porcentual al sexto día fermentación en dos diseños de caja.

Diseño del cajón	Promedio	Homogeneidad
Trapezoidal	50±2,96	a
Cuadrado	60±2,55	b

Los valores representan (promedio ±SEM) datos provienen del experimento (n=9).las diferencias significativos son a ($p \leq 0,05$). C.V=8,33%.

Cuadro 15. Variación porcentual índice fermentación durante la fermentación

Tiempo(Días)	Promedio	Homogeneidad
4	37,5± 3,82	a
5	45,0±7,05	b
6	55,0±5,80	c

Los valores representan (promedio ±SEM) datos provienen del experimento (n=18).las diferencias significativos son a ($p \leq 0,05$). C.V=8,33%.

En el cuadro 14 se presenta el porcentaje del índice de fermentación para los dos diseños de caja, en donde se puede apreciar que el cajón cuadrado tiene mejor índice de fermentación $60 \pm 2,55\%$ con respecto a $50 \pm 2,96\%$ para el cajón trapezoidal PORTILLO *et al.*, (2005) en su investigación en cacao criollo porcelana fermentado en caja cuadrado y rectangular encontró valores de índice de fermentación de 65,41% para los granos fermentados en caja cuadrada y 54,47% para los granos fermentados en caja rectangular. Asimismo CONTRERAS *et al.*, (2004) reporta valores de 65,50 % en cacao forastero fermentados en caja de madera y 58,00 % fermentadas en caja de plástico. La variación de los resultados podría atribuirse

según PORTILLO *et al.*, (2000) el volumen de masa usada para la fermentación, en donde pudo encontrar diferencias en la temperatura e índice de fermentación del cacao al fermentar un volumen mayor de masa en dos diseños de fermentador caja de madera. Por otro lado el mayor porcentaje de índice de fermentación se alcanzó en los granos de cacao fermentados en caja cuadrada esto puede estar influenciada por el mayor valor de temperatura alcanzada en comparación a la caja de sección trapezoidal al respecto ROHAN (1964) manifestó que los valores elevados de temperatura favorecen la buena fermentación de los granos alcanzando un alto índice de fermentación.

4.9. Evaluación del color durante el tiempo de la fermentación

Haciendo un corte transversal a los granos, se evaluó los parámetros de color L^* , a^* y b^* con el colorímetro Konica Minolta CR 400 cada 24 horas durante 144 horas, lo que se muestra en las figuras 20, 21 y 22.

De los gráficos se observa para el parámetro L^* se incrementa durante la fermentación en caja cuadrada y casi permanece constante en caja trapezoidal.

Los parámetros a^* y b^* tienen similar comportamiento para ambos diseños de cajas, El parámetro b^* aumenta, lo cual es mayor para la caja cuadrada.

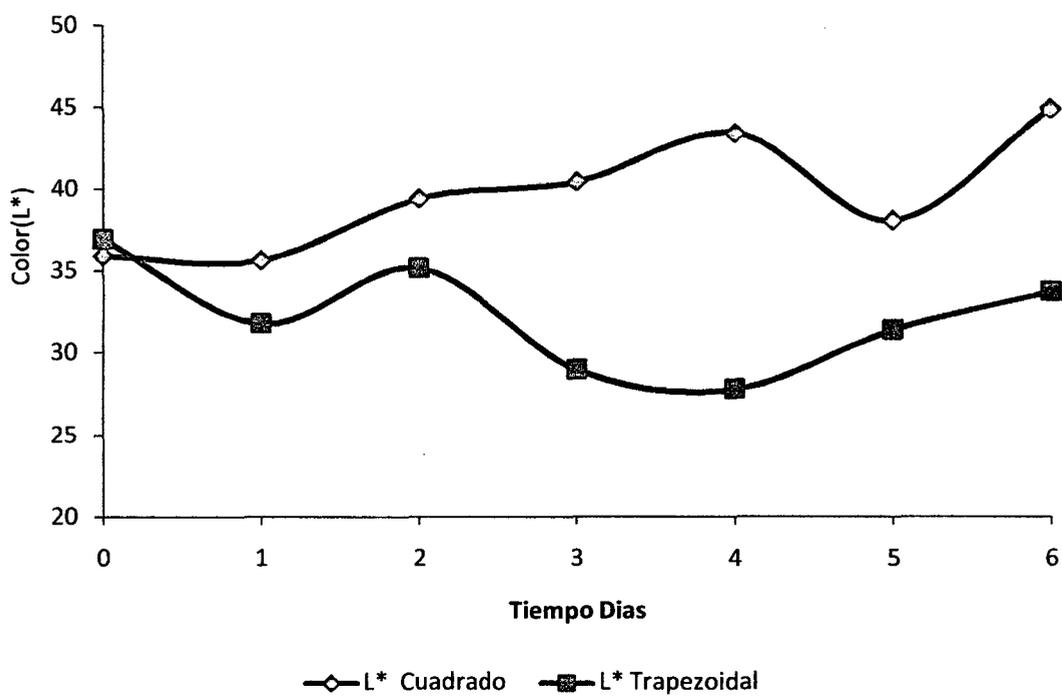


Figura 20. Variación del parámetro L* de color interno del cotiledón durante la fermentación en cajón cuadrado y trapezoidal

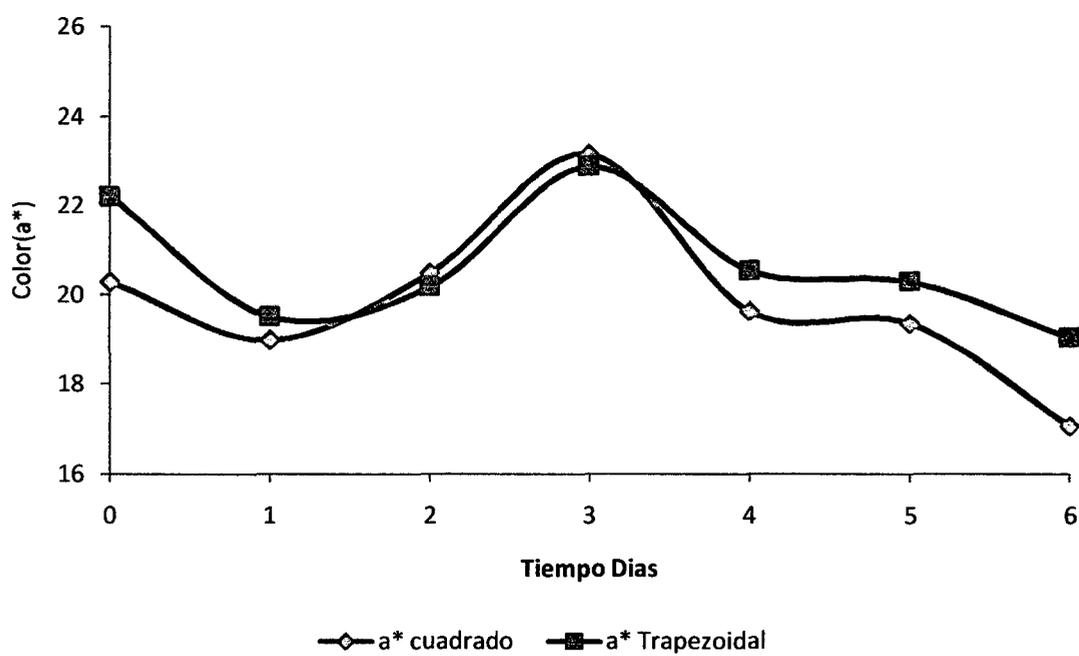


Figura 21. Variación del parámetro a* de color interno del cotiledón durante la fermentación en cajón cuadrado y trapezoidal

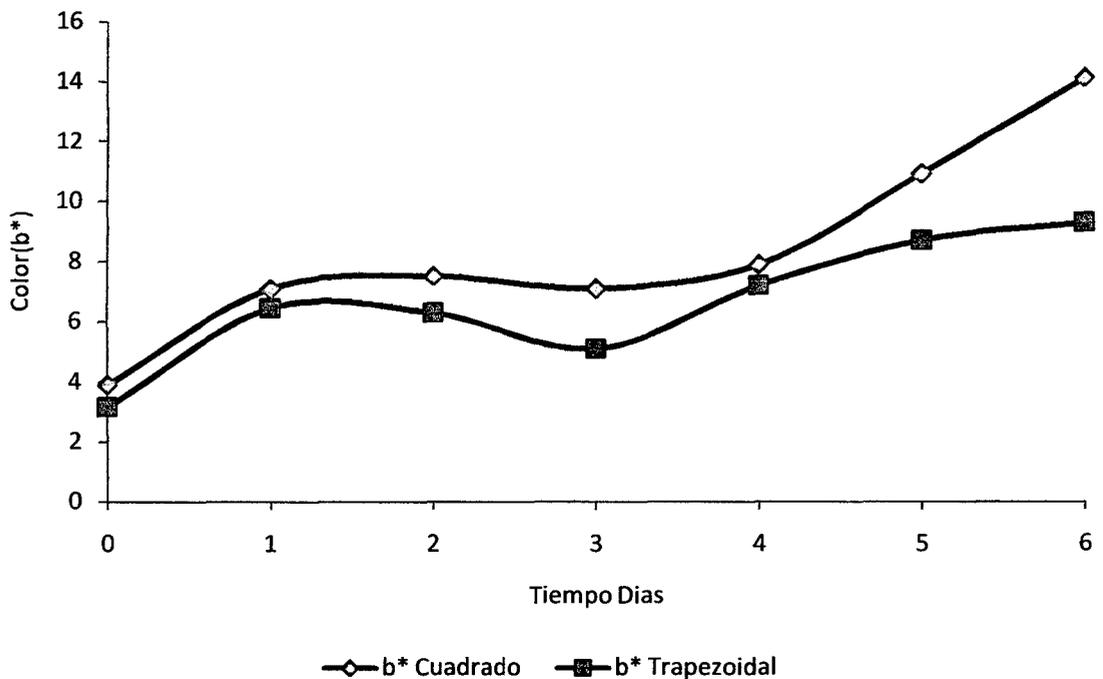


Figura 22. Variación del parámetro b^* de color interno del cotiledón durante la fermentación en cajón cuadrado y trapezoidal

Se realizó el análisis de varianza para diferenciar estadísticamente el efecto del diseño de caja en la luminosidad L^* , cromaticidad a^* y cromaticidad b^* durante la fermentación (Anexo 25, 26 y 28).

Para el parámetro L^* existe un efecto altamente significativo para el diseño de cajón ($P_{\text{valor}}=0,00$), pero no el tiempo de fermentado ($P_{\text{valor}}=0,0991$) obteniendo el mayor valor el cajón cuadrado.

Para el parámetro a^* existe efecto significativo del diseño de cajón ($P_{\text{valor}}=0,0384$), y altamente significativo del tiempo de fermentado ($P_{\text{valor}}=0,00$) lo que corrobora la evolución de la coloración del color rojo disminuyo a rojo pálido en el cotiledón, la comparación de medias por DUNCAN para el tiempo se muestra en la cuadro 16.

Cuadro 16. Variación del parámetro de color a* durante la fermentación.

Tiempo(Días)	Promedio	Homogeneidad
6	18,05 ± 2,21	a
1	19,25 ± 3,19	ab
5	19,81 ± 2,69	bc
4	20,08 ± 3,17	bc
2	20,34 ± 3,22	bc
0	21,26 ± 2,34	c
3	23,01 ± 2,91	d

Los valores representan (promedio ±SEM) datos provienen del experimento (n=30).las diferencias significativos son a (p≤0,05).C.V=13,93%.

Para el parámetro b* existe efecto altamente significativo para el diseño de cajón ($P_{\text{valor}}=0,0008$), y para el tiempo de fermentado ($P_{\text{valor}}=0,00$) debido al cambio del color azul a color amarillo.

Cuadro 17. Variación del parámetro de color b* durante la fermentación.

Tiempo(Días)	Promedio	Homogeneidad
0	3,53 ± 2,88	a
3	6,09 ± 4,03	b
1	6,77 ± 3,38	b
2	6,90 ± 3,72	b
4	7,55 ± 3,24	b
5	9,80 ± 4,98	c
6	11,70 ± 4,40	c

Los valores representan (promedio ±SEM) datos provienen del experimento (n=30) valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos (p≤0,05).C.V=50,37%.

Al comparar los resultados obtenidos en el anexo 25, 26 y 28 hay diferencia estadística significativa para los parámetros L^* , a^* y b^* esto puede ser explicado por NOGALES *et al.*, (2006) quien encontró valores de L^* 37,96, a^* 6,86 y b^* 3,54 para cacao fermentado en caja cuadrado y L^* 38,06, a^* 7,05 y b^* 8,25 en cacao fermentado en caja rectangular. Por otro lado ORTIZ de BERTORELLI *et al.*, (2004) reporta en su estudio realizado para L^* 40,40 y b^* 5,46 en cacao fermentado y secado al sol por 4 días. CROSS y JEANJEAN, (1995); PUZIAH *et al.*, (1999) manifiesta que la variación de los parámetros L^* , a^* y b^* está relacionado con el aumento de la luminosidad y de la tendencia hacia el color rojo, así como la disminución de la tendencia hacia el amarillo en el secado, se pueden relacionar con la formación de pigmentos de color marrón a partir de los compuestos fenolicos en este proceso.

ORTIZ *et al.*, (2004) indica que durante el secado continua la fase oxidativa de la fermentación por lo que juega un papel importante en la disminución de la astringencia, amargor, acidez del grano y el desarrollo del color marrón a partir de los compuestos fenólicos.

Al fermentar el cacao, el color del grano cambia a una tonalidad parda, que difiere entre los tipos (LEMUS *et al.*, 2002).

CROS *et al.*, (1982) menciona que el oscurecimiento de los granos durante el proceso fermentativo es producido por la hidrólisis de las antocianinas y la posterior oxidación de las agliconas resultantes a compuestos quinonicos, los cuales contribuyen al color pardo propio del cacao fermentado.

4.10. Evaluación sensorial del licor de cacao.

Se ha evaluado sensorialmente por la técnica QDA el licor de cacao a diferentes tiempos de fermentado y diseños de caja cuadrada y trapezoidal con cuatro panelistas entrenados, los resultados se muestran en el anexos 12 y 13 respectivamente, con la finalidad de establecer el efecto del diseño de la caja de fermentación en las características organolépticas.

Para la cajas cuadrado y trapezoidal los resultado de la evaluación sensorial de los atributos de sabor a cacao, acidez, astringencia, amargor, frutal, floral, nuez, crudo y otros sabores se muestra la intensidad de cada propiedad se representa a través de las líneas modelo de perfil de sabores y el resultado en el anexo 37 cuyos atributos fueron evaluados por tasación sensorial de licores de cacao escala según la ficha del anexo 2.

Sabor a cacao. Se puede observar que el “sabor a cacao” es superior para el diseño caja trapezoidal con puntaje promedio de 3 con respecto a caja cuadrada que es 2 a 144 horas. El análisis de QDA, es una análisis grafico que tiene validez (STONE et al., 1974), sin embargo mediante el análisis de varianza (Anexo 27) para el atributo sabor a cacao aplicando el diseño completo al azar no se encontró diferencia significativa para el tipo de diseño $P_{valor}=0,8231$. Al respecto ROHAN (1964) menciona que durante la fermentación y la desecación se forman compuestos que durante el tostado reaccionan y dan origen al sabor y aroma característico del cacao. Asimismo LUNA *et al.*, (2002) manifestó que el desarrollo del sabor a cacao aumenta a medida que transcurre el tiempo de fermentación.

Acidez. La acidez del licor de cacao es similar en el diseño caja cuadrado y trapezoidal con puntaje promedio de 2 a 144 horas, De los resultados obtenidos para la acidez evaluados en dos diseños de caja de fermentación mediante el análisis de varianza para el atributo acidez de licor de cacao aplicando el diseño completo al azar se muestra en el anexo 29, con $P_{\text{valor}} = 0,7063$, el cual nos muestra que no existe diferencia significativa entre el tipo de diseño de fermentador. GONZALES (1999) reporta valores de 0,8 para el cacao porcelana, Mérida fermentado 0,8 cacaos Rio Caribe 2,2 para el atributo de acidez. ROHSIUS et al., (2006) hace referencia que el sabor final del cacao está influenciado directamente por el proceso de acidificación durante la fermentación del grano.

Durante la fermentación, se produce ácido acético que se infiltra en los cotiledones, produciendo una serie de reacciones que generan el sabor y aroma característico del cacao.

Astringencia. Se puede observar en el grafico la presencia ciertos niveles de astringencia del licor de cacao es similar en el diseño caja cuadrado y trapezoidal que es moderadamente presente con puntaje promedio de 4, hasta 144 horas de fermento respectivamente.

El análisis varianza realizado se reporta $P_{\text{valor}} = 0,2776$ para la astringencia de licor de cacao aplicando el diseño completo al azar se muestra en el anexo 30, del cual se observa que no existe efecto del tipo diseño en la astringencia del licor de cacao.

GONZALES (1999) reporta valores de 2,3 para el cacao porcelana, Merida fermentado 2,0 cacao Rio Caribe 5,3 para el atributo de astringencia.

Asimismo PORTILLO *et al.*, (2006) encontró valores para este atributo en cacao criollo porcelana fermentado por 72 horas de 1,18.

Por su parte JEANJEAN (1995) manifiesta que la astringencia del chocolate, está determinado por los compuestos polifenolicos. Existiendo una correlación negativa con la astringencia, es decir que en la medida que transcurre el tiempo de fermentación, disminuye la astringencia de los granos (LUNA *et al.*, 2002)

Amargor. Se puede observar en el grafico el amargor del licor de cacao es similar en el diseño caja cuadrado y trapezoidal que es moderadamente presente con puntaje promedio de 4, hasta 144 horas de fermento.

El análisis varianza para el atributo amargor de licor de cacao aplicando el diseño completo al azar se muestra en el anexo 31, del análisis de varianza realizado se reporta P-valor = 0,4268, es decir que el tipo diseño no influye en la amargor del licor de cacao.

PORTILLO *et al.*, (2006) reporta valores para este atributo en cacao criollo porcelana fermentado por 72 horas 2,52 y GONZALES (1999) reporta valores de 0,5 para el cacao porcelana, Merida fermentado 0,9 cacao Rio Caribe 5,9 para el atributo de amargor. El amargor está determinada por la purinas (cafeína y teobromina) (JEANJEAN, 1995).

Frutal. Se puede observar en el QDA que sabor frutal del licor de cacao es similar en el diseño caja cuadrado y trapezoidal que es ligeramente presente con puntaje promedio de 1, y es percibido a 96, 120 hasta 144 horas de fermento.

El análisis de varianza para el atributo frutal de licor de cacao aplicando el diseño completo al azar no existe diferencia significativa con el tipo de diseño del fermentador para este atributo frutal $P_{valor} = 1,000$, anexo 32. PORTILLO *et al.*, (2006) reporta valores encontrados para cacao criollo porcelana fermentado en dos diseños de caja. 1,12 para los granos fermentados en caja cuadrada y 0,78 para los granos fermentados en caja rectangular. El sabor a fruta está dado por los compuestos volátiles como las pirazinas y los aldehídos que representan un sabor básico, los ésteres que originan un sabor a fruta (JEANJEAN, 1995) por su parte SALVADOR *et al.*, (2008) manifiesta que los sabores frutales se concentran en zonas comprendidas entre 200 a 400 msnm. Asimismo (ENRRIQUE *et al.*, 1982) señala que valores elevados de sabor a fruta y floral son indicativos de suavidad y finura en el sabor del grano de cacao.

Floral-moho-tierra. Los panelistas no determinaron atributo como floral, moho y tierra en el licor de cacao para ningún tratamiento durante la fermentación.

Nuez. Se puede observar en el gráfico la ligera intensidad de sabor a nuez del licor de cacao es similar en el diseño de caja cuadrada y trapezoidal que es ligeramente presente, y es percibido de 96, 120 hasta 144 horas de fermento.

El análisis de varianza para el atributo nuez del licor de cacao aplicando el diseño completo al azar se muestra en el anexo 33 donde, se reporta $P_{valor} = 0,1522$, es decir que el diseño no influye en el sabor a nuez del licor de cacao.

La ligera intensidad de sabor a nuez encontrado se deben principalmente al complejo polipeptidos – fenoles y pirazinas, (JEANJEAN, 1995) .Por su parte SALVADOR *et al.*, (2008) indica que los sabores a nuez se concentran en la zona alta de 400 a 800 msnm, lo cual coincide con la altitud de Tingo María aproximadamente 660 msnm.

Crudo. Se puede observar en el grafico el sabor crudo del licor de cacao es similar en el diseño caja cuadrado y trapezoidal que es ligeramente presente con puntaje promedio de 2, y es percibido a 96, 120 hasta 144 horas de fermento.

El análisis varianza para el atributo crudo del licor de cacao aplicando el diseño completo al azar se muestra en el anexo 34, el cual reporta P-valor = 0,8543, es decir que el diseño no influye en sabor crudo al licor de cacao.

Otros sabores. Se puede observar que los “otros sabores” es superior para el diseño caja trapezoidal con puntaje promedio de 1 con respecto a la caja cuadrada que es 0 a 144 horas de fermento.

Del análisis de varianza, se concluye que el diseño de cajón no influye en otros sabores del licor de cacao P-valor =0,1427 anexo 35.

4.11. Prueba de hipótesis para la evaluación organoléptica

- Planteamiento de hipótesis

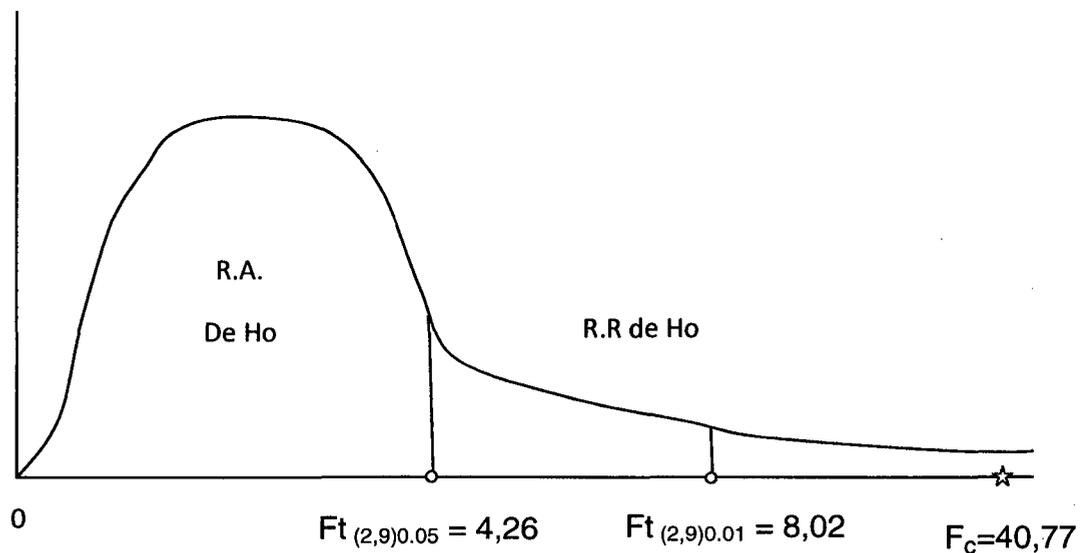
Ho: No existe diferencias entre los atributos organolépticos del licor de cacao de datos (APPCACAO) con el cacao fermentado en caja de diseño cuadrado y trapezoidal.

Ha: Existe diferencias entre los atributos organolépticos del licor de cacao de datos (APPCACAO) con el cacao fermentado en caja de diseño cuadrado y trapezoidal.

- **Cálculos:**

Los evaluaciones organolépticas de datos (APPCACAO) y de fermentado en caja de diseño cuadrado y trapezoidal se muestran en el anexo 38 y en el anexo 36 se muestran el Análisis de varianza de los atributos organolépticos del licor de cacao de datos (APPCACAO) con el cacao fermentado en caja de diseño cuadrado y trapezoidal, $\alpha = 0.01$.

- **Región crítica**



- **Decisión:**

Como $F_c = 40,77$ mayor que $F_{t(2,9)0.01} = 8,02$, entonces pertenece a la región de rechazo, por lo tanto rechazamos la hipótesis nula H_0 , y concluimos que existe diferencias altamente significativas entre el cacao de datos (APPCACAO) y el cacao fermentado en diseño de caja cuadrada y trapezoidal.

- **Comparación de medias.-** En el siguiente cuadro se muestra la comparación de medias por Tukey, para el cacao de datos (APPCACAO) y los obtenidos por fermentación en diseño de caja cuadrada y trapezoidal.

Cuadro 18. para el licor de cacao de datos (APPCACAO) y los obtenidos por fermentación en diseño de caja cuadrada y trapezoidal.

tratamiento	Promedio	Homogeneidad
Datos (APPCACAO)	8,75± 3,59	a
Diseño cuadrado	-5,50±1,55	b
Diseño trapezoidal	-5,83±2,25	b

Los valores representan (promedio ±SEM) datos provienen del experimento (n=4).las diferencias significativos son a ($p \leq 0,05$).C.V=-303,22%.

En el cuadro 18 se puede notar que la evaluación organoléptica del licor de cacao obtenido por fermentación en diseño de caja cuadrada y trapezoidal son estadísticamente iguales, observándose una diferencia significativa al nivel de 5% ($p > 0,05$), llegando a promedio de puntos total -5,5 y -5,83 en diseño de caja cuadrada y trapezoidal respectivamente, este bajo puntaje en los diseños se debería que no se alcanzó la temperatura adecuada durante la fermentación, por lo que concluimos que el cacao obtenido en el presente estudio es de baja calidad organoléptica por presencia de sabor extraño, crudo, alta porcentaje de acidez, astringente, amargo y bajo sabor a cacao que refleja mala fermentación.

V. CONCLUSIONES

1. La composición del cacao CCN-51, es ligeramente inferior a la composición del cacao de otros genotipos, especialmente en el contenido graso, sólidos solubles, pH y acidez, estos valores determinan la calidad final del producto
2. El diseño del cajón tiene efecto en la temperatura de fermentación P-valor=0,000, la mayor temperatura de fermentación de los granos de cacao CCN-51 correspondió al cajón cuadrado. Alcanzando durante el proceso de fermentación para la caja cuadrada la temperatura máxima a $44,63 \pm 0,81^{\circ}\text{C}$ a 96 horas de fermentación y en promedio $33,80 \pm 6,82^{\circ}\text{C}$. En el cajón trapezoidal la temperatura máxima obtenido fue de $35,50 \pm 4,73^{\circ}\text{C}$ a 96 horas y en promedio $30,16 \pm 4,79^{\circ}\text{C}$.

Durante la fermentación, los valores de temperatura no alcanzaron el valor necesario a los 50°C para una buena fermentación debido a que la masa usada aproximadamente 5 Kg y la altura 20 cm son muy pequeños haciendo que la temperatura no se incremente durante los primeros días. Ocasionando una fermentación butírica no deseada.

El diseño del cajón cuadrado y trapezoidal tiene influencia la temperatura de fermentación con P-valor=0,000, índice de fermentación con P-valor=0,000 y colorimetría del parámetro a^* con P-valor=0,0384.

3. La acidez, pH, °Brix y evaluación sensorial del licor de cacao (para los atributos sabor a cacao, acidez, astringencia, amargor, frutal, floral, nuez, crudo, sabores extraños) los granos de cacao son estadísticamente iguales para los diseños de caja cuadrado y trapezoidal.

El perfil de los atributos en licor de cacao para ambos diseños de caja no existe diferencia significativa al nivel de 5% ($p > 0,05$) para el diseño de cajón, sin embargo no alcanzaron los niveles de calidad adecuado, debido a que la temperatura de fermentación fue inferior a lo necesario.

El diseño del cajón cuadrado alcanza $60 \pm 2,55\%$ de índice de fermentación con respecto a $50 \pm 2,96\%$ del diseño trapezoidal a 6 días de fermentación, Sin embargo ambos valores son muy inferiores para una calidad adecuada.

De la evaluación del color durante la fermentación la coloración disminuyó a rojo pálido en el cotiledón, el parámetro a^* varía significativamente con el tiempo ($P_{\text{valor}}=0,000$), por lo que puede ser usado como indicador de fermentación.

VI. RECOMENDACIONES

1. No fermentaron los granos de cacao en cajón cuadrado de 20 x 20 x 20 cm ni cajón trapezoidal, por no tener las dimensiones necesarias para alcanzar la temperatura óptima de fermentación.
2. Realizar estudios para correlacionar la medida instrumental (colorímetro) con la medida visual para determinar si el grano está fermentado, violeta y parcialmente violeta.
3. Determinar el tiempo de fermentación para los diferentes genotipos de cacao que se produce en la zona de alto Huallaga.
4. Realizar estudios de composición y comparación del cacao fresco, fermentado del clon CCN-51 y CMP-15 en la zona del alto Huallaga.
5. Realizar estudios para diferentes clones sobre la influencia del tiempo de fermentación y el tostado sobre el desarrollo de compuestos aromáticos asociados al sabor a chocolate.
6. Realizar estudios de factibilidad técnico-económica para el beneficio de cacao y derivados.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABARCA, D. 2010. Identificación de fibra dietaria en residuos de cacao (*Theobroma cacao* L.) variedad complejo nacional por trinitario tesis UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA ESCUELA DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS AGROPECUARIAS- ECUADOR. 37p.
- ALVAREZ C., PEREZ E., LARES MARY. 2002. Morfología de los frutos y características físico químicas del mucilago del cacao de tres zonas del estado de Aragua. Universidad Central de Venezuela. Venezuela 7p.
- ALVAREZ, C., PEREZ, E., LARES, M. 2007. Caracterización física y química de almendras de cacao fermentadas, secas y tostadas cultivadas en la región de cuyagua, estado de Aragua. 8p.
- AMORES F., PALACIOS A., JIMENEZ J., ZHANG D. 2009. Entorno ambiental, genética, atributos de calidad y singularización del cacao en el nor oriente de la provincia de esmeralda .INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIOS- ECUADOR 119p.
- ARÉVALO, E. 2004. Cacao manejo integrado del cultivo y transferencia de tecnología en la amazonía peruana. Editorial del Castillo. Chiclayo-Perú.p 115 - 127.

- BRADLEY, R. L. 2003. Moisture and total solids analysis. In: Nielsen SS editor. Food Analysis. 3rd ed. Hardcover, USA: Springer. p 119 - 40.
- BRAUDEAU J. 1970. El cacao. Primera edición. Editorial brume. Barcelona, España. 292 p.
- CARRILLO, B. 2010. Influencia del tiempo de fermentado y tipo de secado en la calidad sensorial del cacao (*Theobroma cacao L.*) clon CCN51 tesis en la universidad nacional agraria de la selva facultad de Ingeniería en industrias alimentarias tingo María - Perú 102p
- CHESMAN, E. E. 1944. Fertilization and embryogeny in (*Theobroma cacao L.*). Ann. Of.Bot. 41 (161): 107 - 127.
- CHIRINOS, J. C.VILORIA, E. Portillo y D. ESPARZA.1997. Evaluación de los diferentes métodos de fermentación en cacao (*Theobroma cacao L.*) en la zona sur del lago de Maracaibo. Tesis Ing. luz-Maracaibo. Venezuela. 86p
- CONTRERAS C., ORTIZ L., GRAZIANI L., PARRA P. 2004. Fermentadores para cacao usados por los productores de la localidad de cumboto universidad central de Venezuela.Facultad de Agronomía Venezuela 7P
- CRISOSTO C., GARNER., D., CRISOSTO, G., BOWERMAN, E. 1995. Factors in fresh market stone fruit quality.
- CROS E., and JEANJEAN N., 1995.Cocoa quality: effect of fermentation and drying. Plantations, recherché, developpement. 24:25 - 27
- CROS E., VILLENEUVE., VINCET J .1982. Recherche un índice de fermentation du cacao. Evolution destanins et des phenolstotiaux de la feve .café cacao the. 26(2):104 - 114

- DOUGAN J., 1981. Methods for monitoring degree of aeration and the production and dissimilation of alcohol, acetic and lactic acids during cocoa fermentation. In: 8va internacional cocoa research conference. Cartagena, Colombia. Octubre, 1981. p.814 - 816.
- ENRRIQUE G. 1982. La cura o beneficio de cacao. Curso corto, Nicaragua ,16 -18 de noviembre .CATIE. Departamento de producción vegetal Turrialba, costa rica. 96p
- ENRIQUEZ G., 2003. INIAP. Conferencia en el seminario –taller: normativa. Procesos y tecnologías para la producción orgánica de cacao bajo el concepto de calidad total .en línea. Estación experimental tropical pichi lingue. Disponible en:[http://www.ceaecuador.org/imagenFTP/4640.cacao orgánico y biol INIAP. Pdf](http://www.ceaecuador.org/imagenFTP/4640.cacao%20org%C3%A1nico%20y%20biol%20INIAP.Pdf).
- FARIÑAS L., BERTORELLI L., PARRA P. 2003. Características químicas de la semilla de diferentes tipos de cacao de la localidad de cumboto , Aragua . Agronomía trópico vol 1
- GILABERT PÉREZ, E. J. (2002). Medida del Color. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia
- GIMÉNEZ, M., DE MANUEL, E., GONZÁLEZ, F., SALINAS, F. 2000. La utilización del concepto de pH en la publicidad y su relación con las ideas que manejan los alumnos: aplicaciones en el aula. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Granada. Campus de Cartuja. 18071 Granada. 18 (3), 451 - 461.

- GONZALES, E.1999. El cacao en Venezuela papeles de Fundacite Aragua 45p.
- GONZALES, F., ORTIZ L.GRAZIANI L. 1999. Influencia del índice de cosecha de la mazorca sobre algunas características de la grasa de los cultivares de cacao (*Theobroma cacao L.*) universidad central de Venezuela facultad de agronomía 159 - 171. 12p.
- GRAZIANI L., ORTIZ L., ANGULO J., PARRA P. 2002. Características físicas de los frutos de cacaos tipos criollos, forasteros y trinitarios de la localidad de Cumboto, universidad central de Venezuela.Facultad de Agronomía Venezuela 13P
- GRAZIANI L., ORTIZ L., LEMUS M., PARRA P., 2002. Efecto del mezclado de granos de dos tipos de cacaos sobre algunas características químicas durante la fermentación universidad central de Venezuela. Facultad de Agronomía Venezuela. 12P
- GRAZIANI L., ORTIZ L., PARRA P. 2003. Características químicas de la semilla de diferentes tipos de cacao de la localidad de Cumboto, Aragua universidad central de Venezuela.Facultad de Agronomía Maracay Estado Aragua. Venezuela 9P
- GUZMÁN, R., SEGURA, E. 1989. Tecnología de frutas y hortalizas. Editorial Unisur, Bogotá. 200 p.
- GUTIÉRREZ, M., BACALLA, LL. 2007. Fermentación del cacao en dos diseños de cajas de madera. Asociación de Pequeños Productores de Piura. Morropon – Piura. Programa de Desarrollo Rural – Gobierno Regional de

- Piura. Programa de Desarrollo Rural Sostenible – Cooperación Alemana al desarrollo. 6 p.
- HERNANDEZ, A. 1989. Evaluación del proceso de fermentación del cacao en Costa Rica. Memorias. Seminario regional sobre tecnología post cosecha y calidad mejorada del cacao. 20-21 julio. Turrialba. Costa Rica. 129-140p.
- JEANJEAN, N. 1995. Influence du genotype, de la fermentation et de la torrefaction sur le developpement de Parome cacao. These de doctoral. Universite Montpellier II. Montpellier- France. 202 p
- KAYS, S. 2004. Postharvestbiology. Exon Press, Athens, Georgia. 568 p.
- LAWLESS, H.T. HEYMANN, H. 1999. Sensory evaluation of food: principles and practices. Aspen publications, Maryland
- LEMUS M., GRAZIANI DE FARIÑAS L., ORTIZ DE BERTORRELLI L., TRUJILLO DE LEALTAD A. 2002. Efecto del mezclado de cacaos tipo criollo y forastero de la localidad de Cumboto sobre algunas características físicas durante la fermentación. Agronomía trop. 52(1):45-48
- LUNA F., CROUZILLAT D., CIROU L., BUCHELI, P. 2002. Chemical composition and flavor of Ecuadorian cocoa liquor. J. agric. food chem. 50, 3527 - 3532
- MINISTERIO DE AGRICULTURA. 2000. Estadística del cacao (*Theobroma cacao L.*) OIA. AA – Lima, Perú.
- NOGALES, J., GRAZIANI DE FARIÑAS, L., ORTIZ DE BERTORELLI, L. 2006. Cambios físicos y químicos durante el secado al sol del grano de cacao

fermentados en dos diseños de cajones de madera. *Agronomía Trop.* 56(1): 5 - 20p.

ORTIZ DE BERTORELLI, L., GRAZIANI, L., ROVEDAS, G. 2009. Influencia de varios factores sobre características del grano de cacao fermentado y secado al sol. *Agronomía Trop.* 59(2): 119 - 127.

ORTIZ, L., CAMACHO, G., GRAZIANI, L. 2004. Efecto del secado al sol sobre la calidad del grano fermentado de cacao. *Agronomía trop.* 54 (1): 31- 43

OSTERLOH, A., EBERT, W., HELD, H., SCHULZ, H., URBAN, E. 1996. Lagerung von Obst und Südfrüchten. Verlag Ulmer, Stuttgart. 253 p.

PANGBORN, R. & PEDRERO, D. 1989. Evaluación sensorial de los alimentos, métodos analíticos. Ed. Acribia. p. 89 - 97.

PAREDES, J., REYES, E., MARTÍN, P., DOMINGUEZ, A., MARELYS, J. 2004. Evaluación de la calidad del cacao (*Theobroma cacao L.*) en tres métodos de fermentación. IDIAF (Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales) Resultados de investigación en Cacao. Santo Domingo, DO. 73 p.

PETTIPHER, G. 1986 Analysis of cocoa pulp and the formulation of a standardized artificial cocoa pulp medium. *J.S. c. Food agri.* 37/:29/-309

PORTILLO, E., GRAZIANI DE FARIÑAS, L., BETANCOURT, E. 2005. Efecto de los tratamientos post-cosecha sobre la temperatura y el índice de fermentación en la calidad del cacao criollo porcelana (*Theobroma cacao L.*) en el sur del lago Maracaibo. Universidad de Zulia Venezuela.

- PORTILLO, E., GRAZIANI DE FARIÑAS, L., BETANCOURT, E. 2007. Análisis químico del cacao criollo porcelana (*Theobroma cacao L.*) en el sur del lago Maracaibo. 15p
- PORTILLO, E. 2000. Influencia de la fermentación en la calidad del cacao criollo porcelana (*Theobroma cacao L.*) en el sur del lago Maracaibo. tesis de maestría. Universidad central de Venezuela Facultad de Agronomía 147p.
- PORTILLO, E., GRAZIANI DE FARIÑAS, L y CROS, E. 2006. Efecto de algunos factores post-cosecha sobre la calidad. Sensorial del cacao criollo porcelana (*Theobroma cacao L.*) UCV. Facultad de Agronomía. 9p.
- PUZIAH H., JINAP S., KHARIDAH M., ASBI A. 1998. Effect of mass and turning time on free amino acid, peptide- N, sugar and pyrazine concentration during cocoa fermentation. J.sci. food agric. 78:543 - 550.
- PUZIAH H., JINAP S., KHARIDAH M., ASBI A. 1999 effect of drying time, bean depth and temperature on free amino acid, peptide- N, sugar and pyrazine concentration of Malaysian cocoa beans. J.sci. food agric. 79:987 - 994.
- ROHAN, T. 1964. El beneficio del cacao bruto destinado al mercado. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 223 p.
- ROHSIUS C., ANDERSON M., NIEMENAK N., SUKHA, D., LIEBEREL. 2006. Calidad de la fermentación y su dependencia en la estructura a la

agricultura la testa y en procesos de transporte. 15va conferencia internacional sobre investigaciones del cacao

SALVADOR N., GUTIERREZ M. 2008. Mapeo de la calidad física y organoléptica del cacao (*Theobroma cacao L.*) a nivel de la sub cuenca del rio bigote como estrategia de la inserción y posicionamientos en nichos del mercado de la asociación de pequeños productores de cacao de Piura.

SALTOS A. 2005. Efecto de métodos de fermentación, frecuencias de remoción y volúmenes variables de masa fresca de cacao sobre la calidad física y organoléptica del “del complejo nacional x trinitario”. Tesis Ing. Agr. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. 59p

SCHWAN R., LOPEZ A., SILVA D., VANETTIM. 1990. Influencia de frecuencia e intervalos de revolventos sobre a fermentacao e qualidade do chocolate. *Agrotrópica* 2(1):22 - 31

SEMIGLIA C. 1979. Estudio de varios métodos de fermentación en diferentes zonas cacaoteras del Ecuador. Tesis del Ing. agr. Universidad estatal de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. 86p

SENANAYAKE M., JANSZ E., BUCKLE K., 1995. Effect of variety and location on optimum fermentation requirements of cocoa beans: An aid to fermentation on cottage scale. *J. Sei. Food Agric.* 6:461-465

SULLCA, B. 1992. Tecnificación del cacao en la selva peruana. Fundeagro. Lima - Perú.

STONE, H. 1974. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. *Food Technol.* 28 (11): 24, 26, 28, 29, 32, 34.

- TORRES O., GRAZIANI L., ORTIZ L., TRUJILLO A. 2004. Efecto Del Tiempo Transcurrido Entre La Cosecha Y El Desgrane De La Mazorca Del Cacao Tipo Forastero De Cuyagua Sobre Características Del Grano En Fermentación Agronomía Trop. 54(4): 481 - 495 p
- VERDESOTO, P. 2009. Caracterización química preliminar de cacao (*Theobroma cacao* L.) de los municipios de Omoa y la Masica, honduras tesis universidad zamorano facultad de agroindustria alimentaria. 66p.
- WOOD, G. A. R. 1982. Cacao. Ed. Continental. S.A. México. 363p.

VIII. ANEXO

ANEXO 1.

Diseño de los cajones fermentadores.



Figura. Diseño cajón cuadrado.

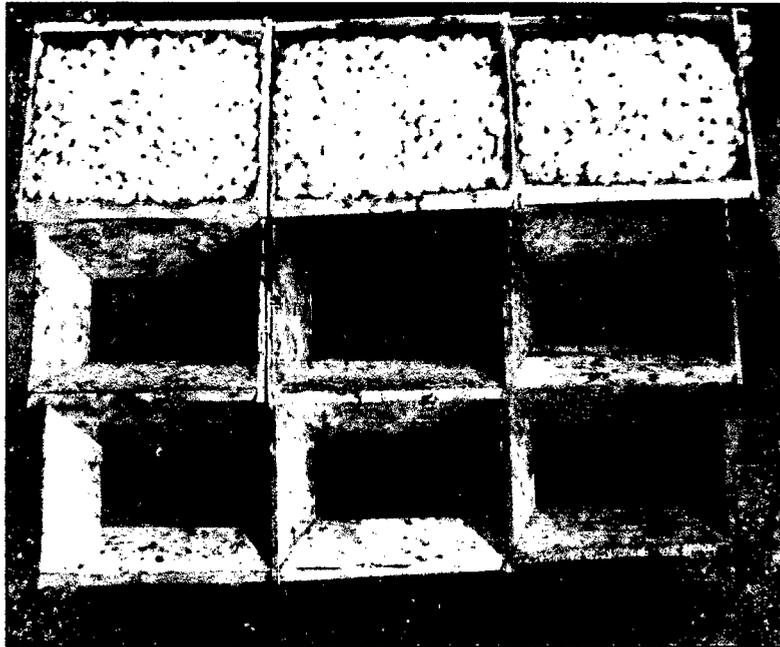


Figura. Diseño del cajón trapezoidal

ANEXO 2.

Tasación sensorial (perfil) de licores de cacao

Nombre: _____ Organización: _____

Procedencia: _____ Fecha: _____

Sesión: _____

Código de muestra: _____

Pruebe las muestras y marque el punto de la línea que corresponde a la intensidad de cada atributo.

Atributos	Ausente										Extremo
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sabor a cacao											
Acidez											
Astringencia											
Amargor											
Sabor afrutado											
Sabor floral											
Sabor a nuez											
Crudo											
Otros sabores											

Comentarios:

ANEXO 3.

La temperatura de la masa de cacao en el tiempo de fermentado en el diseño cuadrado y trapezoidal.

Tiempo (h)	inferior(°C)		central (°C)		superior(°C)	
	cuadrado	trapezoidal	cuadrado	trapezoidal	cuadrado	trapezoidal
0	25,67±1,24	25,43±0,93	25,53±0,92	25,47±0,99	25,50±0,95	25,40±0,96
12	26,33±0,42	25,67±0,15	26,37±0,40	25,83±0,29	26,10±0,36	25,40±4,35
24	26,10±0,61	24,90±0,60	26,37±0,55	25,03±0,45	26,27±0,55	24,90±0,60
36	30,90±2,10	28,40±0,92	31,40±1,51	28,90±1,15	30,27±1,62	28,00±0,60
48	32,57±4,91	28,73±1,70	33,07±5,79	29,07±1,42	32,80±5,20	28,40±1,51
60	35,53±2,72	30,47±4,85	38,00±3,40	31,63±5,60	36,67±4,92	30,90±5,15
72	40,17±0,25	32,47±3,66	43,33±0,64	35,10±5,76	43,90±0,40	34,73±6,51
84	40,00±1,20	31,80±2,50	43,27±1,55	34,77±3,73	41,97±0,65	34,20±4,73
96	39,67±2,08	32,77±3,54	44,63±0,81	35,50±4,73	42,30±0,63	34,70±4,06
108	33,00±2,65	32,10±3,82	36,53±0,75	34,87±5,99	34,53±1,75	35,07±6,16
120	31,53±0,92	29,57±2,84	32,33±0,58	30,70±3,85	31,37±2,03	31,23±4,41
132	29,03±1,38	28,03±1,72	29,90±0,95	28,57±1,71	30,07±0,21	27,93±1,46
144	26,93±1,56	26,60±1,21	28,63±0,55	26,70±1,35	27,47±2,10	26,50±1,61

ANEXO 4.

Variación de pH de la (pulpa +testa) y cotiledón durante el tiempo de fermentado en la caja cuadrado y trapezoidal.

TIEMPO (H)	PULPA +TESTA		COTILEDON	
	Cuadrado	Trapezoidal	Cuadrado	Trapezoidal
0	3,65±0,05	3,67±0,05	6,63±0,06	6,66±0,05
96	4,47±1,56	4,62±2,00	5,50±0,27	5,41±0,11
120	6,13±2,42	5,43±1,93	5,66±0,31	5,49±0,11
144	6,46±2,51	6,27±2,11	5,57±0,05	5,62±0,07

ANEXO 5.

Variación de la acidez de la (pulpa +testa) y cotiledón durante el tiempo de fermentado en la caja cuadrado y trapezoidal

TIEMPO (H)	PULPA +TESTA		COTILEDON	
	Cuadrado	Trapezoidal	Cuadrado	Trapezoidal
0	3,04±0,27	2,95±0,60	2,21±1,19	2,09±1,06
96	2,49±2,16	1,50±2,05	1,19±0,37	1,06±0,32
120	1,20±1,62	1,40±1,74	0,98±0,16	1,06±0,11
144	0,81±1,00	0,85±0,99	1,00±0,06	1,06±0,04

ANEXO 6.

Variación de °Brix de la (pulpa +testa) y cotiledón durante el tiempo de fermentado en la caja cuadrado y trapezoidal

Tiempo (H)	PULPA +TESTA		COTILEDON	
	Cuadrado	Trapezoidal	Cuadrado	Trapezoidal
0	4,93±0,50	5,33±0,58	0,20±0,17	0,25±0,26
96	1,87±0,99	1,93±1,62	0,40±0,36	0,43±0,35
120	1,33±0,42	1,43±0,59	0,50±0,36	0,43±0,35
144	1,10±0,10	1,13±0,12	0,87±0,12	0,60±0,44

ANEXO 7.

Evolución del fermento durante el tiempo de fermentado caja cuadrada y trapezoidal

Tiempo (Días)	% FERMENTO		%VIOLETA		%PARCIALMENTE VIOLETA	
	Cuadrado	Trapezoidal	Cuadrado	Trapezoidal	Cuadrado	Trapezoidal
4	10±2,55	10±1,94	60±2,96	65±2,87	30±2,45	25±2,12
5	30±3,12	20±3,24	50±5,52	60±4,36	20±3,24	20±4,50
6	50±3,24	40±2,24	40±2,54	50±2,96	10±1,94	10±1,73

ANEXO 8.

Índice de fermentación logrado por los cajones cuadrado y trapezoidal

Tiempo(Días)	% Índice fermentación	
	Cuadrado	Trapezoidal
4	40±2,96	35±2,87
5	50±5,52	40±4,36
6	60±2,55	50±2,96

ANEXO 9.

% humedad durante el tiempo de fermentado en la caja cuadrado y trapezoidal

Tiempo de fermentado(h)	% Humedad	
	cuadrado	trapezoidal
0	52,89±0,13	52,89±0,13
48	51,26±2,90	48,53±3,13
72	51,27±3,09	42,31±0,91
96	49,23±2,57	44,70±5,82
120	46,28±1,79	40,95±0,29
144	40,74±1,95	34,33±1,81

ANEXO 10.

Índice de madurez de los granos de cacao en baba

Índice de madurez	
Cuadrado	Trapezoidal
1,64± 0,31	1,83± 0,18

ANEXO 11.

Colorimetría Modelo CR400 modo L*a*b* en el cotiledón en cajón cuadrado y trapezoidal

TIEMPO (DIAS)	COLOR L*		COLOR a*		COLOR b*	
	CUADRADO	TRAPEZOIDAL	CUADRADO	TRAPEZOIDAL	CUADRADO	TRAPEZOIDAL
0	35,92±5,51	36,94±6,21	20,29±1,96	22,22±2,33	3,90±3,01	3,16±2,79
1	35,66±12,06	31,77±4,95	18,98±3,94	19,51±2,34	7,09±3,75	6,44±3,06
2	39,40±5,34	35,16±6,99	20,49±2,45	20,18±3,93	7,51±4,60	6,28±2,57
3	40,39±5,50	28,95±7,57	23,15±2,28	22,88±3,51	7,08±4,87	5,09±2,80
4	43,34±9,84	27,75±4,01	19,62±3,53	20,54±2,82	7,90±3,73	7,20±2,75
5	38,03±8,75	31,37±8,84	19,34±3,40	20,28±1,72	10,90±5,45	8,70±4,38
6	44,83±6,60	33,72±6,15	17,07±1,81	19,03±2,19	14,11±2,89	9,29±4,39

ANEXO 13.

Evaluación sensorial del 6to día de fermentación en el cajón trapezoidal

	Sara			León			Juan C			Mey		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Sabor a cacao	2	3	2	3	3	3	3	4	1	2	2	2
Acidez	2	1	1	3	1	2	4	3	3	2	1	2
Astringencia	4	4	3	4	4	4	4	3	5	5	5	4
Amargor	4	4	5	4	4	4	5	4	5	4	5	5
Frutal	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Floral	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nuez	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Crudo	3	2	3	3	2	2	2	0	0	1	1	2
Tierra	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sabor a chocolate	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Moho	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tocino/humo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sabores extraños	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2

ANEXO 14.

Análisis de varianza de la temperatura de fermentación de cacao en dos diseños de caja.

Fuente	GL	SC	CM	FC	Sig.
Diseño del cajón	1	268,817	268,817	23,70	0,0000
Tiempo de fermentación	9	1822,05	202,45	17,85	0,0000
Residuos	49	555,79	11,3427		
Total	59	2646,65			

ANEXO 15.

ANVA del pH de la (pulpa + testa) fermentadas en dos diseños de caja.

Fuente	GL	SC	CM	FC	Sig.
Diseño del cajón	1	0,1944	0,1944	0,07	0,7967
Tiempo de fermentación	3	26,6952	8,89841	3,13	0,0501
Residuos	19	54,0863	2,84665		
Total	23	80,9759			

ANEXO 16.

Análisis de varianza del pH del cotiledón fermentadas en dos diseños de caja.

Fuente	GL	SC	CM	FC	Sig.
Diseño del cajón	1	0,0126042	0,0126042	0,52	0,4802
Tiempo de fermentación	3	5,59661	1,86554	76,77	0,0000
Residuos	19	0,461679	0,0242989		
Total	23	6,0709			

ANEXO 17.

Análisis de varianza de la acidez de la pulpa más testa fermentadas en dos diseños de caja.

Fuente	GL	SC	CM	FC	Sig.
Diseño del cajón	1	0,261877	0,261877	0,14	0,7107
Tiempo de fermentación	3	15,9202	5,30675	2,87	0,0634
Residuos	19	35,0965	1,84719		
Total	23	51,2787			

ANEXO 18.

Análisis de varianza de la acidez del cotiledón fermentados en dos diseños de caja.

Fuente	GL	SC	CM	FC	Sig.
Diseño del cajón	1	0,00319704	0,00319704	0,01	0,9189
Tiempo de fermentación	3	5,44044	1,81348	6,04	0,0046
Residuos	19	5,7027	0,300142		
Total	23	11,146337			

ANEXO 19.

Análisis de varianza de los °Brix en pulpa más testa fermentados en dos diseños de caja.

Fuente	GL	SC	CM	FC	Sig.
Diseño del cajón	1	0,135	0,135	0,27	0,6104
Tiempo de fermentación	3	62,4033	20,8011	41,36	0,0000
Residuos	19	9,555	0,502895		
Total	23	72,0933			

ANEXO 20.

Análisis de varianza de °Brix en cotiledón fermentados en dos diseños de caja.

Fuente	GL	SC	CM	FC	Sig.
Diseño del cajón	1	0,0234375	0,0234375	0,26	0,6157
Tiempo de fermentación	3	0,791146	0,263715	2,93	0,0601
Residuos	19	1,71031	0,0900164		
Total	23	2,5249			

ANEXO 21.

Análisis de varianza del porcentual de granos fermentados durante el tiempo de fermentación de cacao en dos diseños de caja

Fuente	GL	SC	CM	FC	Sig.
Diseño del cajón	1	600,0	600,0	44,91	0,000
Tiempo de fermentación	2	11100,0	5550,0	415,42	0,000
Residuos	50	668,0	13,36		
Total	53	12368,0			

ANEXO 22

Análisis de varianza del porcentaje violetas durante el tiempo de fermentación en dos diseños de caja.

Fuente	GL	SC	CM	FC	Sig.
Diseño del cajón	1	937,5	937,5	64,30	0,0000
Tiempo de fermentación	2	2775,0	1387,5	95,16	0,0000
Residuos	50	729,0	14,58		
Total	53	4441,5			

ANEXO 23.

Análisis de varianza del porcentaje parcialmente violetas durante el tiempo de fermentación de cacao en dos diseños de caja.

Fuente	GL	SC	CM	FC	Sig.
Diseño del cajón	1	37,5	37,5	4,08	0,0486
Tiempo de fermentación	2	2775,0	1387,5	151,14	0,0000
Residuos	50	459,0	9,18		
Total	53	3271,5			

ANEXO 24.

Análisis de varianza del porcentaje de índice de fermentación durante el tiempo de fermentación de cacao en dos diseños de caja.

Fuente	GL	SC	CM	FC	Sig.
Diseño del cajón	1	937,5	937,5	64,30	0,0000
Tiempo de fermentación	2	2775,0	1387,5	95,16	0,0000
Residuos	50	729,0	14,58		
Total	53	4441,5			

ANEXO 25.

Análisis de varianza del color de la luminosidad del cotiledón interno durante la fermentación.

Fuente	GL	SC	CM	FC	Sig.
Diseño del cajón	1	2884,75	2884,75	48,68	0,0000
Tiempo de fermentación	6	642,867	107,145	1,81	0,0991
Residuos	202	11969,8	59,2562		
Total	209	15497,4			

ANEXO 26.

Análisis de varianza del color del cromaticidad (a^*) del cotiledón interno durante la fermentación.

Fuente	GL	SC	CM	FC	Sig.
Diseño del cajón	1	34,5912	34,5912	4,34	0,0384
Tiempo de fermentación	6	441,626	73,6043	9,24	0,0000
Residuos	202	1609,08	7,96573		
Total	209	2085,3			

ANEXO 27.

Análisis de varianza para el atributo sabor a cacao, diseño completo al azar

Fuente	GL	SC	CM	FC	Sig.
Diseño del cajón	1	0,0417	0,0417	0,05	0,8231
Residuos	22	17,9167	0,8144		
Total	23	17,9583			

ANEXO 28.

Análisis de varianza del color del cromaticidad (b*) del cotiledón interno durante la fermentación.

Fuente	GL	SC	CM	FC	Sig.
Diseño del cajón	1	163,17	163,17	11,51	0,0008
Tiempo de fermentación	6	1248,09	208,014	14,67	0.0000
Residuos	202	2864,54	14,1809		
Total	209	4275,8			

ANEXO 29.

Análisis de varianza para el atributo acidez de licor de cacao diseño completo al azar

Fuente	GL	SC	CM	FC	Sig.
Diseño del cajón	1	0,1667	0,1667	0,15	0,7063
Residuos	22	25,1667	1,1439		
Total	23	25,3333			

ANEXO 30.

Análisis de varianza para el atributo astringencia de licor de cacao diseño completo al azar

Fuente	GL	SC	CM	FC	Sig.
Diseño del cajón	1	0,6667	0,6667	1,24	0,2776
Residuos	22	11,8333	0,5379		
Total	23	12,5			

ANEXO 31.

Análisis de varianza para el atributo amargor de licor de cacao diseño completo al azar

Fuente	GL	SC	CM	FC	Sig.
Diseño del cajón	1	0,375	0,375	0,66	0,4268
Residuos	22	12,5833	0,5720		
Total	23	12,9583			

ANEXO 32.

Análisis de varianza para el atributo frutal de licor de cacao diseño completo al azar

Fuente	GL	SC	CM	FC	Sig.
Diseño del cajón	1	0.0	0,0	0.0	1,0000
Residuos	22	3,3333	0,1516		
Total	23	3,3333			

ANEXO 33.

Análisis de varianza para el atributo nuez del licor de cacao diseño completo al azar

Fuente	GL	SC	CM	FC	Sig.
Diseño del cajón	1	0,1667	0,1667	2,20	0,1522
Residuos	22	1,6667	0,0758		
Total	23	1,8333			

ANEXO 34.

Análisis de varianza para el atributo crudo del licor de cacao diseño completo al azar

Fuente	GL	SC	CM	FC	Sig.
Diseño del cajón	1	0,0417	0,0417	0,03	0,8553
Residuos	22	26,9167	1,2235		
Total	23	26,9583			

ANEXO 35.

Análisis de varianza para el atributo otro sabores del licor de cacao diseño completo al azar

Fuente	GL	SC	CM	FC	Sig.
Diseño del cajón	1	1,0417	1,0417	2,31	0,1427
Residuos	22	9,9167	0,4508		
Total	23	10,9583			

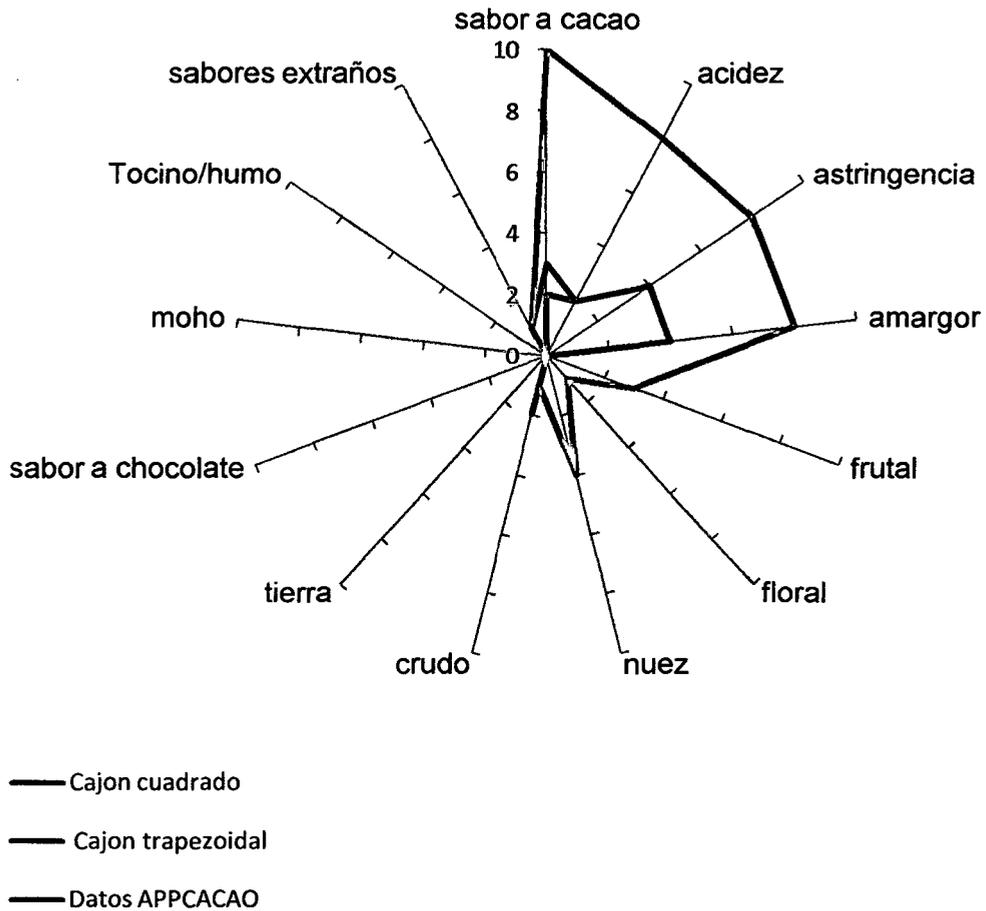
ANEXO 36.

Análisis de varianza de los atributos organolépticos del licor de cacao de datos de APPCACAO con el cacao fermentado en caja de diseño cuadrado y trapecoidal, $\alpha = 0.01$.

Fuente	GL	SC	CM	FC	Sig.
Métodos fermentación	2	554,43	277,215	40,77	0,0000
Residuos	9	61,2023	6,80025		
Total	11	615,632			

ANEXO 37.

QDA Para el perfil de atributos en el 6to día de fermentación en caja cuadrado y trapezoidal y datos de APPCACAO, promedio de 4 panelistas entrenados.



Dónde:

0	=	ausente
1 - 3	=	ligeramente presente (leve)
3 - 5	=	moderadamente presente
5 - 7	=	fuertemente presente
7 - 8	=	muy fuerte
> 8	=	intenso

ANEXO 38.

Evaluación sensorial de los diferentes métodos de fermentación

METODOS FERMENTACION	CODIGO	SABOR A CACAO	ACIDEZ	ASTRINGENCIA	AMARGOR	FRUTAL	FLORAL	NUEZ	CRUDO	OTROS SABORES	PUNTAJE TOTAL
Buena calidad	CCM-003	10	9	8	10	7	1	8	3	0	14
	CCM-009	8	9	6	7	1	0	3	0	0	8
	CCM-017	10	6	8	7	1	1	4	0	0	7
	CCM-025	10	8	8	6	2	1	2	0	3	6
Caja trapezoidal	Sara	2.33	1.33	3.67	4.33	0.00	0.00	0.00	2.67	0.00	-7.00
	Leon	3.00	2.00	4.00	4.00	0.33	0.00	0.33	2.33	0.00	-4.67
	Juan	2.67	3.33	4.00	4.67	0.00	0.00	0.00	0.67	0.00	-3.33
	Mey	2.00	1.67	4.67	4.67	0.33	0.00	0.33	1.33	2.00	-8.33
Caja Cuadrada	Sara	2.00	2.00	4.67	4.00	0.00	0.00	0.00	2.33	0.00	-7.00
	Leon	3.00	1.00	4.00	4.33	0.33	0.00	0.00	2.67	0.00	-6.67
	Juan	1.67	3.67	4.67	4.33	0.00	0.00	0.00	0.67	0.00	-4.33
	Mey	3.00	2.33	4.33	4.00	0.33	0.00	0.00	1.00	0.33	-4.00

El puntaje total fue obtenido:

Puntaje total = (Sabor a cacao + Acidez + frutal + Floral + Nuez) - (Astringencia + Amargor + Crudo + Otros sabores)

ANEXO 39.

Balance de Materia y rendimiento en el beneficio de cacao, en diseño Cajón Cuadrado y trapezoidal

Balance de Materia y rendimiento en el beneficio de cacao, Cajón Cuadrado

MOVIMIENTO POR PROCESO				RENDIMIENTO	
OPERACIÓN	Entra(g)	Sale(g)	Continua(g)	R.O(%)	R.P(%)
Pesado(0 h)	60,78	0,00	60,78	100,00	100,00
Fermento (24h)	60,78	15,76	45,02	74,07	74,07
Fermento 48h	45,02	3,30	41,72	92,67	68,64
Fermento (72h)	41,72	2,29	39,43	94,52	64,88
Fermento(96h)	39,43	1,57	37,86	96,01	62,29
Fermento(120 h)	37,86	1,04	36,82	97,26	60,59
Fermento(144 h)	36,82	0,60	36,22	98,37	59,60
Secado aire caliente	36,22	14,57	21,66	59,79	35,63
Enfriado	21,66	0,00	21,66	100,00	35,63
Almacenado	21,66	0,00	21,66	100,00	35,63

Balance de Materia y rendimiento en el beneficio de cacao, Cajón Trapezoidal.

MOVIMIENTO POR PROCESO				RENDIMIENTO	
OPERACIÓN	Entra(g)	Sale(g)	Continua(g)	R.O(%)	R.P(%)
Pesado(0 h)	62,70	0,00	62,70	100,00	100,00
Fermento (24h)	62,70	14,29	48,41	77,21	77,21
Fermento 48h	48,41	3,68	44,74	92,40	71,35
Fermento (72h)	44,74	1,93	42,80	95,68	68,26
Fermento(96h)	42,80	2,20	40,60	94,85	64,75
Fermento(120 h)	40,60	1,41	39,19	96,52	62,50
Fermento(144 h)	39,19	0,71	38,48	98,19	61,36
Secado aire caliente	38,48	14,59	23,89	62,10	38,10
Enfriado	23,89	0,00	23,89	100,00	38,10
Almacenado	23,89	0,00	23,89	100,00	38,10

ANEXO 40.

El rendimiento del nibs a las 144 horas fermentado diseño cuadrado y trapezoidal

Balance de Materia y rendimiento del nibs 6to día, Cajón cuadrado

Operación	Entra(g)	Sale(g)	Continua(g)	R.O(%)	R.P(%)
Pesado	50,23	0	50,23	100	100
Tostado	50,23	3,26	46,97	93,51	93,51
Descascarrilado	46,97	4,45	42,52	90,53	84,65
Nibs	42,52	0	42,52	100	84,65

. Balance de Materia y rendimiento del nibs 6to día,

Cajón Trapezoidal

MOVIMIENTO POR PROCESO				RENDIMIENTO	
Operación	Entra(g)	Sale(g)	Continua(g)	R.O(%)	R.P(%)
Pesado	49,96	0	49,96	100	100
Tostado	49,96	3,51	46,45	92,98	92,98
Descascarillado	46,45	4,17	42,28	91,03	84,64
Nibs	42,28	0	42,28	100	84,64

ANEXO 41.

Constantes aproximados de varias fases del beneficio y Nibs

Repetición	# mazorcas (unid)	mazorcas (Kg)	cascara (Kg)	Placenta (Kg)	Baba (Kg)	Fermentado (Kg)	Seco (Kg)	Tostado (Kg)	Cascarilla (Kg)	Nibs (Kg)
R1	176,00	125,25	89,30	3,00	32,95	19,72	12,00	11,21	0,78	10,43
R2	178,00	123,30	88,00	2,90	32,40	19,39	11,80	10,90	0,98	9,92
R3	180,00	132,51	96,00	3,10	33,41	19,99	12,17	11,37	1,01	1,36
Promedio	178,00	127,02	91,10	3,00	32,92	19,70	11,99	11,16	0,92	10,24

Constantes aproximados de varias fases del beneficio y nibs

Convertir	multiplicar por
numero de mazorcas a mazorca(Kg)	0,71
mazorcas(Kg) a numero de mazorcas	1,40
cacao en baba a mazorcas(Kg)	3,86
mazorcas(Kg) a cacao en baba	0,26
cacao fermentado a baba	1,67
cacao fermentado a seco	0,61
cacao seco a fermentado	1,64

Convertir	multiplicar por
cacao en baba a seco	0,36
cacao seco a baba	2,75
cacao seco a tostado	0,93
cacao tostado a seco	1,07
cacao seco a cascarilla	0,08
cascarilla ha cacao seco	13,01
cacao seco a nibs	0,85
cacao nibs a seco	1,17

ANEXO 42.

Tabla de descripción de características para la identificación de clones de cacao

1. DESCRIPTORES DE FRUTO

Color:

- 1 = Verde.
- 2 = Verde Pigmentado.
- 3 = Rojo (pigmentado).

Tamaño:

- 1 = Pequeño : (< 10 cm.)
- 2 = Intermedio: (11 – 19 cm.)
- 3 = Grande : (> 20 cm.)

Rugosidad:

- 0 = Ausente.
- 3 = Ligeramente.
- 5 = Intermedio.

Forma

- 1= Elíptico.
- 2= Ovado.
- 3 = Esférico.
- 4 = Oblato.
- 5 = Abovado
- 6 = Intenso

Grosor de la cáscara:

- 3 = Delgada:(< 0,8 mm.)
- 5 = Intermedia:(0,9 – 12 mm.)
- 7 = Gruesa:(> 12 mm.)

Profun. Surcos primarios:

- 1 = Superficial.
- 2 = Intermedio.
- 3 = Profundo

2. DESCRIPTORES DE SEMILLA

Tamaño de la semilla:

- 1 = Pequeño:(< 1.0 g.)
- 2 = Intermedio:(1.1–1.5 g)
- 3 = Grande:(> 1.5 g.)

Forma longitudinal:

- 1 = Oblonga.
- 2 = Elíptica.
- 3 = Ovada

Forma transversal:

- 1 = Aplanada.
- 3 = Intermedia.
- 5 = Redondeada.

Color del cotiledón:

- 1 = Blanco Cremoso.
- 2 = Violeta.
- 3 = Morado.

Adaptado de la lista de descriptores estándar del CRU – Universidad de las Indias Occidentales, Trinidad y Tobago.