

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
Departamento Académico de Ciencias Agrarias



**"EFECTO DEL TIEMPO DE ESCURRIMIENTO DEL MUCÍLAGO
EN LA FERMENTACIÓN, CALIDAD FÍSICA Y ORGANOLÉPTICA
DEL CACAO CLON CCN 51 (*Theobroma cacao* L.)."**

TESIS

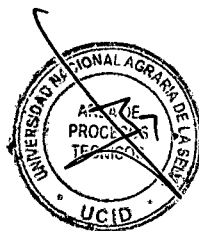
Para optar el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

VERLINDA VERÓNICA SOTELO EGÚSQUIZA.

TINGO MARÍA - PERÚ

2012



J10

S71

Sotelo Egúsqiza, Verlinda Verónica

Efecto del tiempo de escurrimiento del mucílago en la fermentación, calidad física y organoléptica del cacao clon CCN51 (*Theobroma cacao* L.)– Tingo María, 2012

100 páginas.; 25 cuadros; 05 fgrs.; 35 ref.; 30 cm.

Tesis (Ingeniero Agrónomo) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Agronomía.

1. CACAO 2. ORGANOLÉPTICA 3. MUCÍLAGO
4. FERMENTACIÓN 5. ESCURRIMIENTO 6. CALIDAD

DEDICATORIA

A la memoria de mi querido padre

BRAULIO SOTELO SOTO

Q.P.D.D.G. quien hoy desde la gloria del señor ve realizado el sueño de padre y por haber depositado su confianza e impartido sus sabios consejos.

Con eterna gratitud para mi querida madre **AMÉRICA EGÚSQUIZA PUJAY**, sufrimiento de madre, de sus constantes consejos y sus repetidas oraciones quien gracias a ello se ve formado el fruto de sus plegarias.

Mi hermana **Sonia Sotelo Egúsquiza** y hermanos por su constante apoyo incondicional, y amistad.

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva -Tingo María, mi Alma Mater, por la oportunidad que me dio de hacer realidad uno de mis anhelados sueños en culminar mi estudio universitario.
- A la plana de docentes de la Facultad de Agronomía, por impartir sus conocimientos, dando formación con capacidad técnica, profesional y humanística.
- Al Ing. Jaime Chávez Matías asesor del presente trabajo de investigación, por su oportuna y acertada orientación en la ejecución del experimento.
- Al Ing. Jorge Adriazola Del Águila, Dr. Raúl Natividad Ferrer e Ing. Jorge Cerón Chávez, jurados del presente trabajo por la oportunidad que dieron para que este experimento se lleve a cabo.
- A la Cooperativa Agraria Cafetalera Divisoria, por la oportunidad que me dio en ejecutar el experimento en sus instalaciones y del apoyo técnico.
- A la Ing. Zara Saavedra Gómez catadora de la Asociación Peruana de Productores de Cacao, por su amistad y apoyo incondicional.
- A la Asociación Peruana de Productores de Cacao, por haberme brindado su apoyo desinteresado con su equipo material y humano para la ejecución del presente trabajo de investigación.
- A todos mis familiares por su apoyo y por la paciencia que tuvieron.
- A todos las personas que en forma directa e indirecta hicieron posible el termino del presente trabajo de tesis.

ÍNDICE

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	11
II. REVISIÓN DE LITERATURA	13
2.1 Origen del cacao clon CCN-51.....	13
2.2 Clima recomendable	13
2.3 Clasificación taxonómica.....	14
2.4 Tipos genéticos del cacao.....	14
2.5 Clones mejoradas de cacao.....	15
2.6 El clon (CCN-51).....	16
2.7 Actividades de poscosecha y beneficio del cacao	20
2.8 Calidad de grano.....	37
2.9 Control de calidad	39
III. MATERIALES Y MÉTODOS	47
3.1 Lugar de ejecución.....	47
3.2 Componentes en estudio	47
3.3 Tratamientos	48
3.4 Análisis estadístico.....	48
3.5 Materiales equipos y reactivos	49
3.6 Métodos de análisis.....	50

3.7	Ejecución del experimento	51
3.8	Parámetros a evaluar y metodología.....	56
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	61
4.1	Evaluación durante el proceso de fermento	61
4.2	Calidad fisicoquímica y organoléptica de los granos de cacao	65
4.3	Evaluación organoléptica del licor de cacao	81
V.	CONCLUSIONES	89
VI.	RECOMENDACIONES.....	91
VII.	RESUMEN.....	92
VIII.	BIBLIOGRAFIA.....	94
IX.	ANEXO	99

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1.	Principales características de los granos del cultivar CC N51 en una huerta bien manejada en el sistema de alta densidad.	17
2.	Análisis fisicoquímico comparativo de muestras de cacao CCN 51 y Nacional.....	18
3.	Composición fisicoquímica del cotiledón de cuatro variedades de cacao.....	19
4.	Análisis fisicoquímico del grano seco y licor de cacao.	19
5.	Comparación de medias para el pH y acidez en el cotiledón de granos de cacao porcelana fermentados en dos frecuencias de remoción.....	20
6.	Sinopsis del proceso de fermentación.....	26
7.	Diferencias entre un grano fermentado y no fermentado.	31
8.	Equilibrio del porcentaje de humedad de granos de cacao, en función a la humedad ambiental.....	34
9.	Características de calidad del cacao en grano.....	40
10.	Parámetros de calidad de los granos de cacao exigidos por la Unión Europea.	42
11.	Clasificación de granos de cacao.....	42

12.	Análisis de Varianza para determinar el efecto del tiempo de escurrimiento en los días de fermentación para mejorar la calidad del cacao variedad CCN 51.	49
13.	Variación de la temperatura de la masa de cacao durante el proceso de fermentación evaluada dentro del secador solar (tipo túnel)	62
14.	Propiedades fisicoquímicas de los granos de cacao no fermentados y fermentados.....	65
15.	Análisis de variancia de pH del cotiledón de cacao al inicio de fermento en el cajón fermentador y término de fermentación y al final del secado.	67
16.	Resultados de comparación de medias según Tuckey para el pH del cotiledón de cacao al inicio de fermentación, término de fermentación y final del secado.....	68
17.	Análisis de variancia de la acidez del cotiledón de cacao al inicio del fermentado en el cajón fermentador y término de fermentación y al final del secado.	71
18.	Resultados de comparación de medias de Tuckey ($\alpha= 0,05$) para la acidez del cotiledón de cacao al inicio de fermentación en el cajón fermentador y termino de fermentación y al final del secado.....	72
19.	Resultados de comparación de medias según Tuckey ($\alpha= 0.05$) para la humedad del grano de cacao seco	73

20.	Característica física y organoléptica de los granos de cacao fermentados a diferente tiempo de escurrimiento del mucílago.	75
21.	Defectos físicos en porcentaje de los granos de cacao fermentados a diferente tiempo de escurrimiento del mucílago.	78
22.	Resultados de comparación de medias de Tuckey ($\alpha= 0,05$) para el atributo de sabor a cacao, acidez, astringencia y amargor de licor de cacao.	83
23.	Análisis de variancia de las características organolépticas del sabor afrutado y nuez del licor de cacao.	85
24.	Resultados de comparación de medias de Tuckey ($\alpha= 0,05$) para el sabor afrutado y nuez del licor de cacao.	87
25.	Formato para la evaluación físico de los granos de cacao fermentados y secos- elaborado por PRONATEC versión 004-25.02.2009.	100
26.	Formato para la evaluación sensorial del licor de cacao- APPCACAO.	101
27.	Medida de la temperatura en el centro de la masa de cacao dentro del secador (tipo túnel) por tiempo de fermentado.	102
28.	Medida de la temperatura en el centro de la masa de cacao dentro del secador (tipo túnel) por tiempo de fermentado.	103
29.	Medida de la temperatura en el centro de la masa de cacao dentro del secador (tipo túnel) por tiempo de fermentado.	104

30.	Medida de la temperatura en el centro de la masa de cacao dentro del secador (tipo túnel) por tiempo de fermentado.....	105
31.	Análisis de variancia de la humedad del grano de cacao seco.....	106
32.	Características organolépticas del licor de cacao en granos con diferente hora de escurrimiento del mucílago.....	106
33.	Análisis de variancia del panel catador sobre las características organolépticas de los atributos de sabor a cacao, acidez, astringencia, y amargor de licor de cacao.....	107
34.	Resultados de comparación de medias de Tuckey ($\alpha= 0,05$) del panel catador sobre los atributos de sabor a cacao, acidez, astringencia, y amargor de licor de cacao.....	107
35.	Análisis de Variancia de las características organolépticas como; sabor a cacao, acidez, astringencia y amargor.....	108
36.	Análisis de variancia de las características organolépticas para el atributo de sabor a frutal, y nuez de licor de cacao.....	108
37.	Prueba de comparación de medias de Tuckey ($\alpha= 0.05$) para el sabor a frutal, y nuez de licor de cacao.....	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pág.
1.	Variación de la temperatura de la masa de cacao durante el proceso de fermentación en el cajón fermentador.	63
2.	Variación del pH del cotiledón de grano de cacao fermentado y no fermentado.	66
3.	Variación de la acidez del cotiledón de grano de cacao fermentado y no fermentado.	70
4.	Porcentaje de granos germinados, moderadamente violetas, violetas y granos fermentados según tiempo de escurrimiento del mucílago de cacao.	81
5.	Evaluación sensorial del licor de cacao de sabores básicos y características de los tratamientos en estudio.....	88

I. INTRODUCCIÓN

La producción de calidad del grano de cacao presenta grandes limitaciones por falta de conocimientos del manejo de poscosecha, originando un mal manejo de la cosecha y beneficio en el cultivo, aunada a la carencia de difusión recursos genéticos con mejores bondades organolépticos por parte de las instituciones o industrias; sin embargo, estas últimas exigen obtener un producto de buena calidad que satisfaga los requerimientos exigidos por los compradores. Por ello la fermentación juega un papel decisivo sobre la calidad porque es donde se desarrollan las principales sustancias precursoras de sabor y aroma del chocolate. Observándose que anualmente hay un mayor incremento de áreas del cultivo de cacao con características de precocidad, buena productividad, tolerancia a las principales enfermedades y que luego de una adecuada fermentación y procesamiento se puede obtener chocolate de alta calidad. En Tingo María aproximadamente un 70% del área sembrada de cacao corresponde al cultivar CCN 51; y, el 30% restante a otras variedades.

Dada la importancia de este cultivar, cuyos frutos ocuparán en un futuro muy cercano un volumen considerable como materia prima en la fabricación de chocolate a nivel mundial, será indispensable saber manejar la fase de fermentación para reducir la acidez del grano y obtener un producto de alta calidad, pero el cultivar CCN 51 almacena un buen contenido de agua con respecto a otros clones y esto dificulta en el proceso de fermentación y posiblemente disminuye en la calidad de los granos. El presente proyecto se realiza con el propósito de probar la hipótesis de que el escurrimiento del

mucílago mejorara la calidad sensorial de los granos de cacao CCN 51 en el proceso de fermentación.

Objetivo general:

Determinar el efecto del tiempo de escurrimiento del mucílago en la fermentación, calidad física y organoléptica del cacao clon CCN 51 (*Theobroma cacao* L.).

Objetivos específicos:

1. Evaluar el proceso de fermento.
2. Determinar las características físicas, químicas y organolépticas de los granos secos de cacao fermentados.
3. Determinar la evaluación organoléptica del licor de cacao.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen del cacao clon CCN-51

El clon CCN-51 fue seleccionado y estudiado por Homero Castro, hace más de 30 años. Este científico investigaba la población de cacao en nuestro alto Amazonas, coleccionando material genético para usarlos en programas de cruzamiento con variedades Trinitarias y otros cultivares, buscando un clon de alta calidad y gran productividad resistente a las enfermedades que más afectan al cacao: "Escoba de Bruja", "Monilia" y *Ceratocystis* (Mal del Machete). Fue así como después de muchos ensayos Castro obtuvo este Clon, instalándose en 1965 en la zona de Naranjal en la Hacienda "Sofía" dándole el nombre Colección Castro Naranjal 51 (CCN-51) (CRESPO DEL CAMPO, 1997).

2.2 Clima recomendable

Según CRESPO DEL CAMPO (1997), se necesita clima caliente y húmedo con temperaturas promedio anual 23° a 26°C, precipitación anual entre 1500 a 2500mm con un mínimo mensual entre 100 a 120mm en caso necesario se podrá reemplazar con riego por gravedad, gran cañón nebulizado, goteo, micro aspersión o subfoliar. Se puede cultivar en altitudes que varían desde el nivel del mar hasta los 1200 m.

Es muy importante tener en cuenta que cuando la temperatura baja a menos de 22°C casi no hay floración, mientras que entre los promedios superiores a 25°C la formación de flores es abundante lo cual significa también

abundancia de mazorcas. La mazorca del CCN 51 tarda aproximadamente 140 días en madurar en los meses calurosos, mientras que en los meses más frescos se demoran en hacerlo aproximadamente 160 días. CRESPO DEL CAMPO (1997)

2.3 Clasificación taxonómica

IICA (2006), manifiesta que el cacao pertenece a:

Clase	:	Dicotiledónea
Orden	:	Málvales
Familia	:	Esterculiáceas.
Género	:	Theobroma
Especie	:	<i>Theobroma cacao</i>
Nombre Científico	:	<i>Theobroma cacao</i> L.
Origen	:	Trópicos húmedos de América y Noreste de América del Sur, Amazónica. Por ser cauliflora produce sus frutos en tallo y ramas.

2.4 Tipos genéticos del cacao

ADRIAZOLA (2003) y CUEVA (2007), indican que considerando las características cualitativas y cuantitativas se han definido tres tipos de cacao:

2.4.1 Criollos

Estas plantas se caracterizan por ser de tamaño pequeño a mediano, de copa cerrada, hojas pequeñas y gruesas. Tienen frutos ovalados con 10 surcos primarios claramente separados, con pericarpio rugoso, delgado

o grueso. Tienen los cotiledones de color blancos o ligeramente pigmentados y son muy sensibles a las enfermedades.

2.4.2 Forasteros

También llamados amazónicos, los árboles son vigorosos con hojas pequeñas y grandes. Los frutos son amelonados de superficie lisa o con surcos apenas separados de color verde blanquecino, el cotiledón es morado y es más tolerante a las enfermedades.

2.4.3 Trinitarios

Tienen características de tipo criollo y forastero como resultado de su cruce natural. Los frutos tienen formas amelonados, cundeamor, angoleta, calabocillo, criollo y pentágona.

2.5 Clones mejorados de cacao

En el banco de germoplasma de cacao de la Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María existen alrededor de 159 clones, los que están distribuidos en 3 colecciones: internacional (48 clones), Huallaga (63 clones) y Ucayali – Urubamba (48 clones).

Los clones son: ICS – 39; UF – 676; ICS – 60; CCN– 51 e ICS – 6 de la colección internacional. Los clones H – 54; H – 56 Y H – 34 de la colección Huallaga y, los clones U – 48; U -12 Y U – 60 de la colección Ucayali – Urubamba (MINAG, 2000).

2.6 El clon CCN-51

2.6.1 Identificación

GARCIA (2007), indica lo siguiente:

Color del fruto inmaduro:	rojo
Tamaño del fruto:	grande
Forma del fruto:	elíptico
Forma del ápice del fruto:	obtuso
Rugosidad del fruto:	fuertemente rugoso
Constricción basal del fruto:	medio
Grosor de la cascara del fruto:	intermedia
Disposición de un par de lomos:	pareados
Profundidad de surcos:	profundo
Número de óvulos por ovario:	57
Número de semillas por fruto:	35-55
Tamaño de la semilla:	mediana
Forma de semilla en sección longitudinal:	elíptica
Forma de semilla en sección transversal:	intermedia
Color de cotiledones:	morado
Compatibilidad:	autocompatible

Se han realizado en varios laboratorios nacionales y extranjeros, diversos análisis del grano de cacao del CCN 51, comparándolo inclusive con el cacao de las huertas tradicionales, con excelentes resultados, a tal punto, que por su buena calidad se paga por este grano un sobreprecio del orden del 15% sobre el precio del mercado. En el Cuadro 1 se presenta las principales características promedios de las almendras del CCN 51, según CRESPO DEL CAMPO (1997)

Cuadro 1. Principales características de los granos del cultivar CCN51 en una huerta bien manejada en el sistema de alta densidad.

Característica	Contenido
Peso de 100 granos secos.	154 g.
Porcentaje de grasa.	52%
Porcentaje de cáscara.	15%
Porcentaje de proteína.	12%
Índice de mazorcas.	15 u/kg de grano seco
Promedio de mazorcas sanas cosechadas al año por árbol adulto.	20 a 30 ó según la densidad de siembra
Promedio de cacao seco por árbol al año.	1,36 a 1.81 kg

Fuente: CRESPO DEL CAMPO (1997).

Según CRESPO DEL CAMPO (1997), el Ing. químico Freddy Alvear, profesor de la Escuela Politécnica del Litoral y con experiencia en análisis de granos de cacao y sus derivados, realizó en el año 1993 un análisis comparativo entre granos de cacao fermentados del CCN 51 y del obtenido en una de las huertas tradicionales con árboles del tipo Nacional. En el Cuadro 2, presentan los resultados de dicho estudio.

Cuadro 2. Análisis fisicoquímico comparativo de muestras de cacao CCN 51 y Nacional.

Parámetro	Cacao CC N51	Cacao Nacional
Peso de 100 granos	154,25 g	123,13 g
Clasificación x tamaño	19,28% grande	6,06% grande
	53,59% mediano	40,02% mediano
	26,78% pequeño	52,25% pequeño
Impurezas	0,35%	0,77%
Manteca	51,39%	52,44%
Humedad	7,91%	8,44%
Cenizas	4,18%	3,62%
Cascara	15,36%	15,07%
Proteínas	11,9%	11,7%
pH	4,50%	4,00
Nº de mazorcas por libra de cacao	7	10
Prueba de tostado a 5' 10' 15' 20' y 25'	Homogénea	Homogénea
Test organoléptico		
Color, olor y sabor	Normal	Normal

Fuente: CRESPO DEL CAMPO (1997).

2.6.2 Composición fisicoquímica

La ASOCIACIÓN NATURLAND (2000), indica que los granos frescos del cacao se encuentran en una pulpa blanca de sabor dulce aromático que representa 15 a 20% del peso fresco. La pulpa consiste en un 80% de agua, 10 a 15% de glucosa y fructosa así como de 0,5% de ácidos no volátiles principalmente ácido cítrico, y de pectina; tiene un pH de 3,5. Las semillas tienen un fuerte sabor amargo que se debe a la antocianina, una sustancia de color violeta oscuro. El Cuadro 3, indica la composición fisicoquímica del cotiledón de las tres variedades de cacao.

Cuadro 3. Composición fisicoquímica del cotiledón de cuatro variedades de cacao.

Variables (%)	Tipos			
	Criollo	Forastero	Trinitario	CCN 51
Humedad	36,36	36,87	35,86	7,91
pH	6,39	6,36	6,35	4,5
Acidez total	0,31	0,31	0,35	
Taninos	0,68	0,80	0,72	
Azúcares reductores	3,02	3,24	2,90	
Azúcares totales	8,05	8,07	7,62	
Proteínas	13,88	13,59	13,97	12
Cenizas	3,67	3,59	3,63	4,18
Grasa	50,99	49,52	52,24	52

Fuente: GRAZIANI DE FARIÑAS *et al.*, (2003)

El Cuadro 4, indica la composición fisicoquímica del grano y licor de cacao.

Cuadro 4. Análisis fisicoquímico del grano seco y licor de cacao.

Variables	Grano	Licor
pH	5,91	5,39
Grasa (%)	48,58	54,24
Cenizas totales (%)	3,27	3,37
Sólidos totales (%)	42,92	46,14
Fibra cruda (%)	4,3	3,67
Proteína (%)	12,25	13,07
Humedad (%)	8,5	1,67
Theobromina	0,8 - 1,4	0,71 - 1,5

Fuente: ADRIAZOLA (2003).

El Cuadro 5, muestra los resultados obtenidos para las variables pH y acidez en el cotiledón en función de la frecuencia de remoción. El estudio reveló que los valores más altos de pH se alcanzaron con una frecuencia de remoción de 24 horas y la acidez cuando las remociones se hicieron cada 12 horas (0,95%). Comprobaron que valores bajos de pH (4,5) en los cotiledones disminuyen el potencial aromático en el cacao, en tanto que valores alrededor de 5.0 a 5.5 conducen a un incremento del potencial, por lo que remociones de 24 horas favorecen el incremento del Ph (PORTILLO *et al.* 2007).

Cuadro 5. Comparación de medias para el pH y acidez en el cotiledón de granos de cacao porcelana fermentados en dos frecuencias de remoción.

Frecuencia de remoción (horas)	pH	Acidez (% Ácido cítrico)
12	5,43 ^b	0,95 ^a
24	5,53 ^a	0,81 ^b

Fuente: (PORTILLO *et al.* 2007).

2.7 Actividades de poscosecha y beneficio del cacao

2.7.1 Cosecha o recolección

La recolección o cosecha se hace cuando el fruto o mazorca se encuentra en buenas condiciones de madurez. Este estado se reconoce por el cambio de color que se opera en la superficie; pues el CCN 51 del color rojo se toma a un amarillo anaranjado fuerte (CRESPO DEL CAMPO, 1997).

No deben recolectarse frutos verdes, verdes amarillentos y sobre maduros, por que influyen desfavorablemente sobre la fermentación y proporcionan un porcentaje elevado de almendras violetas y pizarrosas, además disminuye el rendimiento de los granos en peso y en calidad (PAREDES, 2000).

Al cosechar los frutos se retiran del árbol con herramientas bien afiladas, cortando el pedúnculo por la mitad para evitar la destrucción del cojín floral. La parte del pedúnculo que queda adherida al árbol se seca y se desprende pocos días después sin dejar ninguna cicatriz. Es muy importante evitar la práctica de cosechar tirando fuertemente con la mano para desprender el pedúnculo, pues esta práctica produce desgarraduras de la parte del cojín donde se encuentra la mazorca. Como las zonas desgarradas no son recuperadas se van perdiendo poco a poco las zonas de producción, llegando en algunos casos a volver antieconómica la explotación (PAREDES, 2000).

Las características organolépticas pueden ser mejoradas a través de un correcto proceso de beneficio, pues éste contribuye a generar los procesos físico químicos encargados de originar los compuestos precursores del aroma y el sabor del chocolate, atributos sobresalientes en relación con la calidad de la materia prima (FEDERACIÓN NACIONAL DE CACAOTEROS, 2004).

2.7.2 Quiebra

Consiste en partir la mazorca empleando un machete o un mazo en forma perpendicular a su mayor diámetro o destrozándola mecánicamente con maquina especial para extraer los granos de la placenta en forma manual CORPOICA (2006).

La ASOCIACIÓN NATURLAND (2000), RAMOS (2006) y PAREDES (2000), indican que la quiebra consiste en partir los frutos y extraer los granos, evitando dañar las almendras, Por su parte INDECOPI (2008), indica que la placenta, tripa o maguey debe quedar adherida a la mazorca.

La separación de los granos se realiza con la mano, deslizándolo a lo largo de la placenta. Las herramientas más utilizadas en las labores de cosecha son: navajas, machetes, cuchillos y tijeras podadoras. Lo más recomendable es cosechar cada semana, máximo cada 15 días, con el fin de obtener frutos con más o menos igual grado de madurez. Esto facilita la uniformidad en la fermentación (CRESPO DEL CAMPO, 1997).

El lavado, se llama así al proceso que recibe este tipo de cacao, el cual se fermenta durante tres días, se lava y se seca al sol en patios de cemento (GONZALEZ, 2005).

2.7.3 Fermentación

Durante la fermentación la temperatura en la masa de almendras puede subir hasta 50°C aproximadamente. Cuando la temperatura llega a 45°C, los embriones de la semilla mueren, y ese momento marca el inicio de los cambios bioquímicos que luego darán el sabor y el aroma a chocolate (APPCACAO, 2005).

PAREDES (2000), indica que es un proceso bioquímico interno y externo de la semilla, en la que ocurren cambios notables en su estructura:

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

Durante la fermentación los azúcares que contienen la semilla son transformados a alcohol por las levaduras, este a su vez es convertido en ácido acético por las bacteria acéticas.

Los estudios realizados sobre la fermentación de los granos de cacao del CCN 51 indican que el principal factor determinante del buen éxito de este proceso está en el tiempo empleado en producir la muerte de las

almendras. Cuanto más rápido se produzca la muerte de los embriones, más rápidamente también tendrán lugar las reacciones enzimáticas capaces de producir las transformaciones bioquímicas (CRESPO DEL CAMPO, 1997).

Durante la fermentación, se produce ácido acético que se infiltra en los cotiledones y reduce el pH de 6,4 a 4,5. A temperaturas mayores de 45°C, esta acidificación desintegra los compartimientos de la célula y su eventual muerte. También activa una digestión proteolítica, produciendo aminoácidos y oligopéptidos, precursores esenciales del aroma. El sabor final es, por lo tanto, influido directamente por el proceso de acidificación (ROHSIUS *et al.*, 2006).

El porcentaje de granos fermentados se incrementa a medida que aumenta el tiempo de fermentado. Durante la fermentación y el secado se forman compuestos que durante el tostado reaccionan y dan origen al sabor y aroma característico del cacao. La fermentación está afectada por el origen genético del cacao, intervalos entre cosechas, cantidad de cacao a fermentar, cantidad de pulpa en la semilla, el método de fermentación y las condiciones del medio donde se realiza el proceso (PORTILLO *et al.*, 2005).

Tanto en la fermentación como en el secado, la enzima oxidasa polifenólica promueve la oxidación Browiana, responsable del color marrón característico del chocolate (NATIVIDAD *et al.*, 2007).

La fermentación alcohólica termina cuando aumenta la concentración de alcohol (alrededor del 12%), cuando se consumen o transformen todos los azúcares que tiene el mucílago, y cuando entra oxígeno a la masa y sube el pH; provocando la muerte de las levaduras (CONACADO, 2002).

Las sustancias precursoras del aroma a chocolate se forman desde el momento que mueren los cotiledones, al tiempo que se produce la rápida transformación de las antocianinas. Sólo ellas son capaces de dar al cacao durante su torrefacción el sabor y aroma característico al chocolate (PORTILLO *et al.*, 2006).

Por su parte INDECOPI (2008), indica que el proceso bioquímico facilita el secado, el desprendimiento de la cáscara y permite la conservación o almacenamiento prolongado.

El proceso de fermentación llega a su fin cuando la temperatura de la masa fermentada baja. Para determinar el momento exacto de la interrupción de la fermentación, junto con la baja de temperatura a 40° C. se realiza una prueba de corte. Cuando se observe un 75% de granos fermentados, se interrumpirá la fermentación para evitar que se inicie la putrefacción (ASOCIACIÓN NATURLAND, 2000).

En el Cuadro 6 se presenta la sinopsis del proceso de fermentación.

Cuadro 6. Sinopsis del proceso de fermentación

Tiempo de fermentado		
1^{er} día	3^{er} - 4^{to} día	5^{to} - 7^{mo} día
- Pulpa muy ácida (pH 3,5)	- Masa fermentante está ácida (pH 4,5)	- Masa fermentante está acidulada (pH 5,5)
- Masa fermentante de color blanco	- Masa fermentante de color café claro	- Masa fermentante de color café
- pH 6,5 del interior de la semilla	- pH 4,5 del interior de la Semilla	- pH 5,5 del interior de la semilla
- Interior de la semilla de color violeta	- Interior de la semilla de color violeta, sus bordes de color café	- Interior de la semilla color café
- No hay desarrollo de calor	- Aumento de temperatura de la masa fermentante a 45 - 50°C	- Temperatura de la masa fermentada se reduce a 40°C
- Olor agridulce, aromático	- Fuerte olor a ácido acético	- El olor a ácido acético es menos fuerte

Fuente: ASOCIACIÓN NATURLAND (2000).

Según RODRIGUEZ (2006); la fermentación del cacao comprende dos fases:

2.7.3.1 Fase de fermentación externa (microbiana) o hidrólisis

Tan pronto los granos del cacao son extraídos de la mazorca, se van contaminando con numerosos microorganismos por el simple contacto con las manos e implementos y temperatura, etc. De esos microorganismos, las levaduras toman un rápido incremento debido al bajo contenido de oxígeno de la masa, del pH ácido y del alto contenido de azúcares de la pulpa, esta población alcanza un desarrollo máximo, declinando después de 24 horas.

Las levaduras inician lo conocido como "fermentación alcohólica" donde ellas transforman los azúcares en alcohol etílico, siendo ello su función principal, ocurre desprendimiento de anhídrido carbónico y metabolizan el ácido cítrico, elevándose el pH y la temperatura, hasta aquí han transcurrido unas 24 a 36 horas, llegando al término la "fermentación alcohólica" pasa a ser sustituida por la "fermentación acética".

Debido a las altas temperaturas, el pH elevado y las condiciones anaeróbicas, empiezan a desarrollarse bacterias acéticas, iniciándose la "fermentación acética", ese ambiente de altas temperaturas y pH elevado no es favorable para las levaduras, por lo que al haber menor cantidad de levaduras habrá menor absorción de oxígeno por parte de ellas, esto unido a la ruptura de las células de la pulpa y por consiguiente la exudación proveniente de la pulpa, se crea un ambiente con una mejor aireación (Nosti 1963, calculó que de 100 Kg de cacao forastero comercial, se perdían 16 litros en la exudaciones). (RODRIGUEZ, 2006)

A mayor aireación se favorece el desarrollo de las bacterias acéticas, las cuales transforman por oxidación el alcohol a ácido acético, dichas bacterias llegan a la masa por medio de las moscas de las frutas, (*Drosophila melanogaster*), siendo huéspedes de la masa en fermentación, atraídas quizás por el olor a ácido acético o por el CO₂. La reacción de transformación del alcohol a ácido acético, la cual es exigente en una buena aireación, es exotérmica, se eleva la temperatura y cuando llega a 40-45 °C las bacterias se inactivan.

Al segundo día se produce la muerte del embrión, principalmente por la penetración del ácido acético en los tejidos de los cotiledones y por las altas temperaturas alcanzadas (44 a 50 °C), además ocurre el desprendimiento de la cutícula de los cotiledones, el color violeta se torna marrón, el color externo blanco o rosado se torna pardo-rojizo, aumenta el volumen del grano, la muerte del embrión está acompañada de un aumento en la permeabilidad de las paredes celulares lo que permite una interdifusión de los componentes del jugo celular, se inician las reacciones enzimáticas en los cotiledones, las cuales originan la desaparición de los pigmentos coloreados y el desdoblamiento de las moléculas de las sustancias proteínicas en moléculas más sencillas (aminoácidos) y que probablemente ocasionan el sabor y aroma característico de chocolate, ésta es considerada como la reacción esencial más importante de todo el proceso de la cura del cacao. El aroma es producido por un aceite esencial "cacaol", el cual se encuentra en pequeñas cantidades, 1 Tn de cacao en grano contiene \pm unos 25 cc de dicho aceite.

Después de día y medio empiezan a desaparecer los pigmentos de cianidina y a los 3 $\frac{1}{2}$ a 5 $\frac{1}{2}$ días desaparecen por completo, las leucocianidinas aumentan por 2 $\frac{1}{2}$ a 3 $\frac{1}{2}$ días para luego desaparecer como tales al combinarse con las proteínas. La epicatequina permanece inalterada en los primeros dos días y luego desaparece lentamente, todas estas reacciones necesitan ausencia de oxígeno, ya que si existe el oxígeno habrá síntesis de productos intermedios de oxidación polifenólica que destruyen las enzimas hidrolíticas.

Al tercer día se ha estabilizado el equilibrio entre las bacterias acéticas y las levaduras. Esta fase estrictamente anaeróbica, por lo que se conoce como la fase anaeróbica hidrolítica de la cura del cacao. La hidrólisis de los polifenoles del cacao por la enzima glicosidasa, ocurre a una temperatura de 45 °C y a un pH de 4,0-4,5.

Durante la fermentación se debe mantener una aireación adecuada, ya que si es escasa impediría la multiplicación de las levaduras y bacterias acéticas, lo que estaría acompañado de una reducción en la cantidad de ácido acético y del calor generado, por ser necesario el oxígeno para la producción del calor; si es muy excesiva la aireación ocurriría el desarrollo de mohos y también se impediría la formación del precursor del sabor. El equilibrio necesario de aireación se consigue compactando debidamente las almendras en el montón o caja, cuidando de que haya un buen drenaje de las exudaciones y evitando la pérdida de calor, para ello se debe cubrir con sacos, hojas de plátanos etc. El tiempo necesario para la muerte del embrión oscila entre los 2 a 5 días, ello dependerá de las condiciones en que se encuentren las almendras. (RODRIGUEZ, 2006)

Rohan menciona (1964), citado por PORTILLO *et al.* (2005), la duración de la fermentación se relaciona con la cantidad de pigmentos de color purpura presentes en los granos frescos y que cuanto más intenso es dicho color más larga debe ser la fermentación.

2.7.3.2 Fase Aeróbica o de condensación oxidativa

RODRIGUEZ (2006), indica que luego de una fase anaeróbica, en la cual se producen las reacciones de hidrólisis, sigue la fase aeróbica o de condensación oxidativa, la cual a veces se sobrepone a la primera, la fase aeróbica continúa aún durante el secado. Esta fase consiste esencialmente en la oxidación y condensación química de los compuestos polifenólicos en productos complejos insolubles que tienen poco o ningún sabor, es decir, ocurre una disminución de la astringencia; dicha fase continúa hasta que el contenido de humedad se reduce hasta el punto que impide que prosiga la actividad enzimática. Alrededor del 40% de la teobromina presente en los cotiledones frescos se pierde por difusión (de 1,3 a 0,8 g en 100 g en 6 días, Nosti, 1963) en los tejidos y migración a los tegumentos de los granos, cuyo contenido aumenta considerablemente (de 0,8 al 2,35%). Esta pérdida es en gran parte la responsable de la disminución del amargor de los granos bien fermentados.

Durante la cura del cacao se requiere de volteos de la masa, lo cual variará según sea el tipo de cacao, los objetivos de ésta práctica serían:

- Suprimir los hongos de la superficie de la masa (mohos).
- Aumentar la aireación, lo que ayuda a producir un producto uniforme, al favorecer el desarrollo de bacterias beneficiosas para la fermentación y fomentar los cambios que originan la muerte del embrión.
- Evitar que los granos ubicados hacia la superficie se sequen.

El Cuadro 7, muestra las diferencias entre un grano fermentado y no fermentado.

Cuadro 7. Diferencias entre un grano fermentado y no fermentado.

Grano fermentado y seco	Grano mal fermentado
Los granos son hinchados.	Grano con aspecto plano.
La apariencia externa de los granos es café o canela.	Los granos muestran un color amarillento
La cáscara se separa fácilmente	La cáscara es difícil de separar
Presenta grietas y estrías internas	Es compacta y lisa internamente
Al apretar entre los dedos se quiebra fácilmente.	Al apretar son difíciles de quebrarse.
Internamente el cotiledón es de color marrón chocolate.	Es de color blanco a violáceo.
Sabor ligeramente amargo.	Sabor astringente.
Aroma agradable.	Aroma desagradable.

Fuente: NATIVIDAD *et al.* (2007).

PAREDES (2000), indica que los métodos más usados para la fermentación en el Perú, tenemos la fermentación en costales, en rumas o montones y en cajones de madera.

2.7.3.3 Fermentación en costales

Para la fermentación del cacao en sacos de plástico o yute se colocan las almendras dentro de estos y se dejan en piso, algunos agricultores suelen colgarlos para que tengan mayor aireación, durante dos o tres días, al cabo de los cuales son extraídas para someterlas al proceso de secado. Este

método no es recomendable, porque las almendras presentan un elevado porcentaje de granos violáceos y pizarrosos (PAREDES, 2000).

2.7.3.4 Fermentación en rumas o montones

Es bastante simple, sobre el piso se dispone una capa de hojas de plátano, que sirve de base y facilita el drenaje del exudado. Las almendras son acondicionadas sobre estas hojas y forman pilas de tamaño variable. Una vez constituidas las rumas se cubren con hojas de plátano y sobre estas se colocan sacos de yute, para evitar la fuga de calor que dará muerte al embrión de las semillas. Estos momentos se resuelven periódicamente a las 48, 72, 96 horas; que es el tiempo necesario para obtener un cacao bien fermentado, por encima del 80%. En la Selva Alta peruana el periodo del proceso demora como promedio 5 días. (PAREDES, 2000)

2.7.3.5 Fermentación en cajones de madera

Se colocan las almendras frescas dentro de dichos recipientes que los contendrán durante 5 días. La masa del caco se nivela y se cubre con hojas de plátano y se superpone costales de yute o plástico, que permitirán mantener la humedad y conservar el calor desprendido por la fermentación alcohólica. La capa de granos frescos no debe superar los 70 cm, porque se compacta y se reduce la aireación de los granos, dificulta el volteo y resulta en una fermentación dispareja (PAREDES, 2000).

Experiencias de fermentación, como someter los granos frescos ha soleado y luego en horas de la tarde depositarlo en la caja de fermentación para continuar con el proceso de fermentación permite elevar la temperatura de la masa de cacao y acelerar la muerte del embrión de la semilla, que contribuye a elevar el porcentaje del número de almendras fermentadas (PAREDES, 2000).

Según RODRIGUEZ (2006), las dimensiones deben estar en función de la producción, 1.6 m de largo x 0.8 m de ancho x 0.8 m de alto que se obtiene un volumen de 0.72 m³, de una capacidad de 648 kg de grano húmedo que rinde 285 kg de grano seco. Está permitido realizar perforaciones de 5/8 pulgadas de diámetro en las paredes, la base de los cajones se conforman por tablas de 10 a 20 cm de ancho, dejando aberturas de 5 a 10 mm entre sí para permitir el drenado del exudado. Los fermentadores deben estar bajo techo.

2.7.4 Secado

Al final de la fermentación el contenido de humedad de los granos es alrededor de 55% y para poder ser almacenado con seguridad debe reducirse a límites de 7 u 8%. El proceso de secado no constituye una simple reducción de humedad sino que los cambios químicos continúan mientras el contenido de humedad desciende con lentitud hasta que se detienen por la falta de humedad o la inactivación de las enzimas por otros medios. Por este motivo el proceso no debe ser muy rápido durante los dos primeros días,

porque la alta temperatura puede inactivar las enzimas (PAREDES, 2000 y GAITAN, 2005).

Durante el secado, las reacciones internas que inciden sobre los polifenoles contenidos en los cotiledones, que se inicia con la fermentación prosiguen durante los primeros días de esta etapa (MINAG, 2004).

Según GAITAN (2005), indica que el secado de los granos de cacao debe ser gradual, para evitar la acidez de las almendras. Primer día 2 horas, segundo día de 2 a 3 horas, tercer día de 3 a 4 horas, cuarto día de 4 a 5 días y el quinto día exposición total. Se recomienda remover las almendras cada hora por lo menos utilizando implementos de madera.

El Cuadro 8, indica el equilibrio de los granos secos de cacao en función a la humedad del ambiente.

Cuadro 8. Equilibrio del porcentaje de humedad de granos de cacao, en función a la humedad ambiental

Humedad ambiental relativa	Contenido de humedad
75	7,3
80	7,7
85	8,7
90	11,6
95	15,5

Fuente: ASOCIACIÓN NATURLAND (2000).

Según RODRIGUEZ (2006), menciona que el cacao obtenido y llamado de sol, es aquel que se seca cuidadosamente con un buen tiempo atmosférico (temperatura que no pase de 50 °C), que se remueve constantemente, resultando de mejor calidad, de aroma más fino y de un color más bello y claro. Indica que el secado en patios de cemento se debe realizar de la siguiente manera:

- Primer día: Proporcionar pocas horas de sol (2 a 4 horas, máximo 4 horas) para evitar una desecación muy rápida; para ello el cacao se extiende en capas con un espesor de 8-12 cm si el tiempo es seco y caliente, de 5 a 7 cm si es húmedo con noches frías. Luego amontonar y cubrir, no dejarlo extendido y destapado durante la noche porque se enfría y adquiere un olor desagradable.
- Segundo día: Extender de nuevo las almendras, aumentando las horas de sol hasta 5-6 horas y se disminuye el espesor de la capa, se debe remover los granos con implementos de madera (palas, rastrillos) y al finalizar el tiempo se amontona de nuevo, tapándolo otra vez.
- Tercer día: Se proporciona sol todo el día y así hasta que esté bien seco, lo cual se debe completar en 7 a 10 días según las condiciones del medio ambiente.

Durante el secado se deben formar en los patios pequeños camellones con los granos, luego deben extenderse y rastrillarse con frecuencia para que todos los granos reciban una cantidad suficiente de sol y se sequen en forma uniforme. Además, se deben eliminar materias extrañas,

almendras inmaduras, defectuosas, adheridas unas a otras, pasillas, granos muy pequeños (RODRIGUEZ, 2006).

Según RODRIGUEZ (2006), y algunos autores señalan que tan pronto la humedad y el aire tienen acceso a los granos, comienza la germinación, iniciándose ciertas reacciones químicas, algunas de las cuales intervienen con la respiración. En mazorcas sobremaduras, la germinación de las semillas ocurre aun estando en el árbol la germinación cesa cuando la temperatura es mayor a los 35 °C.

2.7.5 Almacenamiento

Si no es realizado el almacenamiento del cacao en perfectas condiciones todo el esfuerzo realizado en obtener un producto de calidad puede echarse a perder. Terminado el secado se envasan en costales de yute y si todavía está caliente se deja enfriar. El ambiente donde se va a almacenar debe estar exento de olores extraños, como los provenientes de pesticidas, combustible alimentos con olores penetrantes, etc. se debe evitar rotundamente la contaminación por humo.

El cacao es altamente higroscópico, es decir absorbe la humedad con suma rapidez. Si se almacenan almendras con menos de 8% de humedad, pueden mantenerse en buen estado por unos cinco meses, en medios menores de 75% de humedad relativa. Cuando la almendra seca es almacenada en ambientes con 95% de humedad relativa en 10 días puede superar el 15 % de

humedad. Como en la selva alta se tiene la humedad relativa por encima del 90% es necesario secar las almendras cada cierto tiempo para evitar la infestación de mohos (PAREDES, 2000).

Los sacos deben apilar sobre tarimas de madera dejando un espacio de separación de 10 cm. desde el piso de hormigón. Pueden apilarse hasta una altura manejable pero dejando como mínimo un metro de separación entre los últimos sacos y el techo. Las pilas de sacos deben mantenerse separadas de los muros exteriores a una distancia mínima de 45 cm y separadas 2 m de las puertas (CRESPO DEL CAMPO, 1997).

2.8 Calidad de grano

La calidad de granos de cacao, está en función al proceso de cada una de las etapas del beneficio; si estas son buenas se obtendrá un cacao rico en materias grasas y libre de granos defectuosos, en consecuencia un cacao de calidad con excelente sabor y aroma chocolate enmarcado dentro de los requisitos exigidos por los mercados (AREVALO *et al.*, 2004).

El tipo de cacao, el método de fermentación utilizado, conjuntamente con el tiempo de fermentación, la frecuencia de remoción, secado y las condiciones atmosféricas de la zona determinan la calidad del cacao (PORTILLO *et al.*, 2005).

2.8.1 Factores condicionantes de la calidad del cacao

Según CROS (2000), indica los factores que condicionan la calidad del cacao, los cuales a continuación se describen:

2.8.1.1 Aroma del cacao

Generalmente el aroma del cacao está constituido por una fracción constitutiva presente en la almendra fresca, de una fracción desarrollada durante la fermentación y el secado y por último de una fracción formada durante el tostado (CROS, 2000).

2.8.1.2 Factores del desarrollo de aroma

Entre estos se pueden mencionar a la variedad que es difícil influenciarla sobre el aroma final, porque no se tratan nunca los cacaos en condiciones idénticas (fermentación, secado y tostado).

Otro factor es el tratamiento pos cosecha, se identificó la fracción volátil del grano fresco, cuyo mayor constituyente es el estireno, seguido por el dimetilformamida y por una baja cantidad de alcoholes, aldehídos y cetonas. La fermentación y el secado son precursores de compuestos no volátiles como azúcares reductores, ácidos aminos libres, compuestos fenólicos y purinas; como también de compuestos volátiles, los que incluyen alcoholes y ésteres en mayor cantidad (CROS, 1997).

Según PORTILLO *et al.* (2005), los compuestos volátiles como las pirazinas y los aldehídos representan un sabor básico, los ésteres que

originan un sabor a fruta. Así mismo el grado de astringencia del chocolate está determinado por los compuestos poli fenólicos y el amargor por las purinas: cafeína y teobromina. Finalmente el complejo poli péptidos-fenoles y pirazinas, intervienen en el sabor a miel y nuez

2.8.1.3 Tostado

El desarrollo del aroma del cacao de origen térmico es un fenómeno complejo que depende de los parámetros de tostadura, pero también de la composición química del grano (CROS, 1997).

Según NAZARUDDIN *et al.* (2005), la mejor temperatura en la torrefacción de los granos de cacao es de 150°C durante 30 minutos, la cual dio características en tasa como astringencia mínima, al mismo tiempo amargor mínimo y bajos sabores ácidos y quemados.

2.8.1.4 Genotipo

Es posible poner de relieve la influencia del cultivar al comparar las fracciones volátiles de los distintos cacaos (CROS, 1997).

2.9 Control de calidad

2.9.1 Análisis físico

Para realizar el análisis físico de los granos de cacao se deben tener en cuenta las siguientes características: color, olor, tamaño, humedad y

defectos. Según ITINTEC – Perú (2008), citado por INDECOPI 2008 muestra en el Cuadro 9 las características físicas de calidad que debe tener el cacao en grano.

Cuadro 9. Características de calidad del cacao en grano.

Características	Descripción
Color	Uniforme, de pardo claro a marrón oscuro
Olor	Exento de olores extraños como ahumado
Tamaño	Uniforme de los granos
Humedad, % máximo	7,5
Cáscara, % máximo	12
Impurezas visible, % máximo	2
Grano mohosos, % máximo	3 a 4
Granos germinados, % máximo	3 a 6
Granos picados, % máximo	3 a 6
Granos partidos, % máximo	3 a 6
Granos violáceos, % máximo	15

Fuente: INDECOPI. ITINTEC – Perú (2008).

2.9.2 Principales defectos en granos

INDECOPI (2008) y ADRIAZOLA (2003), indican los principales defectos físicos de los granos de cacao.

2.9.2.1 Grano mohoso

Grano de cacao en cuya parte interna el hongo es visible a simple vista.

2.9.2.2 Grano pizarroso

Grano de cacao que muestra un color pizarroso (grisáceo) en la mitad o más de la superficie expuesta en la prueba de corte.

2.9.2.3 Grano violáceo

Grano de cacao que insuficientemente fermentado, el mismo que, cuando se hace un corte longitudinal a través de su centro, presenta un color violáceo por lo menos en la mitad de su superficie

2.9.2.4 Grano dañado por insecto.

Grano de cacao que en la parte interna contiene insectos en cualquier estado de desarrollo, o que ha sido atacado por insectos que han causado en el daño visible a simple vista.

2.9.2.5 Grano germinado

Grano de cacao en el que la cascarilla ha sido agujereada, abierta o rota por la germinación de la semilla.

2.9.2.6 Grano pasilla

Grano de cacao en el que los dos cotiledones son tan delgados que no es posible obtener una superficie de cotiledón por corte.

2.9.2.7 Grano múltiple

Dos o más granos unidos íntimamente por una de sus caras con restos de mucílago.

2.9.2.8 Grano partido

Grano de cacao que ha perdido un fragmento, y en el que la parte perdida equivale a menos de la mitad del grano.

El mercado internacional toma como referencia los parámetros exigidos por la Unión Europea, como se muestra en el Cuadro 10

Cuadro 10. Parámetros de calidad de los granos de cacao exigidos por la Unión Europea.

Parámetros de calidad exigidos		
Descripción del grado	Grado I	Grado II
1. Calibre	100 g (máx)	100 g (máx)
2. Defectos	5% máx.	10% máx.
Granos atacados por insectos		
Granos enmohecidos		
Granos partidos		
Granos pasillas		
Granos dobles y múltiples		
Otros.		
3. Violáceos	15% máx.	20% máx.
4. Pizarrosos	5% máx.	10% máx.
5. Humedad	7% máx.	7% máx.
6. Acidez	1,5% máx.	1,5% máx.

Fuente: MINAG (2000).

Según ZARA (2010), la clasificación está basada en el tamaño de las almendras y la calidad (presencia o ausencia de defectos comerciales), así como se indica en el Cuadro 11 la clasificación de granos de cacao.

Cuadro 11. Clasificación de granos de cacao

Grado	Mohosos (%)	Pizarrosos (%)	Dañados por insectos, germinados o planos (%)
1	3	3	3
2	3	8	6

Fuente: NTP - ISO 2451 citado por ZARA (2010).

2.9.3 Métodos para determinar la calidad del cacao

Según INDECOPI (2008), la calidad del cacao está determinada principalmente por las características físicas del grano y de su sabor, Los métodos más utilizados para determinar la calidad del cacao en grano son los siguientes:

Degustación del sabor y color

Se comprueba sensorialmente el color, el olor y el tamaño del cacao en grano (INDECOPI, 2008).

Humedad

La forma práctica para determinar la humedad, es tomando algunos granos y presionándolos con las manos, si estos crujen significa que el cacao está suficientemente seco. Otra manera es con el uso del equipo medidor de humedad (MINAG, 2000).

Cáscara

Luego de pesar la muestra seca (tomada para humedad) se separa la cáscara y se pesa en el mismo cristizador. Se expresa en porcentaje (INDECOPI, 2008).

$$\text{Porcentaje de cáscara: } \% \text{ Cáscara} = (C/B) 100$$

Donde:

C = cáscara, g

B = muestra seca, g

Impurezas visibles

De la muestra de 1 kg para laboratorio, se separa las impurezas visibles: trozos de cáscara, piedras, ramas, insectos, larvas, tierra, etc. Del grano bueno, luego se pesa. Se expresa en porcentaje (INDECOPI, 2008).

Porcentaje de Impurezas visibles: $\% \text{ Impurezas} = (I/A) 100$

Donde:

I = Impurezas, (g)

A = muestra inicial, (g) (aproximadamente 1 kg)

Pruebas de corte para controlar la calidad

Además del porcentaje de granos fermentados que determinan la calidad física del grano, y esta se realiza a través de la NTP ISO 1114:2006 (prueba de corte). PORTILLO *et al.* (2005), indican que este porcentaje depende del sistema de fermentación y no de la cantidad del grano a fermentar.

NATIVIDAD *et al.* (2007), indica que la prueba de corte es la más importante para determinar la calidad comercial del cacao. Los granos cortados longitudinalmente que presentan una coloración total marrón a chocolate y el cotiledón agrietado indican una buena fermentación.

De la muestra sin impurezas se separa los granos mohosos externamente, granos germinados, granos picados por insectos y granos partidos. Para verificar cada uno de los defectos se cortan longitudinalmente

por su centro para exponer la superficie máxima de los cotiledones. Se examina las dos mitades de cada grano a plena luz del día y se clasifica de acuerdo a sus defectos. Se continúa el corte, con el resto de los granos para determinar los granos pizarrosos y granos violáceos. Cada uno de los defectos se expresa en forma porcentual (PROAMAZONIA, 2004).

$$\text{Defectos: \% Defectos} = (D/A)100$$

Dónde:

D = defectos (germinados, partidos, picados, pizarrosos, violáceos, mohosos)

A = muestra inicial, g (aproximadamente 1 kg).

Prueba de la densidad: granos fermentados y no fermentados

De la muestra de 500 g para laboratorio, se cuenta 100 granos y se coloca en un vaso de precipitación de 1 litro, luego se agrega agua, se agita con una espátula dejando por un minuto, al final del tiempo se vuelve a contar, por separado, los granos que flotan son los granos fermentados y los granos que no flotan son los granos no fermentado (INDECOPI, 2008).

2.9.4 Análisis sensorial

Es una técnica reproducible para identificar, cualificar y describir las características de un producto y determinar su calidad sensorial y organoléptica. Es una disciplina de los panelistas para medir, analizar e interpretar las reacciones de las características de los alimentos percibidos por

los órganos de los sentidos, para determinar el sabor y aroma (JIMENEZ, 2006).

ALVAREZ *et al.* (2007), indican 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. Sabores extraños ocasionados por mohos, el humo, la acidez y la astringencia son el resultado de los factores condicionantes de la calidad final de los granos durante la poscosecha.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de ejecución

El presente trabajo se realizó en el área de beneficio de la CAC."DIVISORIA" Ltda., situado en el Km. 4.4 carretera Tingo María – Pucallpa, en el Distrito de Luyando, provincia de Leoncio Prado, Región Huánuco, teniendo como apoyo y utilizando los ambientes y laboratorio de control de calidad para el análisis físico y análisis sensorial.

Los análisis fisicoquímicos del grano de cacao se realizaron en los laboratorios de: Análisis de Alimentos e Ingeniería de alimentos de la Facultad en Industrias Alimentarias; en el laboratorio de suelos de la facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. La evaluación sensorial se realizó en el laboratorio de control de calidad de APPCACAO.

Los granos de cacao fueron utilizados como materia prima, cosechados de la parcela del agricultor Gaudencio Cachique Sajamin, del sector La Cadena, Naranjillo carretera Tingo María – Pucallpa al margen derecho del río Huallaga, Socio de la Cooperativa Agraria Cafetalera Divisoria Ltda., cuyo fundo tiene Certificación Orgánica y de Comercio Justo.

3.2 Componentes en estudio

Escurrimiento del mucílago de grano de cacao CCN51.

Características organolépticas mediante el análisis sensorial (aroma, acidez, amargor, astringencia, frutal, floral), análisis fisicoquímico.

3.3 Tratamientos

Los tratamientos de estudio del escurrimiento, fueron:

T_0 = Cosecha no selectiva sin escurrimiento (testigo)

T_1 = Cosecha selectiva sin escurrimiento (testigo)

T_2 = Cosecha selectiva con 12 horas.

T_3 = Cosecha selectiva con 24 horas.

T_4 = Cosecha selectiva con 36 horas.

3.4 Análisis estadístico

Para el presente trabajo los tratamientos fueron distribuidos al azar, utilizando un diseño estadístico de Bloque completamente al azar para lo cual se empleó el siguiente modelo aditivo lineal.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij}	:	Observaciones
μ	:	Media poblacional.
T_i	:	Horas de Escurrimiento y sin escurrimiento (T_0, T_1, T_2, T_3, T_4)
B_j	:	Bloques (repeticiones 1, 2, 3, 4)
ε_{ij}	:	Error experimental.

Cuadro 12. Análisis de varianza para determinar el efecto del tiempo de escurrimiento en los días de fermentación para mejorar la calidad del cacao variedad CCN-51.

Fuente de variabilidad		G.L
Bloques	(k-1)	3
Horas de escurrimiento	(t-1)	4
Error experimental		12
Total	(kt-1)	19

El procesamiento de datos se realizó con el programa InfoStat; habiendo significación se realizó la prueba de comparación de medias según Tuckey ($\alpha=0.5$).y para los resultados de temperatura se procesaron con la desviación estándar.

3.5 Materiales equipos y reactivos

3.5.1 Materiales de campo

Tijera podadora, machete sin filo, baldes de plástico, costales de malla y polipropileno, bolsas plásticas, cajón fermentador de madera de dimensiones (0,70 x 0,70 x 140 m), con dos compartimientos contruidos de madera blanca o tornillo (*Cedrelinga catenaeformis*) con capacidad de 400 kg con mucílago, secador solar (tipo túnel), costal de yute, hojas limpias de plátano, paletas de madera, rastrillo de madera, navaja, plumón, lápices, cinta maskin tape y mantas de polipropileno.

3.5.2 Materiales de laboratorio

Termómetro (0 a 100°C), vasos de precipitación, matraz Erlenmeyer, agitador de vidrio, baldes de plástico, envases herméticos de vidrio, placas petri, probetas, buretas, pipetas, embudos, papel filtro, mortero, pilón, agua destilada, papel toalla y guillotina. Equipos como estufa con temperatura máxima de 250°C, selecta marca ALBUJAR MEDICA SAC; Cocina eléctrica, modelo de mesa, marca QUIMICS; Balanza de 4500 g de capacidad, modelo RADWAG PS, marca SORES; Potenciómetro con rango de pH de 0 - 14, Inolab Level 1, marca WTE; Tostadora de granos de cacao, modelo SWISSMAR, marca ALPENROST; Molino de granos de cacao, modelo GRINDOMIX GM 200 marca RETSCH. Reactivos como hidróxido de sodio al 0,1N e hidróxido al 50%; fenolftaleína al 0,1%.

3.6 Métodos de análisis

3.6.1 Medida de la temperatura de la masa de cacao en el cajón fermentador

La medida de la temperatura de la masa de cacao dentro del cajón fermentador, se realizó según la metodología de PORTILLO *et al.* (2005).

3.6.2 Análisis fisicoquímico de los granos secos

El análisis de físico-químico de los granos secos de cacao se realizó utilizando los métodos 942.15 AOAC (1995) para la acidez; y para el pH, se utilizó el método 970.21 AOAC (1995).

3.6.3 Análisis físico de granos fermentados

El análisis físico, consistió en obtener la humedad a través del medidor de humedad, respecto a la prueba de corte se aplicó el método de acuerdo a la NTP (INDECOPI, 2008).

3.6.4 Evaluación sensorial del licor de cacao

La evaluación sensorial del licor de cacao CCN51, se efectuó en el laboratorio de calidad en las instalaciones de APPCACAO, el cual estuvo a cargo por una integrante de la Red Nacional de Catadores de Cacao y Chocolates de la mencionada institución (APPCACAO, 2005).

3.7 Ejecución del experimento

3.7.1 Obtención de la materia prima

Las mazorcas de cacao fueron obtenidas del agricultor Gaudencio Cachique Sajamin, del sector La Cadena, Naranjillo carretera Tingo María – Pucallpa al margen derecho del río Huallaga, en la cual se siguió las buenas prácticas para la cosecha a excepción de la cosecha tradicional procediendo al beneficio del cacao, para ello se inició la labor de cosecha para el I bloque el 03 al 05 de junio y del 05 al 13 el proceso de fermentación; para el II bloque del 29 al 01 de julio y del 01 al 09 respectivamente; para el III bloque del 14 al 16 de julio y del 16 al 23 respectivamente y para el IV bloque del 11 al 13 de agosto y del 13 al 19 respectivamente, presentando una precipitación, humedad y temperatura para los meses de Junio 117,8; 84 y 19,7 a 29,1°C, para Julio 265,6; 86 y 19,3 a 29,4 °C y para Agosto 54,2; 84 y 20,3 a 30,3 °C respectivamente.

3.7.2 Cosecha tradicional

Esta labor consistió en cosechar las mazorcas de cacao con una tijera de podar, se utilizaron todas las mazorcas verdes, maduras, sobre maduras, enfermas y mazorcas que son provenientes de diferentes clones, debido a que el contenido de mucílago o baba y calidad de grano son distintos influyendo en el beneficio. Finalizada esta operación se procedió a la quiebra de las mazorcas.

3.7.3 Cosecha o recolección selectiva

Esta operación consistió en cosechar las mazorcas de variedad CCN 51 con una tijera de podar, preferentemente las que tuvieron buenas condiciones de madurez percibiendo su cambio de pigmentación, de rojo violáceo al anaranjado rojizo. Una vez cosechadas y amontonadas las mazorcas en un lugar estratégico de la finca, se efectuó la quiebra de las mazorcas.

3.7.4 Quiebra y desgrane de la mazorca

Esta operación consistió en partir los frutos seleccionados haciendo un corte en forma diagonal, utilizando un machete corto sin mucho filo, que facilitó la extracción de los granos y para evitar causar heridas en los granos, ya que pueden sufrir ataques de hongos y los granos que lleguen al final del proceso presentaran un aspecto defectuoso que alteraría la calidad del producto.

La extracción de granos consistió en retirar los granos con ayuda de la mano, de tal modo que la "placenta, tripa o maguey" quede adherida en la mazorca. Los granos extraídos fueron juntados en baldes de plástico limpios.

Después de retirar los granos se realizó la fermentación de los tratamientos en estudio; sin escurrimiento del mucílago y con escurrimiento del mucílago en costales de malla. Esta última se realizó sobre tarimas de madera a 12 horas, 24 horas y 36 horas antes de poner en los cajones fermentadores. Luego de esta operación los granos escurridos y no escurridos iniciaron el proceso de fermentación en los cajones fermentadores.

3.7.5 Fermentación

Para el proceso de fermentación se utilizaron masa de cacao (MC; granos y pulpa), cajones fermentadores de la CAC."DIVISORIA" Ltda. En los cuales se utilizaron costales de yute, hojas de plátano y paleta de madera esto a su vez fueron ubicados dentro de un secador solar (tipo túnel) cuya temperatura interna fue de 19.8 a 42.0 °C,

3.7.5.1 Fermentación sin escurrimiento del mucílago

Se realizaron en dos lotes de 100 kg de grano fresco con mucílago, los granos de las mazorcas de cacao fueron retiradas el mismo día recolectado; 100 kg para el T₀ (Cosecha no selectiva sin escurrimiento) donde se utilizaron todas las mazorcas verdes, maduras,

sobre maduras, enfermas y mazorcas que son provenientes de diferentes clones y 100 kg para el T₁ (Cosecha selectiva sin escurrimiento) utilizando solo mazorcas de cacao CCN 51 maduras y sanas (selecto). La masa de cacao (MC; granos y pulpa) fue colocada en los cajones fermentadores, en la cual se utilizó costales de yute y/o hojas de plátano para abrigar la masa después de los volteos a 48, 72, 96, 120, 144, y 168 horas de iniciado el proceso de fermentación y fueron removidos con una paleta de madera.

3.7.5.2 Fermentación con escurrimiento del mucílago

Se efectuaron en tres lotes de 100 kg de grano con mucílago, los granos de cacao CCN51 luego de ser retirada de la mazorca fueron escurridas a 12, 24 y 36 horas en costales de malla y sobre tarima de madera, correspondientes a los tratamientos T₂, T₃ y T₄ (Cosecha selectiva con escurrimiento) respectivamente, utilizando 100 kg de grano para cada uno.

Posteriormente la masa de cacao escurrida fue colocada en los cajones fermentadores para iniciar la fermentación, en la cual se utilizó costales de yute y/o hojas de plátano para abrigar la masa después de los volteos a 48, 72, 96, 120, 144, y 168 horas de iniciado el proceso de fermentación y fueron removidos con una paleta de madera, cabe indicar que todos los tratamientos fueron colocados al mismo tiempo en los cajones fermentadores.

Para la evaluación de la temperatura se realizó cada seis horas una vez iniciado el proceso de fermentación en los cajones fermentadores, con un termómetro digital tomando la lectura en la parte media del espesor de la masa y en los cuatro costados del cajón fermentador.

Antes del inicio del fermento en el cajón fermentador, término de fermento y secado se extrajo muestras de 0,5 kg con la finalidad de determinar el pH y acidez del cotiledón del cacao.

3.7.6 El secado

Esta operación consistió en reducir el porcentaje de humedad que contiene los granos fermentados desde 55 % aproximadamente a 7 % como máximo, limite considerando como óptimo para el almacenamiento y evitar la presencia de hongos (mohos).

El proceso de secado fue con exposición directa al sol en forma gradual, en mantadas sobre pisos de cemento (para mejorar la fermentación y disminuir el ácido acético de los granos).

Primer día: 3 horas al sol.

Segundo, tercer y cuarto día: 4-5 horas al sol.

Quinto día: todo el día.

Para la evaluación física y sensorial de los granos y licor de cacao, se extrajeron muestras de 2 kg para los cinco tratamientos, previa remoción de los granos secos.

3.8 Parámetros a evaluar y metodología

Los parámetros que se evaluaron durante y después del proceso de fermentación son:

3.8.1 Análisis físico químico

Acidez titulable. Método oficial 942.15 (AOAC, 1995). El contenido de ácidos se determinó por titulación para todos los tratamientos en estudio; granos de cacao al inicio de fermento, al término de fermento y al final del secado.

Para ello se pesó 25 g de cacao molido luego fue transferido a un vaso de precipitación de 500 ml añadiendo posteriormente 200 ml de agua destilada el cual hirvió durante 15 minutos agitándose periódicamente, se dejó enfriar y se filtró hacia un matraz volumétrico de 250 ml a través de papel filtro donde posteriormente se completó el volumen con agua destilada.

Del matraz volumétrico se obtuvo 50 ml en un vaso de precipitación donde se adicionó 3 gotas de fenolftaleína al 1.0%, luego se tituló con la solución estandarizada de NaOH 0.1N hasta obtener el viraje correspondiente (incolore a rosa) y se anotó el gasto. De acuerdo con la fórmula se obtuvo el porcentaje de acidez.

$$\% \text{ Acidez} = \frac{V \times N \times P_{me}}{W} \times 100$$

Dónde:

- V = gasto (ml) de la solución NaOH
- N = Normalidad de la solución de NaOH
- Pme = Peso miliequivalente gramo del ácido acético
- W = Peso de la muestra

pH. Para determinar el pH del grano de cacao se realizó a través del potenciómetro; donde se utilizaron granos de cacao al inicio de fermento en el cajón fermentador y término de fermento y al final del secado. Para ello se utilizó 10 g de cacao molido diluido con agua caliente y enrasado a un vaso de precipitación de 50 ml, luego se dejó enfriar para realizar la lectura con el potenciómetro.

3.8.2 Análisis del grano durante el proceso de fermentación

Porcentaje de índice de fermento. Se realizó la prueba de corte en 10 granos de cacao seleccionados al azar, los mismos que fueron partidos longitudinalmente con la ayuda de una navaja, con la finalidad de observar el interior del grano y se determinó un tipo de fermentado. Esto se realizó a partir de la primera remoción hasta culminar el proceso de fermentación de un 70 a 80%.

Medición de la temperatura. Se realizó la medición de la temperatura durante el proceso de fermentado, cada 6 horas del inicio al final del proceso de fermentación, teniendo una altura la masa de cacao de 50 cm.

3.8.3 Análisis físico de los granos fermentados secos

Para el análisis físico de los granos de cacao obtenido de los diferentes tratamientos, se tuvo en cuenta las siguientes características utilizando para ello la ficha de PRONATEC (2009) en el (Cuadro 25) basada en la NTP ISO 1111:2006 prueba de corte 2^{da} edición.

Granos fermentados secos, para cada muestra se analizó las siguientes características con 300 g.

Apariencia del grano. La determinación del tamaño, forma y color se realizó de manera visual.

Olor del grano. El olor de los granos de cacao fue percibido directamente a través del sentido del olfato; olor antes del corte (acidez, característica: típica o atípica) y olor después del corte.

Prueba de corte. Se utilizó 100 granos por cada corte y consistió en separar los granos con defectos: grano entero (insectos, partidos, pasilla, germinado y múltiples), grano cortado (blanquecinos, pizarrosos, parcialmente violetas, violetas y mohos) y peso de 100 granos.

Para determinar el porcentaje de granos fermentados, se descontaron los defectos (insectos, moho, partidos, granos pasilla, germinados, múltiples, Blanquecinos y pizarrosos) encontrados en 100 granos usados en la prueba de corte, los cuales representan el 100%. Los granos parcialmente violetas se consideraron como granos fermentados y no como defectos.

$\% \text{ de grano fermentado} = 100 - (\text{defecto en grano entero}) - (\text{defecto en grano cortado})$

Humedad. Para determinar la humedad se realizó a través del medidor de humedad de granos.

3.8.4 Obtención de licor de cacao

Para la obtención de licor o pasta de cacao a partir de los granos fermentados secos, se siguió la siguiente metodología.

Pesado. Se pesó 300 g de grano seco de cacao fermentado en una balanza gramera.

Tostado. El tostado de los granos se llevó a cabo a un tiempo aproximado de 12 minutos, hasta el tercer crack, para los cinco tratamientos del primer bloque y para el bloque II, III y IV se realizó con la estufa a 120°C por un tiempo de acuerdo al tostado del grano que oscilan de 25 minutos hasta los 38 minutos.

Descascarillado. Se enfriaron los granos hasta que se puedan ser descascarillados manualmente, obteniéndose el grano limpio o Nibs, los mismos que fueron pesados al igual que la cáscara para obtener el rendimiento.

Molido. La molienda del grano limpio se realizó a una velocidad de 5000 rpm/1' y luego a 10000 rpm/3'.

3.8.5 Evaluación sensorial del licor de cacao

La evaluación sensorial del licor de cacao siguió la metodología empleada por la Asociación Peruana de Productores de Cacao (APPCACAO), según ZAMORA, (2007).

La evaluación fue realizada por cinco panelistas altamente entrenados de la APPCACAO y el grupo de GLADYS RAMOS CARRANZA (Venezuela) donde se evaluaron los atributos: sabor a cacao, acidez, amargor, astringencia, floral, frutal, nuez, tierra, moho y otros sabores, en la escala hedónica de:

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

Fuente: citado por ZARA (APPCACAO, 2010).

Para el Análisis de Variancia del atributo a frutal y nuez se transformó los datos originales a $\sqrt{x + 0.5}$ para reducir el coeficiente de variabilidad.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Evaluación durante el proceso de fermentación

4.1.1 Medida de temperatura de la masa de cacao en el cajón fermentador

Para la evaluación de éste parámetro, se realizó la medida de temperatura de la masa de cacao en el centro medio de las mismas, las cuales fueron medidas cada 6 horas durante el proceso de fermentación.

El Cuadro 13 y Figura 1, nos muestran la temperatura media de la masa de cacao cada 6 horas durante el tiempo de fermentado, apreciando que al inicio del fermento (0 horas) los granos presentaron una temperatura promedio de $28,42 \pm 1,51$; $27,60 \pm 1,66$; $26,24 \pm 1,68$; $28,40 \pm 0,99$; $26,49 \pm 1,61^\circ\text{C}$ para los tratamientos T_0 , T_1 , T_2 , T_3 y T_4 respectivamente, con una variación de $0,99$ a $1,68^\circ\text{C}$. En la primera remoción de los granos realizado a las 48 horas después de inicio de fermentación, estos presentaron temperaturas de $40,67 \pm 1,33$; $36,53 \pm 3,46$; $38,86 \pm 2,16$; $40,70 \pm 2,83$; $41,71 \pm 2,13^\circ\text{C}$ para los tratamientos T_0 , T_1 , T_2 , T_3 y T_4 respectivamente, con una variación de $5,18^\circ\text{C}$ entre los tratamientos T_1 y T_4 ; estos a su vez tuvieron un incremento de temperatura que se manifestaron a las 66 y 72 horas, que superaron los 47°C , y posteriormente descendió por el proceso de remoción que se hicieron en las noches. Cabe indicar que durante el proceso de fermentación se alcanzó una temperatura máxima de 48°C indistintamente para los diferentes tratamientos. La fluctuación de temperatura permanece desde las 60 horas hasta la finalización del fermento. Asimismo, se puede observar que en el tratamiento

T₀ a las 60 horas superó los 45°C mientras que el tratamiento T₁ lo realiza a las 72 horas y los tratamientos T₂, T₃ y T₄ a las 66 horas para que exista muerte del embrión. En los diferentes tratamientos tuvo un máximo de 48°C no superó los 50°C tal como lo menciona (APPCACAO, 2005).

Cuadro 13. Variación de la temperatura de la masa de cacao durante el proceso de fermentación evaluada dentro del secador solar (tipo túnel)

Tiempo de fermentación	Temperatura de masa de cacao (°C)				
	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
0	28,42±1,51	27,60±1,66	26,24±1,68	28,40±0,99	26,49±1,61
6	28,77±1,75	27,70±1,91	26,70±1,55	29,43±1,43	28,85±1,18
12	29,78±2,76	27,73±2,48	27,72±1,15	30,67±1,02	30,88±0,84
18	32,66±4,71	28,77±2,14	30,43±1,04	32,11±0,46	32,99±1,42
24	35,10±3,98	31,55±4,17	32,77±0,27	33,61±0,93	34,73±1,82
30	36,33±2,93	31,29±2,19	33,67±1,17	34,63±1,59	35,69±1,95
36	37,45±2,44	32,86±4,07	34,08±1,49	35,33±1,92	36,76±1,58
42	39,72±2,57	34,29±3,24	36,08±1,18	36,44±2,59	39,41±1,76
48	40,67±1,33	36,53±3,46	38,86±2,16	40,70±2,83	41,71±2,13
54	43,57±1,79	37,82±1,66	37,51±0,38	38,66±0,30	38,88±1,60
60	46,77±1,84	40,18±3,86	42,49±2,38	41,32±2,50	41,80±2,11
66	47,79±1,36	44,68±4,44	46,54±2,41	46,09±1,93	46,45±2,38
72	46,64±1,44	47,35±0,63	47,36±0,41	47,08±0,65	47,14±0,88
78	43,35±1,81	39,59±1,62	39,98±0,45	39,80±0,71	40,50±1,06
84	45,13±1,83	44,18±3,85	44,07±4,00	45,10±2,37	44,20±3,29
90	47,99±0,89	47,60±1,66	46,93±3,26	47,84±0,74	47,79±2,98
96	47,43±2,63	47,02±1,94	46,55±1,07	46,27±2,29	47,69±0,65
102	42,36±2,80	41,15±1,80	42,04±1,13	41,46±1,61	42,85±1,96
108	43,05±2,68	43,79±1,61	45,94±1,73	45,37±2,28	44,95±2,70
114	46,36±2,72	47,28±1,51	48,72±0,84	48,95±0,83	47,92±0,85
120	47,51±1,38	47,92±0,99	48,03±0,29	48,37±0,20	47,47±1,71
126	43,58±0,40	42,18±2,93	42,28±1,52	42,05±1,72	42,30±0,73
132	45,60±1,81	42,82±5,17	43,66±3,80	44,56±2,88	44,51±2,89
138	45,93±1,00	42,92±4,63	44,43±3,52	47,18±1,69	44,52±0,00
144	46,68±0,00	44,04±4,91	46,53±2,38	47,91±0,79	46,40±0,00
150	47,62±0,00	41,28±4,54	44,08±3,78	45,03±2,03	41,80±0,00
156	48,12±0,00	43,64±4,28	44,58±2,76	45,12±1,69	45,48±0,00
162	47,74±0,00	46,64±1,67	45,32±0,00	44,58±0,00	46,82±0,00
168	46,51±0,00	46,58±1,25	47,78±0,00	44,30±0,00	48,06±0,00
174	43,94±0,00	44,25±2,90	42,14±0,00	42,04±0,00	42,40±0,00
180	46,78±0,00	45,53±3,18	45,08±0,00	44,58±0,00	44,78±0,00

*Promedio de cuatro repeticiones ± la desviación estándar

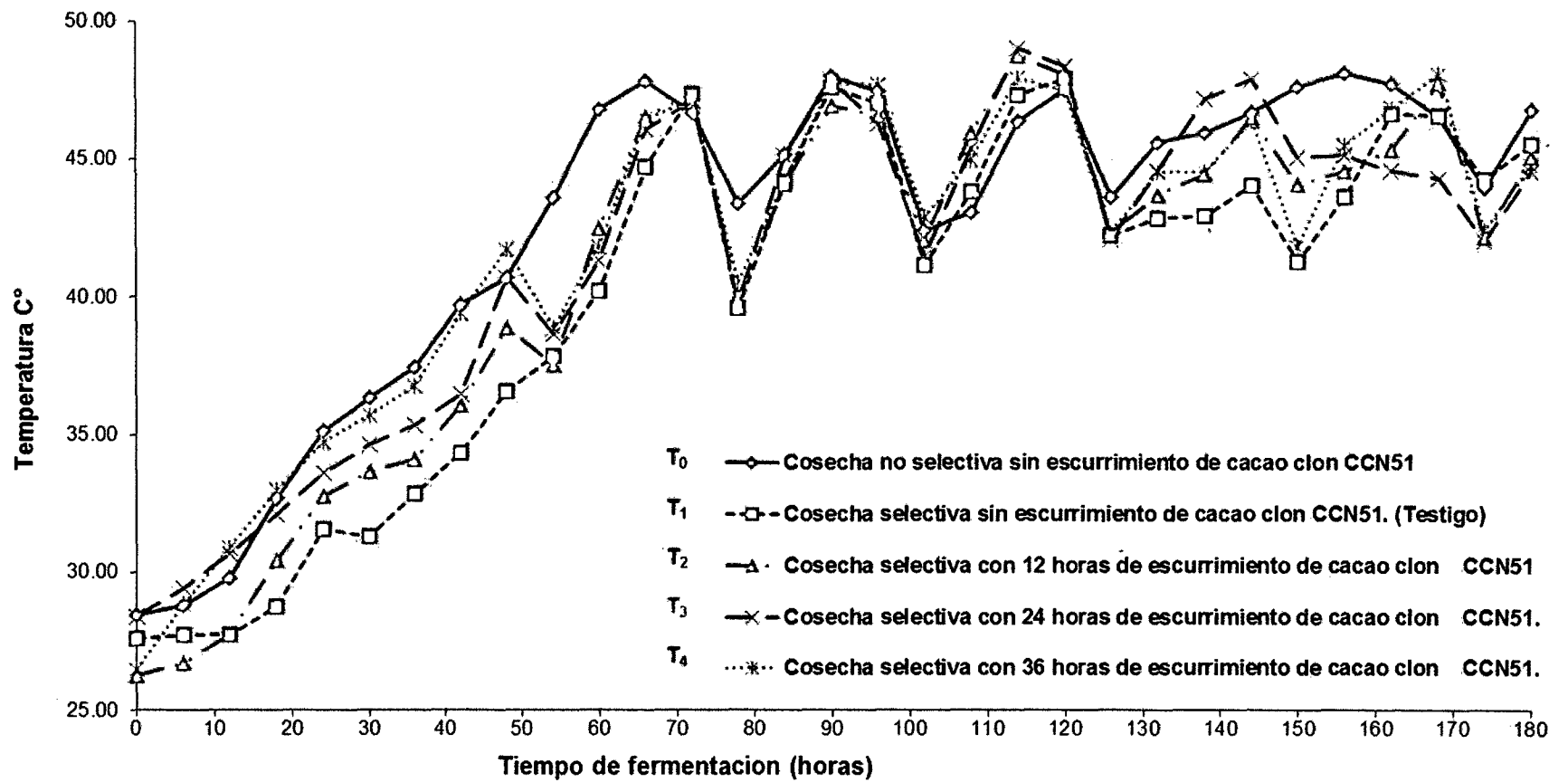


Figura 1. Variación de la temperatura de la masa de cacao durante el proceso de fermentación en el cajón fermentador.

Durante la fermentación, la temperatura en la masa de granos puede subir hasta 50°C aproximadamente. Cuando la temperatura llega a 45°C, los embriones de la semilla mueren y ese momento marca el inicio de los cambios bioquímicos que luego darán el sabor y el aroma a chocolate (APPCACAO, 2005).

Asimismo, CRESPO DEL CAMPO (1997), hace mención que el principal factor determinante del buen éxito de la fermentación de los granos de cacao del CCN 51 está en el tiempo empleado en producir la muerte de las almendras. Cuanto más rápido se produzca la muerte de los embriones, más rápidamente también tendrán lugar las reacciones enzimáticas capaces de producir las transformaciones bioquímicas. Por consiguiente se concuerda con lo mencionado, ya que en el presente experimento se obtuvo inicio de fermentación a partir de las 48 horas. Del mismo modo, la ASOCIACIÓN NATURLAND (2000), indica que el proceso de fermentación llega a su fin cuando la temperatura de la masa fermentada realiza baja, el cual se obtuvo a las 174 y 180 horas de iniciada la fermentación, dando por terminado el proceso.

En la Figura 1, se observa la temperatura de fermentación de los granos de cacao, siendo similares para todos los tratamientos hasta la primera remoción (48 horas), diferenciándose notoriamente a las 54, 60 y 66 horas, donde el T₀ tuvo mayor temperatura que los demás tratamientos, mientras que a las 72 horas fueron nuevamente similares en este parámetro, manifestando disminuciones y subidas hasta las 120 horas.

4.2 Calidad fisicoquímica y organoléptica de los granos de cacao

4.2.1 De la caracterización fisicoquímica

En el Cuadro 14 y Figuras 2 y 3, se presentan los resultados de los análisis fisicoquímicos del cotiledón del grano de cacao no fermentado y fermentado.

Cuadro 14. Propiedades fisicoquímicas de los granos de cacao no fermentados y fermentados.

Características Físicoquímicas	Evaluación	Tratamiento				
		T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
pH	Inicio de fermentación	5,83±0,35	5,82±0,38	5,81±0,44	5,92±0,25	5,97±0,29
	Término de fermentación	5,08±0,05	5,07±0,05	5,08±0,20	5,22±0,04	5,27±0,11
	Final de Secado	5,06±0,24	5,01±0,07	5,24±0,14	5,23±0,10	5,74±0,35
ACIDEZ	Inicio de fermentación	0,12±0,02	0,14±0,03	0,13±0,03	0,14±0,03	0,12±0,02
	Termino de fermentación	0,16±0,02	0,18±0,02	0,16±0,02	0,14±0,01	0,14±0,03
	Final de secado	0,18±0,03	0,19±0,04	0,156±0,02	0,14±0,01	0,11±0,01

*Promedio de cuatro repeticiones ± la desviación estándar

T₀ = Cosecha no selectiva sin escurrimiento (testigo)

T₁ = Cosecha selectiva sin escurrimiento (testigo)

T₂ = Cosecha selectiva con 12 horas.

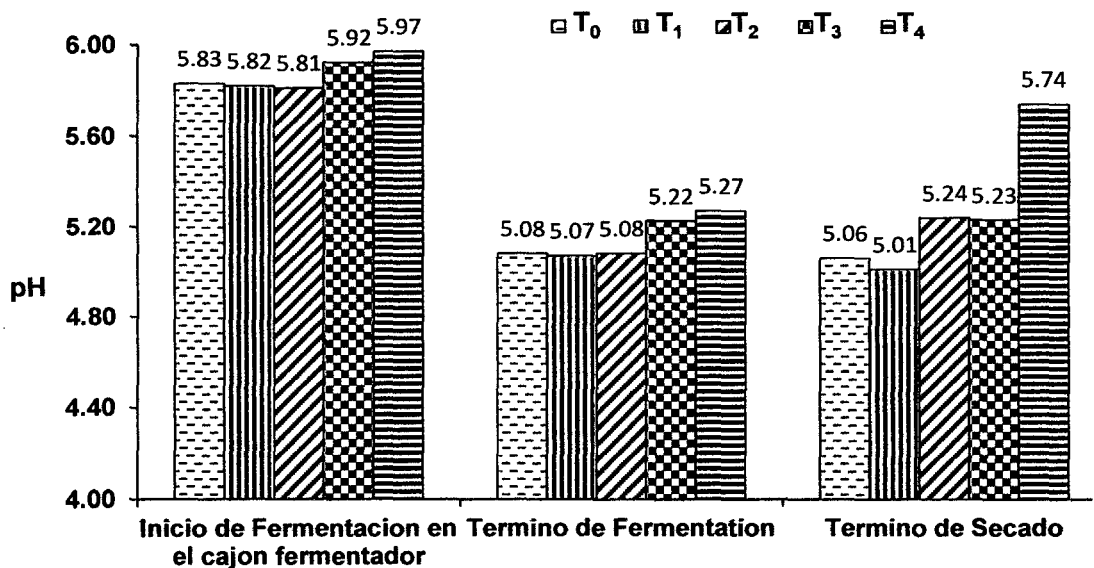
T₃ = Cosecha selectiva con 24 horas.

T₄ = Cosecha selectiva con 36 horas.

En las evaluaciones de pH al inicio de fermento en el cajón fermentador y término de fermento se observa (Cuadro 14) que en todos los tratamientos existe una disminución de pH entre 5,82 a 5,07 u, mientras que al final del secado existe un mínimo incremento de pH de 5,23 a 5,74 excepto al tratamiento T₁ y T₀ que disminuyó su pH en 5,01 a 5,06 respectivamente.

En la Figura 2 se puede observar que al inicio de fermento en el cajón fermentador todos los tratamientos tienen un pH que van desde 5,81 a

5,97 u., diferenciándose al término de secado los tratamientos, T₂, T₃ y T₄ presentaron mayor pH en los cotiledones de cacao variando de 5,23 a 5,74. Sin embargo la ASOCIACIÓN NATURLAND (2000) y ROHSIUS *et al* (2006), mencionan que durante la fermentación se produce ácido acético que se infiltra en los cotiledones y reduce el pH de 6,4 a 4,5 lo cual no ocurrió en esta investigación, posiblemente se debe a que fueron sometidos al escurrimiento; en comparación a los tratamientos T₀ y T₁ que presentaron pH menores de 5,01 a 5,06 u, debido a que no se les hizo el escurrimiento y es donde el ácido acético se infiltra en mayor proporción en los cotiledones reduciéndose el pH por lo mismo que se encuentran cercano a los resultados antes mencionado por los autores.



- T₀ = Cosecha no selectiva sin escurrimiento (testigo)
- T₁ = Cosecha selectiva sin escurrimiento (testigo)
- T₂ = Cosecha selectiva con 12 horas.
- T₃ = Cosecha selectiva con 24 horas.
- T₄ = Cosecha selectiva con 36 horas.

Figura 2. Variación del pH del cotiledón de grano de cacao fermentado y no fermentado.

El Cuadro 15, nos muestra el análisis de variancia ($\alpha= 0,05$) con respecto al pH de los cotiledones de cacao, indicando que no existe diferencia estadística para todos los tratamientos al inicio del fermento y termino del fermento, es decir que no existe diferencias estadísticas entre los tiempos de escurrimiento de mucílago con respecto al pH del cotiledón en las dos evaluaciones; mientras que al final de secado existe una alta significación estadística para todos los tratamientos, indicando que al menos uno de los tratamientos supera o manifiesta un comportamiento diferente a los tratamientos restantes.

Con respecto a los coeficientes de variabilidad, estos encuentran en una excelente homogeneidad, para las diferentes evaluaciones, tal como se muestra en el siguiente Cuadro.

Cuadro 15. Análisis de variancia de pH del cotiledón de cacao al inicio de fermentación en el cajón fermentador y término de fermentación y al final del secado.

Fuente Variabilidad	G.L.	Cuadrado medio					
		Inicio de fermentación		Término de fermentación		Final de secado	
Tratamiento	4	0,020	NS	0,030	NS	0,340	AS
Bloque	3	0,530	AS	0,004	NS	0,100	S
Error	11	0,020		0,010		0,020	
Total	18						
	C.V. (%)	2,42		2,24		2,49	

En el Cuadro 16, se observa los resultados de comparación de medias según Tuckey ($\alpha= 0,05$) para el pH del cotiledón de cacao al inicio de

fermentación, término de fermentación y final del secado; Donde nos muestra que no se encontró significación estadística entre ellas; pero numéricamente el tratamiento T₄ tiene mayor presencia de pH seguido de los tratamientos T₃, T₀, T₁ y T₂, esto indica que los tratamientos de escurrimiento aplicados, no influyen en la variación del pH al inicio de la fermentación. Con respecto al pH al final de secado sí existe diferencia estadística entre los tratamientos en estudio donde el tratamiento T₄ (cosecha selectiva con 36 horas de escurrimiento del mucílago de cacao) presentó un pH mayor con 5,74 unidades de pH, diferenciándose de los tratamientos T₃, T₂, T₀ y T₁.

Cuadro 16. Resultados de comparación de medias según Tuckey para el pH del cotiledón de cacao al inicio de fermentación, término de fermentación y final del secado.

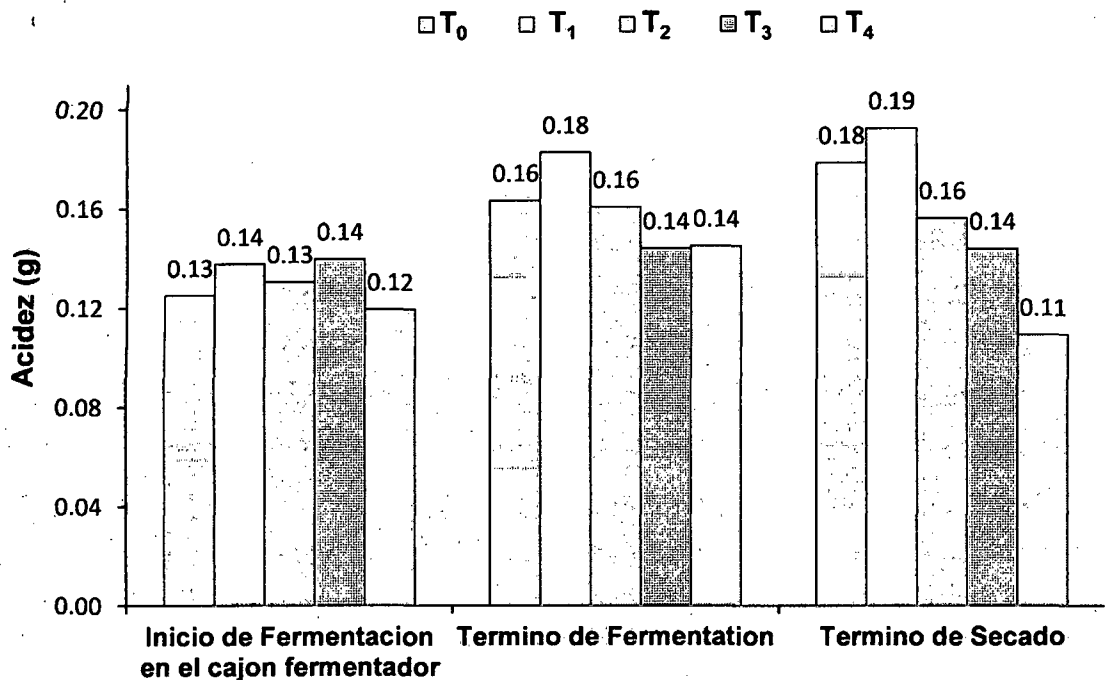
Tratamiento	pH					
	Inicio de fermentación		Término de fermentación		Final de secado	
T ₀	5,83	a	5,08	a	5,06	b
T ₁	5,82	a	5,07	a	5,01	b
T ₂	5,81	a	5,08	a	5,24	b
T ₃	5,92	a	5,22	a	5,23	b
T ₄	5,97	a	5,27	a	5,74	a

RAMOS (2006), indica que el pH de los cotiledones de cacao disminuye conforme transcurren los días de fermentación, como se puede observar en el Cuadro 16, que los tratamientos T₀ y T₁ tuvieron pH menores a diferencia del tratamiento T₄ presenta un pH mayor que el resto de los tratamientos al final de fermentación y al final del secado. Esto posiblemente se

debe al efecto de mayores horas de escurrimiento realizado antes de la fermentación en comparación de los otros tratamientos que no tienen significación entre ellos, teniendo en inicio de 5,97 de pH.

Como también se observa que los tratamientos T_2 y T_3 también tienen mayor pH seguido del tratamiento T_4 pero los tratamientos que no fueron sometidos al escurrimiento tienen \leq a 5,05 u de pH. Asimismo, (PORTILLO *et al.* 2007). Los valores más altos de pH se alcanzaron con una frecuencia de remoción de 24 horas y comprobaron que valores bajos de pH (4,5) en los cotiledones disminuyen el potencial aromático en el cacao, en tanto que valores alrededor de 5,0 a 5,5 conducen a un incremento del potencial, por lo que remociones de 24 horas favorecen el incremento del pH.

Por otro lado, con respecto a la acidez del cotiledón del grano de cacao según el Cuadro 14 y Figura 03, existe un incremento de dicho parámetro al inicio y término del fermento para todos los tratamientos entre 0,12 a 0,18(g de ácido acético/100 g de cacao), asimismo existe un mínimo incremento para el término de secado en los tratamientos T_0 y T_1 entre 0,02 a 0,01 respectivamente a diferencia de los tratamientos T_2 y T_3 , manteniendo una mínima disminución 0,004 a 0,001 respectivamente (g de ácido acético/100 g de cacao) en comparación del tratamiento T_4 existe una disminución de 0,03 (g de ácido acético/100 g de cacao). Estos resultados concuerdan con el pH obtenido en el mismo cuadro que a mayor pH menor acidez o viceversa.



- T₀ = Cosecha no selectiva sin escurrimiento (testigo)
 T₁ = Cosecha selectiva sin escurrimiento (testigo)
 T₂ = Cosecha selectiva con 12 horas.
 T₃ = Cosecha selectiva con 24 horas.
 T₄ = Cosecha selectiva con 36 horas.

Figura 3. Variación de la acidez del cotiledón de grano de cacao fermentado y no fermentado.

En el Cuadro 17, se observa el análisis de variancia ($\alpha = 0,05$) referido a la acidez del cotiledón de cacao, apreciando que no existe diferencia estadística para todos los tratamientos al inicio de fermentado es decir que no existe diferencias entre los tiempos de escurrimiento del mucílago respecto a la acidez del cotiledón, a diferencia del término de fermento y final de secado donde si existe diferencias estadísticas significativas a altamente significativa respectivamente para todos los tratamientos, es decir existe diferencias entre los tiempos de escurrimiento del mucílago respecto a la acidez del cotiledón en las dos evaluaciones.

En el Cuadro 17, del análisis de variancia de la acidez en los cotiledones de cacao al inicio y término de fermentación, se aprecia los coeficientes de variabilidad encontrando muy buena homogeneidad y excelente homogeneidad respectivamente para las diferentes evaluaciones.

Cuadro 17. Análisis de variancia de la acidez del cotiledón de cacao al inicio del fermentado en el cajón fermentador y término de fermentación y al final del secado.

Fuente variabilidad	G.L.	Cuadrado medio					
		Inicio de fermentación		Término de fermentación		Final de secado	
Tratamiento	4	0,00028	NS	0,00096	S	0,00410	AS
Bloque	3	0,00270	AS	0,00099	S	0,00170	S
Error	11	0,00020		0,00021		0,00040	
Total	18						
C.V. (%)		10,74		9,20		13,37	

De acuerdo a los resultados según Tuckey ($\alpha = 0,05$) del Cuadro 18, se observa que al inicio de fermentación en el cajón fermentador no se encontró significación estadística por lo tanto los cinco tratamientos tienen similares (g de ácido acético/100 g de cacao), esto se debe que las muestras obtenidas y realizadas los tratamientos de escurrimiento, no afectaron en la variación del acidez del cotiledón. Al término del fermento se muestra que existe diferencia estadística por lo cual el T₁ (cosecha selectiva sin escurrimiento del mucílago) obtuvo una mayor acidez sin diferencia estadística de los tratamientos T₀ y T₂, pero superando estadísticamente al tratamiento T₃ y T₄, (cosecha selectiva con 24 y 36 horas de escurrimiento del mucílago de cacao respectivamente).

Al final de secado del grano, se observa la acidez del cotiledón donde existe diferencia estadística entre los tratamientos donde el T₁ (cosecha selectiva sin escurrimiento del mucílago de cacao) superó estadísticamente al resto de los tratamientos con 0,193 (g de ácido acético/100 g de cacao), sin diferenciarse del tratamiento T₀ (cosecha no selectiva sin escurrimiento del mucílago de cacao) con 0,179 (g de ácido acético/100 g de cacao).

Cuadro 18. Resultados de comparación de medias de Tuckey ($\alpha= 0,05$) para la acidez del cotiledón de cacao al inicio de fermentación en el cajón fermentador y termino de fermentación y al final del secado.

Tratamiento	Acidez					
	Inicio de fermentación		Término de fermentación		Final de secado	
T ₀ (cosecha no selectiva sin escurrimiento)	0,126	a	0,164	a b	0,179	a b
T ₁ (cosecha selectiva sin escurrimiento)	0,138	a	0,183	a	0,193	a
T ₂ (cosecha selectiva con 12 horas de escurrimiento)	0,131	a	0,161	a b	0,156	a b
T ₃ (cosecha selectiva con 24 horas de escurrimiento)	0,140	a	0,144	b	0,144	b c
T ₄ (cosecha selectiva con 36 horas de escurrimiento)	0,120	a	0,145	b	0,109	c

*Promedio de cuatro repeticiones

El T₁ tiene mayor acidez que el resto de los tratamientos al final de la fermentación y del secado, seguido el tratamiento T₀, esto se debe posiblemente a que no se les realizó el escurrimiento, este último a su vez posiblemente a la mezcla de granos de diferente tiempo de reposo, la cual estabiliza la acidez a diferencia de los tratamientos T₂, T₃, T₄, que no tuvieron significación entre ellos. Esto nos indica que mientras que el pH del T₁ disminuye, la acidez se incrementa. Como indican la ASOCIACIÓN

NATURLAND (2000) y ROHSIUS *et al.* (2006), que durante la fermentación se produce ácido acético que se infiltra en los cotiledones y reduce el pH por lo tanto incrementa la acidez.

4.2.2 De la humedad del grano

En el Cuadro 31, se reporta el análisis de variancia del contenido de humedad de los granos de cacao donde no existe diferencias estadísticas significativa a nivel de los tratamientos; y en el Cuadro 19 de acuerdo a los resultados de Tuckey ($\alpha= 0,05$) no se encontró significación estadística para todos los tratamientos. Pero numéricamente presenta un menor % de humedad el T₄ diferenciándose de los tratamientos T₀ y T₂, así mismo los mayores contenidos de humedad se encontraron en los tratamientos T₁ y T₃. Sin embargo, los promedios presentados han sido inferiores a los límites según PAREDES (2000) y GAITAN (2005).

Cuadro 19. Resultados de comparación de medias según Tuckey ($\alpha= 0.05$) para la humedad del grano de cacao seco

Tratamiento	Humedad	
T ₀ (cosecha no selectiva sin escurrimiento)	6,30	a
T ₁ (cosecha selectiva sin escurrimiento)	6,75	a
T ₂ (cosecha selectiva con 12 horas de escurrimiento)	6,23	a
T ₃ (cosecha selectiva con 24 horas de escurrimiento)	6,73	a
T ₄ (cosecha selectiva con 36 horas de escurrimiento)	5,35	a

*Promedio de cuatro repeticiones seguido de letras iguales en la misma columna siendo no significativos ($\alpha= 0,05$).

Respecto al contenido de humedad del grano fermentado seco observado en el Cuadro 19, y de acuerdo a PAREDES (2000) y GAITAN

(2005), quienes mencionan que debe reducirse a límites de 7 a 8% de humedad, y la ASOCIACION NATURLAND (2000), que reporta valores de 5-6%, valores muy cercanos a los encontrados en el método de secado con exposición al sol en el presente experimento que vario de 5,35 a 6,75 en los diferentes tratamientos.

4.2.3 De la apariencia del grano

Los resultados de la apariencia del grano obtenidos de acuerdo a la ficha de evaluación física: tamaño, forma y color que se presenta en el Cuadro 20, para los tratamientos de diferente tiempo de escurrimiento del mucílago se consideró la apariencia de grano, el tamaño mediano, forma alargada y color marrón oscuro; esto se efectuó con la finalidad de brindar uniformidad de toda la muestra evaluada, por lo tanto, se puede decir que no existe influencias de los factores condicionantes de la calidad.

El color marrón oscuro o café oscuro nos indica que existió también uniformidad de fermentación en los diferentes tratamientos corroborando lo mencionado por la FEDERACION NACIONAL DE CACAOTEROS (2004), afirma que el proceso de fermentación del grano es correcto cuando tiene un color café oscuro o canela, lo que indicaría que los granos con coloración marrón claro a rojiza tiene escasa fermentación. Como lo afirma NATIVIDAD *et al.* (2007), en la fermentación como en el secado, la enzima oxidasa polifenólica promueve la oxidación Browiana, responsable del color marrón característico del chocolate.

Cuadro 20. Característica física y organoléptica de los granos de cacao fermentados a diferente tiempo de escurrimiento del mucílago.

Tiempo de escurrimiento (horas)	Apariencia del grano			Olor del grano entero		Olor del grano después del corte	
	Tamaño	Forma	Color	Acidez	Característica	Acidez	Característica
T ₀	Mediano	alargado	Marrón oscuro	Ácido	Atípico	Ácido	Típico
T ₁	Mediano	alargado	Marrón oscuro	Ácido	Típico	Ácido	Típico
T ₂	Mediano	alargado	Marrón oscuro	Poco ácido	Típico	Poco ácido	Típico
T ₃	Mediano	alargado	Marrón oscuro	Poco ácido	Típico	Poco ácido	poco cacao
T ₄	Mediano	alargado	Marrón oscuro	Poco ácido	Típico	Poco ácido	Poco cacao

*Promedio de cuatro repeticiones \pm la desviación estándar

* Olor a ácido tanto para el grano entero y después del corte expresado según al ácido acético

T₀ = Cosecha no selectiva sin escurrimiento (testigo)

T₁ = Cosecha selectiva sin escurrimiento (testigo)

T₂ = Cosecha selectiva con 12 horas.

T₃ = Cosecha selectiva con 24 horas.

T₄ = Cosecha selectiva con 36 horas.

4.2.4 Del olor del grano entero

En el Cuadro 20, se indica la característica de olor del grano de cacao fermentado para los diferentes tratamientos; donde el T₀, y T₁, tuvo la calificación de ácido, a diferencia de los tratamientos T₂, T₃ y T₄, que presentaron un olor poco ácido, esto posiblemente se debe a que se les realizó el escurrimiento del mucílago antes de la fermentación que concuerda con la acidez de los cotiledones.

En cuanto a la característica de olor de grano entero presentó el calificativo de olor típico a cacao para los tratamientos T₀, T₁, T₂, T₃ y T₄, que nos indicaría existió una fermentación adecuada del grano de cacao mientras que el tratamiento T₀ tiene un calificativo de atípico, esto posiblemente se debe a que la muestra no fue seleccionada y alguno de los granos enfermos tuvo una inadecuada fermentación y disminuye la calidad del aroma.

4.2.5 Del olor después del corte

Las características de olor del grano después del corte se indica en el Cuadro 20, donde los tratamientos T₀ y T₁, obtuvieron una calificación de ácidos, a diferencia de los tratamientos T₂, T₃, T₄, que presentaron un olor poco ácido; estas condiciones fueron posiblemente al efecto del escurrimiento del mucílago de los granos en los diferentes tratamientos.

Mientras que la característica de olor de grano partido presentó el calificativo de olor típico a cacao para los tratamientos T₀, T₁, T₂, en cambio los T₃, y T₄, mostraron el calificativo de poco olor a cacao, lo cual indicaría que el

proceso de escurrimiento del mucílago posiblemente disminuye el aroma típico a cacao.

4.2.6 De los defectos físicos del grano

En el Cuadro 21, se muestra los defectos físicos en porcentaje de los granos de cacao para los tratamientos en estudio, en los cuales no se encontraron defectos por ataque de insectos, granos partidos y granos pasilla ni pegados para todos los tratamientos. Por otra parte sí se registró el defecto de granos germinados en los tratamientos T_0 , T_1 , T_2 , y T_3 , a diferencia del T_4 quien no tuvo este defecto.

El tratamiento T_0 tuvo un mayor porcentaje de granos germinados con 8,33%, esto posiblemente se debió a que los granos de cacao en este tratamiento no fueron selectos (cosecha no selecta y sin escurrimiento del mucílago) a diferencia de los tratamientos T_1 , T_2 , y T_3 (cosechas selectas y con escurrimiento del mucílago a diferentes tiempos), que tuvieron un porcentaje menor de granos germinados por debajo de 1,2%. Esto nos muestra que el tratamiento T_0 supera los parámetros de calidad de 3 a 6% granos germinado, según el MINISTERIO DE AGRICULTURA (2000), INDECOPI (2008).

Los granos moderadamente violetas en porcentaje presentaron una variación desde 15,33 a 25,33%, estos resultados indican que los granos violetas se van degradando paulatinamente una coloración moderadamente violeta antes de pasar a ser un grano fermentado.

Cuadro 21. Defectos físicos en porcentaje de los granos de cacao fermentados a diferente tiempo de escurrimiento del mucílago.

Defectos físicos	%				
	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
Grano entero					
Insectos	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0
Partidos	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0
Granos pasilla	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0
Germinados	8,33±5,82	0,67±0,94	0,17±0,33	0,5±0,33	0,0±0,0
Pegados	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0
Grano cortado					
Blanquecinos	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0
Pizarrosos	3,33±0,94	3,11±1,57	0,0±0,0	1,0±1,15	0,0±0,0
Picados	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0
Impurezas	1,63±0,85	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0
Planos	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0
Moderadamente violetas	15,33±4,11	20,67±8,50	25,33±9,29	21,67±8,99	15,83±6,33
Violetas	17,83±3,10	20,00±3,31	16,17±1,48	14,50±1,00	14,00±9,63
Mohos	4,67±1,96	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0
% de Fermentación	78,83±2,52	76,89±4,40	83,83±1,48	85,00±1,15	86,00±9,63
Peso de 100 (g)	125,00±15,03	142,18±20,86	153,00±8,09	152,50±11,82	149,00±5,72

*Promedio de cuatro repeticiones ± la desviación estándar

T₀ = Cosecha no selectiva sin escurrimiento (testigo)

T₁ = Cosecha selectiva sin escurrimiento (testigo)

T₂ = Cosecha selectiva con 12 horas.

T₃ = Cosecha selectiva con 24 horas.

T₄ = Cosecha selectiva con 36 horas.

En cuanto al porcentaje de granos violetas se encontró valores entre 14 a 20%, que son menores en comparación a los granos moderadamente violetas. Los tratamientos T_1 y T_0 tuvieron mayores porcentajes de granos violetas (20,67 y 15,33%) y granos pizarras con 3,11 y 3,33% respectivamente, sin embargo los tratamientos T_2 , T_3 y T_4 , que tuvieron menores porcentajes de 16,17; 14,5 y 14,00% de granos violetas respectivamente. El tratamiento T_0 presentó mayores características indeseables como granos germinados, pizarras, impurezas y mohos, por ser un tratamiento no seleccionado, en comparación del tratamiento T_4 que tiene mayor porcentaje de fermentación y solo con 14% de granos violetas. Siendo el T_4 y T_3 los tratamientos que se encontraron dentro de los parámetros que indica el MINISTERIO DE AGRICULTURA (2000), con un máximo de 15% de granos violetas para el grado I, los mismos que fueron diferentes a los demás tratamientos.

4.2.7 Del porcentaje de granos fermentados

En el Cuadro 21 y Figura 4, se observa los resultados obtenidos de la evaluación física de los granos secos de cacao fermentado, en donde el tratamiento T_4 (cosecha selectiva con 36 horas de escurrimiento del mucílago de cacao) presentó un mayor porcentaje de fermentación con 86,00%, seguido de los tratamientos T_3 y T_2 con 85,00 y 83,83% respectivamente; mientras que el tratamiento T_0 (cosecha no selectiva sin escurrimiento del mucílago de cacao) y T_1 (cosecha selectiva sin escurrimiento del mucílago de cacao) reportan el menor porcentaje de fermento con un 76,89% y 78,83% para cada

uno, esto posiblemente fue originado por el mucílago de los granos reduciendo la fermentación a diferencia de los tratamientos T₄, T₃ y T₂ que han sido diferenciados por el escurrimiento del mucílago, favoreciendo la fermentación de los granos de cacao. Como también se observa, que los granos del tratamiento T₀ fueron los más pequeños (125 g/100 granos) en comparación a los tratamientos que fueron selectos (entre 142-153 g/100 granos); sin embargo los tratamientos T₂, T₃ y T₄ fueron considerados como de buena fermentación superando el 80%, corroborando con PAREDES (2000), menciona que en la Selva Alta peruana el periodo del proceso de fermentación demora un promedio 5 días, que es el tiempo necesario para obtener un cacao bien fermentado por encima del 80%.

Por otro lado, cabe mencionar que el mejor tratamiento en esta investigación no será seleccionado considerando solo una elevada o buena temperatura en el proceso de fermentación y un buen porcentaje de fermento, sino también del análisis sensorial en taza; por lo tanto, de acuerdo a los resultados obtenidos podemos decir que el tratamiento T₄ tiene las mejores características físicas y químicas.

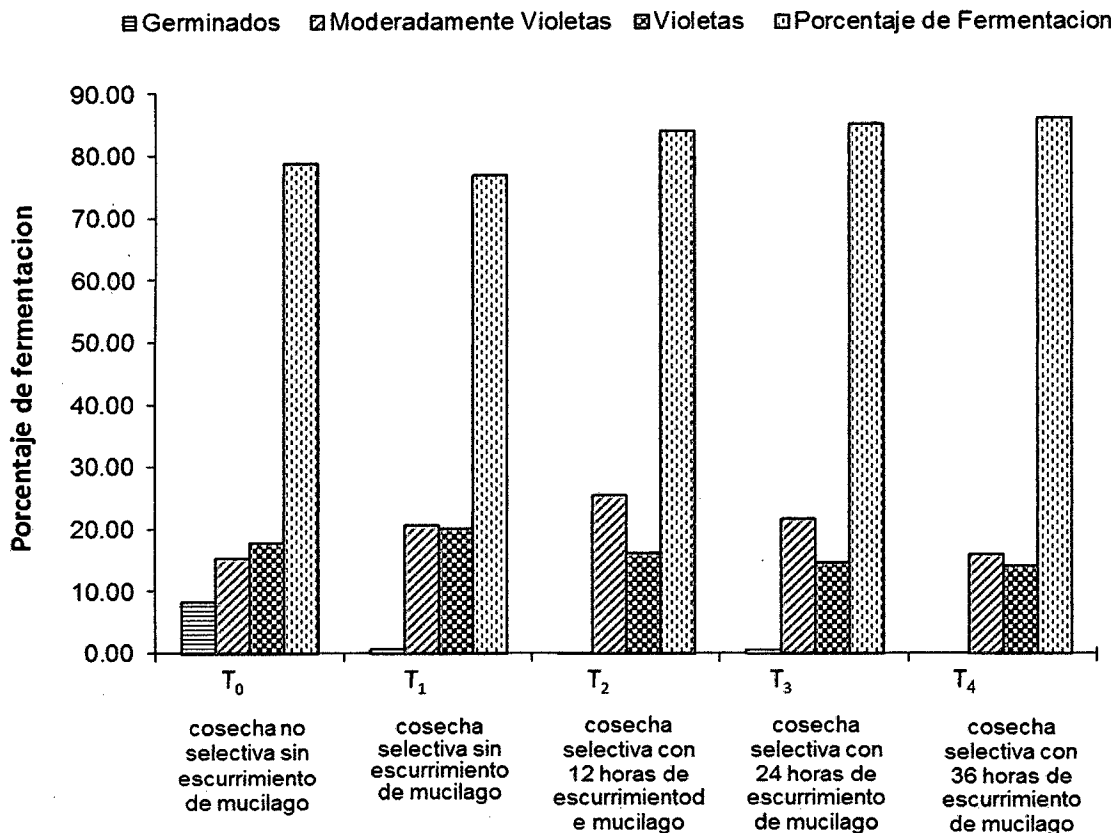


Figura 4. Porcentaje de granos germinados, moderadamente violetas, violetas y granos fermentados según tiempo de escurrimiento del mucilago de cacao.

4.3 Evaluación organoléptica del licor de cacao

En el Cuadro 35 (anexo), se observa los resultados de análisis de Variancia de las características organolépticas del licor de cacao en sabor a cacao, acidez, astringencia y amargor. En la cual los atributos a nivel de tratamiento no muestran significación estadística y el coeficiente de variabilidad para el atributo a sabor a cacao, astringencia y amargor resultó de 11,94; 18,23 y 15,6% respectivamente indicándonos que los resultados tuvieron buena

homogeneidad. A diferencia del atributo de acidez que tuvo un coeficiente de variabilidad de 20,65% considerado regular homogeneidad.

4.3.1 Del atributo de sabor a cacao

En el Cuadro 22 y Figura 5, se observa que no existen diferencias estadísticas significativas en los resultados de comparación de medias de Tuckey ($\alpha= 0,05$) para el atributo sabor a cacao. Pero numéricamente los tratamientos T_1 , T_2 , T_3 y T_4 tuvieron los mayores atributos a sabor a cacao, teniendo moderadamente presente este atributo de acuerdo al parámetro de evaluación (ZARA 2010). Pero el tratamiento T_0 fue inferior a todos los tratamientos estadísticamente. Como hace mención PORTILLO *et al.* (2005), que las sustancias precursoras del aroma a chocolate se forman desde el momento que mueren los cotiledones, al tiempo que se produce la rápida destrucción de las antocianinas.

El tratamiento T_4 tiene menor sabor que los tratamientos T_2 , y T_3 pero mayor que el tratamiento T_0 , esto posiblemente se debe que el escurrimiento del mucílago afecta en la reducción de la acidez y amargor en el licor de cacao y ha influenciado en la reducción del sabor a cacao (ZARA 2010).

Cuadro 22. Resultados de comparación de medias de Tuckey ($\alpha= 0,05$) para el atributo de sabor a cacao, acidez, astringencia y amargor de licor de cacao.

Tratamiento	Atributo							
	Sabor a cacao		Acidez		Astringencia		Amargor	
T ₀	3,33	a	2,95	a	3,09	a	2,65	a
T ₁	4,17	a	3,30	a	3,95	a	3,29	a
T ₂	4,29	a	2,80	a	3,94	a	3,45	a
T ₃	4,03	a	2,84	a	3,36	a	3,08	a
T ₄	3,73	a	2,48	a	3,40	a	2,91	a

T₀ = Cosecha no selectiva sin escurrimiento (testigo)

T₁ = Cosecha selectiva sin escurrimiento (testigo)

T₂ = Cosecha selectiva con 12 horas.

T₃ = Cosecha selectiva con 24 horas.

T₄ = Cosecha selectiva con 36 horas.

4.3.2 Del atributo acidez

En el Cuadro 22 y Figura 5, se puede observar que no existe diferencias estadísticas para el atributo acidez del licor de cacao. Pero numéricamente los tratamientos T₀ y T₁ tienen la mayor presencia de acidez en comparación con los tratamientos T₂, T₃ y T₄ que tuvieron escurrimiento del mucílago que concuerda con los resultados observados en el Cuadro 14 y 18.

Asimismo, cabe mencionar a ROHSIUS *et al.*, 2006, quienes indican que el sabor final está influido directamente por el proceso de acidificación y que durante la fermentación, se produce ácido acético que se infiltra en los cotiledones y reduce el pH de 6,4 a 4,5.

4.3.3 Del atributo astringencia

En el Cuadro 35, se observa los resultados de análisis de Variancia del atributo a astringencia aplicando el diseño de bloques

completamente al azar. Del análisis de variancia, donde los resultados no tuvieron significación estadística para los tratamientos en estudio, de igual manera para la comparación de medias de acuerdo con la prueba de Tuckey ($\alpha= 0,05$) para el atributo de astringencia no hay diferencias estadísticas significativas. Es decir todos tuvieron el atributo a astringencia moderadamente presente. Tal como lo afirma RODRIGUEZ (2006), que esencialmente es en el proceso de la oxidación y condensación química de los compuestos polifenólicos en productos complejos insolubles tienen poco o ningún sabor, es decir, ocurre una disminución de la astringencia.

4.3.4 Del atributo a amargor

En los Cuadros 22 y 35, se observa los resultados de análisis de variancia del atributo a amargor aplicando el diseño de bloques completamente al azar y la comparación de medias según Tuckey con un nivel de significación $\alpha= 0,05$.

Del análisis de variancia realizado, se observa no existe significación estadística para los tratamientos en estudio, esto quiere decir que el tiempo de escurrimiento del mucílago y sin escurrimiento del mucílago no influyó en el sabor amargo del licor de cacao. Así mismo de la comparación de medias de acuerdo con la prueba de Tuckey ($\alpha= 0,05$) para el atributo de amargor no hubo diferenciación estadística significativas entre los tratamientos. Es decir todos los tratamientos tuvieron moderadamente presente el atributo a amargor, donde no influyo el tiempo de escurrimiento del mucílago en el sabor amargo del licor de cacao, aunque esto se encuentre moderadamente presente

a leve. Lo cual corrobora lo citado por RODRIGUEZ (2006), que alrededor del 40% de la teobromina presente en los cotiledones frescos se pierde por difusión (de 1,3 a 0,8 g en 100 g en 6 días) en los tejidos y migración a los tegumentos de los granos, cuyo contenido aumenta considerablemente (de 0,8 al 2,35%). Esta pérdida es en gran parte la responsable de la disminución del amargor de los granos bien fermentados.

4.3.5 Del atributo a frutal

En los Cuadros 23 y 24, se observa los resultados de análisis de Variancia del atributo a frutal, donde se observa que existe significación estadística para los tratamientos en estudio, esto quiere decir que el tiempo de escurrimiento del mucílago y sin escurrimiento del mucílago influyo ligeramente presente en el sabor a frutal del licor de cacao.

Cuadro 23. Análisis de variancia de las características organolépticas del sabor a frutal y nuez del licor de cacao.

Fuente Variabilidad	G.L.	Cuadrado medio			
		Frutal		Nuez	
Tratamiento	4	0,18	S	0,01	NS
Bloque	3	0,15	S	0,01	NS
Error	12	0,03		0,00	
Total	19				
	C.V. (%)	17,86		9,23	

En la comparación de medias de acuerdo con la prueba de Tuckey ($\alpha= 0,05$) para el sabor a frutal, existe diferencias estadísticas significativas. Obteniendo el tratamiento T₁ el mayor puntaje debido a que este no fue sometido al escurrimiento del mucílago a diferencia de los demás

tratamientos. Esto significa que hay una presencia mínima del sabor afrutado que van desde 0,80 hasta 1,33 en puntaje y que de acuerdo a los parámetros de evaluación resulta ausente a ligeramente presente; Asimismo ZARA (2010), entrevista personal, menciona que el cacao CCN 51 tiene un alto contenido de sabor afrutado y una acidez alta y de acuerdo a los resultados obtenidos de cada tratamiento no deja percibir este sabor. Del mismo modo PORTILLO *et al.* (2005), indica que los ésteres son los que originan un sabor a fruta así mismo este se incrementa con la fermentación. Además CROSS (1997), menciona que la intensidad del sabor a fruta depende de los parámetros de tostadura lo que no ocurrió en esta investigación donde no existe influencia con el tiempo de fermentado y escurrimiento.

4.3.6 Del atributo a nuez

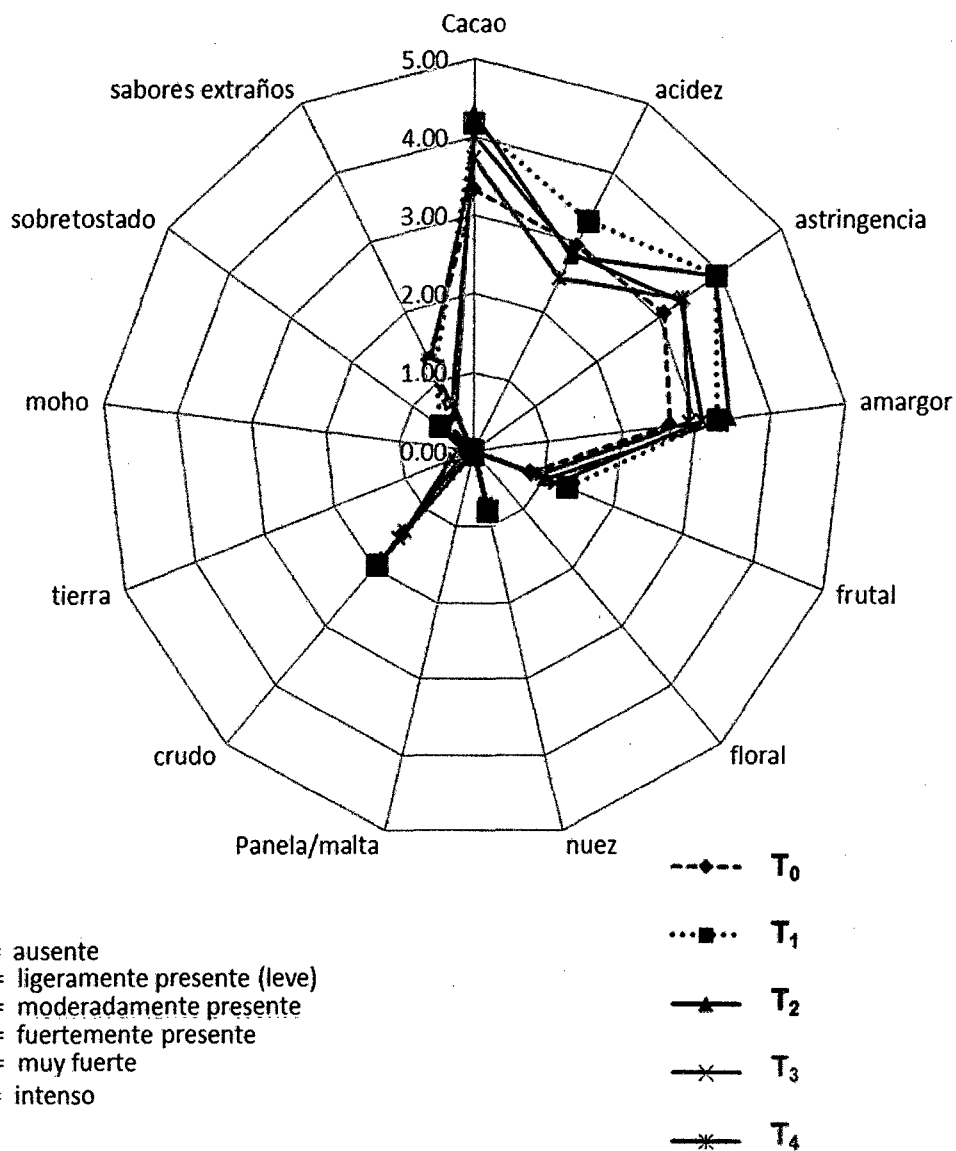
En el Cuadro 24, se observa los resultados de análisis de Variancia del atributo a nuez donde se observa que no existe significación estadística para los tratamientos en estudio, esto quiere decir que el tiempo de escurrimiento del mucílago y sin escurrimiento del mucílago de cacao no influyó en el sabor a nuez del licor de cacao.

De la comparación de medias de acuerdo con la prueba de Tuckey ($\alpha = 0,05$) para el atributo a nuez, no existe diferencias estadísticas significativas. Esto significa que hay una presencia mínima del sabor a nuez que van desde 0,71 hasta 0,80 en puntaje y que de acuerdo a los parámetros de evaluación resulta ausente.

Es decir para los atributos a frutal y nuez resultaron ausentes a ligeramente presente para todos los tratamientos, lo cual nos indica que no existió influencia en la calidad sensorial del licor de cacao, además no se registró para ningún tratamiento los atributos a floral, moho, tierra ni otros sabores. Del mismo modo PORTILLO *et al.* (2005), menciona que el complejo polipéptidos-fenoles y pirazinas, intervienen en el sabor a miel y nuez. Lo cual no ocurrió en esta investigación.

Cuadro 24. Resultados de comparación de medias de Tuckey ($\alpha= 0,05$) para el sabor a frutal y nuez del licor de cacao.

Tratamiento	Atributo			
	Frutal		Nuez	
T ₀ (cosecha no selectiva sin escurrimiento)	0,80	b	0,76	a
T ₁ (cosecha selectiva sin escurrimiento)	1,33	a	0,80	a
T ₂ (cosecha selectiva con 12 horas de escurrimiento)	1,02	ab	0,74	a
T ₃ (cosecha selectiva con 24 horas de escurrimiento)	1,17	ab	0,71	a
T ₄ (cosecha selectiva con 36 horas de escurrimiento)	0,90	b	0,71	a



- T₀ = Cosecha no selectiva sin escurrimiento (testigo)
- T₁ = Cosecha selectiva sin escurrimiento (testigo)
- T₂ = Cosecha selectiva con 12 horas.
- T₃ = Cosecha selectiva con 24 horas.
- T₄ = Cosecha selectiva con 36 horas.

Figura 5. Evaluación sensorial del licor de cacao de sabores básicos y características de los tratamientos en estudio.

V. CONCLUSIONES

1. Existió diferencias en las temperaturas originadas por el proceso de fermentación de las masas de cacao a las 48 horas de inicio del proceso, siendo el T₄ (36 horas de escurrimiento) (41,71 °C) y T₁ (cosecha selectiva sin escurrimiento) (36,53 °C) los tratamientos con mayor y menor temperatura presentada respectivamente. Existiendo una posterior homogeneidad en las temperaturas presentadas en las horas de fermentación (72, 96 y 180 horas) a nivel de todos los tratamientos.
2. El porcentaje de granos fermentados obtuvieron los tratamientos T₄, (36 horas de escurrimiento) T₃ (24 horas de escurrimiento) y T₂ (12 horas de escurrimiento) (86,00±9,63%; 85,00±1,15%; 83,83±1,48%) respectivamente.
3. El pH y acidez de los cotiledones en los granos de cacao presentaron un comportamiento descendente y ascendente respectivamente, siendo el pH en el tratamiento T₀ (de 5,83 a 5,06 u), T₁ (de 5,82a 5,01), T₂ (de 5,81 a 5,24), T₃ (de 5,92 a 5,23) y T₄ (de 5,97 a 5,74); y la acidez de T₀ (de 0,12a 0,18), T₁ (de 0,14 a 0,19), T₂ (de 0,13 a 0,16), T₃ (de 0,14 a 0,14) y T₄ (de 0,12 a 0,11).
4. El menor contenido de humedad en los granos secos de cacao se presentó en el T₄ con 5,35% en comparación a los T₀, T₁, T₂ y T₃ con 6,30; 6,75; 6,23 y 6,73%, respectivamente. El tamaño del grano fue considerado como mediano, de forma alargada y color marrón oscuro, el olor del grano entero y después del corte fueron ácidos para los

tratamientos T₀ y T₁ y poco ácido para los tratamientos T₂, T₃ y T₄ respectivamente, y de característica atípico el tratamiento T₀ y típico para los tratamientos T₁, T₂, T₃ y T₄.

5. En la calidad organoléptica, el licor de cacao obtenido luego del fermentado, secado y tostado el T₄ obtuvo con mejores características como el atributo sabor a cacao moderadamente presente, una acidez y amargura ligera y ligeramente a moderadamente para el atributo de astringente, los cuales se encuentran en parámetros balanceados.

VI. RECOMENDACIONES

1. El cacao Clon CCN51 de acuerdo a los resultados obtenidos se recomienda para su fermentación realizar el escurrimiento por 36 horas y en el proceso de fermentado realizar estudios para determinar la duración de la fermentación alcohólica y acética para ajustar los parámetros de este proceso.
2. El cacao Clon CCN51 debe fermentarse en cajón de madera, iniciándose la remoción a las 48 horas y de ahí cada 24 horas, para obtener más del 80,00% de fermento y para el secado con exposición gradual al sol, hasta obtener una humedad menor o igual a 7%.

VII. RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en los meses de Junio a Diciembre del 2009, desarrollado en la CAC."DIVISORIA" Ltda. Km 4,4. La materia prima de cacao fueron obtenidos del agricultor Gaudencio Cachique Sajamin, Socio de la CAC."DIVISORIA" Ltda. Para los análisis fisicoquímicos del grano de cacao se realizaron en los laboratorios de Análisis de Alimentos y de suelos de la Facultad de Industrias Alimentarias y Agronomía de la U.N. A.S, Tingo María; así mismo, la evaluación sensorial se llevó a cabo en el laboratorio de control de calidad de APPCACAO.

Los tratamientos experimentales estuvieron conformados por el T₀ (cosecha no selectiva sin escurrimiento), T₁ (cosecha selectiva sin escurrimiento), T₂ (cosecha selectiva con 12 horas de escurrimiento), T₃ (cosecha selectiva con 24 horas de escurrimiento) y T₄ (cosecha selectiva con 36 horas de escurrimiento), y se empleó el diseño bloque completamente al azar con 5 tratamientos y 4 repeticiones, para la comparación de medias se utilizaron la prueba de Tuckey al 0,05 de probabilidad.

Según los resultados obtenidos se establece que el T₄ proporcione mejores resultados en el proceso de fermentación de granos de cacao, obteniendo mejores características en parámetros de temperatura originadas por el proceso de fermentación de las masas de cacao a las 48 horas de inicio del proceso, siendo el T₄ (41,71 °C) frente a T₀ (40,67), T₁ (36,53 °C), T₂ (38,86) y T₃ (40,70); existiendo una posterior homogeneidad en las temperaturas presentadas en las posteriores horas de fermentación (72, 96 y 180 horas) a nivel de todos los tratamientos. El mayor % de fermentación se

presentó en el T₄, T₃ y T₂ (86,00±9,63%, 85,00±1,15%, 83,83±1,48%) respectivamente.

Con respecto al pH y acidez de los cotiledones en los granos de cacao estos presentaron un comportamiento descendente y ascendente para los tratamientos, siendo el pH en el tratamiento T₀ (de 5,83 a 5,06 u), T₁ (de 5,82 a 5,01), T₂ (de 5,81 a 5,24), T₃ (de 5,92 a 5,23) y T₄ (de 5,97 a 5,74); y la acidez de T₀ (de 0,12 a 0,18), T₁ (de 0,14 a 0,19), T₂ (de 0,13 a 0,16), T₃ (de 0,14 a 0,14) y T₄ (de 0,12 a 0,11), indicándonos que con el proceso de fermentación se logra disminuir estos parámetros mejorando la calidad en tasa para chocolate. El menor contenido de humedad en los granos secos de cacao se presentó en el T₄ con 5,35% en comparación a los T₀, T₁, T₂ y T₃ con 6,30; 6,75; 6,23 y 6,73%, respectivamente. Asimismo, el tamaño de los granos fue considerado como grande, de forma alargada y color marrón oscuro, el olor del grano entero y después del corte fueron ácidos para los tratamientos T₀ y T₁ y poco ácido para los tratamientos T₂, T₃ y T₄ respectivamente; de característica atípico para el tratamiento T₀ y típico para los tratamientos T₁, T₂, T₃, y T₄.

En la calidad organoléptica, el licor de cacao obtenido después del proceso de fermentado, secado y tostado, el T₄ obtuvo mejores características sabor a cacao moderadamente presente, acidez, amargura ligera y ligeramente a moderadamente para el atributo de astringente. Asimismo, los atributos a frutal y nuez resultaron ausentes para todos los tratamientos, indicándonos que no existió influencia en la calidad sensorial del licor de cacao; no registrándose para ningún tratamiento los atributos a floral, moho, tierra ni otros sabores.

VIII. BIBLIOGRAFIA

1. ADRIAZOLA, J. 2003, Producción del alimento de los dioses (*Theobroma cacao L.*) Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. Pp. 6, 17, 65.
2. ÁLVAREZ, C.; PÉREZ, E.; LARES, M. 2007. Caracterización física y química de almendras de cacao fermentadas, secas y tostadas cultivadas en la Región de Cuyagua, Estado Aragua. Venezuela. 8p.
3. APPCACAO. 2005. Cadena del cultivo del cacao (*Theobroma cacao L.*) con potencial exportador. Managua. Nicaragua. Pp. 11-13. <http://appcacao.org/descargar/Cadena%20del%20cacao%20%20Nicaragua.pdf>.
4. AREVALO, E.; ZUÑIGA, L.; AREVALO, C. 2004, Manejo integrado del cultivo y transferencia de tecnología en la amazonia peruana. Impresiones Del Castillo S.A. Chiclayo, Perú. Pp. 115 – 118.
5. ASOCIACIÓN NATURLAND, 2000. Cacao, agricultura orgánica en el Trópico y Subtrópico. Primera edición, Alemania. Pp. 10 - 15.
6. CONACADO. 2002. Manual sobre el manejo poscosecha del cacao. República Dominicana. 58 p.
7. CORPOICA 2006, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria COPYRIGHT©2006WWW. [corpoica.org.co](http://www.corpoica.org.co). http://www.corpoica.org.co/Librería/libropreg.aspxid_libro=3&id_ Pp. 121.

8. CRESPO DEL CAMPO, E. 1997. Cultivo y beneficio del cacao CCN51. 1ra Edición. Editorial El Cornejo. Guayaquil, Ecuador Pp. 11 – 74.
9. CROS, E. 2000. Factores condicionantes de la calidad del cacao. CIRAD CP, Maison de la Technologie, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, Francia. 15 p.
10. CROS, E. 1997. Factores condicionantes de la calidad del cacao. Memorias del primer congreso venezolano del cacao y su industria. CIRAD-CP, Maison de la Technologie, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, Francia. 13 p.
11. CUEVA, A. 2007. EL Cultivo de cacao. Universidad Nacional de San Martín, Facultad de Ciencias Agrarias - Departamento Académico Agrosilvopastoril. Tarapoto, Perú. Pp. 5 - 6.
12. FEDERACIÓN NACIONAL DE CACAOTEROS - FONDO NACIONAL DEL CACAO, 2004. El beneficio y características físico químicas del cacao (*Theobroma cacao L.*) Ministerio de Agricultura y desarrollo rural. Editorial Produmedios. Colombia. Pp. 8.
13. GAITAN, T. 2005. Cadena del cultivo del cacao (*Theobroma cacao L.*) con potencial exportador. Managua, Ecuador. Pp. 18 – 19.
14. GARCIA, L. 2007. Guía de campo. Identificación de cultivares de cacao. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. Pp. 25
15. GONZALEZ, V. 2005. Cacao en México: Competitividad y Medio Ambiente con Alianzas INIFAP e IPRC. MEXICO.

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lri/andrade_a_c_m/capitulo2.pdf.

16. GRAZIANI DE FARIÑAS L.; ORTIZ L.; PARRA P., 2003. Características químicas de la semilla de diferentes tipos de cacao de la localidad de Cumbuto, Aragua. Maracay estado de Aragua, Venezuela. 9p.
17. IICA. 2006, Protocolo estandarizado de oferta tecnológica para el cultivo del cacao en el Lima, Perú. Pp. 14 – 15.
18. INDECOPI, 2008. Manual de buenas prácticas para la cosecha y beneficio del cacao, Aplicación de la ITINTEC - NTP 208.040:2008. Q&P impresores. Lima, Perú. 32 p.
19. JIMENEZ, J. 2006. Calidad sensorial de los cacaos especiales. Seminario taller internacional producción, calidad mercadeos de cacaos especiales. Instituto nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Quevedo, Ecuador. pág. 5.
20. MINAG 2009. Oficina de Información Agraria. Reporte de cultivos tropicales en el Lima, Perú. Pp.12.
21. MINISTERIO DE AGRICULTURA. 2000, El cultivo de cacao en la amazonia peruana. Lima, Perú. Pp. 10, 21 – 23, 83 – 85
22. MINISTERIO DE AGRICULTURA. 2004, Manual del cultivo de cacao. Lima, Perú. Pp. 57 – 62.
23. NATIVIDAD, R.; ADRIAZOLA, J.; GARCIA, L.; ZAVALA, J.; GIL, J.; CABEZAS, O.; GONZALES, F. 2007. Cultivos industriales tropicales: café, cacao y palma aceitera. UNAS, Perú. Pp. 1 – 11, 120 - 140.


24. NAZARUDDIN, R.; OSMAN, H.; MAMOT, S.; WAHID, S.; NOR, I. 2005. Influence of roasting conditions on volatile flavor of roasted malaysian cocoa beans. School of Chemical Sciences & Food Technology Faculty of Science & Technology Universiti Kebangsaan Malaysia 43600 Bangi, Selangor, Malaysia. 19 p.
25. AOAC OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS (1995).Cacao Bean And Its Products.16th edition, volumen 1 y 2, editado by Patricia Cunniff. Arlington, Virginia USA. Pp. 1– 2.
26. PAREDES, M. 2000. Rehabilitación-Renovación en cacao. Convenio con USAID/CONTRADROGAS. Pp. 37– 45.
27. PORTILLO, E.; GRAZIANI DE FARINAS, L.; BETANCOURT, E. 2007. Analisis quimico del cacao criollo Porcelana (*Theobroma cacao* L.) Universidad de Zulia, Venezuela. pág. 4.
28. PORTILLO, E.; GRAZIANI DE FARINAS, L.; BETANCOURT, E. 2005. Efecto de los tratamientos post-cosecha sobre la temperatura y el índice de fermentación en la calidad del cacao criollo Porcelana (*Theobroma cacao* L.) Universidad de Zulia, Venezuela. 12p.
29. PORTILLO, E.; GRAZIANI DE FARINAS, L.; CROS, E. 2006. Efecto de algunos factores post-cosecha sobre la calidad sensorial del cacao criollo porcelana (*Theobroma cacao* L.). Universidad de Zulia, Venezuela. 9 p.
30. PROAMAZONIA, 2004. Manual del cultivo de cacao en el Perú y su competitividad. Perú. Ed.gob.p.68.

http://www.proamazonia.gob.pe/estudios/caracterizacion_cacao.pdf

31. RAMOS G. 2006. Prácticas de fermentado y secado para aumentar la calidad del cacao. Seminario taller internacional Producción, calidad y mercadeo de cacaos especiales. UTEQ-INIAP. Ecuador. Pp. 11, 12.
32. RODRIGUEZ DE SINDONI, N. 2006, Beneficio del cacao, (*Theobroma cacao L.*). Facultad de agronomía de la U.C.V. Departamento e Instituto de Agronomía, Ed. Caracas, Venezuela. Pp. 2 – 32.
33. ROHSIUS C.; ANDERSSON M.; NIEMENAK N.; SUKHA D.; LIEBEREI R. 2006. Calidad de la fermentación y su dependencia en la estructura de la testa y en procesos de transporte. 15^e Conferencia internacional sobre investigaciones del cacao Alemania. Pp. 8
34. ZAMORA E. 2007. Evaluación objetiva de la calidad sensorial de alimentos procesados. Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia, MINAL. Editorial Universitaria. Ciudad de La Habana, Cuba. Pp. 80-109.
35. ZARA S. G., 2010. Influencia de la agronomía y el manejo pos cosecha en la calidad del cacao. Curso taller. APPCACAO. San Gaban, Puno, Perú. 50 p.

IX. ANEXO

Cuadro 25. Formato para la evaluación físico de los granos de cacao fermentados y secos- elaborado por PRONATEC versión 004-25.02.2009

		Control de calidad granos de cacao				Version 004 25.02.2009			
Certificación:		Convencional <input type="checkbox"/>	Fairtrade <input type="checkbox"/>	EU 2092/91 <input type="checkbox"/>	NOP <input type="checkbox"/>	RFA <input type="checkbox"/>			
País:			Lugar muestreo:						
Proveedor:			Fecha muestreo:						
Referencia:			Fecha de análisis:						
Lote:			Otro detalle:						
Análisis de laboratorio									
Humedad: max. 7%		%	Cadmio: mg/kg	Contenido de grasa: %	Pesticida:	MBN Ceel:	Factura:		
Tamaño:		Apariencia del grano				Color:			
pequeño <input type="checkbox"/>		Apariencia: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				marrón claro <input type="checkbox"/>			
mediano <input type="checkbox"/>		Homogeneidad: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				marrón oscuro <input type="checkbox"/>			
grande <input type="checkbox"/>		Concha / pulpa suelta: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				almendra <input type="checkbox"/>			
Forma:		1 2 3 4 5 6				marrón - rojizo <input type="checkbox"/>			
alargado <input type="checkbox"/>		-				superficie blanca <input type="checkbox"/>			
redondo <input type="checkbox"/>		+				otros <input type="checkbox"/>			
Olor del grano entero									
Acidez:		Característica:		típico <input type="checkbox"/>					
muy ácido <input type="checkbox"/>				atípico <input type="checkbox"/>					
ácido <input type="checkbox"/>									
poco ácido <input type="checkbox"/>									
Olor del grano después del corte									
Acidez:		Característica:		típico <input type="checkbox"/>					
muy ácido <input type="checkbox"/>				atípico <input type="checkbox"/>					
ácido <input type="checkbox"/>									
poco ácido <input type="checkbox"/>									
Corte	1	2	3	4	5	6	X	Clasificación	
Peso de 50 Granos en gr.								Grado 1	Grado 2
Insectos								DEFECTOS (Incluidos los pizarrosos)	
Moho								TOTAL max. 5%**	TOTAL max. 5%**
Partidos								GRANOS PIZARROSOS	
Granos paella:								max. 3%*	max. 5%*
Germinalados:								GRANOS VIOLETAS	
Múltiples:								max. 15%	max. 20%
RESULTADOS									
Blanquesinos								Promedio Peso	gr
Pizarrosos								Promedio Pizarrosos	%
TOTAL defectos:								Promedio Defectos	%
Parcialmente violetas:								Promedio P. Violetas	%
Violeta :								Promedio Violetas	%
Granos Porcelana:								Promedio Porcelana	%
Observaciones:								A <input type="checkbox"/> Grado 1	
								B <input type="checkbox"/> Grado 2	
								C <input type="checkbox"/> Grado 3	
Examinado por:		Fecha:							
Elaborado por:		Archivamiento: 1x original en archivo, 1x copia en carpeta, 1x copia en muestra							

Fuente: PRONATEC citado por ZARA (2010)

Cuadro 26. Formato para la evaluación sensorial del licor de cacao-
APPCACAO



TASACIÓN SENSORIAL (PERFIL) DE LICORES DE CACAO

Nombre: _____ Organización _____
 Procedencia: _____ Fecha: _____
 Sesión: _____
 Código de muestras: _____

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 nueces											
Panela/Malta											
Crudo/ habas verdes											
Otros sabores											

Comentarios: _____

0 = No se percibe 3 a 5 = moderado 7 a 8= Muy Fuerte
 1 a 3 = leve 8 =Intenso 5 a 7= Fuerte

Cuadro 27. Medida de la temperatura en el centro de la masa de cacao dentro del secador (tipo túnel) por tiempo de fermentado

Tiempo de fermentación	Temperatura de masa de cacao l Bloque				
	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
0	27,20	25,96	25,80	27,58	25,20
6	26,98	25,42	26,12	28,34	27,74
12	26,88	24,84	27,60	29,78	30,12
18	28,46	26,26	31,18	31,42	31,98
24	30,68	27,60	33,16	32,30	33,14
30	32,58	28,10	33,10	32,66	33,84
36	33,98	27,78	34,18	33,08	34,94
42	35,90	29,92	36,22	36,38	38,66
48	38,88	32,66	39,60	39,94	42,12
54	43,69	37,01	37,54	38,58	38,66
60	44,08	34,50	42,26	38,60	39,84
66	46,30	42,02	44,52	43,76	44,12
72	46,28	46,40	46,88	46,14	46,06
78	43,89	38,71	39,93	39,52	40,56
84	43,70	45,48	46,04	45,36	46,48
90	47,00	46,90	47,74	47,56	49,24
96	47,48	47,26	46,28	47,00	48,04
102	44,08	40,40	42,32	40,46	42,46
108	43,74	43,08	47,88	45,96	46,32
114	43,60	45,42	49,08	49,40	47,52
120	45,98	46,64	47,74	48,24	47,06
126	43,74	41,22	43,78	41,60	43,20
132	43,64	45,34	46,40	46,50	45,26
138	45,22	45,16	46,56	46,38	
144	46,68	44,44	47,22	47,38	
150	47,62	46,20	47,10	47,38	
156	48,12	47,46	44,98	45,60	
162	47,74	47,82			
168	46,51	45,69			
174	43,94	46,30			
180	46,78	47,78			

Cuadro 28. Medida de la temperatura en el centro de la masa de cacao dentro del secador (tipo túnel) por tiempo de fermentado

Tiempo de fermentación	Temperatura de masa de cacao II Bloque				
	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
0	27,12	26,42	24,24	29,02	25,44
6	27,58	26,88	25,30	30,76	28,28
12	28,22	26,88	26,64	31,96	30,36
18	30,52	27,98	29,12	32,32	31,56
24	34,58	30,50	32,66	34,42	33,54
30	35,96	32,12	35,30	35,92	34,56
36	38,30	33,46	35,96	36,86	36,22
42	41,46	35,48	37,60	39,36	37,44
48	40,92	36,70	38,96	40,38	38,66
54	45,86	36,60	38,00	38,26	36,78
60	47,38	42,40	45,82	44,66	44,72
66	47,10	47,92	49,22	48,44	49,34
72	45,86	47,68	47,50	47,46	47,98
78	43,36	37,78	39,41	39,01	39,23
84	46,54	39,26	38,26	42,26	39,32
90	48,24	45,58	42,12	47,08	43,56
96	43,88	44,46	45,20	42,88	47,22
102	40,86	38,96	40,82	39,76	41,68
108	43,30	43,94	43,66	42,02	41,92
114	46,44	47,20	47,54	47,74	46,92
120	47,92	47,72	47,84	48,38	48,08
126	43,12	38,78	40,56	40,26	41,54
132	47,22	36,14	38,86	40,36	40,62
138	46,64	37,60	40,36	46,04	44,52
144		38,94	43,88	47,54	46,40
150		37,24	39,84	43,94	41,80
156		39,02	41,64	43,24	45,48
162		45,46	45,32	44,58	46,82
168		47,46	47,78	44,30	48,06
174		42,20	42,14	42,04	42,40
180		43,28	45,08	44,58	44,78

Cuadro 29. Medida de la temperatura en el centro de la masa de cacao dentro del secador (tipo túnel) por tiempo de fermentado

Tiempo de fermentación	Temperatura de masa de cacao III Bloque				
	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
0	29,24	29,26	26,66	27,52	26,58
6	30,14	28,98	26,46	28,06	28,90
12	31,04	28,52	27,28	29,94	31,04
18	32,34	29,60	30,06	32,38	34,02
24	34,78	30,68	32,56	33,64	35,36
30	37,18	31,90	33,66	34,02	36,12
36	37,88	32,50	33,82	34,38	37,20
42	40,72	34,18	34,78	36,92	40,00
48	42,10	35,72	35,88	37,86	42,44
54	41,52	37,42	37,08	38,90	40,54
60	48,26	42,80	41,62	41,02	41,82
66	49,36	48,94	47,92	45,76	44,92
72	48,34	47,58	47,84	47,16	46,80
78	45,26	40,72	40,06	40,00	41,82
84	43,42	43,52	44,76	44,72	45,72
90	47,64	49,14	48,72	47,86	47,98
96	48,22	49,18	47,68	47,96	47,06
102	45,28	42,74	43,46	43,16	45,72
108	45,80	42,18	46,08	46,38	47,96
114	49,04	47,40	48,74	49,56	48,76
120	48,64	48,96	48,38	48,20	45,34
126	43,88	42,98	41,46	41,94	41,90
132	45,94	41,70	42,38	45,04	44,60
138		46,00	46,36	49,12	
144		48,74	48,48	48,82	
150		40,40	45,30	43,78	
156		44,44	47,12	46,52	

Cuadro 30. Medida de la temperatura en el centro de la masa de cacao dentro del secador (tipo túnel) por tiempo de fermentado

Tiempo de fermentación	Temperatura de masa de cacao IV Bloque				
	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
0	30,14	28,78	28,26	29,46	28,72
6	30,40	29,54	28,90	30,56	30,46
12	33,00	30,69	29,34	31,00	32,00
18	39,32	31,25	31,34	32,32	34,38
24	40,36	37,45	32,68	34,08	36,86
30	39,62	33,05	32,62	35,92	38,24
36	39,66	37,70	32,34	37,00	38,68
42	40,80	37,60	35,70	33,08	41,54
48	40,78	41,03	41,00	44,60	43,60
54	43,22	40,26	37,42	38,88	39,54
60	47,38	41,02	40,24	41,00	40,82
66	48,40	39,84	44,48	46,38	47,40
72	46,10	47,73	47,20	47,56	47,72
78	40,92	41,17	40,50	40,68	40,40
84	46,88	48,45	47,22	48,04	45,28
90	49,10	48,76	49,12	48,84	50,36
96	50,16	47,16	47,04	47,22	48,42
102	39,24	42,50	41,56	42,46	41,52
108	39,38	45,95	46,12	47,12	43,60
114		49,11	49,50	49,10	48,48
120		48,36	48,16	48,64	49,38
126		45,73	43,30	44,38	42,56
132		48,10	47,00	46,34	47,56

Cuadro 31. Análisis de variancia de la humedad del grano de cacao seco.

Fuente Variabilidad	Humedad		
	G.L.	Cuadrado Medio	
Tratamiento	4	1,29	NS
Bloque	3	1,17	NS
Error	11	0,52	
Total	18		
C.V. (%)		11,52	

Cuadro 32. Características organolépticas del licor de cacao en granos con diferente hora de escurrimiento del mucílago.

Atributos	Tiempo de escurrimiento del mucílago de cacao				
	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
Cacao	3,33	4,17	4,29	4,03	3,73
acidez	2,95	3,30	2,80	2,84	2,48
astringencia	3,09	3,94	3,94	3,36	3,40
amargor	2,65	3,29	3,45	3,08	2,91
afrutado	0,80	1,33	1,02	1,17	0,90
floral	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
nuez	0,76	0,80	0,74	0,71	0,71
Panela/malta	0,00	0,05	0,03	0,00	0,00
crudo	1,44	1,95	1,86	1,50	1,39
tierra	0,09	0,08	0,06	0,19	0,34
moho	0,00	0,08	0,00	0,05	0,00
sobretostado	0,28	0,54	0,50	0,08	0,00
saboresextraños	1,30	1,15	0,53	0,65	1,28

Cuadro 33. Análisis de variancia del panel catador sobre las características organolépticas de los atributos de sabor a cacao, acidez, astringencia, y amargor de licor de cacao.

Fuente Variabilidad	G.L.	Cuadrado Medio							
		Sabor a cacao		Acidez		Astringencia		Amargor	
Panelista	4	0,79	NS	0,47	NS	3,64	AS	2,39	AS
Tratamiento	4	1,04	S	0,61	NS	0,75	NS	0,45	NS
Error	16	0,28		0,23		0,44		0,33	
Total	24								
C.V. (%)		13,34		16,25		18,0		17,96	

Cuadro 34. Resultados de comparación de medias de Tuckey ($\alpha= 0,05$) del panel catador sobre los atributos de sabor a cacao, acidez, astringencia, y amargor de licor de cacao.

Tratamiento	Atributo							
	Sabor a cacao		Acidez		Astringencia		Amargor	
Gladys	4,60	a	3,12	a	4,27	a b	3,63	a b
Miriam	4,02	a	2,51	a	3,14	bc	2,70	bc
Alvaro	3,80	a	3,13	a	3,65	a b c	3,53	a b
Nidian	3,69	a	2,71	a	4,71	a	3,85	a
Zara	3,62	a	3,19	a	2,58	c	2,23	c

Cuadro 35. Análisis de Variancia de las características organolépticas como; sabor a cacao, acidez, astringencia y amargor.

Fuente	G.L.	Cuadrado Medio							
		Sabor a cacao		Acidez		Astringencia		Amargor	
Variabilidad									
Tratamiento	4	0,60	NS	0,35	NS	0,57	NS	0,39	NS
Bloque	3	0,63	NS	0,32	NS	4,53	AS	2,47	AS
Error	12	0,22		0,35		0,42		0,23	
Total	19								
C.V. (%)		11,94		20,65		18,23		15,6	

Cuadro 36. Análisis de variancia de las características organolépticas para el atributo de sabor a frutal, y nuez de licor de cacao.

Fuente	G.L.	Cuadrado Medio			
		Frutal		Nuez	
Variabilidad					
Panelista	4	0,09	2,60 NS	0,01000	0,701 S
Tratamiento	4	0,11	3,22 S	0,00029	0,02 NS
Error	16	0,03		0,01000	
Total	24				
C.V. (%)			18,21		15,73

Cuadro 37. Prueba de comparación de medias de Tuckey ($\alpha= 0.05$) para el sabor a frutal, y nuez de licor de cacao.

Tratamiento	Atributo			
	Fruta		Nuez	
Gladys	1,20	a	0,71	a
Miriam	1,01	ab	0,81	a
Alvaro	0,84	b	0,73	a
Nidian	0,97	ab	0,71	a
Zara	0,99	ab	0,77	a