

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INGENIERÍA DE
ALIMENTOS



**"INFLUENCIA DEL TIEMPO DE FERMENTADO Y MÉTODO DE SECADO
SOLAR EN LA CALIDAD SENSORIAL DEL LICOR DE CACAO (*Teobroma
cacao L.*) CLON CCN51"**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

BENJAMÍN ALFREDO CARRILLO ARVILDO

Tingo María

2011



Q02

C22

Carrillo Arvildo, Benjamín A.

Influencia del Tiempo de Fermentado y Método de Secado Solar en la Calidad Sensorial del Licor de Cacao (*Teobroma cacao* L.) Clon CCN51 Tingo María, 2011

76 h.; 20 cuadros; 12 fgrs.; 39 ref.; 30 cm.

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

TEOBROMA CACAO L. / FERMENTACION / ANALISIS SENSORIAL /

METODO SECADO / CONTROL CALIDAD / METODOLOGIA / TINGO

MARÍA / RUPA RUPA / LEONCIO PRADO / HUÁNUCO / PERÚ.



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

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público el 30 de Marzo de 2010, a horas 7:00 p.m. en el auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, para calificar la tesis presentado por el Bach. **CARRILLO ARVILDO, Benjamín Alfredo**, titulada:

"INFLUENCIA DEL TIEMPO DE FERMENTADO Y MÉTODO DE SECADO SOLAR EN LA CALIDAD SENSORIAL DEL LICOR DE CACAO (*Theobroma cacao* L) CLON CCN51"

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

Tingo María, 30 de Marzo de 2010

.....
Ing. MSc. Pedro P. Peláez Sánchez
Presidente

.....
Ing. Yolanda J. Ramirez Trujillo
Miembro

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

.....
Dr. Raúl E. Natividad Ferrer
Ase30F

DEDICATORIA

A DIOS:

Por todo lo que me dio, y por lo que aun le debo.

A MIS PADRES:

A mi Mamá **María** por su apoyo incondicional, y por ser la mejor mamá del mundo; y en memoria de mi padre **Benjamín** que me guía desde donde está.

A MIS HERMANOS:

Carolina y **Fernando**; y a mi sobrino **Estéfano**, con mucho aprecio y cariño.

AGRADECIMIENTO

Al **Dr. RAÚL NATIVIDAD FERRER**, como asesor del presente trabajo de investigación

Al **Ing. CALEB LEANDRO LAGUNA**, como co asesor del trabajo de investigación

Al **Ing. PEDRO CAMASCA**, por el apoyo en campo brindado para la ejecución de esta investigación.

A la **Sra. NELLYTA PONCE FERRARI**, por brindar la materia prima para este trabajo.

Al **Ing. PEDRO VEJARANO**, por permitirme usar el laboratorio a su cargo.

A mi familia, A todas las personas que incondicionalmente me apoyaron en la ejecución de esta investigación: **Hernán Bravo, Rubén Silva, Mey choy, Zara Saavedra**, Les estoy muy agradecido.

CONTENIDO

RESUMEN

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1.	Historia.....	3
2.2.	Clasificación taxonómica.....	4
2.3.	Tipos genéticos.....	4
2.3.1.	Criollos.....	5
2.3.2.	Forasteros.....	5
2.3.3.	Trinitarios.....	5
2.4.	Características morfológicas.....	5
2.5.	Composición fisicoquímica.....	6
2.6.	Definiciones comerciales.....	8
2.6.1.	Cacao Especial.....	8
2.6.2.	Cacao Ordinario.....	8
2.7.	Cosecha y Beneficio del cacao.....	9
2.7.1.	Cosecha.....	9
2.7.2.	Beneficio de cacao.....	10
2.8.	Control de la calidad.....	21
2.8.1.	Calidad del grano fermentado y seco.....	21
2.8.2.	Factores condicionantes de la calidad.....	22
2.8.3.	Evaluación física.....	24
2.8.4.	Evaluación sensorial.....	27

III.	MATERIALES Y METODOS	29
3.1.	Lugar de ejecución	29
3.2.	Materia prima	29
3.3.	Materiales equipos y reactivos	30
3.3.1.	Materiales.....	30
3.4.	Métodos de análisis.....	31
3.4.1.	Análisis de pH y acidez del cotiledón	31
3.4.2.	Análisis fisicoquímico de los granos fermentados secos.....	31
3.5.	Metodología experimental	32
3.5.1.	Obtención del grano de cacao fermentado seco.....	32
3.5.2.	Evaluación física de los granos fermentados secos.....	35
3.5.3.	Obtención de licor de cacao	36
3.5.4.	Evaluación sensorial del licor de cacao.....	37
3.6.	Diseño Experimental.	39
3.7.	Análisis estadístico.....	40
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
4.1.	Evaluación durante el fermentado.....	41
4.1.1.	Medida de la temperatura de la masa de cacao	41
4.1.2.	Análisis de pH y acidez del cotiledón	43
4.2.	Calidad física, organoléptica y fisicoquímica de los granos fermentados secos.....	45
4.2.1.	De la humedad del grano.....	45
4.2.2.	De la apariencia del grano	48
4.2.3.	Del olor del grano entero.....	48

4.2.4.	Del olor después del corte.....	49
4.2.5.	De los defectos físicos del grano.....	50
4.2.6.	Del porcentaje de granos fermentados	55
4.2.7.	De la caracterización fisicoquímica	57
4.3.	Evaluación sensorial del licor de cacao.....	59
4.3.1.	Del atributo sabor a cacao	62
4.3.2.	Del atributo acidez.....	64
4.3.3.	Del atributo amargor.....	67
4.3.4.	Del atributo astringencia.....	69
4.3.5.	Del atributo frutal.....	70
4.3.6.	Del atributo nuez	71
V.	CONCLUSIONES	72
VI.	RECOMENDACIONES	74
VII.	BIBLIOGRAFÍA	75

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Composición fisicoquímica del cotiledón de tres variedades de cacao	7
2. Análisis fisicoquímico del grano y licor de cacao.....	7
3 Sinopsis del proceso de fermentación.....	13
4. Diferencias entre los granos fermentados y no fermentados.	15
5 Equilibrio del porcentaje de humedad de granos de cacao, en función a la humedad ambiental	21
6. Defectos comunes de los granos de cacao, según su origen	26
7: Parámetros de calidad para granos de cacao exigidos por la Unión Europea.....	27
8. Variación del pH y acidez del cotiledón durante el proceso de fermentado	43
9. Características físicas y organolépticas del grano de cacao a diferente tiempo de fermentado y secados con exposición total al sol.....	46
10. Características físicas y organolépticas del grano de cacao a diferente tiempo de fermentado y secados con exposición gradual al sol.....	47
11. Defectos físicos en porcentaje de los granos de cacao a diferente tiempo de fermentado y secados con exposición total al sol.....	
12. Defectos físicos en porcentaje de los granos de cacao a diferente tiempo de fermentado y secados con exposición gradual al sol.....	54
13. Porcentaje de granos fermentados según el tiempo de fermentado y método de secado solar.	55

14. Propiedades fisicoquímicas de los granos de cacao fermentados durante 168 horas según método de secado solar.....	57
15. Prueba de rangos múltiples para el atributo sabor a cacao por tiempo de fermentado, Prueba de Tukey	62
16. Prueba de rangos múltiples para el atributo sabor a cacao, Prueba de Tukey.....	63
17. Prueba de rangos múltiples para el atributo acidez por tiempo de fermentado, Prueba de Tukey	64
18. Prueba de rangos múltiples para el atributo acidez, por método de secado solar, Prueba de Tukey	65
19. Prueba de rangos múltiples para el atributo acidez por tratamiento, Prueba de Tukey	66
20. Prueba de rangos múltiples para el atributo amargor por tiempo de fermentado, Prueba de Tukey	68

INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Obtención del grano de cacao fermentado seco	32
2. Esquema para la evaluación física de los granos de cacao fermentados secos	35
3. Operaciones para la obtención del licor de cacao	36
4. Esquema para la evaluación sensorial del licor de cacao	38
5. Esquema experimental para determinar la influencia del tiempo de fermentado y secado solar en la calidad sensorial del licor de cacao clon CCN51	39
6. Medida de la temperatura de la masa de cacao durante el proceso de fermentado	41
7. Variación del pH y acidez del cotiledón del cacao durante la etapa de fermentación.....	44
8. Defectos físicos de los granos de cacao por tiempo de fermentado y secado con exposición total al sol.	52
9. Defectos físico de los granos de cacao por tiempo de fermentado y secado con exposición gradual al sol.	55
10. Porcentaje de granos fermentados según tiempo de fermentado y método de secado solar	57
11. Evaluación sensorial del licor de cacao según tiempo de fermentado y secadas con exposición total al sol.	60
12. Evaluación sensorial del licor de cacao según tiempo de fermentado y secadas con exposición gradual al sol.	61

RESUMEN

El trabajo fue realizado utilizando mazorcas de cacao maduro y sano del clon CCN51. Para garantizar la calidad es necesario poner mayor énfasis en las etapas de cosecha y beneficio, específicamente en el fermentado y secado de los granos. Por ello el presente trabajo tuvo como objetivo determinar la influencia del tiempo de fermentado y secado solar en la calidad sensorial del licor de cacao. La metodología consistió en un diseño de bloques completo al azar con arreglo factorial, se estudiaron los factores: tiempo de fermentado en siete niveles y el secado solar en dos niveles. La evaluación del licor de cacao fue sensorial, considerando los siguientes atributos: sabor a cacao, acidez, astringencia, amargor, nuez, frutal, tierra, moho y otros sabores. Los resultados mostraron que el tiempo de fermentado influyó de modo altamente significativo en el sabor a cacao del licor, el método de secado solar no influyó para este atributo. Para el atributo acidez el tiempo de fermentado y método de secado solar influyeron de modo altamente significativo en la calidad sensorial del licor. El amargor del licor se vio influenciado de modo significativo en la calidad sensorial, y el método de secado solar no influyó para este atributo. Para los atributos astringencia, frutal y nuez el tiempo de fermentado y método de secado solar no influyó en la calidad sensorial del licor de cacao. Estos resultados permiten recomendar que los granos de cacao del clon CCN51 debe fermentarse siete días y secarse en forma gradual al sol.

I. INTRODUCCIÓN

El grano de cacao es la materia prima para la industria del chocolate a nivel mundial, cuyo sabor y aroma a cacao se desarrolla en los granos principalmente durante el fermentado y secado, siendo estos atributos sensoriales los principales ingredientes de una amplia gama de productos de consumo masivo.

Para garantizar la calidad del cacao es necesario realizar la evaluación organoléptica del licor de cacao, ya que la carencia de parámetros óptimos de fermentación y secado, hace que se reduzca la calidad del sabor y aroma del cacao, como consecuencia los precios de comercialización disminuyen.

En tal sentido, el estudio parte de un supuesto: El control del tiempo de fermentado y método de secado solar de los granos, podría mejorar la calidad sensorial del cacao, planteándose los siguientes objetivos:

Objetivo general.

Determinar la influencia del tiempo de fermentado y método de secado solar en la calidad sensorial del licor de cacao clon CCN51

Objetivos Específicos.

- Evaluar la temperatura de la masa de cacao, el pH y la acidez del cotiledón de cacao. durante el proceso de fermentado:
- Evaluar la calidad física; organoléptica y fisicoquímica de los granos de cacao fermentados secos
- Evaluar las características organolépticas del licor de cacao

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Historia

El origen del cacao se da en los trópicos húmedos de América, (CAPERA *et al*, 2003), (CUEVA 2007) y (MINISTERIO DE AGRICULTURA 2007). En la cuenca alta del Amazonas específicamente entre los países: Colombia, Ecuador, Perú y Brasil es la especie más explotada comercialmente (PORTILLO *et al.*, 2006)

El cacao se cultivaba desde México hasta el Perú. Los Aztecas y los Mayas le dieron uso alimenticio, llegando a tener tanta importancia que fue utilizado como papel moneda, sin embargo estaba restringido para aquellas personas que tenían dinero y poder (CAPERA *et al.*, 2003)

El país de México representa uno de los centros de origen para los cacaos, y esta región ha desempeñado un papel importante en la domesticación en base a este grupo de cacao. La historia reporta que cuando llegaron los españoles a este país centroamericano, los indios mayas ya sembraban el cacao (CUEVA, 2007)

El cacao no fue domesticado en el Amazonas para obtener chocolate, pero el árbol fue cultivado en una escala limitada por su pulpa y posible otros

usos, por ejemplo: el folklore rural en amazonas especialmente en el Brasil, el cacao se utilizó más como un estimulante que como un fruto o para chocolate (CAPERA *et al.*, 2003)

2.2. Clasificación taxonómica

Según el MINISTERIO DE AGRICULTURA (2000) y ADRIAZOLA (2003), el cacao tiene la siguiente clasificación taxonómica:

Reino	:	Vegetal
División	:	<i>Spermatophyta</i>
Sub división	:	Angiosperma
Clase	:	Dicotiledóneas
Orden	:	Malvales
Familia	:	Sterculácea
Genero	:	<i>Theobroma</i>
Especie	:	<i>Theobroma cacao L.</i>

2.3. Tipos genéticos

ADRIAZOLA (2003) y CUEVA (2007), indican que, considerando las características cualitativas y cuantitativas se han definido tres tipos genéticos de cacao, los criollos, forasteros y trinitarios.

2.3.1. 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

2.3.2. 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.

2.3.3. Trinitarios

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

2.4. Características morfológicas

CUEVA (2007) y GARCÍA (2007), indican las características morfológicas del clon CCN51 (Colección Castro Naranjal), Las cuales se mencionan a continuación:

Color del fruto inmaduro	:	rojo
Tamaño del fruto	:	grande
Forma del fruto	:	alargado (elíptica)
Rugosidad del fruto	:	rugoso
Tamaño de la semilla	:	mediana
Tipo	:	Trinitario

GARCÍA (2007) indica que el cacao clon CCN51 tiene el grosor de la cáscara intermedia, Número de semillas por fruto de 35 a 55 y el color del cotiledón morado.

2.5. Composición fisicoquímica

La ASOCIACIÓN NATURANLAND (2000) indica que las semillas frescas 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

En el Cuadro 1 se indica la composición fisicoquímica del cotiledón de las tres variedades de cacao

Cuadro 1. Composición fisicoquímica del cotiledón de tres variedades de cacao

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

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

En el Cuadro 2, la composición fisicoquímica de grano y licor de cacao.

Cuadro 2. Análisis fisicoquímico del grano 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)

2.6. Definiciones comerciales

Según PRONATEC (2009), el mercado mundial de cacao distingue dos categorías generales de granos de cacao, el cacao especial y el cacao ordinario.

2.6.1. Cacao Especial

Llamado también fino o de sabor, estos granos de cacao vienen de la variedad Criollo o Trinitario, dentro de ellos se encuentran el cacao orgánico, cacao comercio justo, cacao origen, cacao porcelana (PRONATEC, 2009).

Cacao orgánico se refiere a la utilización de métodos que respetan el medio ambiente, desde las etapas de producción hasta las de manipulación, procesamiento y comercialización. La razón para aplicar el sistema bajo el sello de comercio justo reside en mejorar la posición de los productores desfavorecidos en los países en vías de desarrollo, estableciendo estándares de comercio justo (MINISTERIO DE AGRICULTURA, 2007).

2.6.2. Cacao Ordinario

Llamado también cacao básico o tradicional, estos granos vienen del árbol forastero (PRONATEC, 2009).

2.7. Cosecha y Beneficio del cacao

2.7.1. Cosecha

AREVALO *et al.*, (2004), GAITAN (2005) y la ASOCIACIÓN NATURLAND (2000) indican que para conseguir una buena calidad de grano es importante que los frutos alcancen su madurez total; los frutos pintones tienen el mucílago demasiado ácido para lograr una óptima fermentación, además de que los granos pesan menos. Los frutos sobre maduros tendrán el mucílago seco e insípido y posiblemente el embrión haya iniciado el proceso de germinación en el interior del fruto.

Por su parte INDECOPI (2008), refiere que se debe evitar cosechar frutos verdes, ya que al fermentarse estos granos tomaran color violeta, perderán peso y el producto final tendrá elevada astringencia y acidez.

La madurez de la mazorca se aprecia por su cambio de color: de verde pasa a amarillo, u otros similares al amarillo, anaranjado fuerte o pálido. No obstante en frutos de coloración rojo violácea el cambio de color es hacia el anaranjado rojizo (PAREDES, 2000 e INDECOPI, 2008).

INDECOPI (2008) indica que al realizar la cosecha no se deberá mezclar las mazorcas provenientes de otros clones, debido a que los contenidos de mucílago y calidad del grano son distintos, influyendo en el proceso del beneficio.

2.7.2. Beneficio de cacao

El MINISTERIO DE AGRICULTURA (2004) indica que el beneficio del cacao es un proceso que obedece a los principios básicos de conservación de alimentos y se hace con la finalidad de mejorar la calidad del grano. Además ADRIAZOLA, (2003), menciona que el beneficio del cacao consiste en procesar sus semillas maduras con la finalidad de lograr que en su interior se produzcan reacciones bioquímicas que producen el aroma y sabor característico a chocolate.

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).

Las etapas del beneficio están bien definidas y comprenden una vez cosechadas las mazorcas con la quiebra o apertura del fruto, fermentación, secado y almacenamiento. Las cuales se describen a continuación:

2.7.2.1. Quiebra

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.

Según INDECOPI (2008), se debe quebrar las mazorcas cosechadas tan pronto como sea posible, usando las herramientas apropiadas para evitar cortes en los granos. Además AREVALO et al., (2004), menciona que la quiebra debe realizarse antes de 5 días después de la cosecha y cuanto mas pronto se haga la separación de granos es más fácil.

Después de extraídas los granos verificar que estén libres de placentas o granos de frutos enfermos, cáscaras u otra materia extraña (INDECOPI, 2008).

2.7.2.2. Fermentación

La pulpa de las semillas ofrece excelentes condiciones de vida a los microorganismos, que juegan un papel importante durante toda la fermentación (ASOCIACIÓN NATURLAND, 2000).

PORTILLO *et al.*, (2006) indican que la fermentación es la etapa más importante dentro del beneficio del cacao. El MINISTERIO DE AGRICULTURA (2000) y ASOCIACIÓN NATURLAND (2000) mencionan que esta etapa tiene por objeto facilitar la eliminación del mucílago, así como desarrollar el sabor característico a chocolate. La duración de la fermentación depende de la variedad. Según RAMOS (2006), los cacaos forasteros y trinitarios deben fermentarse de 6 a 7 días. Sin embargo la ASOCIACIÓN NATURLAND (2000) refiere que el cacao criollo sólo necesita de 1 a 3 días para su fermentación porque no tiene antocianinas que da el sabor amargo.

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

ADRIAZOLA (2003) menciona que mantener demasiado tiempo la fermentación no es conveniente por el exceso de ácido acético que confiere un sabor agrio al chocolate. Según AMORES *et al.*, (2006), la fermentación insuficiente y en el peor de los casos la ausencia de fermentación, influyen negativamente sobre la calidad sensorial del cacao.

PAREDES (2000) indica que es un proceso bioquímico interno y externo de la semilla, en la que ocurren cambios en su estructura, como cambios en la pigmentación interna, La transformación del sabor astringente de los cotiledones, el desarrollo del sabor y aroma del chocolate, entre otros. 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.

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 flavor final

es, por lo tanto, influido directamente por el proceso de acidificación (ROHSIUS *et al.*, 2006).

Cuadro 3. 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 de 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)

El proceso de fermentación incluye importantes reacciones enzimáticas que contribuyen a la formación de aminoácidos libres y de péptidos a partir de las proteínas, formación de azúcares reductores, hidrólisis de las antocianinas y la oxidación enzimática de los polifenoles, los cuales son necesarios para producir el sabor y aroma característicos del cacao durante el tostado (WOYZECHOWSKY y SANGRONIS 2006). 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).

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.*, 2006).

Las remociones necesarias para lograr un adecuado desarrollo de la fermentación se efectúan en general cada 24 horas (MINISTERIO DE AGRICULTURA, 2004).

Gaitán (2005) citado por NATIVIDAD *et al.*, (2007), indica que durante el proceso de fermentación la temperatura de la masa puede llegar hasta 50°C.

La fermentación puede considerarse como la etapa clave de la formación del aroma. Esta operación lleva no solamente a una profunda modificación del contenido de compuestos implicados en el desarrollo del aroma de origen térmico, sino también en la formación de una fracción aromática cualitativa y cuantitativamente muy importante (CROS, 1997).

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. Sólo ellas son capaces de dar al cacao durante su torrefacción el sabor y aroma característico al chocolate (PORTILLO *et al.*, 2006).

Cuadro 4. Diferencias entre los granos fermentados y no fermentados.

Grano Fermentado v seco	Grano mal fermentado
- Los granos son hinchados.	- Grano con aspecto plano.
- La apariencia externa del grano 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).

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 bien fermentados, se interrumpirá la fermentación para evitar que se inicie la putrefacción (ASOCIACIÓN NATURLAND, 2000).

- **Fermentación alcohólica**

Según RAMOS (2006), durante el primer día de fermentación el medio es propicio para levaduras, dado que el mucílago contiene sacarosa: glucosa, fructosa; pectinas, ácido cítrico libre y pH de 3 a 4.

ASOCIACIÓN NATURLAND (2000) mencionan que al principio de este proceso domina la fermentación por alcohol mediante hongos de la levadura. Por su parte NATIVIDAD *et al.*, (2007), indican que la fermentación alcohólica es producida por los géneros *Sacharomyces sp.*, *Bitabacterium sp.*, entre otras. Durante la primera fase de fermentación anaeróbica, los azúcares son transformados en alcohol etanol. La fermentación alcohólica va reduciéndose conforme aumenta la concentración de alcohol alrededor de 12% y entra oxígeno a la masa conforme se remueve.

- **Fermentación acética**

Esta se inicia cuando ingresa oxígeno por efecto de la remoción, interrumpiéndose la fermentación alcohólica, ocurriendo la fermentación anaeróbica con el auxilio de las bacterias del género *Mycoderma aceti*, *Acetobacter sp.* y otras, convierten el etanol en ácido acético (NATIVIDAD *et al.*, 2007 y RAMOS, 2006).

- **Fermentación láctica**

Después de permanecer aproximadamente de 24 a 36 horas en el cajón fermentador el cacao será ventilado para iniciar la siguiente fermentación aerobia de vinagre y ácido láctico que desintegra el alcohol y el resto de azúcar (ASOCIACIÓN NATURLAND, 2000).

Esta fermentación no es deseable, la misma que ocurre cuando no se realiza la primera remoción entre las primeras 48 horas, como consecuencia de la falta de oxígeno en la masa, los azúcares que deberían ser transformados en alcohol se transforman en ácido láctico (NATIVIDAD *et al.*, 2007).

- **Fermentación butírica**

Ocurre cuando los granos están sometidos a varios días en ausencia de oxígeno, emiten un olor a putrefacto. Las fermentaciones láctica y butírica son indeseables y pueden presentarse cuando el periodo de mayor cosecha coincide con las épocas de lluvias o el espesor de lecho del secado es superior a 5 centímetros (NATIVIDAD *et al.*, 2007).

2.7.2.2.1. Métodos de fermentación

AREVALO *et al.*, (2004); PAREDES (2000) e INDECOPI (2008), indican que los métodos más usados para la fermentación son los siguientes:

- **En cajones de madera**

Por este método se logra una fermentación óptima, los cajones son diseñados con orificios de escurrimiento en la base, no debe tener olores fuertes, ni pintura. La dimensión de los cajones se fabrica de acuerdo al volumen de la producción. Los granos a fermentar no deben sobrepasar los 90 centímetros de altura.

- **En costales**

Se colocan los granos en sacos y se cuelan para que tengan mayor aireación. Este método no es recomendable porque da una mala fermentación de granos originando un alto porcentaje de granos violáceos y pizarrosos.

- **En rumas**

Con este método se colocan en el suelo hojas de plátano y encima de estas se acondicionan los granos formando rumas de tamaño variable, se cubren con hojas de plátano y se colocan sacos para evitar la fuga de calor. Periódicamente se remueve hasta conseguir que los granos estén bien fermentados.

2.7.2.3. Secado

Según PAREDES (2000) y GAITAN (2005), 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 - 8%. INDECOPI (2008), indica que la humedad de los granos de cacao debe reducirse como mínimo a 7,5%. Por su parte NATIVIDAD *et al.*, (2007), mencionan que cuando la humedad es menor a 6% los granos son quebradizos, cuando esta por encima de 7% de humedad los granos son susceptibles al ataque de hongos.

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 (MINISTERIO DE AGRICULTURA, 2004).

Cros y Jeanjean (1995) citado por NATIVIDAD *et al.* (2007) mencionan que en la etapa de secado se reduce la humedad, continúa la fase oxidativa iniciada en la fermentación y se completa la formación de los compuestos del aroma y sabor. CRESPO (1997), indica que es recomendable un secado lento durante los 2 primeros días; esto significa no exponer el cacao al sol por más de 4 horas al día.

ADRIAZOLA (2003) indica que el proceso de oxidación ocurre durante el secado, el oxígeno ingresa a los cotiledones terminando de conferir un color marrón característico. Además la ASOCIACIÓN NATURLAND (2000), mencionan que durante esta etapa se volatiliza el exceso de ácido acético. Por su parte 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 utilizando implementos de madera.

El secado puede ser solar o artificial, pero es aconsejable el secado al sol; ya sea en eras de cemento, sobre mantas de polipropileno o sobre parihuelas de madera levantados a 40 cm del suelo para

evitar la evaporación de la humedad del suelo y la contaminación de los granos (AREVALO *et al.*, 2004).

La calidad del cacao es afectada, debido a formas inadecuadas en el proceso de secado, básicamente en las etapas de mayor cosecha, que coincide con los periodos de alta precipitación (PAREDES *et al.*, 2006). Además un secado lento y cuidadoso al sol, suele demandar hasta 7 días. Pasados estos días el contenido de humedad deberá ser inferior a 8%. De especial importancia es el secado uniforme y cuidadoso removiendo constantemente las almendras con un rastrillo (ASOCIACIÓN NATURLAND, 2000).

2.7.2.4. Almacenamiento

AREVALO *et al.* (2004) indican que para el almacenamiento de los granos de cacao secos, estos se guardan en sacos de yute y almacenan en ambientes techados, secos, blancos o de colores claros, bien ventilados, acomodados y apilados sobre parihuelas de madera, alejados de productos que emanen olores fuertes. Así mismo PAREDES (2000), indica que si el almacenamiento no es realizado en perfectas condiciones todo el esfuerzo realizado en obtener un producto de calidad puede echarse a perder.

El Cuadro 5 indica el equilibrio de los granos secos de cacao en función a la humedad del ambiente.

Cuadro 5. 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: Wood (1975) citado por ASOCIACIÓN NATURLAND (2000)

INDECOPI (2008) indica que hay que monitorear periódicamente el porcentaje de humedad durante el almacenamiento, con métodos de medición confiables. Además la ASOCIACIÓN NATURLAND (2000) menciona que en las regiones tropicales húmedas, se producen rápidamente afección de insectos y mohos debido a las altas temperaturas y la gran humedad, debido a que el cacao es un elemento fuertemente higroscópico.

2.8. Control de la calidad

2.8.2. Calidad del grano fermentado y seco

La calidad de granos de cacao, esta 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.*, 2006).

La calidad desde el punto de vista del cultivo de cacao significaría no sólo la calidad de la apariencia exterior del grano seco comercial, sino por el sabor intrínseco, lo que le determina la constitución genética de la planta y el manejo poscosecha. También se considera que la calidad está dada, en cada uno de los pasos durante el cultivo y procesamiento (ENRÍQUEZ, 2003).

2.8.3. Factores condicionantes de la calidad

2.8.3.1. Desarrollo de aroma

Entre estos se pueden mencionar a la variedad del cacao que es difícil influenciarla sobre el aroma final, porque no se tratan nunca los cacaos en condiciones idénticas de fermentación, secado y tostado (CROS, 1997).

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 esterés en mayor cantidad (CROS, 1997).

BOULANGER *et al.*, (2006), indican que la composición del aroma del cacao depende de numerosos parámetros como la variedad, el terreno, el tratamiento poscosecha y por último el tostado.

El aroma a chocolate es el resultado de la acción sensorial de cerca de 500 compuestos volátiles. Aunque algunos de ellos ya están presentes en los granos frescos, la mayoría se forman durante los procesos de fermentación, secado y tostado. La fermentación insuficiente y en el peor de los casos la ausencia de fermentación, influyen negativamente sobre la calidad sensorial del cacao, limitando seriamente la expresión de los diferentes compuestos que forman la fase aromática (AMORES *et al.*, 2006.).

Los compuestos volátiles como las pirazinas y los aldehídos representan un sabor básico, los esterres que originan un sabor a fruta. Así mismo el grado de astringencia del chocolate esta determinado por los compuestos polifenólicos y el amargor por las purinas: cafeína y teobromina. Finalmente el complejo polipéptidos-fenoles y pirazinas, intervienen en el sabor a miel y nuez (PORTILLO *et al.*, 2006).

2.8.3.2. 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).

NAZARUDDIN *et al.*, (2005), indican que 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 en comparación con otros tratamientos.

2.8.3.3. Genotipo

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

2.8.4. Evaluación física

ALVAREZ *et al.*, (2007), indican que entre los parámetros que influyen en la selección de un determinado tipo de cacao por los fabricantes de chocolate, se encuentran aspectos físicos tales como, el tamaño del grano, el porcentaje de cáscara, contenido de grasa, dureza de la manteca y la humedad. 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). Madriz (1987), citado por PORTILLO *et al.*, (2005), indica que este porcentaje depende del sistema de fermentación y no de la cantidad del grano a fermentar.

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 (NATIVIDAD *et al.*, 2007).

2.8.4.1. Principales defectos en granos

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

- **Grano mohoso**

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

- **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.

- **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

- **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.

- **Grano germinado**

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

- **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.

- **Grano múltiple**

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

- **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.

Entre los defectos comunes que suelen presentarse en los granos de cacao, se puede establecer el origen, como indica el cuadro 6.

Cuadro 6. Defectos comunes de los granos de cacao, según su origen

Origen del defecto	Tipo de granos
- Cultivo	Negros, germinados, prematuros, múltiples
- Fermentación	Pizarrosos, granos con olor atípico
- Secado	Secados con exceso, húmedos, blancos, manchados, y mohosos
- Almacenado	Apolillados

Fuente: AREVALO *et al.*, (2004).

El mercado internacional toma como referencia los parámetros exigidos por la Unión Europea (Cuadro 7).

Cuadro 7: Parámetros de calidad para granos de cacao exigidos por la Unión Europea.

Descripción del grado	Grado I	Grado II
	100 granos/100 g	100 granos/100 g
- Calibre	(máx.)	(máx.)
- Defectos	5% máx.	10% máx.
Granos atacados por insectos		
Granos enmohecidos		
Granos partidos		
Granos pasillas		
Granos múltiples		
Otros.		
- Violáceos	15% máx.	20% máx.
- Pizarrosos	5% máx.	10% máx.
- Humedad	7% máx.	7% máx.
- Acidez	1,5% máx.	1,5% máx.

Fuente: MINISTERIO DE AGRICULTURA (2004)

ALVAREZ *et al.*, (2007), indican que el tamaño de la almendra es importante porque puede afectar al rendimiento de grasa.

2.8.5. Evaluación sensorial

Es una técnica reproducible para identificar, cuantificar y describir las características de un producto y determinar su calidad sensorial. Además JIMENEZ (2006), indica que la evaluación sensorial 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.

La evaluación sensorial de grano de cacao, es una herramienta metodología que permite conocer las cualidades del producto y promover propuestas para la mejora del mismo (SALVADOR y GUTIERREZ, 2008).

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.

La calidad organoléptica es un componente importante en los criterios de calidad de los productos agroalimentarios, En el caso del chocolate, alimento que se consume por placer, es primordial y suele ser característico (BOULANGER *et al*, 2006).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Lugar de ejecución

La etapa de fermentación y secado se llevó a cabo en las instalaciones de la Cooperativa Agraria Cafetalera Divisoria Ltda., ubicada en el distrito de Felipe Luyando – Naranjillo, Km 4,4 carretera Tingo María - Pucallpa.

Los análisis fisicoquímicos se realizaron en los laboratorios de: Bioquímica, Análisis de Alimentos e Ingeniería de Alimentos de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias y en el laboratorio de Nutrición Animal de la facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. La evaluación sensorial se realizó en el laboratorio de control de calidad de la Cooperativa Agraria Industrial Naranjillo.

3.2. Materia prima

Las mazorcas de cacao fueron utilizadas como materia prima cosechadas de la localidad de Huayhuante, distrito de Daniel Alomía Robles, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, parcela de la Sra. Nellyta Ponce Ferrari, Socia de la Cooperativa Agraria Cafetalera Divisoria Ltda., cuyo fundo tiene Certificación Orgánica y de Comercio Justo.

3.3. Materiales equipos y reactivos

3.3.1. Materiales

3.3.1.1. De campo

Tijera cosechadora, machete sin filo, baldes de plástico, costal de polipropileno, bolsas plásticas, cajón fermentador de madera (0,70 x 0,70 x 140 m.), costal de yute, hojas de plátano, paletas de madera, rastrillo de madera, cinta métrica, navaja, plumón, lápices, cinta maskin tape y bolsas de plástico.

3.3.1.2. De laboratorio

Termómetro, vasos de precipitación, matraz erlenmeyer, agitador de vidrio, baldes de plástico, envases herméticos de vidrio, placas petri, probetas, buretas, pipetas, embudos, papel filtro, papel toalla y guillotina.

3.3.2. Equipos

Balanza analítica de 210 g de capacidad, modelo BL210S marca SARTORIUS; Potenciómetro con rango de pH de 0 -14, modelo MP220, marca METTLER TOLEDO; Estufa con temperatura máx. de 200° C, modelo ODGH-9076A, marca TOMOS; Mufla con temperatura máx. De 500° C, modelo LINN High Therm, marca CIMATEC; Cocina eléctrica, modelo de mesa, marca PRACTIKA; Destiladora de nitrógeno, modelo BUCHI, marca CIMATEC; Mini licuadora de laboratorio, modelo BRIO!, Marca UFESA; Tostadora de granos de

cacao, modelo SWISSMAR, marca ALPENROST; Molino de granos de cacao, modelo CM255 marca NETECH.

3.3.3. Reactivos

Cloroformo; metanol; hidróxido de sodio al 0,1N e hidróxido al 50%; fenolftaleína al 0,1%; verde de bromocresol al 1%; rojo de metilo al 0,1%; ácido sulfúrico concentrado; ácido clorhídrico a 0,1 N; ácido bórico al 2%; catalizador para proteína.

3.4. Métodos de análisis

3.4.1. Medida de la temperatura de la masa de cacao

Medida de la temperatura según PORTILLO *et al.* (2005).

3.4.2. Análisis de pH y acidez del cotiledón

Acidez, método 942.15 (AOAC, 1995); pH, método 970.21 (AOAC, 1995)

3.4.3. Análisis fisicoquímico de los granos fermentados secos

Humedad, método 931.04 (AOAC, 1995); ceniza, método 972.15 (AOAC, 1995); grasa, método de Folch *et al.*; (1957) proteína, método 970.22 (AOAC, 1995); Acidez, método 942.15 (AOAC, 1995); pH, método 970.21 (AOAC, 1995)

3.4.4. Evaluación física de los granos fermentados y secos

Prueba de corte 2^{da} edición, NTP ISO 1114:2006.

3.4.5. Evaluación sensorial del licor de cacao

Evaluación sensorial, ZAMORA, (2007).

3.5. Metodología experimental

3.5.1. Obtención del grano de cacao fermentado seco

Para la obtención del grano de cacao seco se siguieron las operaciones que se muestran en la Figura 1, las cuales fueron basadas en la NTP 208.040:2008 - Buenas prácticas para la cosecha y beneficio del cacao. Además se muestra la secuencia en forma gráfica en el anexo 27.

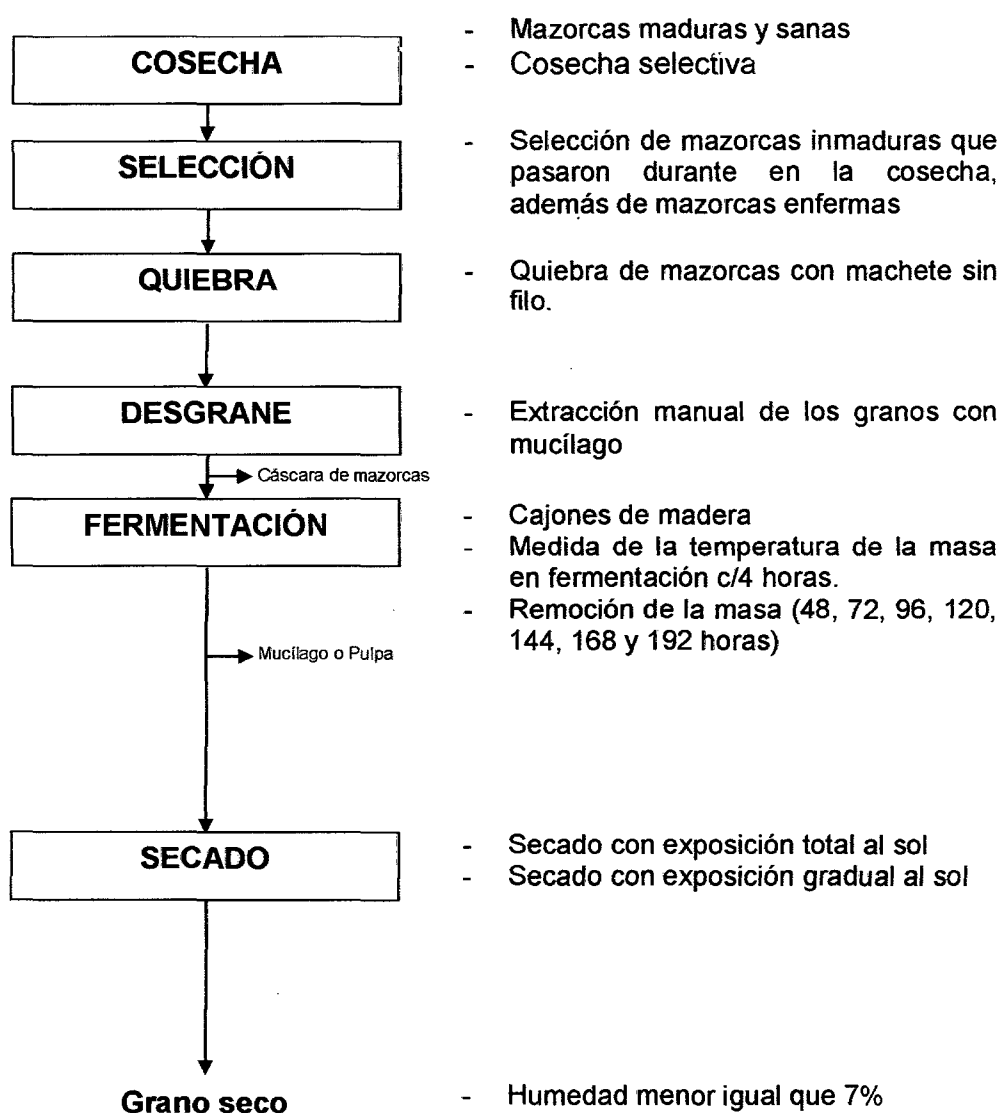


Figura 1. Obtención del grano de cacao fermentado seco.

- **Cosecha**

Para cosechar las mazorcas de cacao se utilizó la tijera cosechadora y pico de loro. La cosecha fue selectiva, es decir, mazorca madura basándose en la coloración anaranjado rojizo y en el sonido hueco producido al golpear la mazorca con los nudos de los dedos. Las mazorcas fueron acopiadas en un lugar libre de la parcela.

- **Selección**

Las mazorcas consideradas inmaduras que pasaron en la cosecha, se retiraron del flujo, al igual que aquellas que presentaban enfermedades

- **Quebra**

La quebra consistió en partir la mazorca en forma diagonal con un machete sin filo, con la finalidad de no dañar los granos.

- **Desgrane**

Se extrajo en forma manual los granos con mucílago de las mazorcas ya quebradas, los mismos que fueron acondicionados en bolsas de plástico para ser trasladados del lugar de la parcela en la localidad de Huayhuante hasta las instalaciones de la Cooperativa Agraria Cafetalera Divisoria Ltda. para seguir con el proceso de beneficio.

- **Fermentación**

La fermentación de los granos de cacao se realizó en cajones de madera de dos compartimientos, cuyas dimensiones fueron 160x70x70 cm. La masa de cacao fue cubierta con sacos de yute limpios durante todo el proceso de fermentado. La remoción de la masa de cacao fue a las 48, 72, 96, 120, 144, 168 y 192 horas, que equivalen a ocho días de

fermentado. Además se midió de la temperatura de la masa de cacao en tres niveles: superficie, parte media e inferior de la masa, cada cuatro horas durante el proceso de fermentación.

Durante el fermentado se extrajo muestra de 0,5 kilogramos al inicio y cada 24 horas, con la finalidad de determinar el pH y acidez del cotiledón del cacao. Además para la evaluación física y sensorial de los granos y licor de cacao, se extrajo muestras de 5 kilogramos, en los tiempos de 48, 72, 96, 120, 144, 168 y 192 horas de fermentado, previa remoción de la masa.

- **Secado**

Para este proceso de los 5 kilos extraídos como muestra durante los tiempos de remoción, el 50% fue secado con exposición total al sol, y el otro 50% secado con exposición gradual al sol.

El secado con exposición total al sol consistió en exponer la muestra directamente al sol, durante todas las horas de sol, y el secado con exposición gradual al sol, consistió en secar los granos el primer día en área techada, el segundo, tercer y cuarto día, secado al sol durante 2, 4 y 6 horas respectivamente; y de los 5 a 7 días secado con exposición total al sol, hasta obtener la humedad menor o igual a 7%.

3.5.2. Evaluación física de los granos fermentados secos

La evaluación física siguió la secuencia mostrada en la figura 2, utilizando para ello la ficha de PRONATEC (Anexo 14), basada en la NTP ISO 1114:2006, prueba de corte 2^{da} edición.

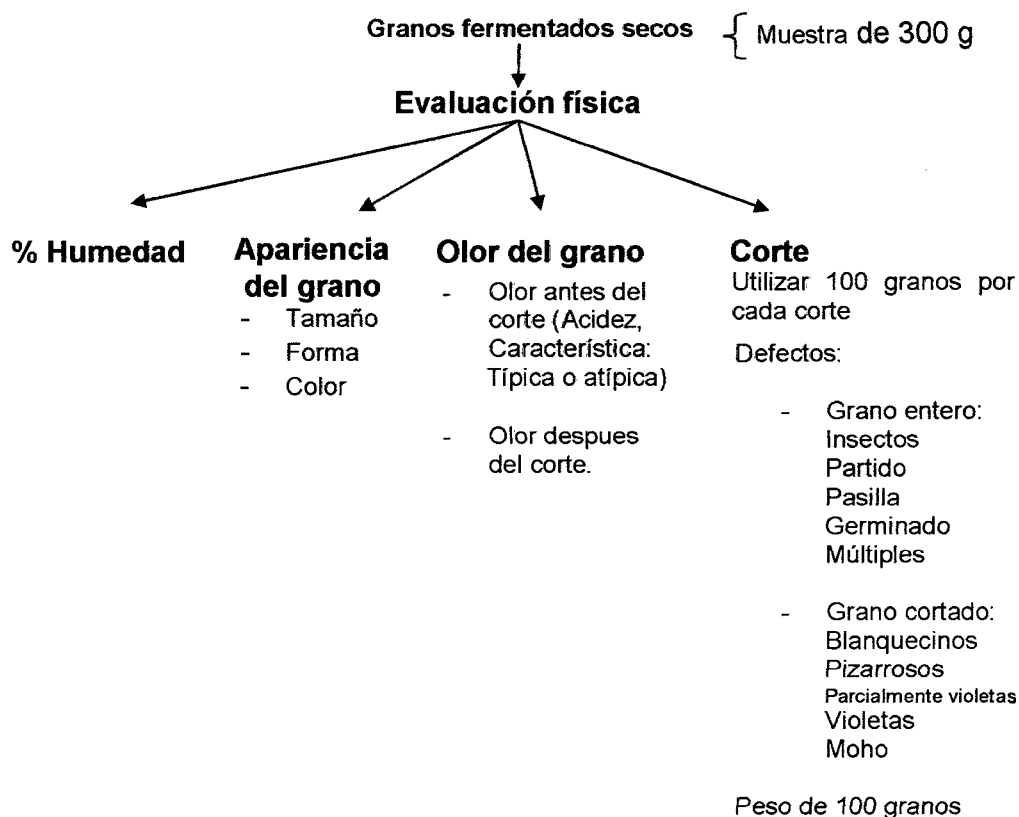


Figura 2. Esquema para la evaluación física de los granos de cacao fermentados secos

Para determinar el porcentaje de granos fermentados, se descontaron los defectos 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.

$$\% \text{ de granos fermentados} = 100 - (\text{Defectos en grano entero}) - (\text{Defectos en grano cortado, excepto los granos parcialmente violetas})$$

3.5.3. Obtención de licor de cacao

Para la obtención de licor o pasta de cacao a partir de los granos fermentados secos, se siguió la metodología de la figura 3, Además la secuencia gráfica para la obtención de licor de cacao se muestra en el anexo 28.

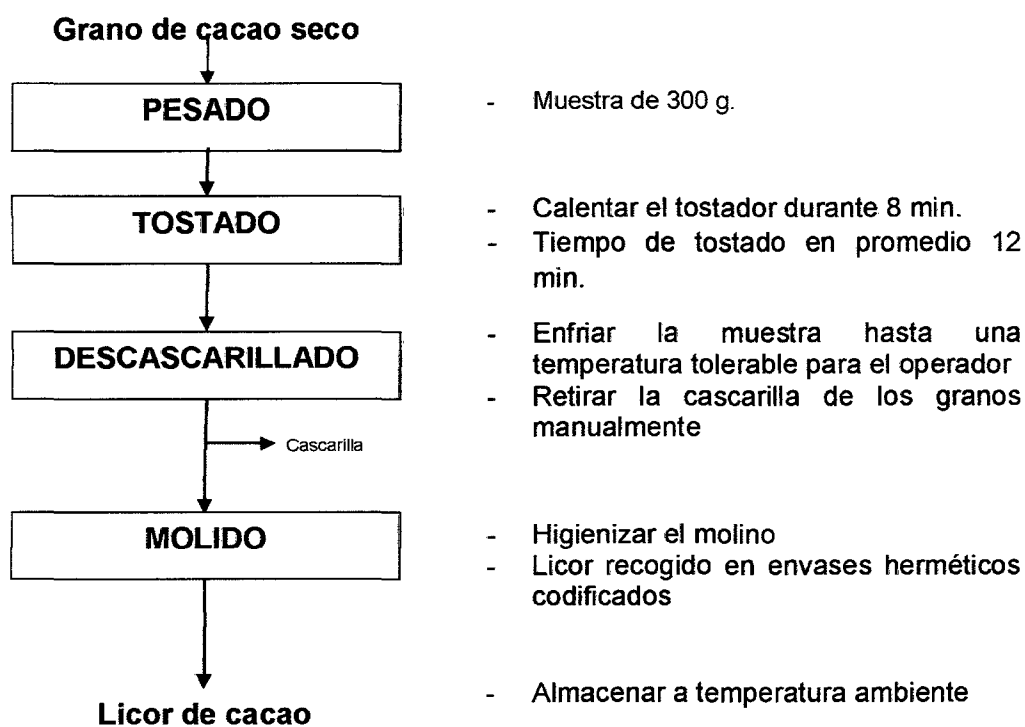


Figura 3. Operaciones para la obtención del licor de cacao.

- **Pesado**

Se pesó 300 gramos de grano de cacao fermentado seco.

- **Tostado**

El tostado de los granos se llevo a cabo a un tiempo aproximado de 12 minutos, hasta el tercer crack.

- **Descascarillado**

Se enfriaron los granos hasta que 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'.

3.5.4. Evaluación sensorial del licor de cacao

La evaluación sensorial del licor de cacao siguió la metodología mostrada en la figura 4, la cual es empleada por la Asociación Peruana de Productores de Cacao (APPCACAO), según ZAMORA, (2007).

La evaluación fue realizada por dos panelistas altamente entrenados de la APPCACAO, y se evaluaron los atributos: sabor a cacao, acidez, amargor, astringencia, floral, frutal, nuez, tierra, moho y otros sabores.; en la escala hedónica de: Ausente (0), ligero (50), moderado (100), fuerte (150) y extremo (200).

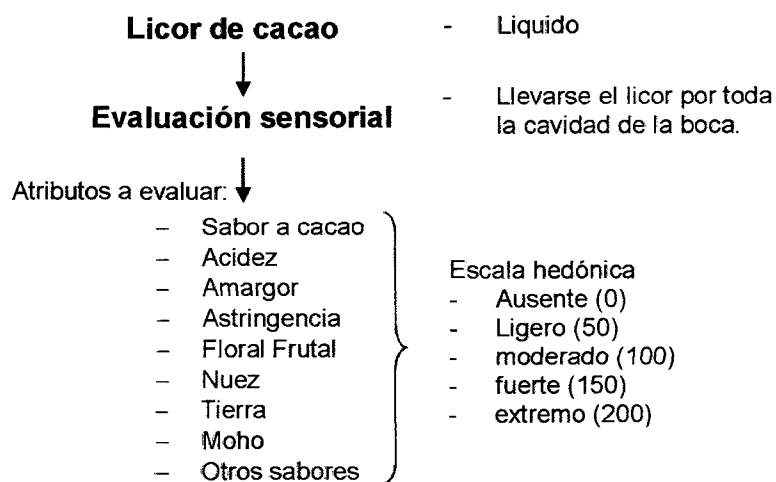
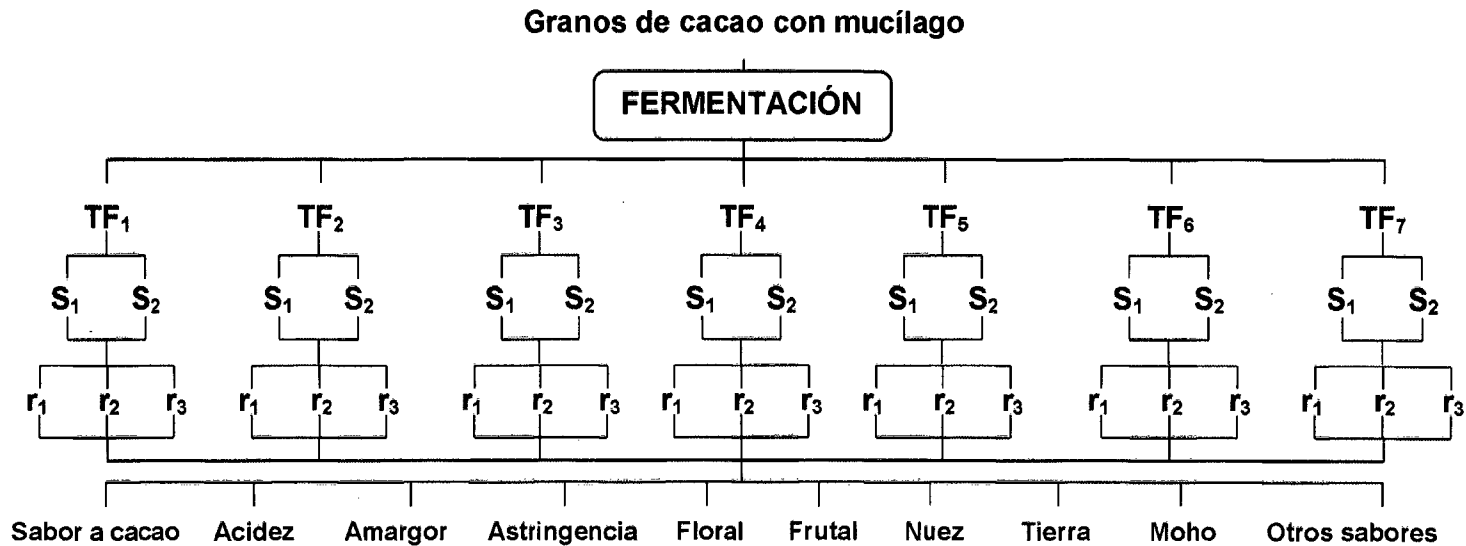


Figura 4. Esquema para la evaluación sensorial del licor de cacao

3.6. Diseño Experimental.



Donde: TF = Tiempo de fermentado; TF₁, TF₂, TF₃, TF₄, TF₅, TF₆ y TF₇ son 48, 72, 96, 120, 144, 168 y 192 horas respectivamente.

S = Método de secado solar; S₁: Secado con exposición total al sol, y S₂: Secado gradual, 1^{er} día Exposición al medio ambiente sin sol; 2^{do}, 3^{ro} y 4^{to} día con 2, 4, 6 horas al sol respectivamente; y del 5^{to} al 7^{mo} día exposición total al sol.

Figura 5. Esquema experimental para determinar la influencia del tiempo de fermentado y método de secado solar en la calidad sensorial

del licor de cacao clon CCN51

3.7. Análisis estadístico

Para el procesamiento de los datos de la evaluación sensorial del licor de cacao, se utilizó el modelo estadístico de Diseño Completo al Azar y el Diseño de Bloques Completo al Azar, con arreglo factorial de 7AX2B, por tres repeticiones.

Los datos discretos obtenidos de la evaluación sensorial del licor de cacao, fueron convertidos a datos continuos para ser procesados con la prueba paramétrica (Fisher y Yates, 1949, citado por UREÑA *et al.*, 1999), los que fueron procesados con el programa stargraphis versión 5,1; Prueba de Tukey.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evaluación durante el fermentado

4.1.1. Medida de la temperatura de la masa de cacao

La medida de la temperatura de la masa de cacao se realizó en tres niveles: en la superficie, en la parte media e inferior, así como también se midió la temperatura ambiente en el lugar de fermentación, estas fueron medidas cada 4 horas durante los 8 días de fermentado. En la figura 6 se muestra la variación de la temperatura de la masa de cacao y del ambiente durante el tiempo de fermentado.

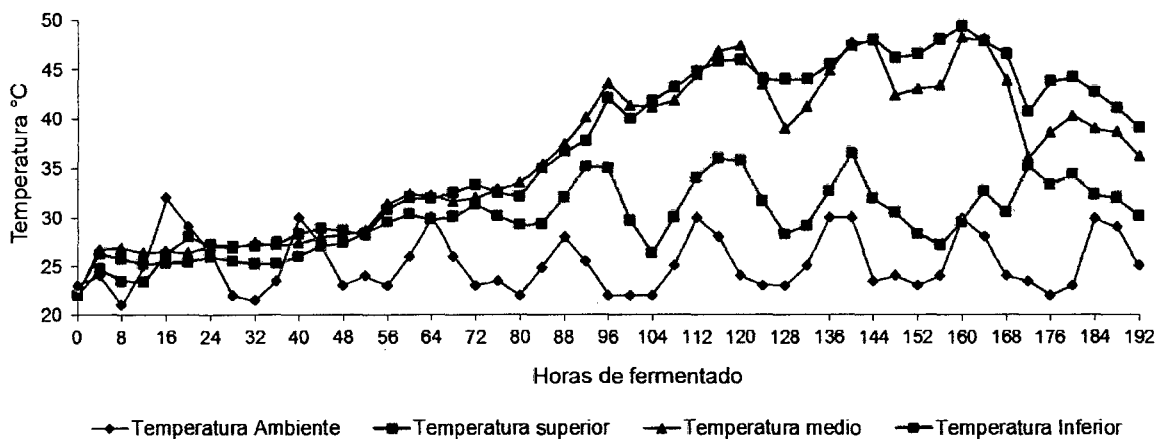


Figura 6. Medida de la temperatura de la masa de cacao durante el proceso de fermentado

De la figura 6, la temperatura promedio del ambiente durante el proceso de fermentado fue de 25,23°C, también se puede apreciar que la temperatura de fermentación de los granos de cacao hasta la primera remoción

a las 48 horas, de 22°C se incrementó a 28°C en las partes superficial y media; y a 27°C en la parte inferior. La temperatura máxima en la parte media de la masa fue de $48,17 \pm 1,26^\circ\text{C}$ y en la superficie fue de $49,33 \pm 1,26^\circ\text{C}$ a las 160 horas de fermentado, de ahí comenzó su descenso. Senanayake *et al.*, (1995), citado por GRAZIANI DE FARIÑAS *et al.*, (2003), indican que la elevación de la temperatura de la masa de cacao es ocasionada por las reacciones exotérmicas y el aumento de la actividad microbiana que ocurren durante el proceso de fermentación. Además PORTILLO *et al.* (2006) indican que las reacciones bioquímicas internas de los cotiledones que conducen a la modificación interna del grano y la formación de precursores de aroma son inducidas por la elevación de la temperatura y la migración del ácido acético hacia el grano. PORTILLO *et al.* (2005), mencionan que la elevación de la temperatura adicionalmente es atribuible a la respiración de los granos.

Por otro lado, el descenso de la temperatura de la masa de cacao es un indicador de que el proceso está llegando a su fin (ASOCIACIÓN NATURLAND, 2000). La temperatura desciende como consecuencia de la inactivación de las bacterias acéticas y la muerte del embrión, ocasionado por la penetración del ácido acético hacia él (PORTILLO *et al.*, 2005). En cuanto a la temperatura inferior de la masa ésta fue ligeramente superior a la temperatura ambiente, pero fue inferior a las temperaturas de la parte media y superior de la masa, esto debido a que en la base del cajón fermentador tuvo aberturas para facilitar el drenado del mucílago, manteniéndose mas frío por el contacto con el aire.

4.1.2. Análisis de pH y acidez del cotiledón

La medida del pH y acidez del cotiledón del cacao durante el proceso de fermentado se realizó cada 24 horas, y se muestra en el cuadro 8, donde se puede observar que el pH del cotiledón del cacao por tiempo de fermentado registró un ligero aumento de $6,44 \pm 0,07$ a $6,64 \pm 0,18$ (g de ácido acético/100 g de cacao) a las 72 horas, a partir de este tiempo mostró un descenso a $5,11 \pm 0,15$ (g de ácido acético/100 g de cacao) a las 120 horas de de fermentación, esta disminución del pH es corroborada por RAMOS (2006), que indica que el pH del cotiledón del cacao disminuye conforme transcurren los días de fermentación. Mostrándose un ligero incremento a $5,73 \pm 0,10$ (g de ácido acético/100 g de cacao) a las 192 horas.

Cuadro 8. Variación del pH y acidez del cotiledón durante el proceso de fermentado

Tiempo de fermentado	pH	Acidez (g ácido acético/100 g cacao)
0 horas	$6,44 \pm 0,07$	$0,02 \pm 0,00$
24 horas	$6,58 \pm 0,11$	$0,02 \pm 0,00$
48 horas	$6,59 \pm 0,14$	$0,04 \pm 0,00$
72 horas	$6,64 \pm 0,18$	$0,04 \pm 0,00$
96 horas	$6,47 \pm 0,13$	$0,06 \pm 0,00$
120 horas	$5,11 \pm 0,15$	$0,10 \pm 0,01$
144 horas	$5,15 \pm 0,13$	$0,10 \pm 0,01$
168 horas	$5,26 \pm 0,16$	$0,08 \pm 0,01$
192 horas	$5,73 \pm 0,10$	$0,07 \pm 0,00$

*Promedio de tres repeticiones \pm la desviación estándar

La ASOCIACIÓN NATURLAND (2000) menciona que durante el primer día de fermentación el pH en el interior de la semilla es 6,5; y del quinto a séptimo día el pH es de 5,5. Similar tendencia habría ocurrido con el pH de la masa de cacao durante la fermentación del clon CCN51.

En cuanto a la acidez del cotiledón del cacao expresada en gramos de ácido acético/100 gramos de cacao, mostró un ligero incremento desde las 0 horas de fermentado ($0,02 \pm 0,00$) hasta las 144 horas ($0,10 \pm 0,01$) desde las cuales se observa un descenso hasta las 192 horas de fermentado ($0,07 \pm 0,00$), lo que indica que a partir de las 144 horas de fermentado la acidez empieza a disminuir. Por su parte PORTILLO *et al.*, (2006), menciona que el contenido elevado de la acidez puede estar ligado a un menor aroma de chocolate, que afectaría la calidad sensorial del cacao.

El pH como la acidez del cotiledón del cacao durante el tiempo de fermentado mostraron una relación inversamente proporcional. Esto lo corrobora la figura 7.

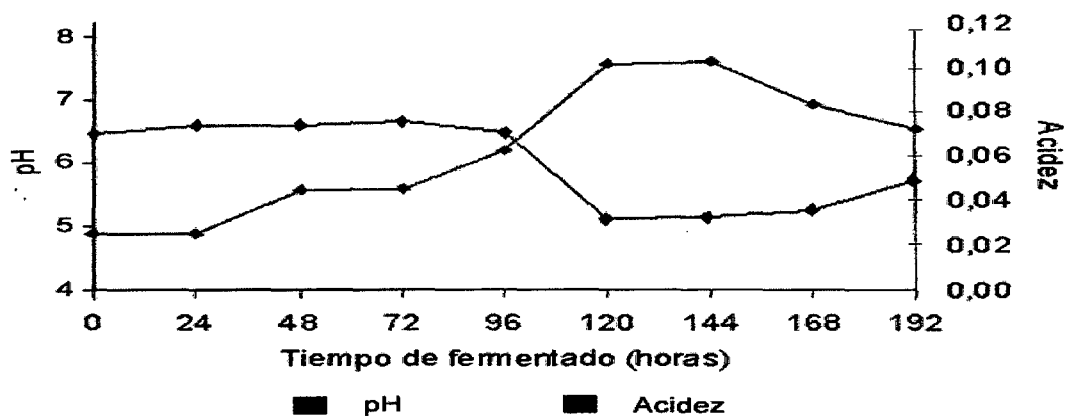


Figura 7. Variación del pH y acidez del cotiledón del cacao durante la etapa de fermentación

4.2. Calidad física, organoléptica y fisicoquímica de los granos fermentados secos

4.2.1. De la humedad del grano

En los cuadros 9 y 10 se observa el porcentaje de humedad para los métodos de secado con exposición total y gradual al sol, las mismas que variaron de 5,20% a 7,27%. Estas humedades se encuentran dentro de los niveles que reporta la bibliografía; GAITAN (2005) y PAREDES (2000), quienes indican que la humedad debe reducirse a 7%, por su parte NATIVIDAD *et al.*, (2007) y Rohan (1964), citado por NOGALES *et al.*, (2006), hacen referencia que los granos por debajo de 6% de humedad se vuelven quebradizos, sin embargo Bradley (2003), citado por ALVAREZ *et al.*, (2007), indica que este valor de humedad; los hacen ser considerados como productos seguros con prolongada vida de almacenamiento

Cuadro 9. Características físicas y organolépticas del grano de cacao a diferente tiempo de fermentado y secados con exposición total al sol

Tiempo de fermentado (horas)	Promedio humedad (%)	Apariencia del grano			Olor del grano entero		Olor después del corte	
		Tamaño	Forma	Color	Acidez	Característica	Acidez	Característica
48	5,20±0,20	Grande	Alargado	Marrón claro	poco ácido	atípico	poco ácido	atípico
72	5,50±0,00	Grande	Alargado	Marrón claro	poco ácido	atípico	poco ácido	atípico
96	5,92±0,33	Grande	Alargado	Marrón claro	poco ácido	atípico	ácido	atípico
120	7,00±0,17	Grande	Alargado	Marrón rojizo	ácido	típico	ácido	típico
144	7,00±0,00	Grande	Alargado	Marrón oscuro	ácido	típico	ácido	típico
168	7,00±0,00	Grande	Alargado	Marrón oscuro	poco ácido	Típico	poco ácido	típico
192	6,67±0,29	Grande	Alargado	Negruzco	poco ácido	atípico	poco ácido	atípico

*Promedio de tres repeticiones ± la desviación estándar

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

Cuadro 10. Características físicas y organolépticas del grano de cacao a diferente tiempo de fermentado y secados con exposición gradual al sol

Tiempo de fermentado (horas)	Promedio humedad (%)	Apariencia del grano			Olor del grano entero		Olor después del corte	
		Tamaño	Forma	Color	Acidez	Característica	Acidez	Característica
48	5,37±0,32	Grande	Alargado	Marrón claro	poco ácido	atípico	poco ácido	atípico
72	5,33±0,29	Grande	Alargado	Marrón claro	poco ácido	atípico	poco ácido	atípico
96	6,07±0,47	Grande	Alargado	Marrón claro	poco ácido	atípico	ácido	atípico
120	6,80±0,17	Grande	Alargado	Marrón rojizo	ácido	típico	ácido	típico
144	7,00±0,00	Grande	Alargado	Marrón oscuro	ácido	típico	ácido	típico
168	7,27±0,31	Grande	Alargado	Marrón oscuro	poco ácido	típico	poco ácido	típico
192	6,97±0,06	Grande	Alargado	Negruzco	poco ácido	atípico	poco ácido	atípico

*Promedio de tres repeticiones ± la desviación estándar

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

4.2.2. De la apariencia del grano

Los resultados de la apariencia general del grano: tamaño, forma y color, evaluados con la ficha de evaluación física (anexo 14), se muestra en los cuadros 9 y 10 para las muestras a diferente tiempo de fermentado y secadas con exposición total y gradual al sol.

El tamaño de los granos para todos los tratamientos fue grande, en cuanto a la forma de los granos esta fue alargada, ya que es característico de este clon, el color superficial del grano fue marrón claro desde las 48 a 96 horas, y a medida que se incrementó el tiempo de fermentado, los granos pasaron de un color marrón rojizo a oscuro hasta las 168 horas, para luego pasar al color negruzco a las 192 horas de fermentación.

La FEDERACIÓN NACIONAL DE CACAOTEROS (2004) indica que un grano cuyo proceso de fermentación haya sido correcto, tiene un color café oscuro o canela, lo que indicaría que los granos con coloración marrón claro a rojiza tienen escasa fermentación. Además Lemus et al., (2002), citado por ORTIZ et al., (2009), indican que al fermentar el cacao, el color del grano cambia a una tonalidad parda, que difiere entre los tipos de cacao, el color oscuro es generado por la hidrólisis de la antocianina y la posterior oxidación de las agliconas.

4.2.3. Del olor del grano entero

Las características de olor del grano de cacao entero se indican en los cuadros 9 y 10, para las muestras a diferente tiempo de fermentado, y

secadas con exposición total y gradual al sol. El olor del grano para los dos métodos de secado presentó las mismas calificaciones en sus características y acidez. Hasta las 96 horas de fermentado presentaron un olor poco ácido, esto debido durante este tiempo de fermentado la acidez no se ha desarrollado por completo las misma que se ve reflejada en el grano fermentado seco, entre las 120 a 144 horas el olor del grano se incrementó a ácido, que se debe a la producción de ácido acético en la fermentación anaeróbica, luego el olor baja a poco ácido entre las 168 y 192 horas de fermentado, esto lo corrobora la ASOCIACIÓN NATURLAND (2000), quienes indican que del quinto a séptimo día de fermentado el olor a ácido es menos fuerte.

En cuanto a la característica de olor del grano entero presentó el calificativo de atípico desde las 48 hasta las 96 horas de fermentado, y desde las 120 a 168 horas respondieron a un calificativo de olor típico a cacao, esto lo corrobora la FEDERACIÓN NACIONAL DE CACAOTEROS (2004), quienes indican que un grano cuyo proceso de fermentado ha sido correcto, el olor del grano entero es agradable, típico a chocolate. El olor del grano a las 192 horas mostró un calificativo atípico, que indicaría una sobre fermentación del grano de cacao. Esto lo corrobora AREVALO *et al.*, (2004), quienes indican que el defecto del olor atípico de los granos tiene origen en el fermentado.

4.2.4. Del olor después del corte

En los cuadros 9 y 10 se puede observar el olor de los granos después de realizado el corte es el mismo para los dos métodos de secado.

Los granos cortados presentaron un olor poco ácido desde las 48 hasta las 72 horas de fermentado, y un olor ácido de 96 hasta las 144 horas para luego tener un olor poco ácido desde las 168 horas de fermentado.

En cuanto al olor característico de los granos, presentaron un calificativo de atípico hasta las 96 horas de fermentación, esto se debe a que los procesos bioquímicos en los cotiledones no se habrían producido en su totalidad, pero a medida que se fue incrementando las horas de fermentación la característica típica de olor a cacao se consiguió entre las 120 a 168 horas de fermentado, tornándose olor atípico cuando sobrepasa este tiempo.

4.2.5. De los defectos físicos del grano

En el cuadro 11, se muestran los defectos físicos en porcentaje de los granos de cacao a diferentes tiempos de fermentado y secado con exposición total al sol. La evaluación de los defectos físicos en el grano entero no registró ningún defecto por ataque de insectos, granos partidos, y germinados. Encontrándose sí, pequeños porcentajes de granos pasillas y múltiples, los cuales no superan al 1,5%.

Por otro lado, una vez realizado el corte del grano no se observó la presencia de moho. Sin embargo se encontraron pequeñas cantidades de granos blanquecinos, también se observó defectos como: granos pizarrosos, violetas y parcialmente violetas, que se muestran en la figura 8.

Cuadro 11. Defectos físicos en porcentaje de los granos de cacao a diferente tiempo de fermentado y secados con exposición total al sol

Defectos	Tiempo de fermentado (horas)						
	48	72	96	120	144	168	192
Grano entero							
Insectos	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
Partido	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
Pasillas	0,67 ± 1,15	0,67 ± 1,15	0,67 ± 1,15	0,33 ± 0,58	1,33 ± 1,15	0,0 ± 0,0	0,33 ± 0,58
Germinados	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
Múltiples	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,33 ± 0,58	0,67 ± 0,58	0,0 ± 0,0	0,33 ± 0,58	0,67 ± 0,58
Grano cortado							
Blanquecinos	0,0 ± 0,0	0,67 ± 1,15	0,0 ± 0,0	2,00 ± 1,00	1,00 ± 1,73	1,33 ± 2,31	0,67 ± 1,15
Pizarrosos	7,33 ± 1,15	5,00 ± 1,73	1,67 ± 2,89	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
Parcialmente violetas	5,67 ± 1,15	2,00 ± 1,00	6,67 ± 2,08	9,33 ± 2,08	6,00 ± 2,00	9,00 ± 1,73	11,33 ± 1,53
Violeta	33,67 ± 1,53	33,33 ± 3,21	30,00 ± 2,00	32,33 ± 3,06	29,33 ± 2,80	24,33 ± 5,13	10,67 ± 3,79
Moho	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,00 ± 0,00	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
Peso(g) de 100 granos	145,47 ± 7,32	150,90 ± 4,08	146,27 ± 2,76	151,30 ± 1,37	155,60 ± 4,60	153,33 ± 6,09	148,97 ± 8,48

*Promedio de tres repeticiones ± la desviación estándar

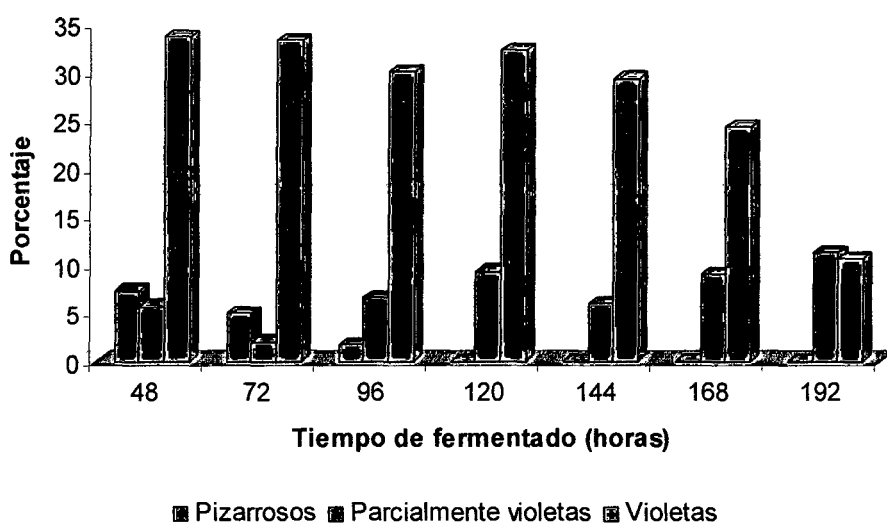


Figura 8. Defectos físicos de los granos de cacao por tiempo de fermentado y secado con exposición total al sol.

La figura 8 muestra que los granos violetas de $33,67 \pm 1,53\%$ disminuyeron a $10,67 \pm 3,79\%$ durante el tiempo de fermentado, esto lo corrobora la ASOCIACIÓN NATURLAND (2000), que indica que el color violeta se debe a las antocianinas que posee el grano de cacao, dado que estas se van perdiendo conforme transcurre el proceso de fermentado, el color de los granos violetas va disminuyendo. Además ROHSIUS *et al.*, (2006), menciona que los granos violetas indican que estos se encuentran en etapa de fermentación. Se observó también que los granos pizarrosos prácticamente no se encontraron a partir de las 120 horas de fermentado. Esto lo corrobora ROHSIUS *et al.*, (2006), quienes indican que la acidificación de los cotiledones de la semilla produce un cambio en el color del cotiledón que pasa de pizarra, a violeta por la liberación de antocianinas. Además ADRIAZOLA (2003),

menciona que los granos pizarrosos se producen por falta de calor. ROHSIUS *et al.*, (2006), indican que la falta de fermentación genera granos pizarrosos. El porcentaje de granos parcialmente violeta registró un ligero incremento conforme transcurrió el proceso de fermentado, llegando a $11,33 \pm 1,53\%$, este incremento es de suponer que los granos violetas se van degradando paulatinamente a una coloración parcialmente violeta antes de pasar a ser un grano bien fermentado.

La evaluación física de los granos de cacao a diferente tiempo de fermentado y secado gradualmente al sol se muestra en el cuadro 12; La evaluación del grano entero no registró defectos a excepción de los granos pasillas que en algunos casos van desde $0,33 \pm 0,58\%$ a $0,67 \pm 0,58\%$. Realizado el corte de los granos se encontraron como defectos a granos pizarrosos, granos violeta y parcialmente violeta. Los mismos que se grafican en la figura 9. Los granos violetas conforme transcurrió el proceso de fermentado disminuyeron de $30,67 \pm 3,79\%$ hasta $10,00 \pm 2,00\%$, En cuanto a los granos pizarrosos de $5,67 \pm 1,53\%$ descendieron a las 96 horas de fermentación a $2,00 \pm 1,73\%$, y de allí para adelante no se registró este defecto debido al proceso de fermentado. Sin embargo los granos considerados parcialmente violeta de $5,00 \pm 2,65\%$ a las 48 horas de fermentación fueron ascendiendo paulatinamente hasta llegar a $11,67 \pm 1,53\%$ a las 192 horas.

Cuadro 12. Defectos físicos en porcentaje de los granos de cacao a diferente tiempo de fermentado y secados con exposición gradual al sol

Defectos	Tiempo de fermentado (horas)						
	48	72	96	120	144	168	192
Grano entero							
Insectos	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
Partido	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
Pasillas	0,67 ± 0,58	0,0 ± 0,0	0,67 ± 0,58	0,67 ± 0,58	0,33 ± 0,58	0,0 ± 0,0	0,33 ± 0,58
Germinados	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
Múltiples	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	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	0,67 ± 1,15	1,00 ± 1,73	2,00 ± 1,73	2,00 ± 3,46	0,67 ± 1,15	0,67 ± 0,58
Pizarrosos	5,67 ± 1,53	9,00 ± 2,00	2,00 ± 1,73	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
Parcialmente violetas	5,00 ± 2,65	6,67 ± 1,53	8,67 ± 3,79	8,00 ± 1,00	7,67 ± 2,08	9,67 ± 0,58	11,67 ± 1,53
Violeta	30,67 ± 3,79	25,00 ± 4,58	29,67 ± 3,06	23,67 ± 2,31	23,67 ± 1,15	20,33 ± 2,08	10,00 ± 2,00
Moho	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
Peso(g) de 100 granos	147,43 ± 2,84	148,40 ± 3,41	148,87 ± 5,27	150,40 ± 0,60	152,87 ± 5,59	155,77 ± 4,95	148,50 ± 5,65

*Promedio de tres repeticiones ± la desviación estándar

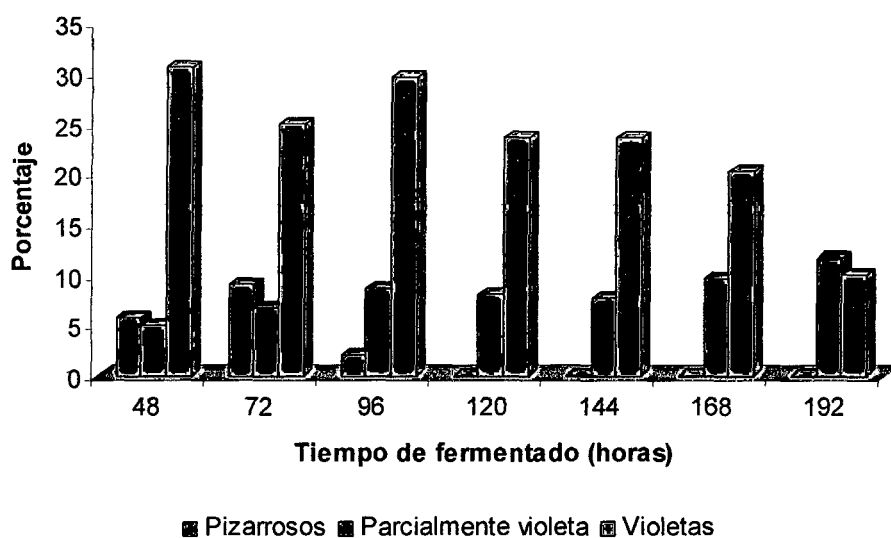


Figura 9. Defectos físico de los granos de cacao por tiempo de fermentado y secado con exposición gradual al sol.

4.2.6. Del porcentaje de granos fermentados

El cuadro 13 muestra el porcentaje de granos fermentados por tiempo de fermentación y método de secado solar.

Cuadro 13. Porcentaje de granos fermentados según el tiempo de fermentado y método de secado solar.

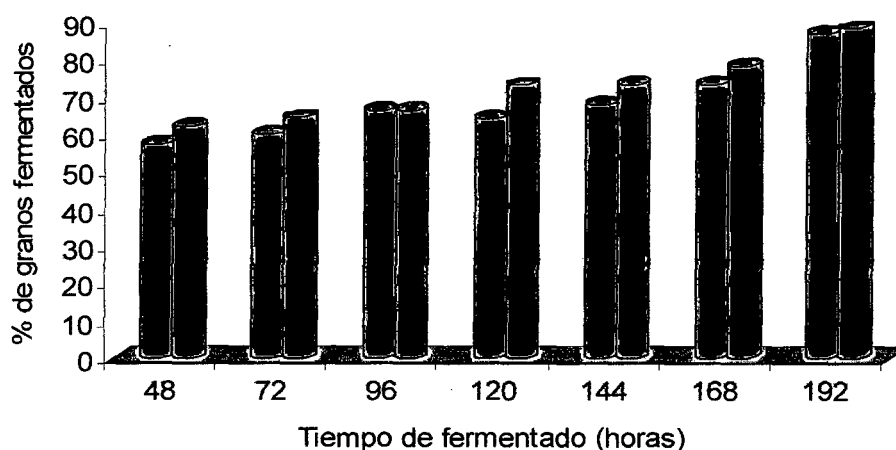
Tiempo de fermentado (horas)	Porcentaje de granos fermentados	
	Exposición total	Exposición Gradual
48	58,33 ± 0,58	63,00 ± 4,58
72	60,33 ± 1,53	65,33 ± 4,04
96	67,33 ± 1,53	66,67 ± 5,03
120	64,67 ± 2,08	73,67 ± 4,04
144	68,33 ± 1,53	74,00 ± 5,20
168	74,00 ± 4,36	79,00 ± 1,00
192	87,67 ± 3,21	89,00 ± 2,00

*Promedio de tres repeticiones ± la desviación estándar

Si se observa en los dos métodos de secado, el incremento de granos fermentados es mayor a medida que transcurre el tiempo de fermentado. Esto lo corroboran GRAZIANI DE FARIÑAS *et al.*, (2003) y PORTILLO *et al.*, (2005), quienes indican que el porcentaje de granos fermentados se incrementa a medida que aumenta el tiempo de fermentado, No obstante valores del índice de granos fermentados superiores a 90% podrían señalar una posible sobre fermentación.

Cuando el secado fue realizado con exposición gradual al sol el porcentaje de granos fermentados registró 79,8% a 168 horas, que comparado para el mismo tiempo de fermentado pero secado con exposición total al sol éste sólo registró 74% (figura 10).

Por su parte Cros y Jeanjean (1995), citado por NOGALES *et al.*, (2006) mencionan que el desarrollo de los pigmentos de color marrón, a partir de los compuestos fenólicos, es otra fase relevante del secado, lo cual solamente ocurre en dicha etapa. Además Puziah *et al.*, (1999), citado por NOGALES *et al.*, (2006) mencionan que durante el secado, la oxidación enzimática de los polifenoles, por acción de la polifenoloxidasas en presencia de oxígeno, y la posterior condensación con las proteínas ocasiona el color pardo de los granos



■ Secado con exposición total al sol ■ Secado con exposición gradual

Figura 10. Porcentaje de granos fermentados según tiempo de fermentado y método de secado solar

4.2.7. De la caracterización fisicoquímica

En el cuadro 14, se presenta los resultados del análisis fisicoquímico del cotiledón del grano de cacao fermentado durante 168 horas y secados con exposición total, y gradual al sol.

Cuadro 14. Propiedades fisicoquímicas de los granos de cacao fermentados durante 168 horas según método de secado solar

	Método de secado solar	
	Exposición total al sol	Exposición gradual al sol
pH	6,63 ± 0,01	6,60 ± 0,01
Acidez	0,13 ± 0,00	0,13 ± 0,00
Humedad	6,30 ± 0,34	6,17 ± 0,40
Ceniza	2,84 ± 0,05	2,86 ± 0,08
Grasa	42,45 ± 1,17	41,28 ± 3,70
Proteína	13,56 ± 0,04	12,69 ± 0,04

*Promedio de tres repeticiones ± la desviación estándar

El pH para los métodos de secado con exposición total y gradual al sol fue de $6,63 \pm 0,01$, y $6,60 \pm 0,01$, respectivamente. GRAZIANI DE FARIÑAS *et al.*, (2003), indican que el cacao criollo tiene un pH de 6,39; el cual es muy aproximado a los valores encontrados en esta investigación para los dos métodos de secado.

La acidez del grano de cacao (0,13 g. de ácido acético/100 g. de cacao) para los dos métodos de secado no varía. GRAZIANI DE FARIÑAS *et al.* (2003), mencionan que la acidez del grano de cacao criollo es de 0,31, cuyo valor es superior en comparación al Clon CCN51 estudiado en esta investigación.

Respecto al contenido de humedad del grano fermentado seco, la ASOCIACIÓN NATURLAND (2000), reportó valores de 5-6%, valor muy cercano a los encontrados para los métodos de secado con exposición total y gradual al sol de $6,30 \pm 0,34\%$ y $6,17 \pm 0,40\%$ respectivamente.

La cantidad de ceniza para los métodos de secado con exposición total y gradual al sol, fue de $2,84 \pm 0,05\%$ y $2,86 \pm 0,08\%$ respectivamente, cuyo porcentaje es muy aproximado al descrito por la ASOCIACIÓN NATURLAND (2000), quienes reportan 3% de ceniza en el grano de cacao.

El porcentaje de grasa encontrado para los métodos de secado con exposición total y gradual al sol fue de $42,45 \pm 1,17$ y $41,28 \pm 3,70$ respectivamente, GRAZIANI DE FARIÑAS *et al.*, (2003), determinó para el cacao variedad criollo 50,99% de grasa, La FEDERACIÓN NACIONAL DE CACAOTEROS (2004), indica que el cacao está compuesto por 55,8% de grasa, siendo estos valores superiores a los que se encontraron para los dos métodos de secado, lo que estaría indicando que esta variación está influenciada por la variedad del cacao, y no por lo que menciona Cross (1997), citado por PEREZ *et al.*, (2002), que las diferencias en el tamaño del grano y el inadecuado proceso de beneficio se señalan como los factores más directos en las variaciones del contenido graso en granos de cacao

GRAZIANI DE FARIÑAS *et al.* (2003) reportan 13,88 % de proteína para el cacao criollo. Además la FEDERACIÓN NACIONAL DE CACAOTEROS (2004) indica que la cantidad de proteína que tiene el cacao es de 12,69%, siendo los valores muy aproximados a los encontrados para los métodos de secado con exposición total y gradual al sol de $13,56 \pm 0,04\%$ y $12,69 \pm 0,04\%$ respectivamente.

4.3. Evaluación sensorial del licor de cacao

Los resultados de la evaluación sensorial del licor de cacao con diferentes tiempos de fermentado y métodos de secado, se muestran en los anexos 8 y 9. Los mismos que se encuentran graficados en las figuras 11 y 12.

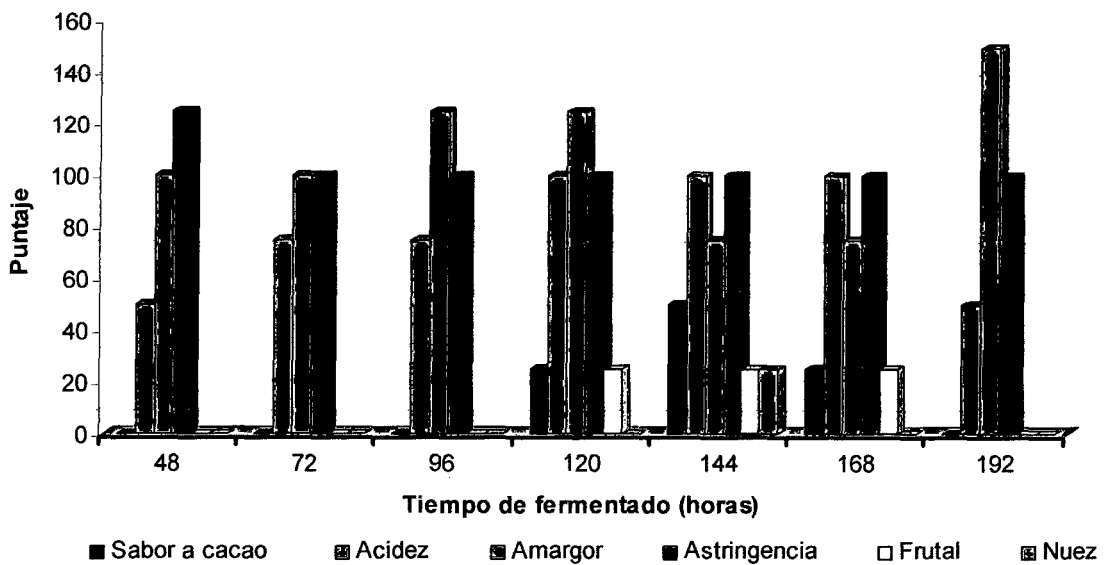


Figura 11. Evaluación sensorial del licor de cacao según tiempo de fermentado y secadas con exposición total al sol.

Para las muestras secadas con exposición total al sol (figura 11), se puede decir que el atributo sabor a cacao fue percibido a partir de las 120 horas de fermentación, En cuanto a la acidez del licor de cacao, ésta se incrementó de 50 puntos a las 48 horas de fermentado, a 100 puntos a las 120 horas de fermentado y se mantuvo hasta las 168 horas, para luego disminuir a las 192 horas a un puntaje de 50. En cuanto a la astringencia del licor de cacao, ésta comenzó con 125 puntos a las 48 horas disminuyendo a 100 puntos a partir de las 72 horas y permaneciendo constante hasta el final de la fermentación. El atributo amargor mostró un incremento a partir de las 96 horas, disminuyendo a las 144 horas, para luego incrementarse al final de la fermentación. Para las muestras a diferentes tiempos de fermentado y métodos de secado no registraron atributos como floral, moho, tierra y otros sabores en el licor de cacao, para ningún tiempo de fermentado.

Los resultados de la evaluación sensorial para las muestras secadas con exposición gradual al sol (anexo 12) se encuentran graficados en la figura 12.

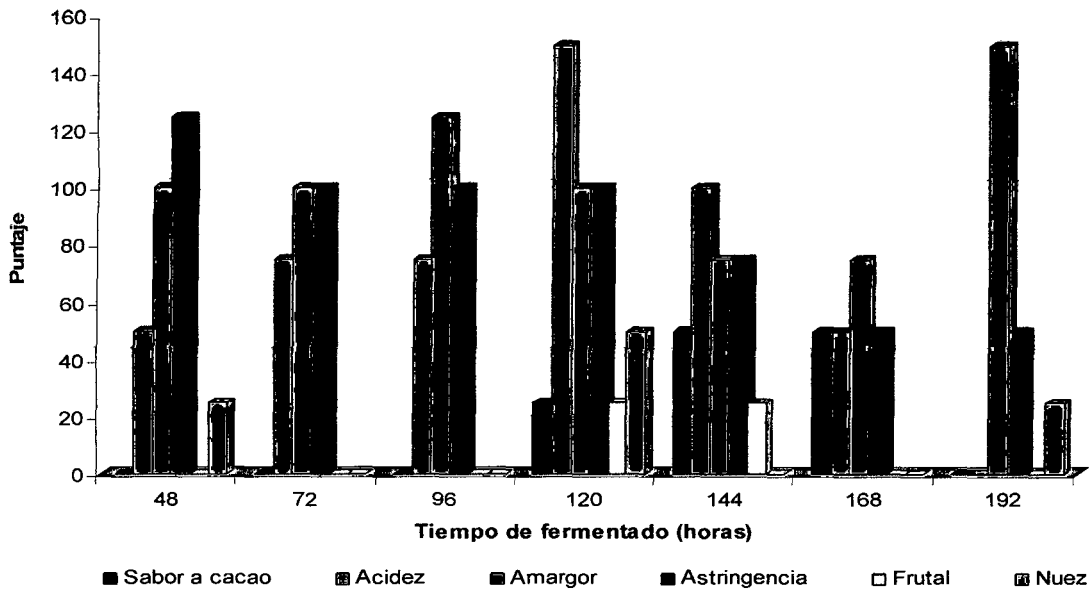


Figura 12. Evaluación sensorial del licor de cacao según tiempo de fermentado y secadas con exposición gradual al sol.

De la figura 12 se puede observar que para el atributo sabor a cacao fue percibido a partir de la 120 horas de fermentado, junto con el atributo floral. Así mismo el atributo acidez se incrementó a 150 puntos a las 120 horas de fermentado, para luego ir disminuyendo hasta los 50 puntos a las 168 horas. El atributo amargor mostró un incremento a 125 puntos a las 96 horas para ir disminuyendo hasta 75 puntos a las 144 horas, luego éste se incrementó a 150 puntos al final de la fermentación. Para el atributo astringencia se observó un calificativo de 125 puntos a las 48 horas, que fue disminuyendo a 50 puntos a las 168 horas de fermentado. Por otro lado el sabor frutal del licor de cacao fue percibido a partir de las 120 y 144 horas de fermentado.

4.3.1. Del atributo sabor a cacao

El análisis de varianza para el atributo sabor a cacao aplicando el diseño de bloques completo al azar se muestra en el anexo 15. Del análisis de varianza realizado se observa que no hay efecto de la interacción; sólo hay presencia de efecto para el factor tiempo de fermentado que influyó de un modo altamente significativo ($P_v < 0,01$) en el sabor a cacao del licor. El factor método de secado solar no influyó en el sabor a cacao. Para determinar el nivel más adecuado del factor tiempo de fermentado se realizó la prueba de comparación múltiple de medias, la cual se reporta en el cuadro 15.

Cuadro 15. Prueba de rangos múltiples para el atributo sabor a cacao por tiempo de fermentado, Prueba de Tukey

Tiempo de fermentado (horas)	Media de las calificaciones
192	1,50 ^a
48	1,50 ^a
72	1,50 ^a
96	1,50 ^a
120	5,03 ^{ab}
168	6,80 ^{ab}
144	8,57 ^b

*Promedio de tres repeticiones seguido de letras distintas en la misma columna son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Del cuadro 15 se puede observar que la mayor media obtenida (8,57) correspondió a las 144 horas de fermentado, superior a esta hora el sabor a cacao disminuyó, Esto indica que durante el fermentado, el sabor a cacao aumenta, el mismo que disminuye cuando se produce una sobre fermentación. Además PORTILLO *et al.*, (2006), mencionan que el sabor a chocolate se desarrolla a partir de la fermentación. El análisis de varianza

aplicando el modelo estadístico de diseño completo al azar para el atributo sabor a cacao se muestra en el anexo 16. Del mismo podemos observar que el factor tratamiento influyó de un modo significativo ($P_v < 0,05$) en el sabor a cacao. Para determinar el nivel más adecuado del factor tratamiento se realizó la prueba de comparación múltiple de medias, la cual se reporta en el cuadro 16.

Cuadro 16. Prueba de rangos múltiples para el atributo sabor a cacao, Prueba de Tukey

Tratamiento	Media de las calificaciones
48 horas de fermentado, secado total	1,50 ^a
96 horas de fermentado, secado total	1,50 ^a
72 horas de fermentado, secado total	1,50 ^a
192 horas de fermentado, secado gradual	1,50 ^a
72 horas de fermentado, secado gradual	1,50 ^a
192 horas de fermentado, secado total	1,50 ^a
96 horas de fermentado, secado gradual	1,50 ^a
48 horas de fermentado, secado gradual	1,50 ^a
120 horas de fermentado, secado total	5,03 ^{ab}
120 horas de fermentado, secado gradual	5,03 ^{ab}
168 horas de fermentado, secado total	5,03 ^{ab}
144 horas de fermentado, secado total	8,57 ^b
144 horas de fermentado, secado gradual	8,57 ^b
168 horas de fermentado, secado gradual	8,57 ^b

*Promedio de tres repeticiones seguido de letras distintas en la misma columna son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Del cuadro 16 se observa que a medida que el tiempo de fermentación va aumentando, las características de sabor a cacao van mejorando, esto debido a la pérdida de antocianinas que se caracteriza por

tener un sabor amargo. El mayor sabor a cacao correspondió a las 168 horas de fermentado y secado con exposición gradual al sol (8,57), no habiendo diferencia significativa entre los tratamientos a las 144 horas de fermentado con secado total y gradual al sol.

4.3.2. Del atributo acidez

El análisis de varianza para el atributo acidez del licor de cacao aplicando el diseño de bloques completo al azar se muestra en el anexo 17. Del análisis de varianza realizado observamos que existe efecto de la interacción de un modo altamente significativo ($P_v < 0,01$). Los factores principales tiempo de fermentado y método de secado solar influyeron también de un modo altamente significativo ($P_v < 0,01$) en la acidez del licor de cacao. Para determinar el nivel más adecuado del factor tiempo de fermentado y método de secado solar, se realizó la prueba de comparación múltiple de medias, el cual se reporta en los cuadros 17 y 18.

Cuadro 17. Prueba de rangos múltiples para el atributo acidez por tiempo de fermentado, Prueba de Tukey

Tiempo de fermentado (horas)	Media de las calificaciones
192	5,03 ^a
48	8,57 ^b
168	10,03 ^{bc}
96	10,03 ^{bc}
72	10,03 ^{bc}
144	11,50 ^{cd}
120	12,62 ^d

*Promedio de tres repeticiones seguido de letras distintas en la misma columna son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

De la comparación múltiple de medias se puede observar que la menor acidez del grano correspondió al tiempo de fermentado de 192 horas (5,03). La ASOCIACIÓN NATURLAND (2000) indica que del quinto a séptimo día de fermentación el olor a ácido acético de la masa de cacao es menos fuerte, luego disminuye, esto indica que a durante el tiempo de fermentado la acidez producida durante este proceso va disminuyendo. Por su parte PORTILLO *et al.*, (2006) indican que la acidez se incrementa durante el fermentado, ya que se produce ácido acético que se infiltra en los cotiledones, produciéndose una serie de reacciones que generan el sabor y aroma característico del cacao. Además ROHSIUS *et al.*, (2006), indican que el sabor final del cacao está influido directamente por el proceso de acidificación durante la fermentación.

Cuadro 18. Prueba de rangos múltiples para el atributo acidez, por método de secado solar, Prueba de Tukey

Método de secado solar	Media de las calificaciones
Exposición gradual al sol	9,13 a
Exposición total al sol	10,24 b

*Promedio de tres repeticiones seguido de letras distintas en la misma columna son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

En el cuadro 18 se observa que la menor media para el atributo acidez de 9,14 corresponde al secado con exposición gradual al sol. Esto indica que aplicando un secado con exposición total al sol, se forma rápidamente una capa alrededor del grano que impide la salida del ácido acético generado durante la fermentación, no lográndose volatilizar de manera

adecuada. GAITAN, (2005), menciona que el secado de los granos de cacao debe ser gradual, para evitar la alta acidez de las almendras. Además Cros y Jeanjean (1995), citado por NATIVIDAD *et al.*, (2007), indican que durante la etapa de secado continua la fase oxidativa iniciada en la fermentación

El análisis estadístico aplicando el modelo completo al azar para el atributo acidez se muestran en el anexo 18. Del análisis de varianza realizado se observa que existe efecto para el factor tratamiento, el cual influyó en la acidez del licor de cacao de un modo altamente significativo ($P_v < 0,01$). Para determinar el nivel más adecuado del factor tratamiento se realizó la prueba de comparación múltiple de medias, la cual se reporta en el cuadro 19.

Cuadro 19. Prueba de rangos múltiples para el atributo acidez por tratamiento, Prueba de Tukey

Tratamiento	Media de las calificaciones
192 horas de fermentado y secado gradual	1,50 ^a
168 horas de fermentado y secado gradual	8,57 ^b
192 horas de fermentado y secado total	8,57 ^b
48 horas de fermentado y secado gradual	8,57 ^b
48 horas de fermentado y secado total	8,57 ^b
72 horas de fermentado y secado total	10,03 ^{bc}
96 horas de fermentado y secado total	10,03 ^{bc}
72 horas de fermentado y secado gradual	10,03 ^{bc}
96 horas de fermentado y secado gradual	10,03 ^{bc}
144 horas de fermentado y secado total	11,50 ^{bc}
120 horas de fermentado y secado total	11,50 ^{bc}
168 horas de fermentado y secado total	11,50 ^{bc}
144 horas de fermentado y secado gradual	11,50 ^{bc}
120 horas de fermentado y secado gradual	13,74 ^c

*Promedio de tres repeticiones seguido de letras distintas en la misma columna son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

De la comparación múltiple de medias se observa que la menor acidez del licor de cacao correspondió al tratamiento con 192 horas de fermentado y secado gradualmente al sol (1,50). Sin embargo por criterio no se toma el tiempo de fermentado de 192 horas, ya que en la evaluación física presentó características no deseables en cuanto al olor del grano fermentado seco. Lo que permite tomar como la menor media de las calificaciones de acidez al tratamiento de 168 horas de fermentado y secado gradualmente al sol, lo que permite indicar que se produce menor acidez cuando el secado es con exposición gradual.

4.3.3. Del atributo amargor

El análisis de varianza para el atributo amargor del licor de cacao aplicando el diseño de bloques completo al azar se muestra en el anexo 19. Del análisis de varianza realizado se observó que no existe efecto de la interacción, el factor tiempo de fermentado influyó de un modo significativo ($P_v < 0,05$) en el amargor del licor de cacao, y el factor método de secado solar no influyó en el amargor del licor.

Para determinar el nivel más adecuado del factor tiempo de fermentado se realizó la prueba de rangos múltiple, que se reporta en el cuadro 20.

Cuadro 20. Prueba de rangos múltiples para el atributo amargor por tiempo de fermentado, Prueba de Tukey

Tiempo de fermentado (horas)	Media de las calificaciones
168	10,53 ^c
144	10,03 ^a
48	11,50 ^{ab}
72	11,50 ^{ab}
120	12,06 ^{ab}
96	12,62 ^b
192	13,74 ^b

*Promedio de tres repeticiones seguido de letras distintas en la misma columna son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

De la comparación múltiple de medias se puede observar que la menor media de amargor del licor corresponde a las 168 horas de fermentado (10,03) y sin embargo no habría diferencia significativa con las 144 horas (10,03). Por su parte Jeanjean (1995), citado por PORTILLO *et al.*, (2006), menciona que el sabor amargo está determinado por las purinas como son la cafeína y teobromina, PORTILLO *et al.*, (2006), indican que el atributo amargor se mantiene conforme transcurre el fermentado, lo que no ocurrió en esta investigación, donde estos compuestos que generan el amargor se fueron degradando conforme transcurría el fermentado, esto lo corrobora Cros y Jeanjean (1995), citado por NOGALES *et al.*, (2006), quienes indican que durante el fermentado se producen reacciones bioquímicas que causan la disminución del amargor. Además BIEHL y LINBLOM (2004), indican que la theobromina puede formar complejos con dicetopiperazinas las cuales ocasionan la nota amarga típica del cacao. ADRIAZOLA (2003) indica que el

amargor del cacao se debe a las antocianinas. Esto quiere decir que el sabor amargo del cacao es característico del grano ya que en su composición hay sustancias que le dan esa característica típica. La mayor media de amargor correspondió a las 192 horas de fermentado (13,75). Este incremento de este atributo podría estar relacionado con la sobrefermentación del grano.

El análisis de varianza aplicando el modelo de diseño completo al azar para el atributo amargor se muestra en el anexo 20. Del análisis de varianza realizado observamos que el factor tratamiento no influyó en el amargor del licor de cacao.

4.3.4. Del atributo astringencia

El análisis de varianza para el atributo astringencia del licor de cacao aplicando el diseño de bloques completo al azar se muestra en el anexo 21. Del análisis de varianza realizado observamos que no existe efecto de la interacción; y tampoco para los factores tiempo de fermentado y método de secado solar que no influyeron en la astringencia del licor de cacao.

Jeanjean (1995), citado por PORTILLO *et al.*, (2006) indica que el grado de astringencia esta determinado por los compuestos polifenólicos del grano. Además PORTILLO *et al.* (2006); y Cros y Jeanjean (1995), citado por NOGALES *et al.*, (2006), mencionan que la astringencia disminuye conforme se incrementa el tiempo de fermentación, lo que no ocurrió en esta investigación.

El análisis de varianza aplicando el diseño completo al azar para el atributo astringencia se muestra en el anexo 22. Del análisis de varianza realizado se observa, que el factor tratamiento no influyó sobre la astringencia del licor de cacao.

4.3.5. Del atributo frutal

El análisis de varianza para el atributo frutal del licor de cacao aplicando el diseño de bloques completo al azar se muestra en el anexo 23. Del análisis de varianza realizado se observa que no existe efecto de la interacción; tampoco para los factores tiempo de fermentado y método de secado solar. Esto quiere decir que el tiempo de fermentado y método de secado solar no influyó en el sabor frutal del licor de cacao.

Jeanjean (1995) citado por PORTILLO *et al.* (2006) indica que los ésteres son los que originan un sabor a fruta. Además Chanliau (1995), citado por CROSS (1997) menciona que la intensidad del sabor a fruta disminuye en el tostado. SALVADOR (2008) indica que el cacao producido en una altitud media concentra sabores frutales. Por su parte PORTILLO *et al.*, (2006) indican que el atributo frutal se incrementa con la fermentación, lo que no ocurrió en esta investigación donde no existe influencia con el tiempo de fermentado.

El análisis de varianza aplicando el diseño completo al azar para el atributo frutal, se muestra en el anexo 24. Del análisis de varianza realizado

observamos que el factor tratamiento no influyó sobre el sabor frutal del licor de cacao.

4.3.6. Del atributo nuez

El análisis de varianza para el atributo nuez del licor de cacao aplicando el diseño de bloques completo al azar se muestra en el anexo 25. Del análisis de varianza realizado observamos que no hay efecto de la interacción; y tampoco para los factores principales de tiempo de fermentado y método de secado solar. Esto indica que el tiempo de fermentado y método de secado solar no influyeron en el sabor a nuez del licor de cacao.

Jeanjean (1995), citado por SALVADOR (2006) indica que las tonalidades de sabor a nuez se deben principalmente al complejo polipéptidos-fenoles y pirazinas. Por su parte PORTILLO *et al.*, (2006) indica que este atributo se incrementa con la fermentación, lo que no ocurre en esta investigación.

El análisis de varianza aplicando el modelo diseño completo al azar para el atributo nuez del análisis sensorial se muestra en el anexo 26. Del análisis de varianza realizado se observa que el factor tratamiento no influyó en el sabor a nuez del licor de cacao.

V. CONCLUSIONES

- Durante el proceso de fermentado de los granos de cacao la temperatura máxima alcanzada en la parte superior, media e inferior de la masa fue de $49,3\pm 1,26^{\circ}\text{C}$, $48,17\pm 1,26^{\circ}\text{C}$ y $38,37\pm 3,10^{\circ}\text{C}$ respectivamente, además el pH y la acidez del cotiledón del cacao fue de $5,26\pm 0,16$ y $0,08\pm 0,01$ (g. ácido acético/100 g. cacao) respectivamente, a las 168 horas de fermentado.
- A las 168 horas de fermentado la humedad de los granos fermentados secos fue de $7,00\pm 0,00\%$ y $7,27\pm 0,31\%$ para las muestra secada con exposición total y gradual al sol respectivamente. El tamaño del grano fue considerado como grande, de forma alargada y color marrón oscuro, el olor del grano entero y después del corte fue poco ácido y de característica típica.
- El porcentaje de granos fermentados para el secado con exposición gradual al sol fue de $79,00 \pm 1,00\%$, en comparación al secado con exposición total que sólo obtuvo $74,00 \pm 4,36\%$. Las propiedades fisicoquímicas de las muestras para los dos métodos de secado fueron

similares, registrándose $42,45 \pm 1,17\%$ y $41,28 \pm 3,70\%$ de grasa para el secado con exposición total y gradual al sol respectivamente.

- El licor de cacao obtenido de fermentar los granos a 168 horas, y secados con exposición gradual al sol obtuvo un mayor calificativo para el atributo sabor a cacao, y una menor acidez y amargor. Para los atributos astringencia, frutal y nuez el tiempo de fermentado y el método de secado solar no influyeron en la calidad sensorial del licor de cacao, además no se registró para ningún tratamiento los atributos floral, moho, tierra ni otros sabores.

VI. RECOMENDACIONES

- El cacao Clon CCN51 debe fermentarse en cajón de madera, iniciándose la remoción a las 48 horas y de ahí cada 24 horas, hasta 168 horas para iniciarse el secado con exposición gradual al sol, hasta una humedad menor o igual a 7%.
- En el proceso de fermentado realizar estudios para determinar la duración de la fermentación alcohólica y acética para ajustar los parámetros de este proceso.
- Determinar el tiempo de fermentación para los diferentes clones de cacao que se produce en la zona.
- En el análisis sensorial del licor de cacao, además de los tratamientos de fermentación y secado de los granos de cacao, se debe establecer parámetros adecuados para el tostado del grano, que permita desarrollar las características sensoriales del mismo.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- ADRIAZOLA, J. 2003. Producción del alimento de los dioses (*Theobroma cacao L.*); Universidad Nacional Agraria de la Selva. págs. 6, 17, 65.
- AMORES, F.; JIMÉNEZ, J.; PEÑA, G. 2006. Influencia del tiempo de fermentado y el tostado sobre el desarrollo de compuestos aromáticos asociados al sabor a chocolate en almendras de cacao de la variedad nacional. Programa Nacional de Cacao del INIAP, Ecuador. 15^o conferencia internacional sobre investigaciones del cacao.
- 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, 8p.
- AREVALO, E.; ZUÑIGA, L.; AREVALO, C. 2004, Manejo integrado del cultivo y transferencia de tecnología en la amazonía peruana. Impresiones del castillo S.A. Chiclayo – Perú. págs. 115 - 116, 118 - 119, 121 - 126.
- ASOCIACIÓN NATURLAND, 2000. Cacao, Agricultura Orgánica en el Trópico y Subtrópico. Primera edición – Alemania. págs.10, 15.
- BOULANGER R.; PORTILLO E.; ASSEMAT S.; CROS E. 2006. Composición y comparación de las habas frescas de cacao de tipo trinitario y criollo de Venezuela. 15^o conferencia internacional sobre investigaciones del cacao. CIRAD-CP, Montpellier Cedex 5, Francia

- BIEHL B.; LINDBLOM, M. 2004. Cacao de poco sabor, un método para su producción y su uso. Traducción de patente Europea, Oficina Española de Patentes y Marcas. C/Panamá, 1 – 28036 Madrid. 9p.
- CAPERA J.; GIRALDO J.; TORRES V., 2003. Monografía del cultivo de cacao. Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería – Ingeniería Agrícola, Santiago de Cali. 22p.
- CRESPO DEL CAMPO, F. 1997. Cultivo y beneficio del cacao. 1ra Edición. Editorial el conejo. Guayaquil – Ecuador. 135 p.
- 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.
- CUEVA, A. 2007. EL Cultivo de cacao. Universidad Nacional de San Martín, facultad de ciencias agrarias - departamento académico agrosilvopastoril. Tarapoto – Perú. págs. 5 - 6.
- 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 – Colombia. Editorial Produmedios. pág. 8.
- FOLCH, J.; LEES, M.; SLOANE-STANLEY, G. H. (1957) A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, 193: 265-275
- GAITAN, T. 2005. Cadena del cultivo del cacao (*Theobroma cacao* L.) con potencial exportador. Managua – Ecuador. págs. 18 – 19.

- GARCIA, L. 2007. Guía de campo: identificación de cultivares de cacao. Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María – Perú.
- GRAZIANI DE FARIÑAS L.; ORTIZ L.; ALVAREZ N.; TRUJILLO A. 2003. Fermentación del cacao en dos diseños de cajas de madera. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay, estado Aragua. Venezuela. 11p.
- 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.
- INDECOPI, 2008. Manual de Buenas Prácticas para la cosecha y beneficio del cacao, Aplicación de la NTP 208.040:2008. Q&P impresores. Lima – Perú. Primera edición Julio 2008. 32 p.
- 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.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA. 2000, El cultivo de cacao en la amazonía peruana. págs. 10, 21 – 23, 83 - 85.
- 2004, Manual del cultivo de cacao. Programa para el desarrollo de la amazonía PROAMAZONIA. Estudio elaborado por la Empresa Cacao VRAE a través del consultor Ing. Mendis Paredes Arce. págs. 57, 59, 60, 62.

- 2007, Demanda Mundial del cacao, oportunidad para mejorar su competitividad y rentabilidad. Cacao y Chocolate. Boletín numero 1, Diciembre – 2007.
- NATIVIDAD, R.; ADRIAZOLA, J.; GARCIA, L.; ZAVALA, J.; GIL, J.; CABEZAS, O.; GONZALES, F. 2007. CACAO, DIPLOMADO - Cultivos industriales tropicales: café, cacao y palma aceitera. UNAS – TINGO MARIA. págs. 1 – 11, 120 - 140.
- 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.
- NOGALES, J.; GRAZIANI DE FARIÑAS, L.; ORTIZ DE BERTORELLI, L. 2006. Cambios físicos y químicos durante el secado al sol del grano de cacao fermentado en dos diseños de cajones de madera. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Instituto de Química y Tecnología. Maracay, estado Aragua. Venezuela. 16p.
- OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS OF AOAC INTERNATIONAL. (1995) 16th edition, volumen 1 y 2, Editado by Patricia Cunniff. Arlington, Virginia USA.
- ORTIZ L.; GRACIANI L.; ROVEDAS G., 2009. Influencia de varios factores sobre características del grano de cacao fermentado y secado al sol. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Aragua – Venezuela. 9p.

- PEREZ E.; CLIMACO A.; LARES M. 2002. Caracterización física y química de granos de cacao fermentados, secos y tostados de la región de Chuao. Universidad Central de Venezuela. 8p.
- PAREDES J.; CANALS M.; GONZÁLEZ A.; RODRÍGUEZ O.; RODRÍGUEZ A. 2006. Influencia de tipos de secaderos en la calidad del cacao (*Theobroma cacao* L). Instituto Dominicano de Investigadores Agropecuarias y Forestales (IDIAP), Estación experimental Mata Larga, programa cacao, República Dominicana. 15e conferencia internacional sobre investigaciones del cacao.
- PAREDES, M. 2000, Rehabilitación – Renovación de cacao. Convenio con USAID/CONTRADROGAS. págs. 37 – 46.
- 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.
- 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.
- PRONATEC, 2009. Mercado del cacao. Desarrollado por Israel Pisetsky Delegado en Perú de la empresa de Productos Naturales y ecológicos.
- 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. págs. 11 – 12.

- 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^o conferencia internacional sobre investigaciones del cacao.
- SALVADOR N.; GUTIERREZ M. 2008. Mapeo de la calidad física y organoléptica del *Theobroma cacao L.* a nivel subcuenca del río bigote como estrategia para la inserción y posicionamiento en nichos de mercado de la asociación de pequeños productores de cacao de Piura. Primer informe. 13 p.
- UREÑA M.; D' ARRIGO M.; GIRÓN O. 1999. Evaluación sensorial de alimentos – aplicación didáctica. Universidad Nacional Agraria la Molina. Editorial Agraria. Primera edición. Lima – Perú. págs.131 – 132
- WOYZECHOWSKY L.; SANGRONIS E. 2006. Efecto del procesamiento del grano de cacao (*Theobroma cacao L.*) en contenido de polifenoles, taninos y capacidad antioxidantes. Universidad Simón Bolívar, Caracas – Venezuela.
- ZAMORA E. 2007. Evaluación Objetiva de la Calidad Sensorial de Alimentos procesados. Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia, MINAL, Ciudad de La Habana. Editorial Universitaria. págs. 80-109

ANEXO

ANEXO 1

Características biométricas del fruto de Cacao Clon CCN51.

Parte del fruto	Unidad	Medida
Mazorca		
Largo	Cm	23,48 ± 2, 00
Perímetro radial	Cm	33,66 ± 2,27
Diámetro mayor	Cm	10,07 ± 1,29
Peso	G	930,93 ± 228,27
Cáscara		
Espesor	Cm	1,97 ± 0,23
Peso	G	770,35 ± 133,79
Semilla		
Nº de semillas	U	43,62 ± 7,77
Peso	G	207,09 ± 55,46

*Promedio de veinte repeticiones ± la desviación estándar

ANEXO 2

Medida de la Temperatura de la masa de cacao por tiempo de fermentado

Horas	Temperatura			
	Ambiente	Superficie	Medio	Inferior
0	23,00 ± 0,00	22,00 ± 0,00	22,00 ± 0,00	22,00 ± 0,00
4	24,00 ± 0,00	24,67 ± 0,58	26,67 ± 0,29	26,17 ± 0,29
8	21,00 ± 0,00	23,50 ± 0,50	26,83 ± 0,29	25,67 ± 0,29
12	25,00 ± 0,00	23,33 ± 0,29	26,33 ± 0,29	25,17 ± 0,29
16	32,00 ± 0,00	26,17 ± 0,29	26,50 ± 0,50	25,23 ± 0,25
20	29,00 ± 0,00	28,00 ± 0,50	26,33 ± 0,29	25,37 ± 0,55
24	26,50 ± 0,00	27,17 ± 0,29	27,00 ± 0,00	25,90 ± 0,66
28	22,00 ± 0,00	27,00 ± 0,00	26,83 ± 0,29	25,50 ± 0,50
32	21,50 ± 0,00	27,00 ± 0,50	27,33 ± 0,58	25,17 ± 0,29
36	23,50 ± 0,00	27,33 ± 0,58	27,17 ± 0,76	25,20 ± 0,26
40	30,00 ± 0,00	28,33 ± 0,58	27,33 ± 0,58	26,00 ± 0,00
44	27,00 ± 0,00	28,83 ± 1,04	28,00 ± 1,73	27,00 ± 0,50
48	23,00 ± 0,00	28,67 ± 0,58	28,17 ± 0,76	27,33 ± 0,58
52	24,00 ± 0,00	28,17 ± 1,04	28,67 ± 1,53	28,33 ± 1,53
56	23,00 ± 0,00	30,83 ± 0,76	31,33 ± 0,58	29,50 ± 0,50
60	26,00 ± 0,00	32,00 ± 1,00	32,33 ± 0,58	30,33 ± 1,15
64	30,00 ± 0,00	31,90 ± 0,96	32,17 ± 0,76	29,77 ± 0,49
68	26,00 ± 0,00	32,50 ± 0,50	31,67 ± 0,58	30,03 ± 0,95
72	23,00 ± 0,00	33,33 ± 1,53	32,00 ± 1,00	31,33 ± 1,15
76	23,50 ± 0,00	32,50 ± 0,50	32,83 ± 0,76	30,17 ± 1,26
80	22,00 ± 0,00	32,07 ± 1,01	33,50 ± 0,87	29,20 ± 1,66
84	24,90 ± 0,00	34,97 ± 1,05	35,37 ± 0,85	29,33 ± 1,44
88	28,00 ± 0,00	36,67 ± 2,89	37,40 ± 3,98	32,00 ± 2,00
92	25,50 ± 0,00	37,83 ± 3,21	40,10 ± 4,48	35,17 ± 3,40
96	22,00 ± 0,00	42,10 ± 4,52	43,57 ± 4,86	35,03 ± 3,55
100	22,00 ± 0,00	40,00 ± 4,27	41,33 ± 4,04	29,70 ± 1,21
104	22,00 ± 0,00	41,83 ± 1,61	41,17 ± 1,04	26,33 ± 3,33
108	25,00 ± 0,00	43,17 ± 0,76	41,83 ± 0,58	30,00 ± 5,57
112	30,00 ± 0,00	44,83 ± 0,76	44,50 ± 0,50	34,03 ± 3,41
116	28,00 ± 0,00	45,83 ± 0,29	46,83 ± 0,29	36,00 ± 5,57
120	24,00 ± 0,00	46,00 ± 1,00	47,33 ± 1,53	35,70 ± 5,14
124	23,00 ± 0,00	44,00 ± 1,73	43,50 ± 1,32	31,67 ± 1,15
128	23,00 ± 0,00	44,00 ± 1,73	39,00 ± 1,00	28,33 ± 2,08
132	25,00 ± 0,00	44,00 ± 2,00	41,20 ± 4,20	29,17 ± 1,61
136	30,00 ± 0,00	45,50 ± 1,50	44,83 ± 2,36	32,67 ± 1,53
140	30,00 ± 0,00	47,37 ± 1,10	47,67 ± 1,53	36,50 ± 3,77
144	23,50 ± 0,00	48,03 ± 0,95	47,90 ± 0,72	31,90 ± 1,85
148	24,00 ± 0,00	46,17 ± 1,44	42,37 ± 0,55	30,50 ± 1,32

152	23,00 ± 0,00	46,50 ± 0,87	43,00 ± 1,73	28,33 ± 1,89
156	24,00 ± 0,00	48,00 ± 1,50	43,33 ± 1,53	27,17 ± 0,29
160	29,90 ± 0,00	49,33 ± 1,26	48,17 ± 1,26	29,53 ± 2,21
164	28,00 ± 0,00	47,83 ± 0,76	48,00 ± 1,00	32,67 ± 2,89
168	24,00 ± 0,00	46,53 ± 1,84	43,87 ± 4,67	30,50 ± 1,50
172	23,50 ± 0,00	40,73 ± 2,41	36,07 ± 1,01	38,37 ± 3,10
176	22,00 ± 0,00	43,83 ± 3,55	38,67 ± 3,79	33,37 ± 3,74
180	23,00 ± 0,00	44,17 ± 4,65	40,33 ± 5,51	34,33 ± 7,02
184	29,90 ± 0,00	42,73 ± 3,04	39,03 ± 4,64	32,30 ± 2,40
188	29,00 ± 0,00	41,17 ± 1,76	38,70 ± 2,46	32,00 ± 1,80
192	25,00 ± 0,00	39,10 ± 3,38	36,17 ± 3,33	30,20 ± 1,13

*Promedio de las tres repeticiones ± la desviación estándar

ANEXO 3

Variación de pH y acidez del cotiledón del cacao durante el proceso de fermentado

Tiempo de fermentado (horas)	pH	Acidez (gramos de ácido acético/100 gramos de muestra)
0	6,52	0,03
0	6,43	0,02
0	6,38	0,03
24	6,60	0,03
24	6,46	0,02
24	6,68	0,02
48	6,52	0,05
48	6,50	0,04
48	6,75	0,04
72	6,45	0,05
72	6,66	0,04
72	6,80	0,04
96	6,34	0,06
96	6,60	0,06
96	6,46	0,06
120	5,04	0,09
120	5,01	0,10
120	5,29	0,11
144	5,22	0,10
144	5,00	0,10
144	5,22	0,11
168	5,15	0,08
168	5,20	0,08
168	5,44	0,09
192	5,64	0,07
192	5,71	0,07
192	5,84	0,07

* Valores expresados por triplicado

ANEXO 4

Defectos físicos del grano entero y cortado, a diferentes tiempos de fermentado y secos con exposición total al sol

Tiempo de fermentado (horas)	Porcentaje									
	Insectos	Moho	Partidos	Pasilla	Germinados	Múltiples	Blanquecinos	Pizarrosos	P. Violeta	Violeta
48	0	0	0	0	0	0	0	8	4	34
48	0	0	0	2	0	0	0	8	6	32
48	0	0	0	0	0	0	0	6	7	35
72	0	0	0	2	0	0	2	4	1	32
72	0	0	0	0	0	0	0	7	2	31
72	0	0	0	0	0	0	0	4	3	37
96	0	0	0	0	0	0	0	5	5	28
96	0	0	0	0	0	1	0	0	9	30
96	0	0	0	2	0	0	0	0	6	32
120	0	0	0	0	0	0	2	0	7	35
120	0	0	0	0	0	1	3	0	11	29
120	0	0	0	1	0	1	1	0	10	33
144	0	0	0	0	0	0	0	0	4	30
144	0	0	0	2	0	0	3	0	6	27
144	0	0	0	2	0	0	0	0	8	31
168	0	0	0	0	0	0	0	0	7	23
168	0	0	0	0	0	0	4	0	10	20
168	0	0	0	0	0	1	0	0	10	30
196	0	0	0	0	0	1	0	0	13	15
196	0	0	0	0	0	0	2	0	11	9
196	0	0	0	1	0	1	0	0	10	8

*Valores expresados por triplicado

ANEXO 5

Defectos físicos del grano entero y cortado, a diferentes tiempos de fermentado y secos con exposición gradual al sol

Tiempo de fermentado (horas)	Porcentaje									
	Insectos	Moho	Partidos	Pasilla	Germinados	Múltiples	Blanquecinos	Pizarrosos	P. Violeta	Violeta
48	0	0	0	0	0	0	0	7	4	35
48	0	0	0	1	0	0	0	4	3	28
48	0	0	0	1	0	0	0	6	8	29
72	0	0	0	0	0	0	2	11	5	24
72	0	0	0	0	0	0	0	9	7	21
72	0	0	0	0	0	0	0	7	8	30
96	0	0	0	1	0	0	0	4	6	33
96	0	0	0	0	0	0	0	1	13	27
96	0	0	0	1	0	0	3	1	7	29
120	0	0	0	0	0	0	1	0	8	21
120	0	0	0	1	0	0	1	0	9	25
120	0	0	0	1	0	0	4	0	7	25
144	0	0	0	0	0	0	0	0	6	23
144	0	0	0	0	0	0	0	0	10	23
144	0	0	0	1	0	0	6	0	7	25
168	0	0	0	0	0	0	0	0	10	21
168	0	0	0	0	0	0	2	0	9	18
168	0	0	0	0	0	0	0	0	10	22
196	0	0	0	1	0	0	0	0	12	12
196	0	0	0	0	0	0	1	0	13	10
196	0	0	0	0	0	0	1	0	10	8

*Valores expresados por triplicado

ANEXO 6

Características fisicoquímicas del cotiledón de cacao fermentado durante siete días y secados con exposición total y gradual al sol.

Características Fisicoquímicas	Repeticiones	Método de secado solar	
		Exposición total	Exposición gradual
pH	r1	6,64	6,61
	r2	6,63	6,60
	r3	6,63	6,60
Acidez	r1	0,13	0,13
	r2	0,13	0,13
	r3	0,12	0,13
Humedad	r1	6,22	5,82
	r2	6,67	6,61
	r3	6,00	6,07
Ceniza	r1	2,79	2,96
	r2	2,85	2,84
	r3	2,89	2,79
Grasa	r1	41,19	45,52
	r2	43,49	38,80
	r3	42,67	39,50
Proteína	r1	13,13	13,13
	r2	13,56	12,25
	r3	14,00	12,69

*Valores fisicoquímicos expresados por triplicado

*Acidez expresada en gramos de ácido acético/100 gramos de cacao.

ANEXO 7

Porcentaje de humedad de los granos de cacao secados con exposición total y gradual al sol, según tiempo de fermentado.

Tiempo de fermentado (horas)	Repeticiones	Método de secado solar	
		Exposición total	Exposición gradual
48	r1	5,0	5,0
	r2	5,2	5,5
	r3	5,4	5,6
72	r1	5,5	5,0
	r2	5,5	5,5
	r3	5,5	5,5
96	r1	5,6	5,7
	r2	6,3	5,9
	r3	5,9	6,6
120	r1	6,9	6,7
	r2	6,9	6,7
	r3	7,2	7,0
144	r1	7,0	7,0
	r2	7,0	7,0
	r3	7,0	7,0
168	r1	7,0	7,6
	r2	7,0	7,2
	r3	7,0	7,0
192	r1	7,0	7,0
	r2	6,5	7,0
	r3	6,5	6,9

* Valores expresados por triplicado

ANEXO 8

Rendimiento del proceso de secado de los granos de cacao, según método de secado solar

Método de secado solar	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Rendimiento (%)	Humedad (%)
Exposición total	2500 ± 0,00	1259,90 ± 133,46	50,40	6,15 ± 1,40
Exposición gradual	2500 ± 0,00	1298,22 ± 131,69	51,93	6,4 ± 1,42

*Promedio de las veintiún repeticiones ± la desviación estándar

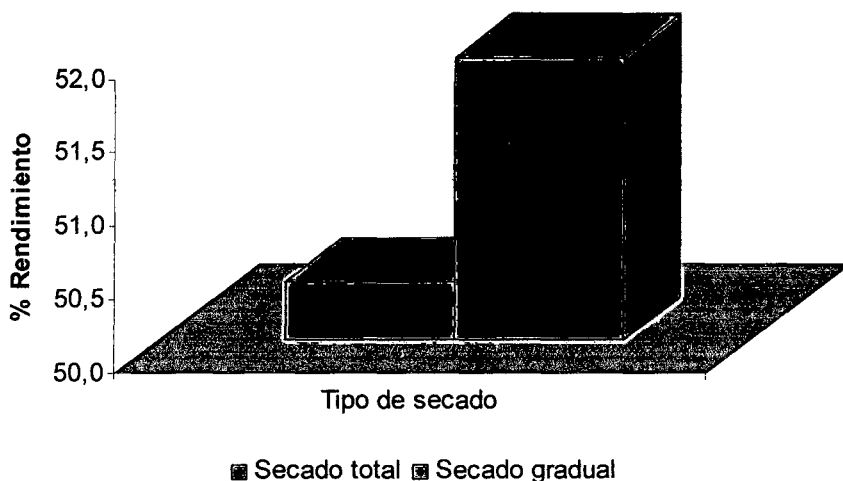


Gráfico del rendimiento del proceso de secado de los granos de cacao

ANEXO 9

Rendimiento de Nibs y cáscara en muestras con diferente tiempo de fermentado y secados con exposición total al sol

Tiempo de fermentado (horas)	Peso	Cáscara		Nibs	
	(g)	(g)	(%)	(g)	(%)
48	298,23 ± 3,32	25,83 ± 1,65	8,66 ± 0,55	262,83 ± 5,66	88,12 ± 1,08
72	300,60 ± 0,87	25,90 ± 1,97	8,62 ± 0,66	260,40 ± 2,92	86,63 ± 1,21
96	298,97 ± 2,15	26,13 ± 1,75	8,74 ± 0,52	260,73 ± 3,85	87,21 ± 0,95
120	298,73 ± 2,82	32,20 ± 1,65	10,78 ± 0,51	252,47 ± 6,06	84,50 ± 1,24
144	297,83 ± 3,84	35,10 ± 2,25	11,78 ± 0,69	251,37 ± 2,25	84,40 ± 0,36
168	300,40 ± 0,36	35,00 ± 1,04	11,65 ± 0,33	247,07 ± 3,57	82,25 ± 1,19
192	300,43 ± 0,51	37,03 ± 3,01	12,33 ± 0,98	250,77 ± 3,09	83,47 ± 1,17

*Promedio de tres repeticiones ± la desviación estándar

ANEXO 10

Rendimiento de Nibs y cáscara en muestras con diferente tiempo de fermentado y secados con exposición gradual al sol

Tiempo de fermentado (horas)	Peso (g)	Cáscara		Nibs	
		(g)	(%)	(g)	(%)
48	299,67 ± 0,76	27,57 ± 4,43	9,20 ± 1,47	258,37 ± 5,84	86,22 ± 1,86
72	299,97 ± 0,35	24,53 ± 0,65	8,18 ± 0,21	258,20 ± 2,23	86,08 ± 0,68
96	299,77 ± 0,78	27,57 ± 4,63	9,20 ± 1,54	259,50 ± 3,16	86,57 ± 0,88
120	299,95 ± 0,07	32,03 ± 2,87	10,67 ± 0,97	250,47 ± 6,38	83,42 ± 2,28
144	300,30 ± 0,44	35,20 ± 3,30	11,72 ± 1,09	251,63 ± 3,14	83,79 ± 0,96
168	300,07 ± 0,12	35,67 ± 0,74	11,89 ± 0,25	248,13 ± 2,80	82,69 ± 0,91
192	300,30 ± 0,30	37,13 ± 1,42	12,37 ± 0,48	250,6 ± 3,22	83,45 ± 1,14

*Promedio de tres repeticiones ± la desviación estándar

ANEXO 11

Características organolépticas del licor de cacao en granos con diferente tiempo de fermentado y secados con exposición total al sol

Tiempo de fermentado (horas)	Atributos									
	Sab. cacao	Acidez	Amargor	Astringencia	Floral	Frutal	Nuez	Tierra	Moho	Otros Sab
48	0	50	100	125	0	0	0	0	0	0
72	0	75	100	100	0	0	0	0	0	0
96	0	75	125	100	0	0	0	0	0	0
120	25	100	125	100	0	25	0	0	0	0
144	50	100	75	100	0	25	25	0	0	0
168	25	100	75	100	0	25	0	0	0	0
192	0	50	150	100	0	0	0	0	0	0

*Promedio de tres repeticiones


ANEXO 12

Características organolépticas del licor de cacao en granos con diferente tiempo de fermentado y secados con exposición gradual al sol

Tiempo de fermentado	Atributos									
(horas)	Sab. cacao	Acidez	Amargor	Astringencia	Floral	Frutal	Nuez	Tierra	Moho	Otros Sab
48	0	50	100	125	0	0	25	0	0	0
72	0	75	100	100	0	0	0	0	0	0
96	0	75	125	100	0	0	0	0	0	0
120	25	150	100	100	0	25	50	0	0	0
144	50	100	75	75	0	25	0	0	0	0
168	50	50	75	50	0	0	0	0	0	0
192	0	0	150	50	0	0	25	0	0	0

*Promedio de tres repeticiones

ANEXO 14

		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:		Color:						
pequeño <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Homogeneidad:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	marrón claro <input type="checkbox"/>					
mediano <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Concha / pulpa suelta:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	marrón oscuro <input type="checkbox"/>					
grande <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1	2	3	4	5	almendra <input type="checkbox"/>			
alargado <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-					marrón - rojizo <input type="checkbox"/>			
redondo <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					+	superficie blanca <input type="checkbox"/>			
							otros <input type="checkbox"/>			
Olor del grano entero										
Acidez:	muy ácido <input type="checkbox"/>	ácido <input type="checkbox"/>	poco ácido <input type="checkbox"/>	Característica:	típico <input type="checkbox"/>	atípico <input type="checkbox"/>				
Olor del grano después del corte										
Acidez:	muy ácido <input type="checkbox"/>	ácido <input type="checkbox"/>	poco ácido <input type="checkbox"/>	Característica:	típico <input type="checkbox"/>	atípico <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 pasilla:								max. 3%*	max. 5%*	
Geminados:								GRANOS VIOLETAS		
Múltiples:								max. 15%	max. 20%	
RESULTADOS										
Blanquesinos								Promedio Peso	gr	
Pizarrosos								Promedio Pizarrosos	%	
TOTAL defectos:								Promedio Defectos	%	
Parcialmente violeta:								Promedio P. Violetas	%	
Violeta:								Promedio Violetas	%	
Granos Porcelana:								Promedio Porcelana	%	
Observaciones:									A Grado 1 <input type="checkbox"/>	
									B Grado 2 <input type="checkbox"/>	
									C Grado 3 <input type="checkbox"/>	
Examinado por:				Fecha:						
Elaborado por:			Archivamiento: 1x original en archivo, 1x copia en carpeta, 1x copia en muestra							

Formato para la evaluación físico de los granos de cacao fermentados y secos –
Elaborado por PRONATEC versión 004 – 25.02.2009

ANEXO 15

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

Fuente de variabilidad	SC	Gl	CM	Fc	Pv	Sig.
Tiempo de fermentado	217,857	6	36,3095	6,45	0,0025	**
Método de secado	1,78571	1	1,78571	0,32	0,583	NS
Tiempo de fermentado*Método de secado	10,7143	6	1,78571	0,32	0,9166	NS
Repeticiones	1,78571	1	1,78571	0,32	0,583	
Residuo	73,2143	13	5,63187			
Total	305,357	27				

C.V. = 62,90 %

R² = 76,02 %

ANEXO 16

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

Fuente de variabilidad	SC	Gl	CM	Fc	Pv	Sig.
Tratamiento	230,357	13	17,7198	3,15	0,0241	*
Repeticiones	1,78571	1	1,78571	0,32	0,583	
Residuos	73,2143	13	5,63187			
Total	305,357	27				

ANEXO 17

Análisis de varianza para el atributo acidez, diseño de bloques completo al azar

Fuente de variabilidad	SC	Gl	CM	Fc	Pv	Sig.
Tiempo de fermentado	140,628	6	23,4381	24,86	0,0000	**
Método de secado	8,58601	1	8,58601	9,11	0,0099	**
Tiempo de fermentado*Método de secado	55,0437	6	9,17394	9,73	0,0004	**
Repeticiones	4,90208	1	4,90208	5,2	0,0401	
Residuo	12,2552	13	0,942708			
Total	221,415	27				

C.V. = 10,02 %

R² = 94,46 %

ANEXO 18

Análisis de Varianza para el atributo acidez, diseño completo al azar

Fuente de variabilidad	SC	GI	CM	Fc	Pv	Sig.
Tratamiento	204,258	13	15,7122	16,67	0,0000	**
Repeticiones	4,90208	1	4,90208	5,2	0,0401	
Residuos	12,2552	13	0,942708			
Total	221,415	27				

ANEXO 19

Análisis de varianza para el atributo amargor, diseño de bloques completo al azar

Fuente de variabilidad	SC	GI	CM	Fc	Pv	Sig.
Tiempo de fermentado	43,099	6	7,18317	3,85	0,0199	*
Método de secado	0,180394	1	0,180394	0,1	0,7608	NS
Tiempo de fermentado*Método de secado	1,08236	6	0,180394	0,1	0,9955	NS
Repeticiones	0,465539	1	0,465539	0,25	0,6259	
Residuo	24,2683	13	1,86679			
Total	69,0956	27				

C. V. = 11,74 %

$R^2 = 64,89 \%$

ANEXO 20

Análisis de Varianza para el atributo amargor, diseño completo al azar

Fuente de variabilidad	SC	GI	CM	Fc	Pv	Sig.
Tratamiento	44,3618	13	3,41245	1,83	0,1448	NS
Repeticiones	0,465539	1	0,465539	0,25	0,6259	
Residuos	24,2683	13	1,86679			
Total	69,0956	27				

ANEXO 21

Análisis de varianza para el atributo astringencia, diseño de bloques completo al azar

Fuente de variabilidad	SC	Gl	CM	Fc	Pv	Sig.
Tiempo de fermentado	19,8515	6	3,30858	1,2	0,3653	NS
Método de secado	9,15158	1	9,15158	3,32	0,0915	NS
Tiempo de fermentado*Método de secado	10,3826	6	1,73043	0,63	0,7059	NS
Repeticiones	0,30638	1	0,30638	0,11	0,7441	
Residuo	35,8289	13	2,75607			
Total	75,5209	27				

C.V. = 14,97 %

$R^2 = 52,56 \%$

ANEXO 22

Análisis de Varianza para el atributo astringencia, diseño completo al azar

Fuente de variabilidad	SC	Gl	CM	Fc	Pv	Sig.
Tratamiento	39,3857	13	3,02967	1,1	0,4335	NS
Repeticiones	0,30638	1	0,30638	0,11	0,7441	
Residuos	35,8289	13	2,75607			
Total	75,5209	27				

ANEXO 23

Análisis de varianza para el atributo frutal, diseño de bloques completo al azar

Fuente de variabilidad	SC	Gl	CM	Fc	Pv	Sig.
Tiempo de fermentado	67,8571	6	11,3095	1,19	0,3686	NS
Método de secado	1,78571	1	1,78571	0,19	0,6714	NS
Tiempo de fermentado*Método de secado	10,7143	6	1,78571	0,19	0,9748	NS
Repeticiones	1,78571	1	1,78571	0,19	0,6714	
Residuo	123,214	13	9,47802			
Total	205,357	27				

C.V. = 111,43 %

$R^2 = 40\%$

ANEXO 24

Análisis de Varianza para el atributo frutal, diseño completo al azar

Fuente de variabilidad	SC	GI	CM	Fc	Pv	Sig.
Tratamiento	80,3571	13	6,18132	0,65	0,7743	NS
Repeticiones	1,78571	1	1,78571	0,19	0,6714	
Residuos	123,214	13	9,47802			
Total	205,357	27				

ANEXO 25

Análisis de varianza para el atributo nuez, diseño de bloques completo al azar

Fuente de variabilidad	SC	GI	CM	Fc	Pv	Sig.
Tiempo de fermentado	42,8571	6	7,14286	1,27	0,3363	NS
Método de secado	16,0714	1	16,0714	2,85	0,1150	NS
Tiempo de fermentado*Método de secado	71,4286	6	11,9048	2,11	0,1215	NS
Repeticiones	1,78571	1	1,78571	0,32	0,5830	
Residuo	73,2143	13	5,63187			
Total (corregido)	205,357	27				

C.V. = 85,90 %

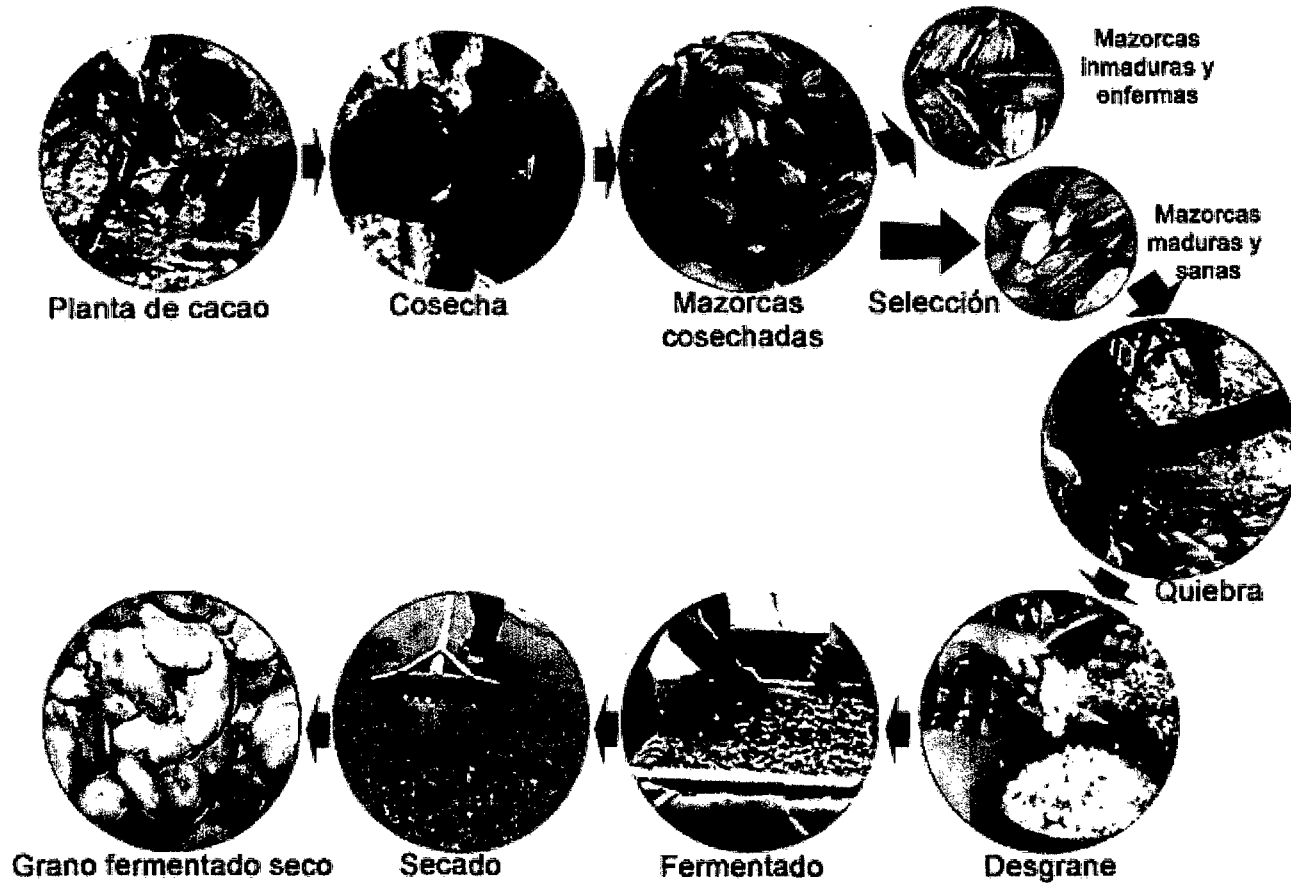
$R^2 = 64,35 \%$

ANEXO 26

Análisis de Varianza para el atributo nuez, diseño completo al azar

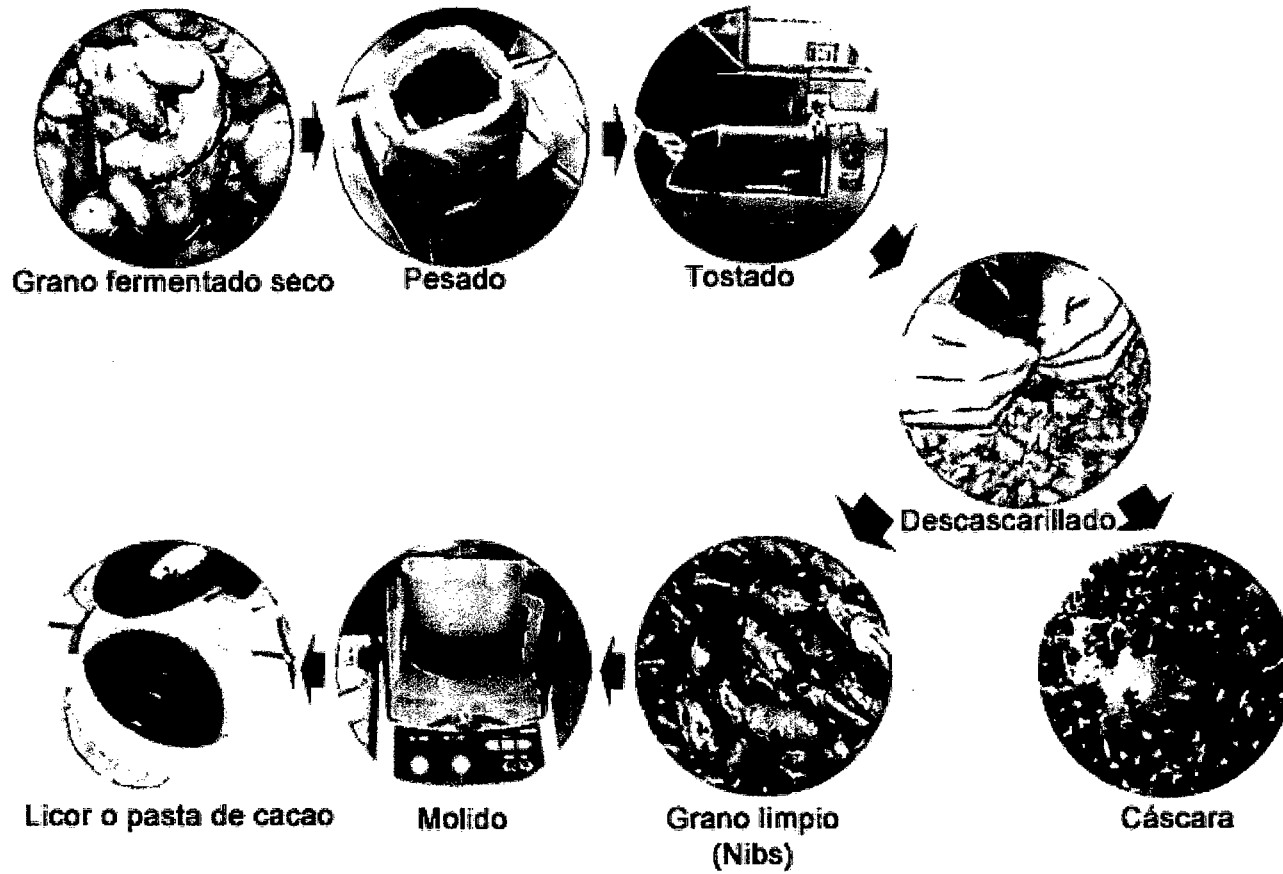
Fuente de variabilidad	SC	GI	CM	Fc	Pv	Sig.
Tratamiento	130,357	13	10,0275	1,78	0,1554	NS
Repeticiones	1,78571	1	1,78571	0,32	0,583	
Residuos	73,2143	13	5,63187			
Total	205,357	27				

Anexo 27



Secuencia para la obtención del grano de cacao fermentado seco

Anexo 28



Secuencia para la obtención de licor de cacao