

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**DEPARTAMENTO ACADÉMICO AGROSILVO PASTORIL**  
**ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE AGRONOMIA**



**TESIS**

**“INFLUENCIA DEL FERMENTADO, OREADO, DRENADO Y FRECUENCIA DE LA REMOCION SOBRE LA CALIDAD DEL GRANO FERMENTADO DE CACAO (*Theobroma cacao*) DEL CLON ICS-95 EN LA ZONA DE LAMAS-SAN MARTIN”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AGRONOMO**

**PRESENTADO POR:**

**BACH. MANUEL FERNANDO CORONADO JORGE**

**TARAPOTO-PERÚ**

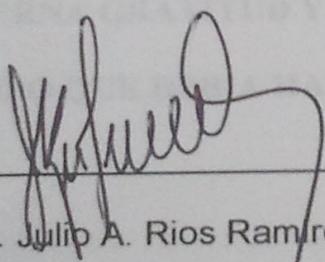
**2009**

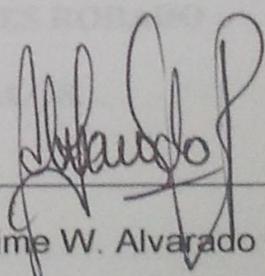
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO AGROSILVO PASTORIL  
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE AGRONOMIA  
ÁREA DE SUELOS Y CULTIVOS

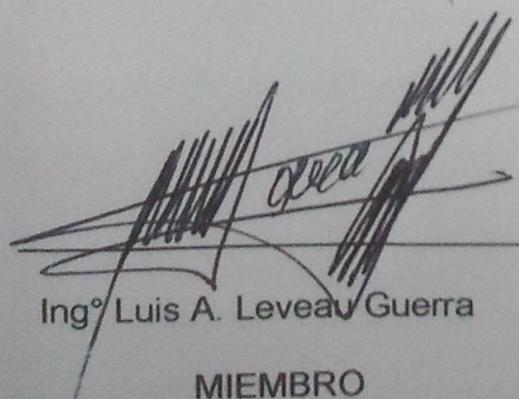
TESIS

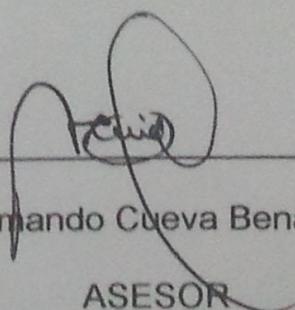
“INFLUENCIA DEL FERMENTADO, OREADO, DRENADO Y FRECUENCIA DE LA  
REMOCION SOBRE LA CALIDAD DEL GRANO FERMENTADO DE CACAO  
(*Theobroma cacao*) DEL CLON ICS-95 EN LA ZONA DE LAMAS-SAN MARTIN”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AGRONOMO

  
Ing° M.Sc. Julio A. Rios Ramirez  
PRESIDENTE

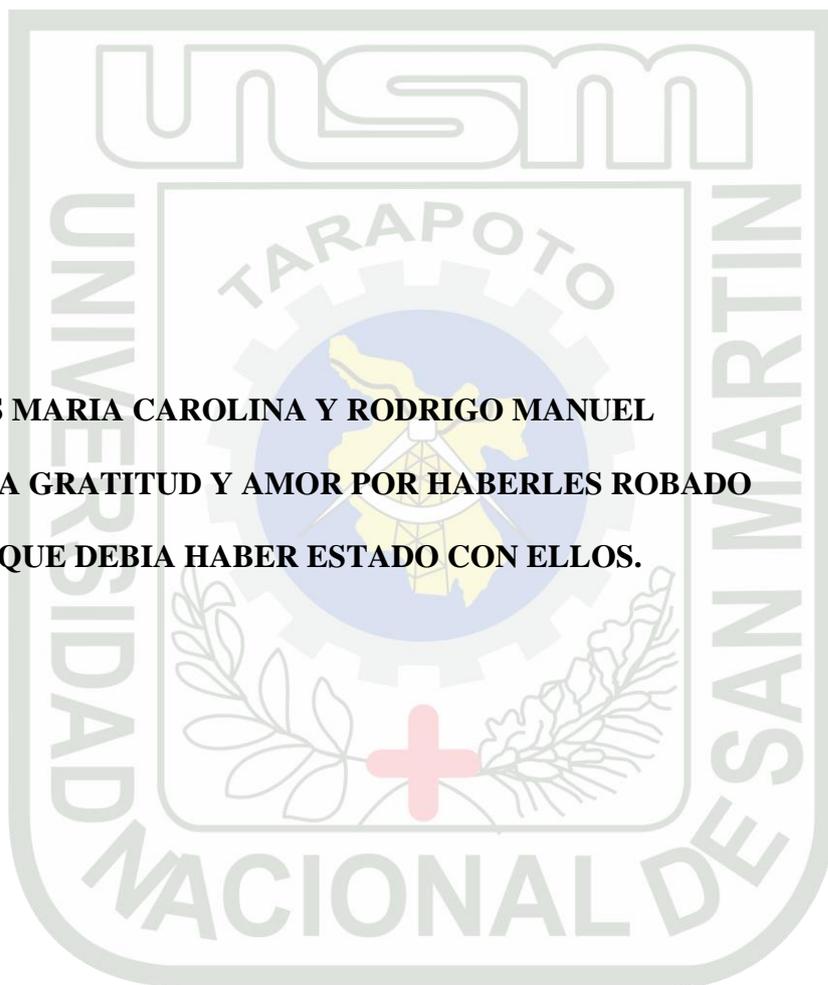
  
Ing° Dr. Jaime W. Alvarado Ramirez  
SECRETARIO

  
Ing° Luis A. Leveau Guerra  
MIEMBRO

  
Ing° M.Sc. Armando Cueva Benavides  
ASESOR

**A MI ADORADA ESPOSA MARIA ELENA POR SU  
AMOR Y COMPRESION**

**A MIS HIJOS MARIA CAROLINA Y RODRIGO MANUEL  
CON ETERNA GRATITUD Y AMOR POR HABERLES ROBADO  
EL TIEMPO QUE DEBIA HABER ESTADO CON ELLOS.**



## AGRADECIMIENTOS

A los laboratorios del Departamento Académico Agrosilvo Pastoril de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Martín.

A la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de San Martín, por las facilidades brindadas en el Laboratorio de Análisis y Composición de Alimentos.

Al Módulo de Fermentación e Instalaciones del Centro de Acopio de cacao y café de la Cooperativa Agraria Cafetalera “Oro Verde”.

Al Ing.M.Sc. Armando Duval Cueva Benavides, por su apoyo brindado como asesor del trabajo.

Al Ing. Dr. Oscar Mendieta Taboada, por su apoyo brindado en los análisis Estadísticos.

Al Ing. Hiderico Bocangel Zavala, Gerente General de Cooperativa Agraria Cafetalera “Oro Verde”, por las facilidades brindadas en el desarrollo y culminación del trabajo.

Al Ing. Teófilo Beingolea Ayala, por su apoyo técnico y logístico en la culminación del trabajo

Al Tco. Agropecuario José Luis García Huamán, por su apoyo invaluable en el Módulo de Fermentación de la Cooperativa Agraria Cafetalera “Oro Verde”.

## INDICE GENERAL

	Pag.
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
3.1 El cultivo	4
3.2 Clasificación	5
3.2.1 Cacaos Criollos	5
3.2.2 Cacaos Trinitarios o Deltanos	6
3.2.3 Cacaos Forasteros Amazónicos	6
3.3 Beneficio del cacao	8
3.3.1 Cosecha	8
3.3.2 Quiebra	9
3.3.3 Fermentación	10
3.3.4 Secado	15
3.3.5 Almacenamiento	16
3.4 Zonas productoras de cacao en el Perú y en la Región San Martín	16
3.5 Normas técnicas nacionales	17
3.5.1 Cacao en grano	18
3.5.2 Grano fermentado adecuadamente	18
3.5.3 Grano seco	18
3.5.4 Granos defectuosos	19
3.6 Clasificación por grados de calidad	19

3.6.1	Calidad Extra	19
3.6.2	Primera	21
3.7	Factores que determinan el aroma y sabor del cacao	21
3.7.1	Material de siembra	22
3.7.2	Factores ambientales	22
3.7.3	Aroma y color	25
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS	26
4.1	Materia prima	26
4.2	Materiales y equipos	27
4.3	Metodología	27
4.3.1	Acondicionamiento de la materia prima con remoción innovadora	29
4.3.2	Acondicionamiento de la materia prima con remoción tradicional	29
4.4	Parámetros evaluados	30
4.4.1	Temperatura	30
4.4.2	Humedad	31
4.4.3	Color	31
4.4.4	Prueba de corte	32
4.4.5	Porcentaje de secado	32
4.4.6	pH	32
4.4.7	Acidez	33
4.5	Características sensoriales	33
4.6	Diseño experimental y análisis estadístico	35
4.7	Componentes en estudio	36

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
5.1 Características de la materia prima	38
5.2 Parámetros físicos y químicos	39
5.2.1 Temperatura	39
5.2.2 Humedad	42
5.2.3 Color	43
5.2.4 Prueba de corte	46
5.2.4.1 Porcentaje de granos fermentados de cacao	46
5.2.4.2 Porcentaje de granos parcialmente fermentados de cacao	48
5.2.4.3 Porcentaje de granos violeta	49
5.2.5 Porcentaje de secado	50
5.2.6 pH	51
5.2.7 Acidez	53
5.3 Características sensoriales	55
5.3.1 Olor mohoso	55
5.3.2 Acidez sensorial	57
5.3.3 Aroma a cacao	58
5.3.4 Amargor	59
5.3.5 Sabor astringente	60
5.3.6 Sabor frutado	62
VI. CONCLUSIONES	63
VII. RECOMENDACIONES	65

VII. BIBLIOGRAFÍA

66

RESUMEN

SUMMARY

ANEXO 1

ANEXO 2

ANEXO 3



## INDICE DE CUADROS

	Pag.
Cuadro 1. Principales características del clon de cacao ICS-9	7
Cuadro 2. Evolución de la temperatura y tiempo durante el proceso fermentativo de cacao en baba	13
Cuadro 3. Tipos de granos defectuosos. ITINTEC (1988)	20
Cuadro 4. Normas técnicas de calidad según ITINTEC (1988)	21
Cuadro 5. Clave y tratamientos del estudio	37
Cuadro 6. Caracterización física del clon de cacao ICS-95	38

## INDICE DE FIGURAS

	Pag
Figura 1. Línea del trabajo experimental	34
Figura 2. Variación de temperatura de granos de cacao al utilizar tres métodos de fermentación.	40
Figura 3. Variación del % de humedad al utilizar tres métodos de fermentación	42
Figura 4. Variación del parámetro $L^*$ al utilizar tres métodos de fermentación	43
Figura 5. Variación del parámetro $a^*$ al utilizar tres métodos de fermentación	44
Figura 6. Variación del parámetro $b^*$ al utilizar tres métodos de fermentación	46
Figura 7. Porcentaje de granos fermentados de cacao al utilizar tres métodos de fermentación	47
Figura 8. Porcentaje de granos parcialmente fermentados de cacao al utilizar tres métodos de fermentación	49

Figura 9. Porcentaje de granos violeta de cacao al utilizar tres métodos de fermentación	50
Figura 10. Porcentaje de secado de granos de cacao al utilizar tres métodos de fermentación	51
Figura 11. Variación de pH de granos de cacao al utilizar tres métodos de fermentación	53
Figura 12. Variación del % de acidez de granos de cacao al utilizar tres métodos de fermentación	55
Figura 13. Evaluación del olor mohoso en granos de cacao seco al utilizar tres métodos de fermentación	56
Figura 14. Evaluación de la acidez sensorial en granos de cacao seco al utilizar tres métodos de fermentación	57
Figura 15. Evaluación de aroma de cacao en granos de cacao seco al utilizar tres métodos de fermentación	58
Figura 16. Evaluación del amargor en granos de cacao seco al utilizar tres métodos de fermentación	59

Figura 17. Evaluación del sabor astringente en granos de cacao seco

al utilizar tres métodos de fermentación

61

Figura 18. Evaluación del sabor frutado en granos de cacao seco

al utilizar tres métodos de fermentación

62



ANEXO 1

CUADRO 1. Temperatura máxima

CUADRO 2. Temperatura mínima

CUADRO 3. Humedad relativa

CUADRO 4. Precipitación

CUADRO 5. Pautas para la evaluación sensorial



## ANEXO 2

**CUADRO 1.** Temperatura de granos de cacao al utilizar tres métodos de fermentación desde 0 horas hasta el final del proceso.

**CUADRO 2.** Porcentaje de humedad de granos de cacao al utilizar tres métodos de fermentación

**CUADRO 3.** Color de granos de cacao al utilizar tres métodos de fermentación. (72 horas) 52

**CUADRO 4.** Color de granos de cacao al utilizar tres métodos de fermentación. (Final del proceso) 53

**CUADRO 5.** Prueba de corte en granos de cacao al utilizar tres métodos de fermentación.

**CUADRO 6.** Porcentaje de secado de granos de cacao al utilizar tres métodos de fermentación.

**CUADRO 7.** pH de granos de cacao al utilizar tres métodos de fermentación.

**CUADRO 8.** Acidez de granos de cacao al utilizar tres métodos de fermentación.

**CUADRO 9.** Calidad sensorial de granos de cacao al utilizar tres métodos de fermentación.



## ANEXO 3

**CUADRO 1.** Temperatura de granos de cacao al utilizar tres métodos de fermentación desde 0 horas hasta el final del proceso.

**CUADRO 2.** Porcentaje de humedad de granos de cacao al utilizar tres métodos de fermentación desde 0 horas hasta el final del proceso.

**CUADRO 3.** Parámetro  $L^*$  de granos de cacao al utilizar tres métodos de fermentación desde 0 horas hasta el final del proceso.

**CUADRO 4.** Parámetro  $a^*$  de granos de cacao al utilizar tres métodos de fermentación desde 0 horas hasta el final del proceso.

**CUADRO 5.** Parámetro  $b^*$  de granos de cacao al utilizar tres métodos de fermentación desde 0 horas hasta el final del proceso.

**CUADRO 6.** pH de granos de cacao al utilizar tres métodos de fermentación desde 0 horas hasta el final del proceso.

**CUADRO 7.** Porcentaje de acidez de granos de cacao al utilizar tres métodos de fermentación desde 0 horas hasta el final del proceso.

## I. INTRODUCCIÓN

El Perú en el 2008 registró aproximadamente 70 000 ha. de cacao en producción y las principales zonas productoras de cacao se ubicaron en los departamentos del Cusco, Ayacucho, Junín, Huánuco, San Martín, Cajamarca Amazonas y Piura.

En la Región San Martín se contabilizaron aproximadamente, 15 300 hectáreas de cacao distribuidas de la siguiente manera: 60% en el alto Huallaga (Tocache y Juanjui), 20 % en la provincia del Huallaga y el resto en otras provincias (El Dorado, Lamas y San Martín) (Cueva, 2008).

En la provincia de Lamas la temporada de mayor cosecha fue entre marzo y septiembre y de menor cosecha entre octubre y diciembre. En junio, julio y agosto se concentro el mayor volumen de producción. Los cultivos de cacao de mayor área sembrada en la zona de Lamas, fueron los clones CCN-51 e ICS-95.

Los frutos cosechados permanecieron en el campo un día, mientras se lograba una cantidad suficiente y al día siguiente se hacia la apertura de la almendra. Los granos extraídos del fruto se colocaron en baldes y luego se transportaron al Módulo de Fermentación del Centro de Acopio de Cacao y Café de la Cooperativa Agraria Cafetalera "Oro Verde". El tiempo de fermentación varió de cinco a siete días y el secado de tres a cuatro días.

De los tratamientos estudiados, el oreado de los granos en tendal techado por 8 horas, con una frecuencia de remoción de 24 y 48 horas de los tratamientos M2R1 y

M2R2, respectivamente, seguido del tratamiento M1R1, permitieron obtener las mejores características sensoriales de los granos de cacao fermentados para los atributos de calidad sensorial de acidez, sabor, aroma a cacao y olor frutado. Además, el porcentaje de granos fermentados para los diferentes tratamientos estuvo comprendido entre 80 y 88%. Siendo el mayor índice de fermentación correspondiente al tratamiento M2R1 con 87,33%.



## II. OBJETIVOS

### 2.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la frecuencia de remoción, fermentado directo, oreado y drenado de la masa de granos de un clon de cacao (ICS-95) sobre la calidad sensorial de la almendra.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar el número de días óptimos de fermentación para obtener un buen sabor y aroma.

Evaluar el efecto del fermentado directo, oreado de los granos en tendal (8 horas), drenado de los granos en sacos (8 horas) y la frecuencia de remoción innovador (24 horas) y tradicional (48 horas) sobre los cambios sensoriales que ocurren en el grano durante la fermentación del clon de cacao ICS-95.

Determinar el porcentaje de granos fermentados y granos parcialmente fermentados.

Determinar los granos mohosos o con hongos, pizarrosos y violeta.

### III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. El cultivo

El cacao (*Theobroma cacao* L.) pertenece a la clase dicotiledóneas, orden Malvales; familia Sterculaceae. La característica principal de esta planta es la de ser caulíflora, es decir produce sus flores y frutos en el tallo y ramas. El nombre Theobroma, tenía un gran significado para los indígenas, porque lo consideraban como un “Alimento de los dioses” (Arévalo *et al.*, 2004).

Al cacao se le encuentra en los pisos inferiores de las selvas húmedas de América Tropical, generalmente a una altura inferior a los 1400 msnm. Esta planta necesita para su desarrollo temperaturas medias anuales elevadas, debido a que el cultivo de cacao no soporta temperaturas bajas, siendo su límite medio anual de temperatura los 21 °C, teniendo en cuenta que es difícil cultivar cacao satisfactoriamente con una temperatura más baja. Las temperaturas extremas muy altas pueden provocar alteraciones fisiológicas en el árbol por lo que es un cultivo que debe estar bajo sombra para que los rayos solares no incidan directamente y se incremente la temperatura. La temperatura determina la formación de flores. Cuando ésta es menor de 21 °C la floración es menor que a 25 °C, donde la floración es normal y abundante. Esto provoca que en determinadas zonas la producción de mazorcas sea estacional y durante algunas semanas no haya cosecha, cuando las temperaturas sean inferiores a 22 °C.

Además, esta planta requiere de una gran humedad y una cubierta arbórea que la proteja de la insolación directa y de la evaporación. En los suelos donde es insuficiente el agua utilizable durante los periodos secos, el cacao requiere de una humedad atmosférica elevada, ya que esto permite reducir riesgos debido a aumentos en la evapotranspiración. Se considera que la humedad relativa no debe ser inferior a un 60 % durante el día sobre todo en la estación seca. Las semillas del cacao, son ricas en almidón, en proteínas, materias grasas y otros elementos que lo confieren un valor nutritivo real.

### 3.2. Clasificación

La clasificación de los cacaos cultivados puede realizarse de la siguiente manera:

#### 3.2.1. Cacaos Criollos:

Criollos Andinos: Mazorcas de color rojo o verde antes de la madurez. Forma alargada, punta muy acentuada en el extremo inferior. Superficie marcada por 10 surcos muy profundos. Granos gruesos, rollizos y redondeados.

Criollos Porcelana: Características de color muy similares a los criollos Andinos. El cuerpo es de forma corta y cilíndrica y presenta una punta corta marcada por 5 surcos. La piel es más delgada y prácticamente lisa. Los surcos no están marcados.

Criollos Pentágona: Producen una mazorca con una forma muy particular, con 5 aristas prominentes y sin surcos. Este tipo de cacao es conocido en los Andes Venezolanos como "cuatrofilos". Las semillas son grandes y redondeadas.

### 3.2.2. Cacaos Trinitarios o Deltanos

Da origen a un fruto de alta calidad, con aroma y sabor muy pronunciados. (Cuadro 1). Estos, al ser procesados por la industria, dan lugar a chocolates muy aromáticos, con un acentuado sabor a cacao.

### 3.2.3. Cacaos Forasteros Amazónicos

Son los más cultivados en África Occidental, Malasia e Indonesia, presentan gran vigor y productividad además de resistencia o tolerancia a enfermedades o virus, entre ellos tenemos:

Angoleta: De surcos profundos y superficie rugosa y granos grandes y semi-rollizos.

Cundeamor: Lomos más bien superficiales, aunque en algunas variedades son más profundos. El diámetro mide aproximadamente 50% de la longitud del fruto.

Amelonado: De surcos poco pronunciados, el diámetro es de 60 a 75% de la longitud del fruto. De forma globosa, es muy parecido a un melón. Las semillas son de color violeta oscuro y planas.

Cuadro 1. Principales características del clon de cacao ICS-95.

Tipo	Trinitario
Color del fruto inmaduro	rojo
Tamaño del fruto	intermedio
Forma del fruto	oblongo
Forma del ápice del fruto	agudo
Constricción basal del fruto	Ligero
Grosor de la cáscara del fruto	delgada
Rugosidad del fruto	moderadamente rugoso
Profundidad de surcos	intermedio
Número de óvulos por ovario	42
Número de semillas por fruto	26 - 42
Índice de mazorca	18 – 20
Índice de semilla	1,3 – 1,4
Forma de semilla	elíptica
Color de cotiledones	morado
Compatibilidad	autocompatible

Fuente: García, 2005

Calabacillo: Fruto pequeño con cinco surcos marcados, el ápice varía según las variedades, siendo romo en algunas y puntiaguda en otras. Las semillas son de color violeta oscuro y de forma plana y triangular.

### 3.3. Beneficio del cacao

Para la obtención de un buen chocolate, es esencial, como en todos los procesos, la obtención de materia prima de buena calidad. Este proceso está compuesto por las siguientes etapas:

#### 3.3.1. Cosecha

El proceso de cosecha consta de los siguientes pasos:

Maduración de los frutos: el fruto debe ser cosechado completamente maduro, esto ocurre entre los 160 y 185 días de haber ocurrido la fecundación de la flor. De lo contrario el mucílago no ofrece los niveles de azúcar necesarios para que la almendra logre una buena fermentación, dándole a ésta alta astringencia y acidez.

Eliminación de los frutos enfermos.

Eliminación de las mazorcas sobremaduras: Si esto no se realiza se pueden incluir almendras en estado de germinación, lo cual crea sabores indeseables.

Evitar herir las almendras: Para partir las mazorcas sin dañar las almendras, se utiliza un mazo, generalmente de madera, en vez de un objeto afilado, ya que éste podría causar "heridas" en las almendras.

Bajar las mazorcas con las herramientas adecuadas: Las herramientas a utilizar varían según la posición de la mazorca. Si estas previsiones no son tomadas, se podrían causar heridas a la planta que afecten su rendimiento.

Manejo de los restos de la cosecha. Si los restos de la cosecha no son manejados adecuadamente, éstos se podrían convertir en focos de contaminación patógena.

### 3.3.2. Quiebra

La quiebra es la segunda etapa del beneficio del cacao, que consiste en partir los frutos y extraer los granos de cacao; debe realizarse antes de los cinco días después de la cosecha y cuanto más pronto se haga la separación de granos es más fácil. Para partir los frutos se puede utilizar de preferencia un machete pequeño (aproximadamente de 30 cm) con poco filo, acondicionado especialmente para esta labor, también se puede usar un mazo de madera para partir el fruto con un golpe (ICT, 2003; Hernández, 1991). El corte se efectúa en forma longitudinal y en sesgo con mucho cuidado para no dañar los granos, luego se separan los granos de la placenta y se colocan en costales o baldes plásticos

para ser transportados el mismo día a los cajones donde se llevará a cabo la fermentación; los granos obtenidos en días diferentes no deben ser mezclados, para que la fermentación no se realice de manera desuniforme (ICT; 2003 y Hernández; 1991).

### 3.3.3. Fermentación

Mandujano (2008) evaluó tiempo de reposo de las mazorcas, frecuencia de remoción de la masa de cacao y método de secado para el mejoramiento de la calidad de cacao (*Theobroma cacao L*) cultivar CCN 51 orgánico en el Instituto de Cultivos Tropicales, ubicado en la ciudad de Tarapoto, Región San Martín.

La fermentación de cacao (*Theobroma cacao L*) es un proceso bastante complejo, donde intervienen reacciones microbiológicas y bioquímicas. Los microorganismos (levaduras y bacterias ácido-lácticas) desempeñan un papel preponderante desde el punto de vista favorable.

Durante la fermentación se forman los precursores del aroma y del sabor característico de los granos de cacao (Urrieta y Sánchez, 2004). En Tabasco, México, la fermentación de cacao depende fuertemente del saber-hacer artesanal del productor. Se sabe que la temperatura juega un papel importante durante la fermentación de las almendras, razón por la cual se llevará a cabo una medición para evaluar el comportamiento

en el interior de la masa fermentativa durante el proceso de fermentación de granos de cacao (Urrieta y Sánchez, 2004).

Urrieta y Sánchez (2004) realizaron un experimento donde se utilizó un edificio con canaletas para descargar los exudados de la pulpa, dos cajas de madera de cedro (*Cedrella odorata*) de 100 kg, la remoción de la masa fermentativa se realizó cada 24 horas. Fueron utilizados un equipo multilog con tres sensores de temperatura (rango de -10 a 110 °C) y un panel solar con batería para suministro de energía eléctrica. Se realizaron cuatro corridas de fermentación, cada una de ellas constó de 7 días de duración. Los sensores fueron colocados en la esquina, al centro y al lado adyacente de la caja y se registraron datos de temperatura cada 30 minutos. Los resultados mostraron que la distribución de la temperatura de la masa fermentativa en las distintas zonas no es uniforme, por lo que las diferentes reacciones bioquímicas y microbiológicas del grano se vieron afectadas por dicho parámetro, lo que representa un factor que afecte la calidad final de los granos de cacao.

En ensayos de fermentaciones comerciales que hicieron con cerca de 600 kg. de cacao en baba, en cajas de madera con 1 m de espesura realizadas en Saint Tomé entre finales de setiembre y principios de la época de lluvias, se obtuvieron valores globales de temperaturas y horas de la masa fermentativa (Cuadro 2). La fermentación es la operación más delicada y más lenta de la tecnología pos-cosecha del cacao.

Cualquier reducción del tiempo en que transcurre, sin que la calidad del producto final sea con eso afectada, se expresa en una mejor utilización del equipamiento en que se realiza y en economía de mano de obra. Además, que en cada día de fermentación la semilla de cacao pierde, en promedio, cerca de 1% de materia seca y por eso la reducción del periodo de fermentación constituye una preocupación que debe estar presente.

Luego que la semilla presente la coloración violácea en la región referida, debe considerarse terminada la primera fase de la fermentación, el que ocurre en las primeras 36-38 horas, conforme el volumen de las semillas y condiciones ambientales. De inmediato debe comenzarse el volteo del cacao o su traslado para otra caja.

De esta forma, se consigue obtener un producto final de buena calidad, bien fermentado en un periodo total de fermentación de 96 – 120 horas y no los 7 – 12 días como a veces ocurre. Las cajas de fermentación quedan libres, se ahorra mano de obra y se pierde mucho menos materia seca.

Cuadro 2. Evolución de la temperatura y tiempo durante el proceso fermentativo de cacao en baba.

Fase	Temperaturas alcanzadas en la masa de cacao en el centro de la caja y a una profundidad de 40 cm (C)
Entrada del cacao en la caja	21-25
12 horas	29-32
24 horas	31-45
36 horas	47-52
48 horas	47-53
60 horas	48-52
72 horas	36-44
84 horas	35-44
96 horas	35-40

Fuente: Mendes Ferrão (2008)

El volteo o remoción de la masa de grano (semilla + pulpa) tiene como objetivo asegurar la uniformidad de la fermentación, permitiendo que dicha masa adquiera la temperatura apropiada, de tal manera que retenga el calor al mismo tiempo que permita el paso del aire a través de ésta. Se ha demostrado que los fermentadores cuadrados, han alcanzado las temperaturas mas altas, mucho antes que los

fermentadores rectangulares, con un nivel de significancia del 5% lo cual posiblemente se deba a que, a pesar de que el volumen de la masa de cacao fue igual en ambas cajas, el aislamiento logrado en la cuadrada fue mayor, como consecuencia de la mayor altura de los granos, así como por la menor superficie de exposición que se obtiene, puesto que se ha demostrado que es más importante la altura que el peso de la masa de cacao (Rohan, 1964). La rápida elevación de la temperatura favorece el proceso de fermentación al acelerar la descomposición de las células de los cotiledones, debido a su efecto sobre la viabilidad de los granos (Rohan, 1964).

El proceso de fermentación consta de 2 etapas:

**Etapas de fermentación:**

**Etapas de hidrólisis o fase alcohólica:** Donde las levaduras ayudan a transformar los azúcares del mucílago en alcohol, el cual con la ayuda del oxígeno se oxida y transforma a su vez en ácido acético, el cual entre otras funciones, mata al embrión contenido en la almendra. Esta etapa se realiza a temperaturas de 40°C y con pH de 4,0 y 5,0.

**Etapas de Oxidación:** se inicia a la par de la mayor penetración del oxígeno en las almendras. Paralelamente el nivel de humedad disminuye progresivamente, hasta que se detiene la actividad enzimática por la falta de agua. Esto ocurre durante la fase de secado propiamente dicha.

### 3.3.4. Secado

El secado es una etapa del beneficio del cacao en la que se elimina el exceso de humedad de los granos por calentamiento y se completa la formación del aroma y sabor a chocolate. Al finalizar la fermentación del cacao, el grano queda con un contenido de humedad de aproximadamente 60%, que debe ser reducido hasta un valor próximo a 8% para evitar el desarrollo de mohos que deterioran la calidad (Rohan, 1964) y además para facilitar el almacenamiento (Cros y Jeanjean, 1995) transporte, manejo y comercialización del cacao.

Es recomendable reducir la humedad hasta valores del 6 a 7%, máximo 8% (COVENIN, 1995), ya que si se reduce demasiado la cáscara se vuelve muy quebradiza, en caso contrario existe el riesgo del crecimiento de hongos al almacenar el grano (Rohan, 1964).

Durante el secado continúa la fase oxidativa de la fermentación, por lo que juega un papel importante en la disminución de la astringencia, amargor y acidez del grano, así como en el desarrollo del color marrón a partir de los compuestos fenólicos, lo que ocurre solamente en esta etapa (Cros y Jeanjean, 1995).

Esta práctica tiene como fin primordial detener la actividad enzimática, al descender el nivel de humedad del 45-60% (nivel existente al finalizar la fermentación) al 7-8%(al finalizar secado). Este nivel final de humedad es necesario para su manipulación y almacenamiento, puesto que si es

menor la almendra se torna quebradiza, y si es mayor, la almendra puede sufrir el ataque del moho. Para ello, la masa de granos es extendida en los llamados patios de secado, que normalmente son de cemento y pueden o no, tener un techo de plástico o de vidrio, por un periodo de 6 a 8 días.

### 3.3.5. Almacenamiento

Las condiciones de almacenaje de la almendra de cacao deben ser bastante rigurosas y deben presentar los parámetros siguientes:

La humedad de las almendras debe mantenerse en 7%

La humedad relativa del aire debe ser menor a 70%

Las pilas de sacos deben estar separadas entre si por pasillos de 1 m de ancho.

### 3.4. Zonas productoras de cacao en el Perú y en la Región San Martín

La Oficina de Información Estadística de Agricultura (2 008), reporta que en el país existen aproximadamente 70 000 has. de cacao en producción con 38 430 TN. El rendimiento promedio nacional es de 549 Kg/ha. Actualmente se tiene promedios superiores a 700 Kg/ha, en parcelas manejadas con alta densidad y clones mejorados (Arévalo *et al.*, 2004).

En la Región San Martín existen, aproximadamente, 15 300 hectáreas de cacao distribuidas de la siguiente manera: 60% en el Alto Huallaga (Tocache y

Juanjui), 20 % en la provincia del Huallaga y el resto en otras provincias (El Dorado, Lamas y San Martín) (Cueva, 2008).

En San Martín, ACOPAGRO está exportando cacao orgánico a países como España, Suecia e Italia. El interés de esta cooperativa es seguir exportando, por tanto debe ajustar los niveles de fermentación para satisfacer las demandas del mercado internacional.

Las exportaciones peruanas de cacao en granos llegaron a aproximadamente a 1 584 toneladas en su mayoría destinadas a Bélgica, Italia y España; entre las principales empresas exportadoras figuran en orden de importancia; Cacao VRAE, Cooperativa Agraria Cacaotera ACOPAGRO (Juanjui); Cooperativa Agraria Cafetalera Valle Río (Apurimac) y Cooperativa Agraria cafetalera “Oro Verde” (Lamas) (Cueva, 2008).

En San Martín se han introducido los clones de cacao del tipo trinitario como el CCN-51 en un 80%, ICS-1, ICS-95, ICS-6 y el IMC-67 (Forastero amazónico).

### 3.5. Normas técnicas nacionales

Las Normas Técnicas Peruanas determinadas por el Instituto Nacional de la Competencia y Protección de la Propiedad Intelectual (ITINTEC), establecen las características que deben cumplir los granos de cacao destinados para consumo humano y hacen algunas definiciones que precisamos a continuación

### 3.5.1. Cacao en grano

Es la semilla proveniente del cacaotero, sana, limpia, fermentada adecuadamente, secada, privada de mucílago y de la cáscara del fruto.

### 3.5.2. Grano fermentado adecuadamente

Es aquel grano de cacao cuyo proceso de fermentación ha sido completo y que presenta las siguientes características: Cáscaras o tegumento de color marrón, rojizo o pardo rojizo, que se desprende fácilmente de la almendra. Almendras de color marrón o pardo rojizo oscuro (color chocolate), con cotiledones bien definidos de forma arriñonada con olor agradable y sabor ligeramente amargo.

### 3.5.3. Grano seco

Es aquel grano de cacao fermentado adecuadamente que ha sido secado de modo uniforme y cuyo contenido de humedad no es mayor que 7,5%.

Para los procesadores el tamaño del grano es un aspecto muy importante porque afecta los porcentajes de cáscara y contenido de grasa e influye en el tostado.

### 3.5.4. Granos defectuosos

En el Cuadro 3. se hacen algunas definiciones de las principales características de los granos defectuosos.

Las Normas Técnicas Peruanas establecidas por el Instituto Nacional de la Competencia y Protección de la Propiedad Intelectual (ITINTEC, 1988) determinan los parámetros de calidad que deben cumplir los granos de cacao y se detallan en el Cuadro 4.

### 3.6. Clasificación por grados de calidad

Todo lote de cacao comercial, debe ser evaluado sobre la base de un conteo de daños y defectos en la prueba de corte. El resultado del conteo se expresará como porcentaje del total de granos (Cortes, 1 994).

#### 3.6.1. Calidad Extra

Peso promedio mínimo de 1,2 gramos, con un mínimo de 80% de grano fermentado. Los límites máximos de tolerancia son 15% de grano violeta, 5% de grano pizarroso y 1% de grano múltiple o plano. No se admite grano mohoso o germinado, materia extraña, ni grano infectado y humedad máxima 7,5% (Cortes, 1 994).

Cuadro 3: Tipos de granos defectuosos. ITINTEC (1988)

Grano defectuoso	Descripción
Grano mohoso	Granos con partes internas o externas donde se aprecia mohos a simple vista
Grano pizarroso	Grano que muestra un color pizarroso (grisáceo) en la mitad o más de su superficie cuando se hace un corte longitudinal a través del centro del grano.
Granos violeta	Grano insuficientemente fermentado que presenta un color violáceo, por lo menos en la mitad de su superficie, cuando se hace un corte longitudinal a través del centro del grano.
Grano infestado	Grano en cuyas paredes internas se encuentran insectos en cualquier fase de su desarrollo o que presentan señales de daño causado por los mismos, detectables a simple vista.
Grano germinado	Grano cuya cáscara ha sido perforada, rajada o rota por el crecimiento del germen de semilla.
Grano múltiple	Granos unidos íntimamente por una de sus caras con restos de mucílagos.
Grano atrofiado	Granos cuyos cotiledones han quedado demasiado delgados o para cortarse y lograr así una superficie de cotiledón.
Grano partido	Es grano roto o fragmentado

### 3.6.2. Primera

Peso promedio mínimo de 1,2 gramos con un mínimo de 60% de grano fermentado. Los límites máximos de tolerancia son 15% de grano violeta, 5% de grano pizarroso y 1% de grano múltiple o plano. No se admite grano mohoso o germinado, materia extraña, ni grano infectado y humedad máxima 7,5% (Cortes, 1 994).

### 3.7. Factores que determinan el aroma y sabor del cacao.

Estudios de la demanda por chocolate indican que se consumen como una especie de recompensa personal ante el logro de una tarea, por lo tanto, todos merecemos un chocolate de excelente calidad.

Cuadro 4. Normas técnicas de calidad según ITINTEC (1988)

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

Los chocolates finos constituyen el 5% del mercado mundial y existe mucha controversia por los intereses comerciales para clasificar los granos de cacao. Los criterios que han primado para intentar clasificar al cacao se han basado en lo siguiente: Material de siembra, factores ambientales y tratamiento post-cosecha (Arévalo *et al.*, 2004).

### 3.7.1. Material de siembra

Se afirma que el cacao fino o aromático proceden de plantas de cacao Criollo o Trinitario, mientras que los cacaos corrientes provienen de cacao Amazónico. Sin embargo, esto no es totalmente cierto. La calidad denominada ARRIBA es un cacao que proviene de la población NACIONAL cultivado en Ecuador, y es de origen amazónico, aunque algunos autores sostienen que está más cercano al tipo criollo.

La producción de Camerún se considera cacao corriente a pesar de tener una población mayoritaria de trinitarios. Entonces podemos deducir que el material de siembra es importante, pero no es el único criterio para intentar determinar la calidad del cacao (Arévalo *et al.*, 2004).

### 3.7.2. Factores ambientales

Se conoce poco sobre el ambiente y los efectos genéticos en la composición química de la semilla, lo que significa cualquier diferencia en la fermentación (Hardy, 1961).

Romeu (1980), detectó una variación en la acidez de las almendras, que dependió no sólo de la época de cosecha y fermentación sino, también de la procedencia del cacao.

Enriquez (1982), menciona que la escasez de agua o de nutrientes en el suelo puede variar la composición bioquímica de los cotiledones. La deficiencia de cobre puede disminuir la formación de la enzima polifenoloxidasas y provocar una mayor astringencia en el cacao procesado.

Phillips, citado por Pardo (1988), observó, en dos épocas de cosecha, diferencias en la velocidad de calentamiento del cacao, durante las fermentaciones. Allison y Kenten citados por Pardo (1988), demostraron que el mayor incremento de temperatura logrado con el cacao de la cosecha principal, no era debido a la temperatura ambiental, sino a un mucílago más húmedo consecuencia de una precipitación mayor durante el desarrollo de la mazorca.

Rohan y Wood a quienes también se refiere Pardo, indican que las condiciones externas, tales como temperatura ambiental muy baja y alta humedad relativa, en el momento de la fermentación, pueden retrasar e inclusive impedir el ascenso de la temperatura de la masa, formándose las fermentaciones “muertas” o “babosas”.

Ramirez (1988), señala que las temperaturas generadas por cuatro sistemas de fermentación de pequeñas cantidades, en la localidad de Turrialba (600 msnm), se mantuvieron por debajo del nivel térmico producido en localidades situadas a alturas inferiores a los 80 msnm., de modo que a mayor altura la fermentación se demora más tiempo y se deduce que la velocidad e integridad del proceso, en una zona como Turrialba, son menores que en otras localidades más bajas, donde las fases del proceso no se desarrollan adecuadamente.

Cubero *et al.*, (1992) mencionaron que los polifenoles totales, dentro de los cuales están incluidos los taninos y las antocianinas tienden a acumularse, en mayor proporción, en alturas cercanas al nivel del mar (40 msnm) cuando no se han fermentado; sin embargo, es en esta zona donde el cacao sufre las mayores pérdidas de estos compuestos durante la fermentación. Los cambios más pronunciados ocurren cuando la fermentación se lleva a cabo al nivel del mar, que en zonas de mayor altitud. Por eso es mas ventajoso fermentar a altitudes cercanas a los 40 msnm. que a los 600 msnm. La época de fermentación influye directamente sobre la calidad del grano. Durante la época lluviosa se produce cacao de mejor calidad en términos de porcentaje de ceniza y antocianinas, que durante la temporada seca.

Un mismo material genético sembrado en agro sistemas diferentes presenta características similares de aroma, siempre y cuando los métodos de beneficios sean semejantes. Un buen proceso de beneficio

es fundamental para lograr que los precursores del aroma se manifiesten intensamente.

El grano de cacao por su alto contenido de grasa absorbe fácilmente los olores del medio en donde se le manipula, no es raro entonces, encontrar cacao con olor a humo, podrido, pesticidas etc. Los granos de cacao que son más dulces fermentan en menos tiempo como por ejemplo los ARRIBA del Ecuador y JAVA, mientras que los trinitarios y amazónicos necesitan fermentaciones mas prolongadas, dependiendo de la temperatura de la localidad (Arévalo *et al.*, 2004).

### 3.7.3. Aroma y color

El aroma es un criterio muy subjetivo, tanto los productores como procesadores tienen opiniones diferentes. Los industriales utilizan preferentemente mezclas de diferentes tipos de cacao (Arévalo *et al.*, 2004).

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. Materia prima

El estudio se realizó con granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) del clon ICS-95, cosechados en octubre, noviembre y diciembre del 2008, provenientes de los sectores de Misquiyaquillo y Pinto Recodo, geográficamente están comprendidos entre los paralelos 6°17'03" de latitud sur y entre los meridianos 76°21'06" y 76°42'58" de longitud oeste, ubicados en la Provincia de Lamas, Región San Martín. ONERN (1981) la clasificación natural de los suelos, según su origen en los sectores de Lamas y Alto Sisa, establecieron que son suelos de materiales residuales, derivados de materiales litológicos sedimentarios (lutitas, areniscas y arcillas calcáreas y ácidas), de perfiles de textura media a fina, de reacción desde fuertemente ácida hasta moderadamente alcalina, conformando unidades edáficas evolucionadas, que forman parte de las laderas del gran paisaje colinoso. Según Moncada (1990) el sector de Pinto Recodo de bosque seco, (350-600 msnm) presentaron suelos entisoles de formación reciente, a base de materiales frescos que han sido profundamente transportados, con textura más fina que la arena franca y distribución regular de materia orgánica. Según Cueva (2008) informa que el sector de Misquiyaquillo de bosque seco a húmedo (800 msnm) presentaron suelos entisoles, de buenas características químicas, suelos francos y fertilidad media.

#### 4.2. Materiales y equipos.

El ensayo se llevo a cabo, en el Módulo de Fermentación e instalaciones del Centro de acopio de cacao y café de la Cooperativa Agraria Cafetalera “Oro Verde”, Laboratorio del Departamento Agrosilvo Pastoril de la Facultad de Ciencias Agrarias y el Laboratorio de Análisis y Composición de los Alimentos de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de San Martín. Los materiales y equipos empleados fueron:

- Cajas de madera de 120 cm. x 58,5 cm. x 64 cm. de tornillo (***Cedrelinga catenaeformis***)
- Sacos de polipropileno de 80 Kg.
- Vasos de precipitación de 10, 50, 100 y 250 ml.
- Placas petri.
- Embudos de vidrio.
- Navaja.
- Solución para limpieza de electrodos para uso general H17061 Hammer instrumentos
- Morteros y pilones de porcelana
- Filtro Whatman N° 20
- Guillotina para prueba de corte
- Libreta de campo
- Fichas de evaluación.
- Cuadrícula de madera.
- Campanas desecadoras.
- Papel toalla

- Termómetro digital Acurite (Rango  $-45^{\circ}\text{C}$  a  $200^{\circ}\text{C}$ )
- Wincha Staintess de 5m/16FT.
- Bolsas plásticas de alta densidad de 8 cm. x 20 cm.
- Papel aluminio Diamond de 7,62 m. x 0,30 m.
- Termómetro digital Acurite (Rango  $-45^{\circ}\text{C}$  a  $200^{\circ}\text{C}$ ).
- Dosificador de NaOH 0,1N.
- Fenoltaleina 1%.
- Balanza analítica Denver Instrument APX-200 (max. 200g).
- Potenciómetro, modelo PH-009(III) (Rango 0,00 -14,00PH).
- Colorímetro triestímulo Minolta, modelo CR-400.
- Estufa Memmert 0-250°C.

#### 4.3. Metodología

En el ensayo, se trabajaron con granos de cacao en baba cosechados en octubre, noviembre y diciembre. Se estudió el efecto del fermentado directo en el cajón, el oreado en tendal techado, el drenado en sacos de polipropileno y la frecuencia de remoción durante la fermentación, sobre las características sensoriales del grano fermentado de cacao.

Los frutos se recolectaron en estado maduro los días jueves, y los viernes se cortaron y se extrajeron las almendras. Esta operación se hizo con una frecuencia de quince días. Luego, los granos de cacao en baba se acopiaron y transportaron en baldes de 200 kilogramos, en la camioneta de la institución al Módulo de Fermentación del Centro de acopio de cacao y café de la

Cooperativa Agraria Cafetalera “Oro Verde”, y se realizó una caracterización física de la materia prima en 10 frutos.

#### **4.3.1. Acondicionamiento de la materia prima con remoción innovadora.**

Se acondicionaron tres lotes de granos de cacao en baba. El primero fue fermentado directamente en los cajones de madera. El segundo fue oreado por 8 horas en un tendal techado. Finalmente, el tercero antes del proceso de fermentación fue drenado en sacos de polipropileno, también fue por un lapso de 8 horas. En los tres métodos de fermentación se utilizaron 100 kilogramos de materia prima (Figura 1).

Una vez que los granos de cacao se vaciaron en los cajones de madera, la frecuencia de remoción innovadora, se realizó con una primera remoción a las 24 horas y después se procedió a voltear la masa en estudio cada 48 horas, hasta el final del proceso de fermentación.

#### **4.3.2. Acondicionamiento de la materia prima con remoción tradicional.**

Se acondicionaron también tres lotes de granos de cacao, con la misma cantidad y los métodos de fermentación del estudio. Luego, con la masa de granos de cacao en los cajones de madera, la frecuencia de remoción tradicional se realizó con una primera remoción a las 48 horas y después se procedió a revolver el material cada 24 horas, hasta el final de la fermentación.

Para determinar el final del proceso de fermentación se hizo pruebas de corte con una navaja. A continuación las semillas fermentadas fueron secadas en una primera fase en el tendal techado y finalmente secado al sol en canchas de cemento. Concluido este proceso se determinó el porcentaje de fermentación con 50 semillas de cacao con un porcentaje aproximado de 7% de humedad (Figura 1).

#### **4.4. Parámetros evaluados.**

En el ensayo se evaluaron parámetros físicos (temperatura, humedad, color, prueba de corte y porcentaje de secado) y químicos (pH, y acidez). Todas las evaluaciones se realizaron desde el día cero hasta la culminación del proceso de fermentación. A excepción del porcentaje de secado, que se hizo al finalizar el secado.

##### **4.4.1. Temperatura**

Para la determinación de la temperatura, se introdujo el termómetro digital Acurite (Rango  $-45^{\circ}\text{C}$  a  $200^{\circ}\text{C}$ ), en el punto medio de los cajones de fermentación (120 cm. x 58,5 cm. x 64 cm) con la masa de cacao experimental, a una profundidad de 20 cm. Las temperaturas fueron expresadas en  $^{\circ}\text{C}$ .

Además, se obtuvieron los parámetros meteorológicos de temperatura (máxima y mínima), humedad relativa promedio y precipitación diaria mensual en los meses de octubre, noviembre y diciembre de 2008 de la Estación CO Tabalosos (Anexo 1. Cuadro 1, 2, 3 y 4)

#### 4.4.2. Humedad

Para la determinación de humedad, se recolectaron muestras de 5 gramos de granos de cacao, de cada tratamiento de los cajones fermentadores del Módulo de Fermentación y luego eran envueltos en papel de aluminio. Las muestras en placas petri se llevaron a la estufa Memmert (0-250°C) hasta peso constante a una temperatura de 100°C, usando una balanza de precisión. Los resultados fueron indicados en porcentaje.

#### 4.4.3. Color

Las mediciones de color se realizaron con un colorímetro triestímulo portátil, Minolta modelo CR-400, con iluminante D65 y un ángulo observador de 0°, utilizando el sistema CIELab. El eje L\* (claridad) va desde 100 (blanco) hasta 0 (negro), el eje a\* va desde -a\* (verde) hasta +a\* (rojo), mientras que el eje b\* va desde -b\* (azul) hasta +b\*(amarillo) (Minolta, 1993).

Para conocer el color se tomaron los granos de cacao de cada tratamiento y se registraron mediciones en la parte central de las semillas.

#### 4.4.4. Prueba de corte

La prueba de corte también se hizo al finalizar el secado y se colocó 50 granos de cacao seco en los espacios hundidos de forma ovalada de una tabla rectangular y luego se cerró con la otra mitad de la tabla de la guillotina haciendo presión con un tornillo. Posteriormente, se hizo bajar la cuchilla de la guillotina, produciéndose un corte longitudinal por el centro de los granos, para exponer la superficie máxima de los cotiledones. Se examinó las dos mitades de cada grano a plena luz del día y se clasificó de acuerdo a granos violeta, granos pizarrosos, granos mohosos, granos fermentados y granos parcialmente fermentados. Cada uno de ellos se expresó en forma porcentual.

#### 4.4.5. Porcentaje de secado

Los granos de cacao después del proceso de fermentación son llevados en primer lugar a un tendal techado y posteriormente a un secado al sol en eras de cemento, hasta reducir la humedad entre un 7 – 8%. El porcentaje de secado se calcula dividiendo el peso final de los granos secos entre la masa de cacao inicial, multiplicado por 100.

#### 4.4.6. pH

El pH se determinó con un potenciómetro, modelo PH-009(III) (Rango 0,00 -14,00PH), usando una solución de 5 gramos de grano de cacao molido con 20 ml. de agua destilada.

#### 4.4.7. Acidez

La acidez se obtuvo mediante la titulación de 10 ml. de una solución (preparada para la medición del pH) con NaOH 0,1 N, hasta lograr la neutralización de los ácidos orgánicos. Los resultados se expresaron en porcentaje de ácido acético (A.O.A.C., 1997).

#### 4.5. Características sensoriales

En el análisis sensorial se utilizó un panel en la categoría de expertos, constituido por seis catadores. Los datos fueron analizados a través del programa STATISTICA 5,0 para un total de 108 observaciones. Para la definición del perfil sensorial se tomaron en cuenta los siguientes descriptores: olor mohoso (grano defectuoso, con una humedad alta, por almacenamiento inadecuado, con olor a húmedo), acidez sensorial (es la presencia de ácido acético, que se desarrolla en la fase alcohólica de la fermentación), aroma a cacao (son los precursores que se forman por la reacción de Mayllard durante la fermentación y que tiene una relación directa con la acidez), amargor (determinado por la presencia de la cafeína y la theobromina), sabor astringente (determinado por la presencia de compuestos fenólicos) y sabor frutado (se debe a la presencia de esteres que originan sabor a fruta) (Anexo 1. Cuadro 5). Las pruebas de análisis sensorial fueron hechas por la empresa Suiza Pronatec AG.

Estos descriptores fueron evaluados con una escala de 0 – 200, donde cero (0) indicó deficiente y doscientos (200) extremadamente intenso.

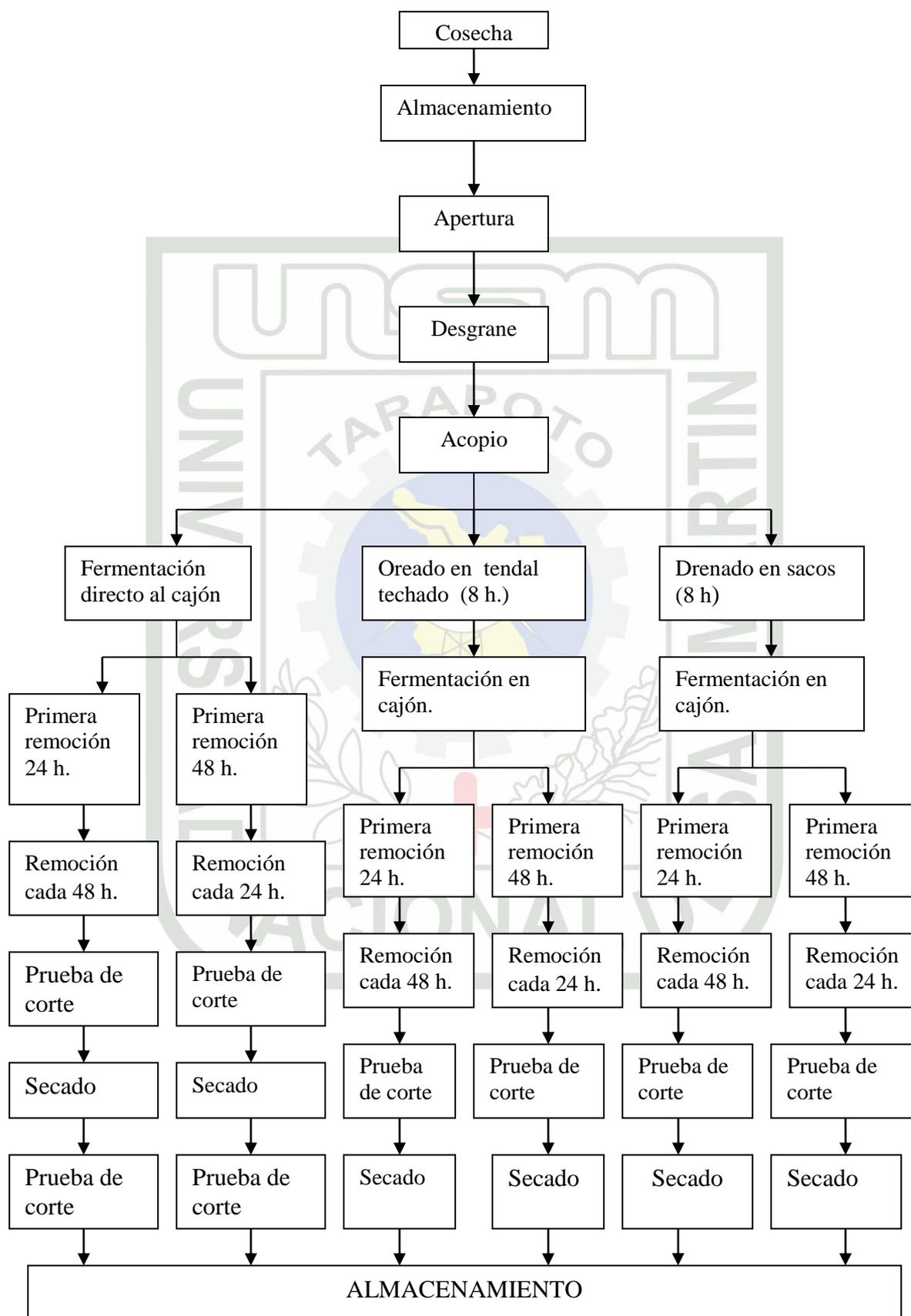


Figura 1. Línea del trabajo experimental.

Para todas las variables sensoriales evaluadas se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) con un nivel de significancia de 5%. Realizando los análisis de medias de Duncan para los descriptores que mostraron diferencias significativas.

#### 4.6 Diseño experimental y análisis estadístico.

Se utilizó un diseño completamente al azar del tipo factorial 3x2, el primer factor corresponde al método de fermentación: el T1 y T2 que ingresan en forma directa al cajón, el T3 y T4 tienen 8 horas de oreado en tendal techado antes de ingresar al cajón y finalmente el T5 y T6 también con 8 horas de drenado en sacos de polipropileno, antes de vaciar la masa de cacao en el cajón fermentador. El segundo factor concierne a la frecuencia de volteo de la masa de cacao, determinados por la remoción innovadora a las 24 horas, continuada cada 48 horas y luego una remoción tradicional a las 48 horas, seguida de 24 horas, hasta la culminación del proceso de fermentación. Para un total de seis tratamientos, ocupando tres repeticiones por tratamiento.

La unidad experimental fue un cajón de 100 kilogramos de muestra. Los análisis se efectuaron independientemente en cada fecha de evaluación. Los datos fueron analizados a través del programa STATISTICA 5,0 para un total de 90 observaciones.

Para todas las variables evaluadas se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) con un nivel de significancia de 5%. Las posibles diferencias se sometieron a la prueba de rango múltiple de Duncan.

#### 4.7. Componentes en estudio

Los factores estudiados y utilizados en el clon de cacao ICS-95, fueron los siguientes:

##### **Primer factor: Método de fermentación.**

M1: 0 horas directo al cajón fermentador.

M2: 8 horas oreado en tendal techado.

M3: 8 horas drenado en sacos de polipropileno.

##### **Segundo factor: Frecuencia de remoción.**

R1: primera remoción a las 24 horas (Innovador).

R2: primera remoción a las 48 horas (Tradicional).

Los tratamientos estudiados y aplicados en el clon de cacao ICS-95, fueron los siguientes:

Cuadro 5. Clave y tratamientos del estudio.

Clave	Tratamientos
T1	M1R1
T2	M1R2
T3	M2R1
T4	M2R2
T5	M3R1
T6	M3R2



## V. RESULTADOS Y DISCUSION

### 5.1. Características de la materia prima

En el Cuadro 6, se muestran los resultados obtenidos de la caracterización física de la mazorca y los granos del clon de cacao ICS-95 (Selección del Colegio Imperial).

Cuadro 6. Caracterización física del clon de cacao ICS-95.

Peso de mazorca	580 g.
Peso de masa fresca de grano	255 g.
Número de semillas por fruto	36
Peso de una semilla fresca (con pulpa)	3,90 g.
Peso de una semilla fermentada	3,30 g.
Peso de una semilla seca y fermentada	1,20 g.

Fuente: Elaboración propia (2009).

Los valores de número de semillas por fruto y peso de semilla seca y fermentada del clon de cacao ICS-95, fueron parecidos a los valores encontrados por García (2005). El valor de la masa fresca de grano de 255 g. corresponde a un valor que no incluye el peso del mucílago de la mazorca.

## 5.2. Parámetros físicos y químicos

### 5.2.1. Temperatura

El aumento de esta variable es causado por el calor generado por las reacciones exotérmicas y la actividad microbiana, que ocurre en el proceso fermentativo, proviniendo la mayor cantidad de calor de la oxidación de etanol a acetato y de la conversión del acetato a CO<sub>2</sub> y agua (Cros y Jeanjean, 1995; Samah, 1993; Senanayake, 1995). El descenso de la temperatura es ocasionado por la inactivación de la microflora al alcanzar la temperatura valores cercanos a 40°C.

De la figura 2 se puede observar que los tratamientos M1R1 y M1R2, recién presentaron incrementos de la temperatura en la masa de granos de cacao a partir de las 48 horas y los tratamientos M3R1 y M3R2, 24 horas después del drenado en sacos de polipropileno. En cambio, los tratamientos M2R1 y M2R2, expresaron una elevación de la temperatura más rápida con respecto a los otros tratamientos, a las 8 horas de haber sido oreado en el tendal techado. Esto es debido, a las condiciones mismas del tratamiento. El oreado de los granos de cacao, significó una mayor área de contacto, para la transferencia de calor entre la masa de cacao y el área techada del tendal, que permitió el incremento de la temperatura rápidamente a las 8 horas de 26 °C hasta 31 °C.

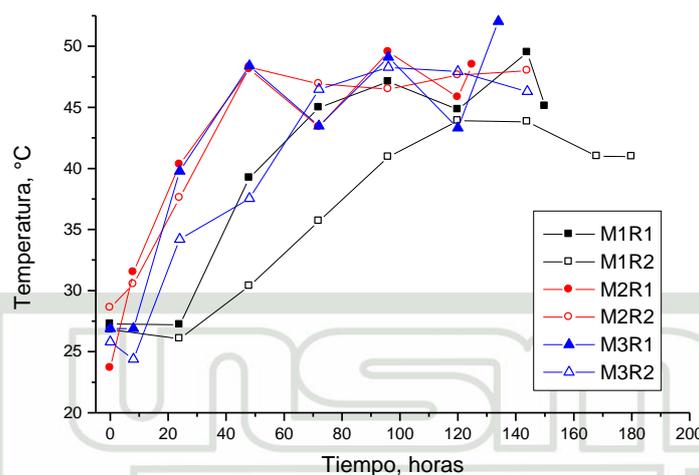


Figura 2. Variación de temperatura de granos de cacao al utilizar tres métodos de fermentación.

De los métodos ensayados, los valores más adecuados de temperatura se obtuvieron en los tratamientos M2R1, M2R2 y M3R1 con 48,13°C, 48,27°C y 48,4°C respectivamente, en el tiempo de 48 horas.

Encontrándose estas últimas temperaturas muy próximas al rango de 44-47°C, considerado como satisfactorio por Braudeau (1970) y a los 45°C establecido por Barel (1987) a las 48 horas de fermentación en cacao forastero de Costa de Marfil. Estas temperaturas alcanzadas en los tratamientos M2R1, M2R2 y M3R1, son óptimas para obtener granos de cacao fermentado de calidad, porque las temperaturas máximas favorecen en forma temprana la actividad de las enzimas glicosidasas, proteasa y posteriormente polifenoloxidasas sobre los sustratos responsables de la astringencia, cuyas temperaturas óptimas se encuentran entre 45 C y 50 C (Hardy, 1961 y Les, 1969).

A las 72 horas de proceso fermentativo y con una frecuencia de 24 horas de remoción, los métodos de fermentación en estudio no influyeron significativamente en las temperaturas registradas en los cajones de madera con granos de cacao. Sin embargo, si se presentó un efecto significativo de los métodos de fermentación en la temperatura a ese mismo tiempo, pero con una frecuencia de remoción de 48 horas. El tratamiento M2R2 con una temperatura de 46,93°C, expresó la más alta temperatura, con respecto a los otros tratamientos en estudio. (Anexo 2. Cuadro 1)

Al final del proceso, el tratamiento M3R1 con 134 horas de fermentación presentó la mayor temperatura registrada con 52,03°C en la masa de granos de cacao con relación a los otros tratamientos. Siendo, los tratamientos M2R1 y M2R2, los que mostraron una temperatura muy parecida al final del proceso fermentativo de 48°C. (Anexo 3. Cuadro 1).

Del análisis estadístico a un nivel de  $P < 0,05$  los métodos de fermentación influyeron significativamente en las temperaturas alcanzadas de los tratamientos en estudio al final del proceso fermentativo, tanto a las 24 y 48 horas de remoción (Anexo 2. Cuadro 1).

El incremento de temperatura, permite que se produzcan las reacciones microbiológicas y bioquímicas, que a su vez favorecen durante la fermentación la formación de los precursores del aroma y del sabor característico de los granos de cacao.

### 5.2.2. Humedad

En la fermentación del cacao, la pulpa es descompuesta por acción microbiana, la que ocasiona ruptura de las células y desprendimiento de jugos (Braudeau, 1970). Al ser eliminada parte del agua en el exudado, se establece un equilibrio osmótico entre la pulpa y los cotiledones con difusión de los productos de la fermentación hacia el cotiledón a través de la testa (Rohan, 1964), lo que causa una disminución de la humedad en la pulpa y un aumento en el cotiledón.

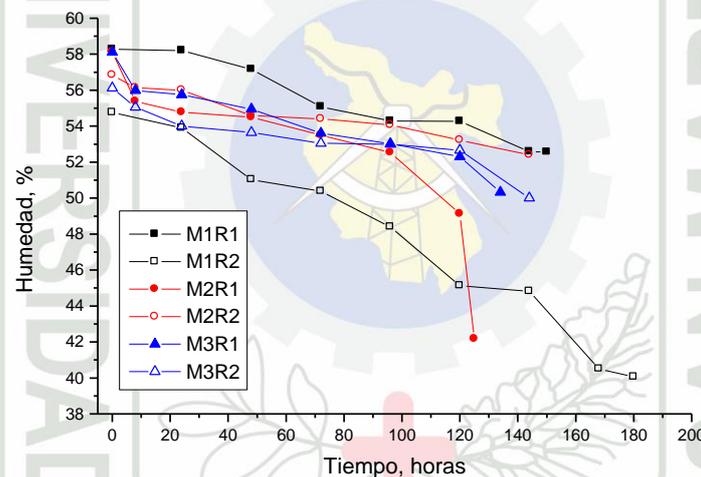


Figura 3. Variación del % de humedad al utilizar tres métodos de fermentación.

De los tratamientos estudiados a las 72 horas de fermentación, se observó que los valores de humedad encontrados en los granos de cacao, no mostraron diferencias significativas, ni a las 24 y 48 horas de remoción (Anexo 2. Cuadro 2) (Figura 3).

Al final del proceso fermentativo, los tratamientos que presentan un menor contenido de humedad fueron M2R1 (42,17%) y M1R2 (34,24%) (Anexo 3. Cuadro 2), siendo significativamente diferentes con relación a los otros tratamientos a un nivel de  $P < 0,05\%$  a los tiempos de remoción de 24 y 48 horas respectivamente. Esto significó que el método de fermentación influyó en el contenido de humedad de los granos de cacao (Anexo 2. Cuadro 2).

### 5.2.3. Color

Se observó en la figura 4 que hay un oscurecimiento en todos los tratamientos en estudio. A las 72 horas del proceso de fermentación, se pudo notar que no hay ningún efecto significativo de los métodos y la frecuencia de remoción en la claridad de los granos de cacao (Anexo 2. Cuadro 3).

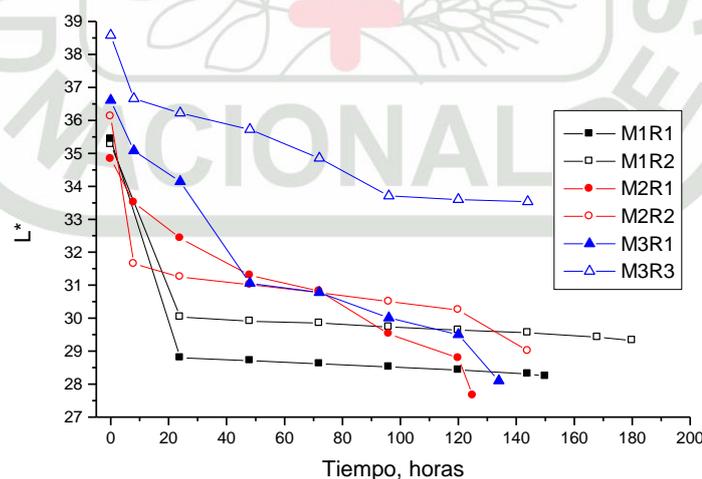


Figura 4. Variación del parámetro  $L^*$  al utilizar tres métodos de fermentación.

De los tratamientos estudiados, la claridad de las muestras al finalizar el proceso fermentativo, se encontró que no hay diferencias significativas en relación al método a una frecuencia de remoción de 24 horas, pero si existe a las 48 horas de remoción, con un nivel de  $P < 0,05$  (Anexo 2. Cuadro 4). Siendo el mejor tratamiento el M2R1 y M2R2 por tener un mayor oscurecimiento propio del color del cacao, con respecto a los demás tratamientos. (Anexo 3. Cuadro 3). Del análisis estadístico con un nivel de  $P < 0,05$  se observó que los valores de  $a^*$  en los tratamientos ensayados, mostraron un descenso hasta las 72 horas del proceso fermentativo. Existiendo diferencias significativas del parámetro  $a^*$  por el método aplicado a las 24 y 48 horas de frecuencia de remoción (Anexo 2. Cuadro 3). El color morado es una característica fenotípica del clon de cacao ICS-95. En el tratamiento M2R2, se tuvo la mayor pérdida de color morado al término de las 72 horas de fermentación (Anexo 3. Cuadro 4). (Figura 5).

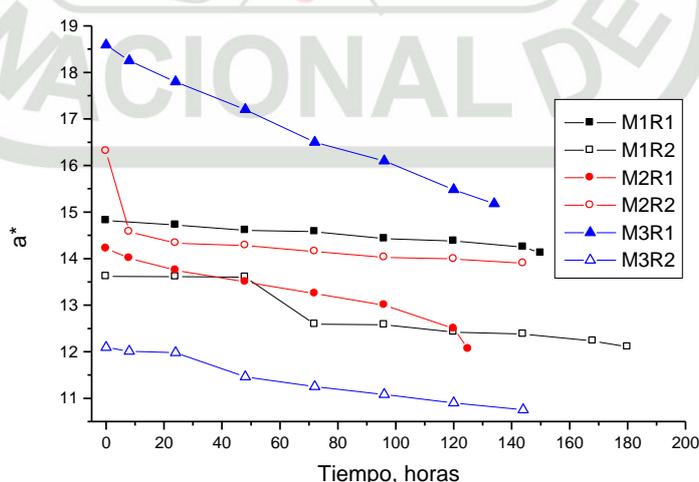


Figura 5. Variación del parámetro  $a^*$  al utilizar tres métodos de fermentación.

Al culminar el proceso de fermentación, el método de aplicación también influyó significativamente en el valor de  $a^*$  tanto con una frecuencia de remoción de 24 y 48 horas (Anexo 2. Cuadro 4). A las 125 horas de fermentación, el parámetro de color  $a^*$  del tratamiento M2R1, presentó una disminución asociada a la pérdida de colores morados, acompañado de una frecuencia de remoción de 24 horas. Siendo el tratamiento M3R2 el que expresó la mayor pérdida de color morado al término del ensayo (Anexo 3. Cuadro 4). De la figura 6 se observa que los valores del parámetro  $b^*$ , en los diferentes tratamientos ensayados hay una contribución de colores azules de manera sostenida durante el proceso de fermentación. Del análisis estadístico con una  $P < 0,05$  a las 72 horas del proceso fermentativo, nos indica que no hay efecto significativo del método de fermentación en el parámetro de color  $b^*$  con una frecuencia de remoción de 24 horas. (Anexo 2. Cuadro 3). Sin embargo, a las 48 horas de remoción se observa la influencia del método de fermentación en el tratamiento M2R2, que se diferencia significativamente con respecto a los otros tratamientos, mostrando el menor valor de  $b^*$  igual a -4,30. A las 72 horas el comportamiento con un nivel estadístico de  $P < 0,05$ , es el mismo que a las 24 y 48 horas de remoción, el tratamiento M2R2 se muestra otra vez, con la mayor acentuación de color azul en los granos de cacao, con un tiempo de 144 horas de fermentación. (Anexo 3. Cuadro 5).

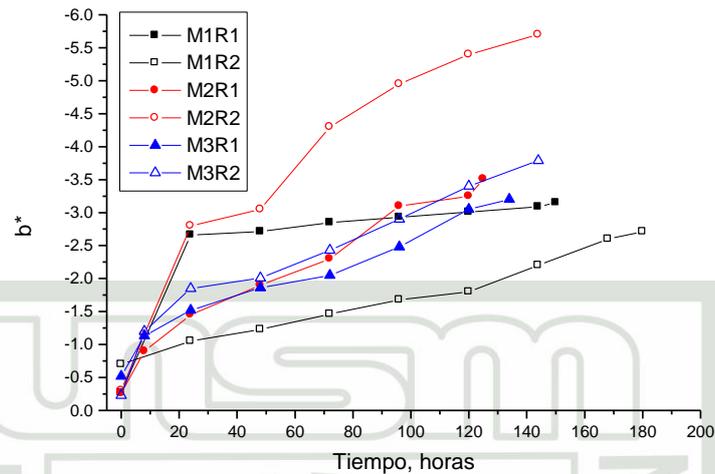


Figura 6. Variación del parámetro  $b^*$  al utilizar tres métodos de fermentación.

De acuerdo a los resultados obtenidos en los parámetros de color  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , los mejores tratamientos fueron M1R2 y M2R2, para determinar la calidad del grano de cacao fermentado al final del proceso.

#### 5.2.4. Prueba de corte

En la prueba de corte, solamente se registraron granos fermentados, granos parcialmente fermentados y granos violetas, no habiendo granos pizarrosos y granos mohosos.

##### 5.2.4.1. Porcentaje de granos fermentados de cacao.

De la figura 7, se observa que hay diferencias significativas del método de fermentación, en el porcentaje de granos fermentados, habiendo diferencia significativa entre los tratamientos M2R1 (87,33%) y M1R1 (80%) con una primera remoción a las 24 horas. Los valores más altos fueron para los

tratamientos M2R1 (87,33%) y M2R2 (84,67%), no observándose mayor efecto del tiempo de remoción para los otros tratamientos. Estos resultados se corroboran a través del análisis estadístico (Anexo 2. Cuadro 5). Los tratamientos ensayados estuvieron comprendidos dentro de la clasificación de granos de cacao de calidad extra.

Este mayor índice de fermentación para los tratamientos indicados, se debió a que alcanzaron las temperaturas más elevadas (M2R1: 48,5°C y M2R2: 48,0°C) en la masa de cacao durante el proceso de fermentación, ya que la elevación de esta variable durante la fermentación incrementa la velocidad de muerte de las semillas, lo cual es indispensable para que se produzca las reacciones bioquímicas en el interior del grano que causen el oscurecimiento del cotiledón.

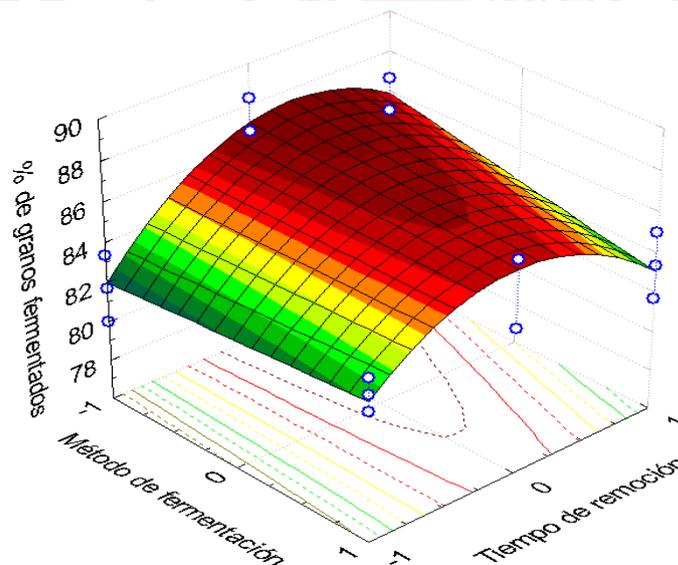


Figura 7. Porcentaje de granos fermentados de cacao al utilizar tres métodos de fermentación.

El grano fermentado adecuadamente es aquel grano cuyo proceso de fermentación ha sido completo y que presentaron las siguientes características: cáscara o tegumento de color marrón, rojizo o pardo rojizo que se desprende fácilmente de la almendra. Almendras de color marrón o pardo rojizo oscuro (color chocolate) con cotiledones bien definidos de forma arriñonada con olor agradable y sabor ligeramente amargo (ITINTEC, 1988).

#### **5.2.4.2. Porcentaje de granos parcialmente fermentados de cacao.**

Adicionalmente se presenta la figura 8, donde se puede ver que el porcentaje de granos parcialmente fermentados de cacao, se presentaron para todos los tratamientos ensayados. No habiendo diferencias significativas entre ellos, en las dos frecuencias de remoción. (Anexo 2. Cuadro 5). Esto se debe a que el proceso de fermentación no es homogéneo en la masa de granos. Además, la fermentación esta 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 (Enriquez, 1982).

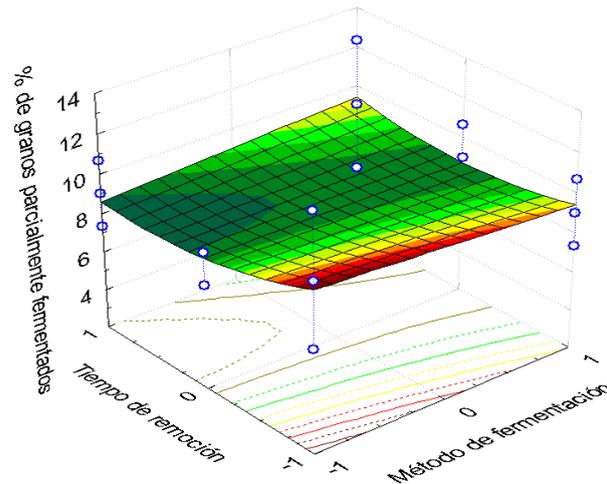


Figura 8. Porcentaje de granos parcialmente fermentados de cacao al utilizar tres métodos de fermentación.

#### 5.2.4.3. Porcentaje de granos violeta.

En la figura 9 se puede observar que el porcentaje de granos violeta de los tratamientos ensayados se encuentran entre 6-10%. Por otro lado, estadísticamente a un nivel de  $P < 0,05$ , se presenta diferencia estadística entre los tratamientos M2R1 y M1R1, con una frecuencia de remoción de 24 horas. Sin embargo, a las 48 horas de remoción no hay diferencia significativa entre los tratamientos; es decir, no hubo efecto del método de fermentación (Anexo 2. Cuadro 5)

Los valores reportados de porcentaje de granos violeta en todos los tratamientos ensayados, nos indicaron que se encuentran debajo del 15% del límite máximo de tolerancia. (Cortes, 1994). Expresando el menor tenor de granos violeta el tratamiento M2R1 (6%).

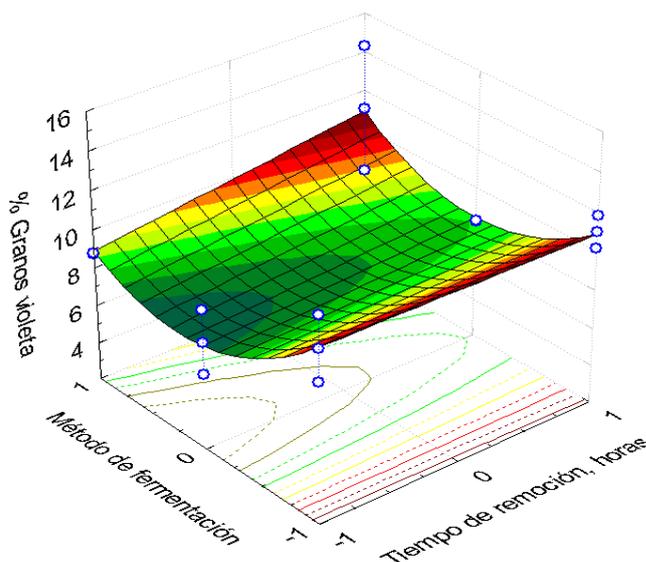


Figura 9. Porcentaje de granos violeta de cacao al utilizar tres métodos de fermentación.

### 5.2.5. Porcentaje de secado

El secado tiene por finalidad eliminar el exceso de agua y conservar el sabor y aroma a chocolate adquirido en el proceso de fermentación. En la figura 10, se observa que el mayor porcentaje de secado se obtuvo en el tratamiento M1R1 (38%) y el menor porcentaje de secado en los tratamientos M2R1 y M2R2 (33,18% y 33,05%).

En el Anexo 2. Cuadro 6. se observa además, que si existe un efecto del método de fermentación, siendo significativamente diferente los tratamientos M2R1 y M1R1. Esto se debe, a que hay una mayor pérdida de agua en el tratamiento que previamente fue oreado por 8 horas en tendal techado, con respecto al tratamiento que fueron directo al cajón.

Pero, este comportamiento no se cumple, para la primera remoción a las 48 horas, no existiendo diferencias significativas entre ellos.

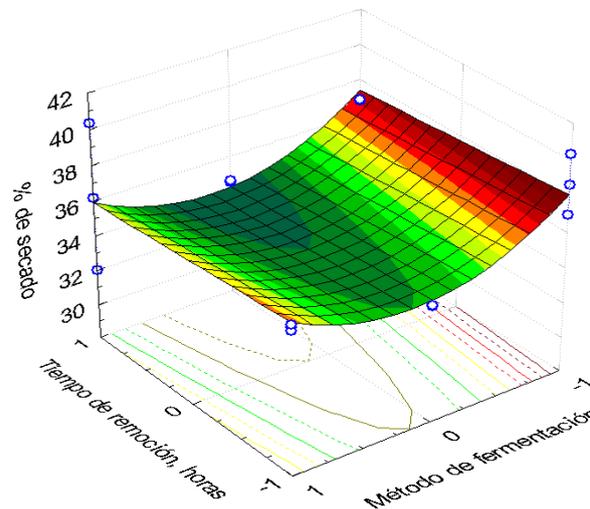


Figura 10. Porcentaje de secado de granos de cacao al utilizar tres métodos de fermentación.

#### 5.2.6. pH

Es importante destacar que cuando el pH final durante la fermentación es superior a 7,0, se debe a la formación de nitrógeno amoniacal producto de una fermentación butírica (Cros y Jeanjean, 1995).

La elevación del pH en la pulpa más testa durante el proceso de fermentación es atribuida a la desasimilación del ácido cítrico por las levaduras y las bacterias lácticas y su sustitución por los ácidos láctico y acético menos disociados (Rohan 1964; Dougan 1981) así como a la formación de amoniaco producto de la desasimilación de las proteínas (Cros y Jeanjean 1995).

Biehl (1985) señaló que el aumento del pH, causado por la reducción de ácidos orgánicos o por algún tipo de neutralización, generalmente ocurre cuando se desarrollan las bacterias aerófilas al finalizar el metabolismo de los organismos acidófilos, indicando el incremento continuo del pH una sobre fermentación, por lo tanto el pH obtenido al retardar el desgrane sugiere reducir la duración del proceso fermentativo para evitar este proceso.

De los tratamientos ensayados puede verse en la figura 11, que el descenso más pronunciado de pH, se presentó en los tratamientos M3R1 (3,42) y M3R2 (3,02) con 96 horas de fermentación y los valores más elevados al final de la fermentación se presentaron en los tratamientos M2R1 (5,71) y M3R1 (5,48) a las 125 y 234 horas respectivamente de fermentación. Esto pudo haber iniciado una fermentación butírica (Anexo 3. Cuadro 6).

Del análisis estadístico a un nivel de  $P < 0,05$  a las 72 horas del proceso de fermentación de los granos de cacao, se afirma que existe un efecto significativo del pH por el método de fermentación a una frecuencia de remoción de 24 horas, mas no hay diferencias significativas por método a las 48 horas de remoción. El tratamiento M3R1 (3,43) presenta diferencias significativas con respecto a los tratamientos M2R1 (4,49) y M1R1 (4,55). (Anexo 2. Cuadro 7).

Al término del proceso, el método de fermentación también influyó significativamente en los valores obtenidos de pH, a una frecuencia remoción de 24 horas de los granos de cacao. Siendo el tratamiento M2R1 (5,71) muy diferente significativamente con el tratamiento M1R1 (4,88) (Anexo 2. Cuadro 7). En ambos casos, con un tiempo de 125 horas de fermentación. (Anexo 3. Cuadro 6).

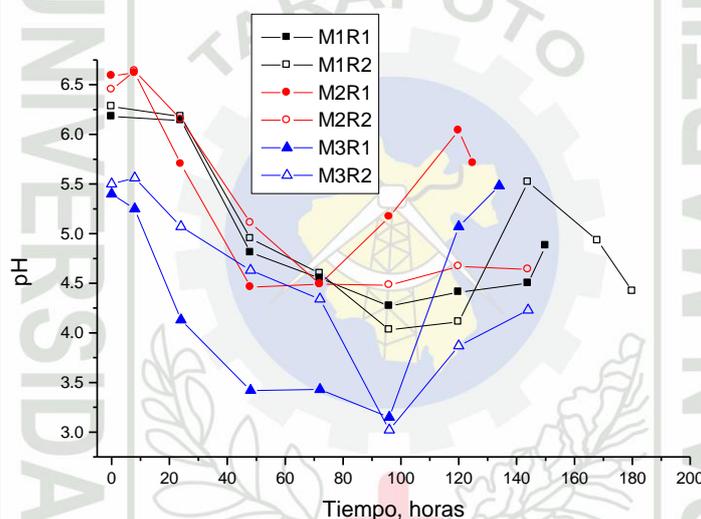


Figura 11. Variación de pH de granos de cacao al utilizar tres métodos de fermentación.

### 5.2.7. Acidez

A mayor aireación se favorece el desarrollo de las bacterias acéticas, las cuales transforman por oxidación el alcohol a ácido acético, dichas bacterias llegan a la masa por medio de las moscas de las frutas (*Drosophila melanogaster*) siendo huéspedes de la masa en fermentación atraídas, quizás por el olor a ácido acético o por el CO<sub>2</sub> (Rodríguez, 2006).

En la figura 12 a las 72 horas del proceso fermentativo, con frecuencias de remoción de 24 y 48 horas de los granos de cacao, los valores de acidez no muestran diferencias significativas entre tratamientos. Esto muestra que no hubo el efecto del método de fermentación (Anexo 2. Cuadro 8).

Sin embargo, al final del proceso de fermentación de los granos de cacao, el tratamiento M2R1 con 125 horas de fermentación, con una frecuencia de 24 horas de remoción presenta el valor más bajo de acidez (Anexo 3. Cuadro 7) con respecto a los otros tratamientos a un nivel de  $P < 0,05$ . Para los tratamientos con remoción a las 48 horas no hubo diferencias significativas entre tratamientos (Anexo 2. Cuadro 8).

Debe tenerse en cuenta, que aunque una fuerte acidificación acompañada de rápidos incrementos de temperatura en la pulpa estimula la fermentación, la destrucción de la estructura subcelular del cotiledón y la liberación proteolítica de los aminoácidos, el potencial del sabor es obviamente reducido por la alta acidez.

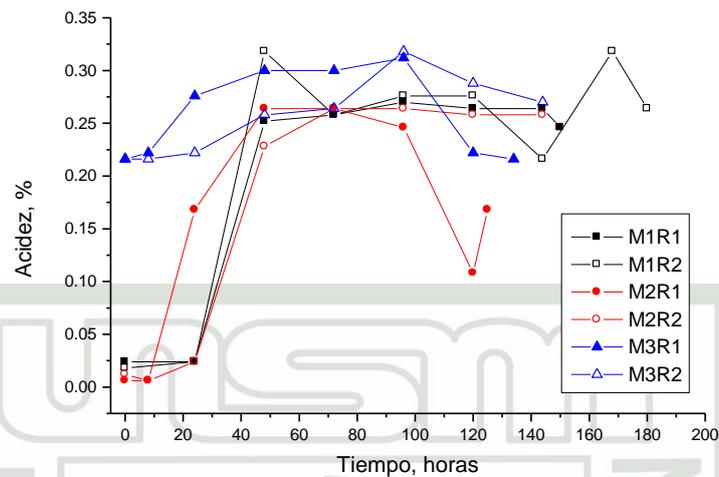


Figura 12. Variación del % de acidez de granos de cacao al utilizar tres métodos de fermentación.

Este efecto adverso, del ácido acético sobre el sabor, también ha sido detectado en el procesamiento (Biehl 1985). Además, se ha observado que la descomposición de las proteínas y el potencial del sabor se benefician, cuando la elevación de la temperatura es lenta, ya que se forma menor cantidad de ácido acético, el cual difunde moderadamente en el cotiledón sin riesgo de una sobreacidificación (Biehl 1985) por lo tanto no es conveniente retardar el desgrane por mucho tiempo.

### 5.3. Características sensoriales

#### 5.3.1. Olor mohoso

En la figura 13, se puede observar que el desarrollo del olor mohoso, es más alto para la fermentación realizada en sacos de polipropileno por 8 horas con tiempos de remoción por 24 horas y también para la

fermentación directa por 48 horas a un nivel de  $P < 0,05$ . (Anexo 2. Cuadro 9).

Esto puede deberse a que la temperatura alcanzada, durante la fermentación con estos dos tratamientos (M1R2 y M3R1) no fue la óptima para el desarrollo de características sensoriales adecuadas, lo que propició el desarrollo de este olor mohoso. Desde ese mismo punto de vista los tratamientos M1R1, M2R1, M2R2 y M3R1, serian los más recomendados ya que el desarrollo de este olor mohoso es menor. Por otro lado, no se observó diferencias significativas entre los tratamientos M1R1 y M2R1, con una primera remoción a las 24 horas. (Anexo 2. Cuadro 9).

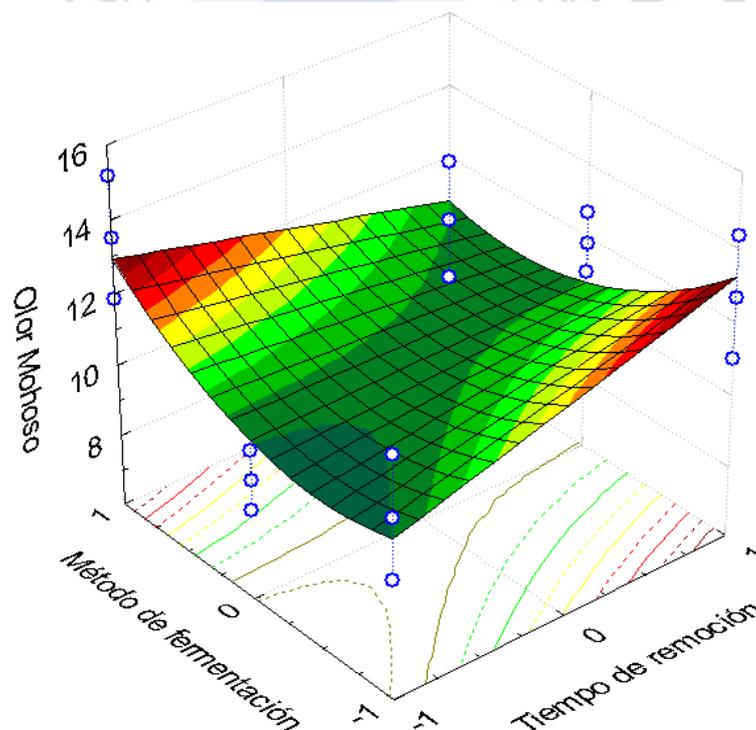


Figura 13. Evaluación del olor mohoso en granos de cacao seco al utilizar tres métodos de fermentación.

### 5.3.2. Acidez sensorial

Del análisis estadístico de prueba de medias, se pudo determinar que hay diferencias significativas por el método empleado ( $P < 0,05$ ) a las 24 horas de remoción, más no a las 48 horas de remoción que no presentan diferencias significativas. Este comportamiento puede verse en la figura 14, donde las regiones de máxima acidez se obtienen en los tratamientos M1R1, M1R2, M2R2 y M3R2. Además, puede verse que la acidez sensorial se incrementa con el mayor número de remociones durante el proceso fermentativo (Anexo 2. Cuadro 9).

Los tratamientos M2R1 y M3R1 mostraron los menores puntajes de acidez, esto se debe a la menor incorporación de  $O_2$  durante la fermentación (frecuencia de remoción cada 48 horas) permitiendo que los microorganismos oxiden el alcohol formando ácido acético.

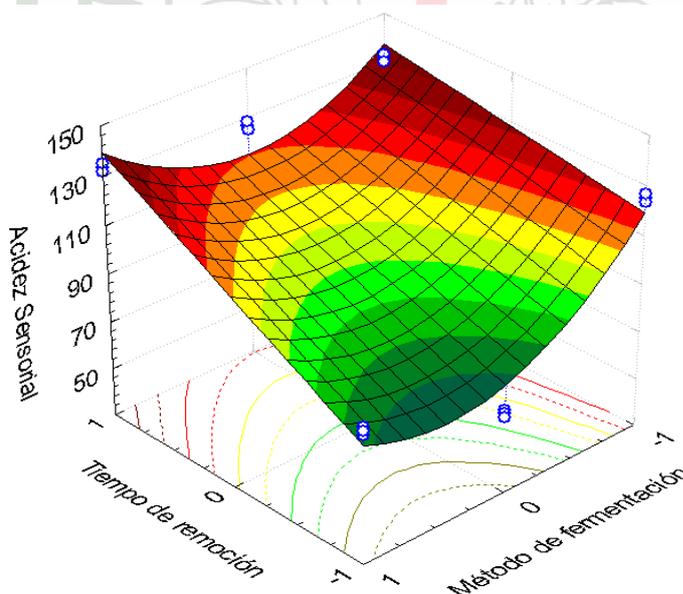


Figura 14. Evaluación de la acidez sensorial en granos de cacao seco al utilizar tres métodos de fermentación.

El tratamiento M3R1 al final del proceso de fermentación, presentó el mayor valor de acidez sensorial (Anexo 2. Cuadro 9) y esta corroborado con la determinación de acidez instrumental (Anexo 2. Cuadro 8).

### 5.3.3. Aroma a cacao

En la figura 15 puede verse que hay un efecto significativo del método de fermentación en el aroma a cacao para los tiempos de remoción de 24 y 48 horas. Obteniéndose el valor mas alto de aroma a cacao para el tratamiento M2R1 a un nivel de  $P < 0,05$ . (Anexo 2. Cuadro 9). Los otros tratamientos que mostraron altos niveles de aroma a cacao fueron M1R1 y M2R2.

Este desarrollo puede deberse a los elevados picos de temperatura obtenidos durante la fermentación, alrededor de  $48^{\circ}\text{C}$ , que favoreció los cambios bioquímicos de los precursores de aroma, esto aunado a una baja acidez que permite realzar el aroma a cacao.

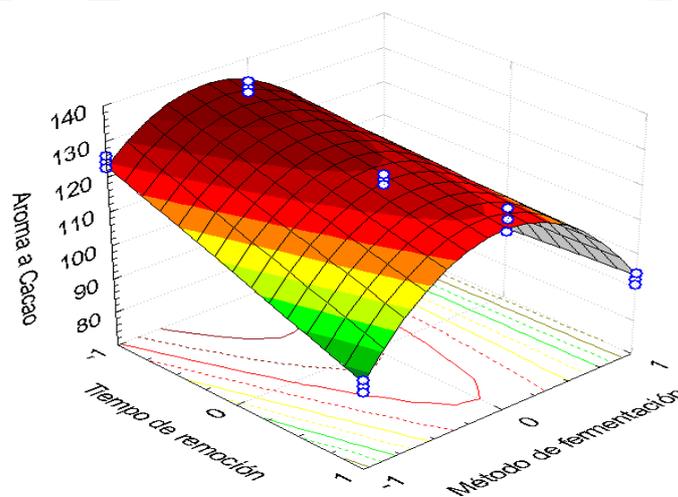


Figura 15. Evaluación de aroma de cacao en granos de cacao seco al utilizar tres métodos de fermentación.

El tratamiento M3R1 al final del proceso de fermentación presenta un valor de aroma a cacao muy bajo y esta relacionado con la alta acidez sensorial e instrumental registrado en el estudio. Un contenido elevado de acidez, pudiese estar ligado a un menor aroma de chocolate. (Cros, 1997).

#### 5.3.4. Amargor

Del análisis estadístico se puede mencionar que hay diferencias significativas entre M3R1 y M2R1, pero no hay diferencia significativa entre el M2R1 y M1R1 para las 24 horas de remoción (Anexo 2. Cuadro 9). El valor más alto de amargor, se obtuvo en el tratamiento M3R1. Este comportamiento, se debió probablemente por la naturaleza del tratamiento que consistió en pre-fermentar en sacos de polipropileno por un tiempo de 8 horas y el tiempo de remoción fue más espaciado, por cada 48 horas en la masa de granos de cacao.

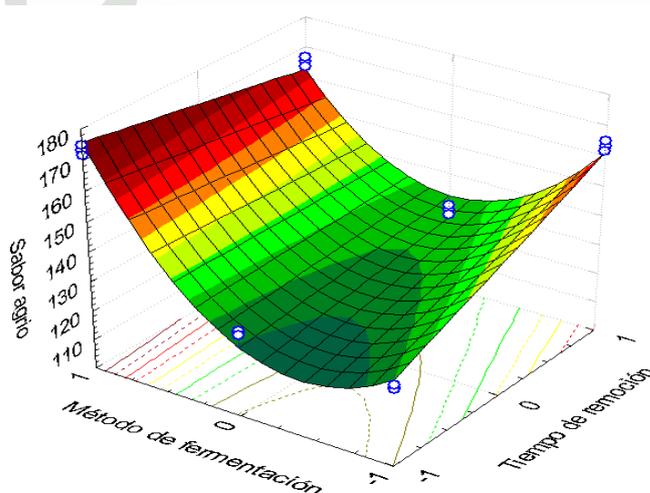


Figura 16. Evaluación del amargor en granos de cacao seco al utilizar tres métodos de fermentación.

El menor valor de amargor se obtuvo para los tratamientos M2R1 y M1R1, que no presentaron diferencias significativas, lo cual puede comprobarse en la figura 16 y Anexo 2. Cuadro 9. Esta respuesta, significa que no interesa el método de fermentación, en ambos casos se favoreció la pérdida de theobromina por difusión en los tejidos y migración a los tegumentos de los granos de cacao. Esta pérdida es en gran parte la responsable de la disminución del amargor de los granos bien fermentados. Asimismo, el amargor está determinado por las purinas (cafeína y theobromina). (Jeanjean, 1995).

#### 5.3.5. Sabor astringente

En la figura 17 se verifica que el tratamiento M2R1 presenta el menor valor de sabor astringente, seguido de M3R1 y M1R1, con relación a los otros tratamientos que tuvieron una primera remoción a las 48 horas.

También se puede apreciar que hay diferencias significativas entre los tratamientos M1R2 y M3R2 en cuanto al tiempo de frecuencia de remoción, ya que estos tratamientos presentan los mayores valores de sabor astringente con respecto a la primera remoción de 24 horas. Esto se corrobora con el análisis estadístico realizado con una  $P < 0,05$ . (Anexo 2. Cuadro 9).

El tratamiento M2R1 presenta el menor valor de astringencia, porque el método de fermentación y la frecuencia de remoción, influyeron en la pérdida de los compuestos polifenólicos durante el proceso de fermentación, ya que son responsables del grado de astringencia en los granos de cacao. (Jeanjean, 1995).

Por otro lado, los tratamientos M1R2 y M3R1 presentaron los mayores índices de astringencia, porque probablemente los métodos de fermentación aplicados influyeron en la retención de compuestos fenólicos.

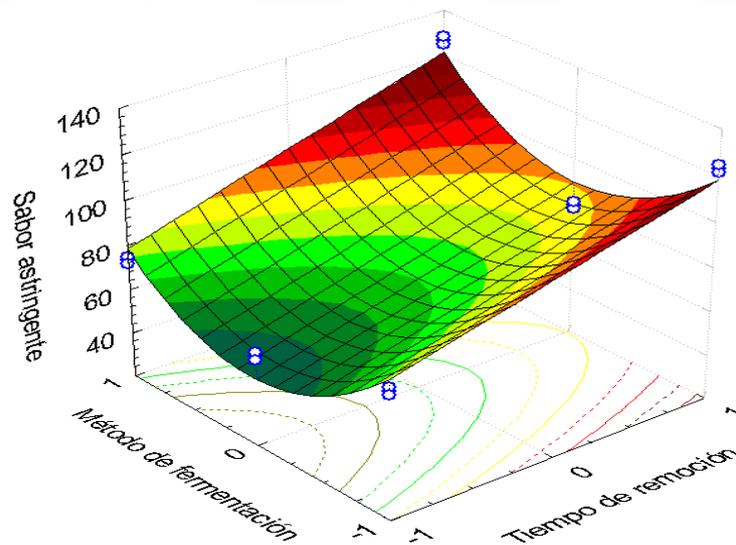


Figura 17. Evaluación del sabor astringente en granos de cacao seco al utilizar tres métodos de fermentación.

### 5.3.6. Sabor frutado

Del análisis estadístico se puede determinar que los métodos M2R1 y M2R2 presentan los mayores valores para el sabor frutado a un nivel de  $P < 0,05$ , no habiendo efecto significativo del tiempo de remoción, pero si del método de fermentación. Esto se muestra en la figura 18, donde la faja de valores más altos de sabor frutado corresponde a los tratamientos M2R1 y M2R2. (Anexo 2. Cuadro 9).

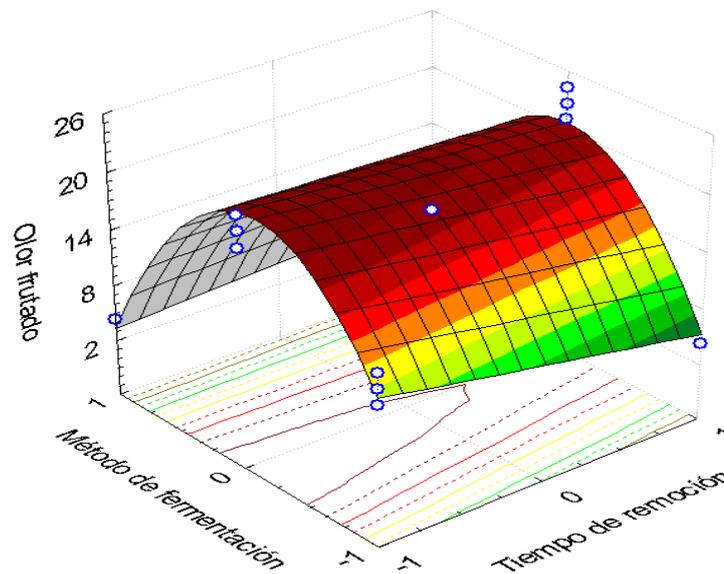


Figura 18. Evaluación de sabor frutado en granos de cacao seco al utilizar tres métodos de fermentación.

Señalando que valores elevados de sabor a frutas y floral son indicativos de suavidad y finura en el sabor, (Enriquez, 1982). Por otro lado, los compuestos volátiles como las pirazinas y los aldehidos, representan un sabor básico y los esteres que originan un sabor a fruta, (Jeanjean, 1995).

## VI. CONCLUSIONES

- 6.1 El efecto de la remoción de 24 y 48 horas en los tratamientos propuestos no tuvo un efecto significativo en la calidad de granos fermentados.
- 6.2 El mejor sabor y aroma de granos de cacao se obtuvieron con los tratamientos M2R1, M2R2 y M1R1 con 125 horas, 144 horas y 150 horas de fermentación respectivamente que procedieron del sector Misquiyaquillo. Por el contrario los tratamientos M1R2, M3R1 y M3R2, presentaron menores valores sensoriales y provinieron del sector Pinto Recodo.
- 6.3 El efecto del oreado de los granos en tendal techado por 8 horas, con una frecuencia de remoción de 24 y 48 horas de los tratamientos M2R1 y M2R2, respectivamente, seguido del tratamiento M1R1, permitieron obtener las mejores características sensoriales de los granos de cacao fermentados para los atributos de calidad sensorial de acidez, sabor, aroma a cacao y olor frutado.
- 6.4 El porcentaje de granos fermentados para los diferentes tratamientos estuvo comprendido entre 80 y 88%. Siendo el mayor índice de fermentación correspondiente al tratamiento M2R1 con 87,33%.

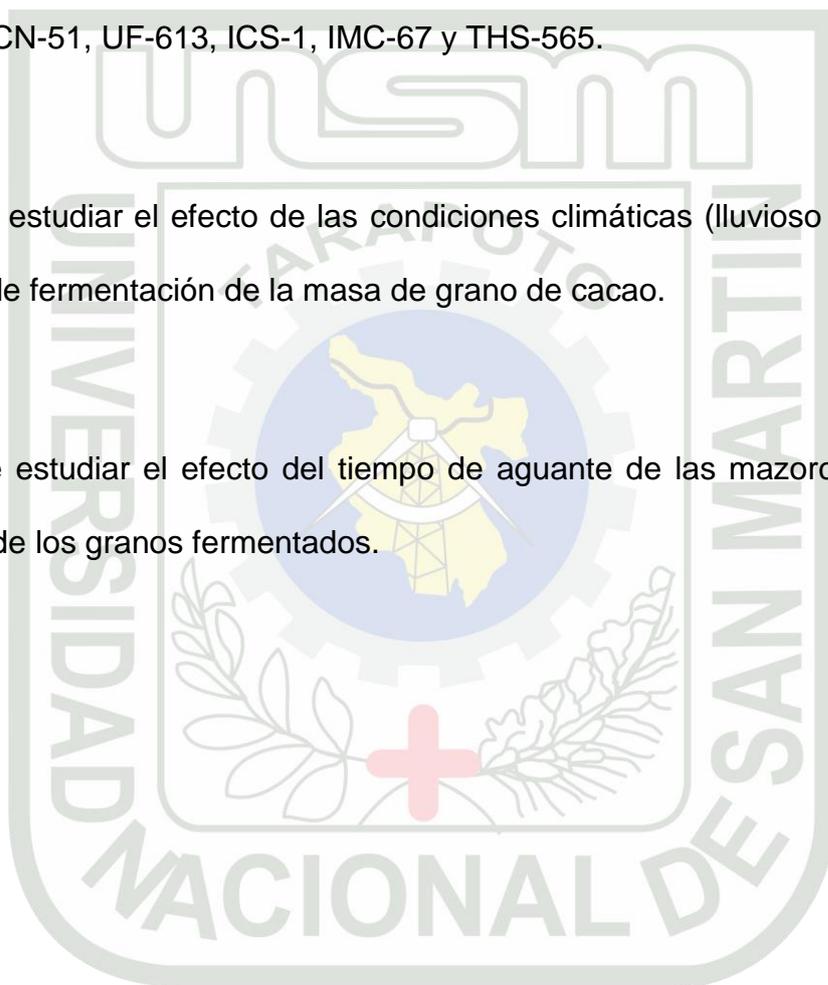
6.5 En cuanto a los granos parcialmente fermentados estuvo comprendido entre 7 y 10%, correspondiendo al menor valor a M2R1.

6.6 En cuanto a los granos violetas estuvo comprendido entre 6 y 10%, correspondiendo al menor valor a M2R1.



## VII. RECOMENDACIONES

- 7.1 Se debe continuar con el estudio de la influencia de métodos de fermentación y frecuencia de remoción sobre la calidad del grano de cacao en otros clones como CCN-51, UF-613, ICS-1, IMC-67 y THS-565.
- 7.2 Se debe estudiar el efecto de las condiciones climáticas (lluvioso y seco) en el tiempo de fermentación de la masa de grano de cacao.
- 7.3 Se debe estudiar el efecto del tiempo de aguante de las mazorcas, sobre la calidad de los granos fermentados.



## VIII. BIBLIOGRAFIA

1. A.O.A.C. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALITICAL CHEMIST 1997. Official Methods of Analysis 16<sup>th</sup> Edition. Galtersburg. Maryland, USA. Cap. 31 Pág. 17.
2. ARÉVALO, E. ; ZUÑIGA, L.; ARÉVALO, C. ADRIAZOLA, J. 2004. Cacao. Manejo integrado del cultivo y transferencia de tecnología en la Amazonía Peruana, Ed. ICT, Lima, Perú, 184 Págs.
3. BAREL, H. 1987. Délai d' écabossage, Influence sur les rendements et la qualite du cacao marchand et du cacao torréfié. Café Cacao The. 31(2):141-150.
4. BIEHL.1985. Acidification, proteolysis and flavour potencial in fermenting cocoa beans. J.Sci. Food Agric. 36:583-598.
5. BRAUDEAU, J. 1970. El cacao. Primera edición. Editorial Blume. Barcelona, España. 292 Págs.
6. COMISION VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES. COVENIN, 1995. Norma Venezolana N° 442. Prueba de corte. Ministerio de Fomento. Caracas- Venezuela. 2 Pág.
7. CORTES, G. 1994. Atlas Agropecuario de Costa Rica. Costa Rica. Florica Instituto. Universidad Estatal a Distancia. Costa Rica. 513 Pág.

8. CROS, E. 1997. Factores condicionantes de la calidad del cacao. Memorias del 1er Congreso Venezolano del Cacao y su industria. Noviembre. Maracay. Estado Aragua. Venezuela. Pág. 16-32.
9. CROS, E. and N. JEANJEAN 1995. Cocoa quality: effect of fermentation and drying. Plantations, recherché, developpement. 24:25-27.
10. CUEVA, A. (2008). Panorama Agroindustrial del cacao. Universidad Nacional de San Martín. Tarapoto-Perú. 26 Pág.
11. CUBERO, L., ENRIQUEZ G., HERNANDEZ, A y RODRIGUEZ T. 1992. Efecto de la altitud sobre el proceso de fermentación. Revista Interamericana de Ciencias Agrícolas. CODEN TURRAB. 42(3) Trimestre Julio-Setiembre.
12. CUBERO, L., ENRIQUEZ G., HERNANDEZ, A y RODRIGUEZ T. 1992. Calidad del cacao en cuatro zonas cacaoteras de Costa Rica. Revista Interamericana de Ciencias Agrícolas. CODEN TURRAB. 42(3) Trimestre Julio-Setiembre.
13. DOUGAN, J. 1981, Methods for monitoring degree of aeration and the production and dissimilation of alcohol, acetic and lactic acids during cocoa fermentation. In: 8<sup>th</sup> International Cocoa Research Conference Cartagena, Colombia. Octubre, 1981. Pág. 814-816.

14. ENRIQUEZ, G. 1982. La cura o beneficio del cacao. Curso corto, Nicaragua. 16-18 de noviembre. CATIE. Departamento de Producción vegetal. Turrialba. Costa Rica. 96 Pág.
15. GARCIA, L. 2005. Caracterización física del clon de cacao ICS-95. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María-Perú. 5 Pág.
16. HARDY, F. 1961. Manual del Cacao. Turrialba. Pág.200
17. HERNANDEZ, T. 1991. Cacao sistemas de producción en la Amazonía Peruana. Proyecto de promoción Agroindustrial AD/PER/86/459 UNFDAC-PNUD/OSP. Tingo María. Perú. 70 Pág.
18. INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA DE LA COMPETENCIA Y DE LA PROTECCION INTELLECTUAL (ITINTEC) 1988. Cacao en grano, requisitos. Lima. Perú. 10 Pág.
19. ICCO, 2002. Annual Report for 1999/00. Internacional Cocoa Organization. London United Kingdom. (En línea): (<http://www.icco.org>. Documento. Ene. 2004).
20. INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES (ICT) 2003. Informe Anual del Proyecto “Renovación y rehabilitación de plantaciones de cacao en la Cuenca del Huallaga. Instituto de Cultivos Tropicales. Tarapoto-Perú.

21. JEANJEAN, N. 1995. Influence du genotype, de la fermentation et de la torrefaction sur le developpement de l'arôme cacao. These de doctorat. Universite Montpellier II. Montpellier-France. 202 Pág.
22. LES, R. 1969. Manual de Análisis de Alimentos. Zaragoza. Acribia 231 Pág.
23. MANDUJANO, I. J. 2008. Tecnología poscosecha para el mejoramiento de la calidad de cacao (*Theobroma cacao* L) cultivar CCN 51 orgánico. Instituto de Cultivos Tropicales. Tarapoto-Perú. 12 Pág.
24. MENDES, J. 2008. A morte da semente sua importancia na tecnologia pós-colheita do cacau. Sociedade de Ciencias Agrarias de Portugal. Revista de Ciencias Agrarias de Portugal ISSN 0871-018X. 31:1 (2008) 262-267.
25. MONCADA M., P. M. 1990. Manejo y Conservación de Suelos. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de San Martín. Tarapoto-Perú. 94 Pág.
26. MINOLTA, 1993. Caracterización precisa del color. Control del color desde la percepción sensorial a la instrumentación. Manual del usuario-21 Pág.
27. OFICINA DE INFORMACION ESTADISTICA DE AGRICULTURA (OIEA).1993. Datos históricos de áreas sembradas de cacao en el Departamento de San Martín. Tarapoto-Perú. 5 Pág.

28. PARDO, J. 1988. Herencia de la capacidad de fermentación, peso medio de almendra, contenido de testa y porcentaje de grasa en el cacao (*Theobroma cacao*) Tesis M. Sc Universidad de Costa Rica – CATIE. 170 Pág.
29. RAMIREZ, J. J. 1988. Estudio de la fermentación del cacao (*Theobroma cacao*) mediante cuatro sistemas de fermentación en cuatro zonas cacaoteras de Costa Rica. Tesis. Ing. Agr. Turrialba. Universidad de Costa Rica. 142 Pág.
30. RODRIGUEZ, N. 2006. Beneficio del cacao (*Theobroma cacao* L.). Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela. Departamento e Instituto de Agronomía. Caracas-Venezuela. 32 Pág.
31. ROHAN, T. 1964. El beneficio del cacao bruto destinado al mercado. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. Italia. 223 Pág.
32. ROMEAU, A. 1980. Acidez libre (pH) em amendoas de cacau da regio sul-baiana. Ibatuna, Bahia. Centro de Pesquisas de Cacau. Informe Técnico. Pág. 241-244.
33. SAMAH. 1993. Fermentation studies of stored cocoa beans. World J. Microbiol. Biotechn. 9:603-604.

34. SENANAYAKE. 1995. Effect of variety and location on optimum fermentation requirements of cocoa beans: An aid to fermentation on cottage scale. J. Sci. Food Agric. 6:461-465.
35. URRIETA, J. y SÁNCHEZ, J. 2004. Efecto de la temperatura en granos fermentados de cacao. Libro de Resúmenes del IX Taller Internacional sobre Calidad Sanitaria, Evaluación y Conservación de Alimentos, Varadero – Cuba, 6 – 9 de Octubre 2004, Pág. 43.



## RESUMEN

La Cooperativa Agraria Cafetalera “Oro Verde”, es conciente de las exigencias de calidad en el mercado internacional del cacao orgánico y convencional. El esfuerzo desplegado durante estos tres años le ha permitido ganar mercados y posicionamiento a nivel internacional. Sin embargo, se requiere introducir nuevos métodos en el beneficio del cacao como oreado, drenado y frecuencia de remoción, que permitiría elevar la demanda.

El objetivo de esta investigación fue evaluar, mediante una caracterización física, química y sensorial, el efecto del fermentado directo, oreado, drenado y frecuencia de remoción de la masa de granos de un clon de cacao (ICS-95) sobre la calidad sensorial de la almendra. Se trabajó con mazorcas de cacao (*Theobroma cacao* L.) cosechado en los meses de octubre, noviembre y diciembre, provenientes de la provincia de Lamas.

En el ensayo, se evaluaron tres métodos de fermentación, la primera consistió en introducir la masa de cacao en forma directa al cajón, la segunda fue oreada por 8 horas en tendal techado y el tercero fue drenado por 8 horas en sacos de polipropileno antes de vaciar la masa de cacao en el cajón fermentador.

Finalmente, la otra evaluación fue la frecuencia de remoción a las 24 y 48 horas. Se efectuaron análisis físicos y químicos al inicio y al final del proceso de fermentación. La evaluación sensorial se hizo al final del proceso de secado.

El diseño experimental del ensayo, fue completamente al azar, con arreglo factorial de 3x2, con tres repeticiones por tratamiento.

Los resultados obtenidos, para los granos de cacao señalaron que el mejor sabor y aroma, se obtuvieron con los tratamientos M2R1, M2R2 y M1R1 con 125 horas, 144 horas y 150 horas de fermentación respectivamente.

**Palabras claves:** cacao orgánico, convencional, fermentado, oreado, drenado, remoción, mazorca.



## SUMMARY

The Agrarian Cooperative Coffee “Green Gold”, is conscientious of the exigencies of quality in the international market of the organic and conventional cacao. The effort unfolded during these three years has allowed him to gain markets and positioning at international level. Nevertheless, it is required to introduce new methods in the benefit of the cacao like oreado, draining and frequency of removal, that would allow to elevate the demand.

The objective of this investigation was to evaluate, by means of a physical characterization, chemical and sensorial, the effect of the direct fermented one, oreado, draining and frequency of removal of the mass of grains of a cacao clone (ICS-95) on the sensorial quality of the almond. One worked with mazorcas of cacao (*Theobroma cacao* L.) harvested in the months of October, November and December, originating of the province of Yaukillo.

In the test, three methods of fermentation were evaluated, first consisted of introducing the mass of cacao in direct form to the drawer, second was oreada by 8 hours in tendal roof and third it was drained by 8 hours in polypropylene coats before draining the mass of cacao in the fermentador drawer. Finally, the other evaluation went the frequency of removal to the 24 and 48 hours. Physical and chemical analyses at the beginning and at the end of the process of fermentation took place. The sensorial evaluation became at the end of the drying process.

The experimental design of the test, was completely at random, with factorial adjustment of 3x2, three repetitions by treatment.

The obtained results, for cacao grains indicated that to the best flavor and aroma, were obtained with treatments M2R1, M2R2 and M1R1 with 125 hours, 144 hours and 150 hours of fermentation respectively.

**Keywords:** organic cocoa, conventional, fermetation, oreado, draining, removal, mazorca





## ANEXO 1

CUADRO 1. Temperatura máxima

DIA	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	31.8	33.2	32.2
2	33.4	29.2	32.4
3	33.8	29.4	33.2
4	32.0	26.2	32.0
5	26.8	32.6	25.0
6	27.6	33.6	30.6
7	30.0	33.2	29.4
8	30.2	34.2	31.0
9	30.8	33.2	31.2
10	32.2	32.2	33.6
11	34.6	31.2	34.0
12	33.2	31.0	26.8
13	28.0	32.6	30.2
14	26.8	30.6	30.8
15	30.6	31.0	33.0
16	30.0	31.8	31.0
17	32.4	33.4	31.6
18	31.6	28.2	32.0
19	30.8	31.0	33.6
20	29.0	33.2	32.0
21	30.2	31.8	33.8
22	31.6	32.2	32.0
23	29.4	31.2	32.2
24	31.8	32.0	34.8
25	33.0	31.8	34.0
26	33.6	31.2	32.2
27	32.0	31.6	32.0
28	33.0	33.4	31.8
29	27.6	26.4	34.6
30	32.0	30.0	29.0
31	31.8		29.8
<b>MEDIA</b>	<b>31.0</b>	<b>31.4</b>	<b>31.7</b>

Fuente: Senamhi (2008)

**CUADRO 2.** Temperatura mínima

DIA	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	20.4	21.6	21.2
2	19.6	21.2	21.0
3	20.0	21.4	21.6
4	19.8	20.2	21.0
5	21.6	21.2	21.4
6	20.0	20.8	18.8
7	20.6	20.4	21.8
8	20.0	20.8	19.8
9	19.8	21.0	21.4
10	19.4	20.6	20.0
11	18.8	19.8	20.6
12	20.0	21.6	21.2
13	20.0	21.2	21.0
14	19.6	20.6	21.4
15	19.2	21.4	19.8
16	19.6	21.2	22.6
17	20.4	22.0	22.4
18	20.2	21.4	22.6
19	21.4	22.2	21.8
20	21.2	22.4	22.4
21	20.0	22.0	21.6
22	20.4	21.0	21.8
23	18.6	22.2	20.0
24	19.4	22.4	22.6
25	19.6	21.8	22.8
26	20.4	21.4	22.4
27	21.6	21.2	22.6
28	22.2	21.0	22.2
29	21.0	22.2	23.0
30	20.6	20.8	22.6
31	21.2		20.6
<b>MEDIA</b>	<b>20.2</b>	<b>21.3</b>	<b>21.5</b>

Fuente: Senamhi (2008)

**CUADRO 3.** Humedad relativa promedio

DIA	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	87	79	81
2	77	91	74
3	79	88	71
4	78	88	80
5	84	81	90
6	87	74	75
7	83	82	88
8	88	74	91
9	79	79	83
10	79	84	75
11	72	81	78
12	76	83	90
13	89	84	85
14	89	86	81
15	83	83	75
16	85	80	75
17	79	78	72
18	83	87	77
19	86	83	73
20	86	78	78
21	86	81	72
22	87	83	67
23	85	85	70
24	80	87	66
25	77	82	65
26	77	83	66
27	78	85	71
28	85	78	68
29	89	90	68
30	77	90	75
31	79		84
<b>MEDIA</b>	<b>82</b>	<b>83</b>	<b>76</b>

Fuente: Senamhi (2008)

**CUADRO 4.** Precipitación total diaria mm

DIA	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	32.9	9.2	0.0
2	0.0	10.5	0.0
3	0.0	3.5	0.0
4	0.0	14.0	0.0
5	7.5	0.0	6.6
6	17.4	0.0	0.0
7	5.0	0.0	3.5
8	2.5	3.3	0.0
9	0.0	2.6	1.5
10	0.0	0.0	2.5
11	0.0	5.0	0.0
12	20.0	13.5	9.0
13	8.0	21.4	0.0
14	0.0	8.0	0.0
15	2.5	0.0	0.0
16	1.7	0.0	0.0
17	0.0	4.5	0.0
18	0.0	3.5	0.0
19	27.8	0.0	0.0
20	1.0	0.0	8.6
21	0.0	4.0	0.0
22	21.3	0.0	0.0
23	1.2	1.5	0.0
24	1.5	2.0	0.0
25	1.0	0.0	0.0
26	0.0	6.5	0.0
27	0.0	0.0	0.0
28	5.0	0.0	0.0
29	3.5	10.8	0.0
30	0.0	24.1	98.6
31	0.0		12.0
<b>TOTAL</b>	<b>159.8</b>	<b>147.9</b>	<b>142.3</b>

Fuente: Senamhi (2008)

**CUADRO 5.** Pautas para la evaluación sensorial

<b>Olor mohoso</b>	<b>Valor</b>
Deficiente	0
Débil	1-49
Compacto	50-99
Intenso	100-149
Extremadamente intenso	150-200

<b>Acidez sensorial</b>	<b>Valor</b>
Deficiente	0
Débil	1-49
Compacto	50-99
Intenso	100-149
Extremadamente intenso	150-200

<b>Aroma a cacao</b>	<b>Valor</b>
Deficiente	0
Débil	1-49
Compacto	50-99
Intenso	100-149
Extremadamente intenso	150-200

<b>Amargor</b>	<b>Valor</b>
Deficiente	0
Débil	1-49
Compacto	50-99
Intenso	100-149
Extremadamente intenso	150-200

Sabor astringente	Valor
Deficiente	0
Débil	1-49
Compacto	50-99
Intenso	100-149
Extremadamente intenso	150-200

Sabor frutado	Valor
Deficiente	0
Débil	1-49
Compacto	50-99
Intenso	100-149
Extremadamente intenso	150-200

**ANEXO 2**
**CUADRO 1.** Temperatura de granos de cacao al utilizar tres métodos de fermentación.

T(°C)	F.R	Método			Promedio
72 horas		M1	M2	M3	
	24	44,97Aa <sup>1/</sup>	43,40Aa	43,47Aa	43,95
	48	35,70Ba	46,93Ab	46,47Ab	43,03
	Promedio	40,33	45,17	44,97	
Final del Proceso	24	45,10Aa	48,5Aab	52,03Ab	48,54
	48	40,97Aa	48,0Ab	46,30Bab	45,09
	Promedio	43,04	48,25	49,17	

<sup>1/</sup>Letras diferentes indican diferencias significativas con probabilidad de error de 5%(las letras mayúsculas comparan verticalmente y las letras minúsculas comparan horizontalmente).

**CUADRO 2.** Porcentaje de humedad de granos de cacao al utilizar tres métodos de fermentación.

Hº(%)	F.R	Método			Promedio
72 horas		M1	M2	M3	
	24	55,08 <sup>1</sup> / <sub>Aa</sub>	53,50 <sup>Aa</sup>	53,60 <sup>Aa</sup>	54,06
	48	50,37 <sup>Aa</sup>	54,4 <sup>Aa</sup>	53,05 <sup>Aa</sup>	52,61
	Promedio	52,73	53,95	53,32	
Final del Proceso	24	52,56 <sup>Aa</sup>	42,17 <sup>Aab</sup>	50,32 <sup>Aa</sup>	48,35
	48	34,25 <sup>Ba</sup>	52,4 <sup>Bb</sup>	50,0 <sup>Ab</sup>	45,55
	Promedio	43,41	47,29	50,16	

1/Letras diferentes indican diferencias significativas con probabilidad de error de 5%(las letras mayúsculas comparan verticalmente y las letras minúsculas comparan horizontalmente).

**CUADRO 3.** Color de granos de cacao al utilizar tres métodos de fermentación.

Color	F.R	Método			Promedio
		M1	M2	M3	
72 horas					
L*	24	28,62 <sup>1</sup> Aa	30,82Ab	30,78Ab	30,07
	48	29,85 Aa	30,78Aa	34,85Bb	31,83
	Promedio	29,23	30,80	32,82	
a*	24	14,58 <sup>1</sup> Aa	13,25Aa	16,50Aab	14,78
	48	12,59 Aa	14,15Aa	11,25Bab	12,66
	Promedio	13,59	13,70	13,88	
b*	24	-2,85 <sup>1</sup> Aa	-2,30Aa	-2,05Aa	-2,40
	48	-1,46 Ba	-4,30Bb	-2,43Aa	-2,73
	Promedio	-2,16	-3,3	-2,24	

<sup>1</sup>/Letras diferentes indican diferencias significativas con probabilidad de error de 5%(las letras mayúsculas comparan verticalmente y las letras minúsculas comparan horizontalmente).

**CUADRO 4.** Color de granos de cacao al utilizar tres métodos de fermentación.

Color	F.R	Método			Promedio
		M1	M2	M3	
Final del proceso					
L*	24	28,24 <sub>1</sub> Aa	27,66Aa	28,10Aa	28,0
	48	29,33 Ba	29,01Ba	33,53Bb	30,62
	Promedio	28,79	28,34	30,82	
a*	24	14,12/Aa	12,06Aab	15,18Aa	13,79
	48	12,10 Aa	13,90Aa	10,75Bab	12,25
	Promedio	13,11	12,98	12,97	
b*	24	-3,15 <sub>1</sub> /Aa	-3,51Aa	-3,20Aa	-3,29
	48	-2,71Aa	-5,70Bb	-3,79Ac	-4,07
	Promedio	-2,93	-4,61	-3,50	

1/Letras diferentes indican diferencias significativas con probabilidad de error de 5%(las letras mayúsculas comparan verticalmente y las letras minúsculas comparan horizontalmente).

**CUADRO 5.** Prueba de corte en granos de cacao al utilizar tres métodos de fermentación.

Índice de Fermentación	F.R	Método			Promedio
		M1	M2	M3	
%Granos fermentados	24	80,01/Aa	87,33Ab	84,67Ab	84,0
	48	82,0Aa	84,67Aa	82,0Aa	82,9
	Promedio	81,0	86,0	83,33	
%Granos parcialmente fermentados	24	10,01/Aa	6,67Aa	8,0Aa	8,22
	48	8,0Aa	8,67Aa	8,0Aa	8,22
	Promedio	9,0	7,67	8,0	
%Granos violeta	24	10,01/Aa	6,0Aab	7,33Aa	7,78
	48	10,0Aa	6,67Aa	10,0Aa	8,90
	Promedio	10,0	6,34	8,67	

1/Letras diferentes indican diferencias significativas con probabilidad de error de 5%(las letras mayúsculas comparan verticalmente y las letras minúsculas comparan horizontalmente).

**CUADRO 6.** Porcentaje de secado de granos de cacao al utilizar tres métodos de fermentación.

Porcentaje de secado	F.R	Método			Promedio
		M1	M2	M3	
Final del secado					
24		38,01/Aa	33,18Aab	35,2Aa	35,43
48		35,76Aa	33,05Aa	35,0Aa	34,60
Promedio		36,88	33,12	35,1	

<sup>1</sup>/Letras diferentes indican diferencias significativas con probabilidad de error de 5%(las letras mayúsculas comparan verticalmente y las letras minúsculas comparan horizontalmente).



**CUADRO 7.** pH de granos de cacao al utilizar tres métodos de fermentación.

pH(°C)	F.R.	Método			Promedio
72 horas		M1	M2	M3	
	24	4,55 <sup>1</sup> /Aa	4,49Aa	3,43Ab	4,15
	48	4,60Aa	4,49Aa	4,34Ba	4,48
	Promedio	4,58	4,49	3,89	
Final del Proceso	24	4,88Aa	5,71Ab	5,48Aab	5,36
	48	4,42Aa	4,64Ba	4,23Ba	4,43
	Promedio	4,65	5,18	4,86	

<sup>1</sup>/Letras diferentes indican diferencias significativas con probabilidad de error de 5%(las letras mayúsculas comparan verticalmente y las letras minúsculas comparan horizontalmente).

**CUADRO 8.** Acidez de granos de cacao al utilizar tres métodos de fermentación.

Acidez(%)	F.R	Método			Promedio
		M1	M2	M3	
72 horas					
	24	0,258 <sup>1</sup> /Aa	0,264Aa	0,300Aa	0,274
	48	0,258Aa	0,264Aa	0,264Aa	0,262
	Promedio	0,258	0,264	0,282	
Final del Proceso	24	0,246Aa	0,168Ab	0,216Aa	0,210
	48	0,264Aa	0,258Ba	0,270Ba	0,264
	Promedio	0,260	0,213	0,243	

<sup>1</sup>/Letras diferentes indican diferencias significativas con probabilidad de error de 5%(las letras mayúsculas comparan verticalmente y las letras minúsculas comparan horizontalmente).

**CUADRO 9.** Calidad sensorial de granos de cacao al utilizar tres métodos de fermentación.

Calidad Sensorial	F.R	Método			Promedio
		M1	M2	M3	
Olor mohoso	24	10,0 <u>1/Aab</u>	8,0Aa	13,0Ab	10,33
	48	12,0Aa	11,0Aa	9,0Ba	10,67
	Promedio	11,0	9,5	11,0	
	Acidez sensorial	24	120,0 <u>1/Aa</u>	46,0Ab	72,0Ac
Acidez sensorial	48	128,0 Aa	122,0Ba	130,0Ba	126,67
	Promedio	124,0	84,0	101,0	
	Aroma a cacao	24	121,0 <u>1/Aa</u>	130,0Ab	80,0Ac
Aroma a cacao	48	85,0Bb	122,0Ba	83,0Ab	96,67
	Promedio	103,0	126,0	81,5	
	Amargor	24	116,0 <u>1/Aa</u>	118,0Aa	172,0Ab
Amargor	48	160,0 Bb	117,0Aa	162,0Bb	146,33
	Promedio	138,0	117,5	167,0	
	Sabor astringente	24	65,0 <u>1/Aa</u>	45,0Aab	60,0Aa
Sabor astringente	48	120,0Ba	67,0Bb	124,0Ba	103,67
	Promedio	92,5	56,0	92,0	
	Sabor frutado	24	10,0 <u>1/Aa</u>	20,0Ab	0,0Ac
Sabor frutado	48	0,0Ba	22,0Ab	0,0Aa	7,33
	Promedio	5,0	21,0	0,0	

1/Letras diferentes indican diferencias significativas con probabilidad de error de 5%(las letras mayúsculas comparan verticalmente y las letras minúsculas comparan horizontalmente).

ANEXO 3

**CUADRO 1.** Temperatura de granos de cacao al utilizar tres métodos de fermentación desde 0 horas hasta el final del proceso.

	0	24	48	72	96	120	144	150
M1R1	27,27	27,2	39,23	44,97	47,1	44,83	49,5	45,1

	0	24	48	72	96	120	144	168	180
M1R2	26,8	26,07	30,37	35,7	40,93	43,9	43,83	41,0	40,97

	0	8	24	48	72	96	120	125
M2R1	23,67	31,5	40,33	48,13	43,4	49,53	45,83	48,5

	0	8	24	48	72	96	120	144
M2R2	28,6	30,53	37,6	48,27	46,93	46,5	47,63	48,0

	0	8	24	48	72	96	120	134
M3R1	26,9	26,9	39,77	48,4	43,47	49,1	43,3	52,03

	0	8	24	48	72	96	120	144
M3R2	25,8	24,37	34,2	37,53	46,47	48,27	47,93	46,3

**CUADRO 2.** Porcentaje de humedad de granos de cacao al utilizar tres métodos de fermentación desde 0 horas hasta el final del proceso.

	0	24	48	72	96	120	144	150
M1R1	58,27	58,21	57,16	55,08	54,29	54,27	52,58	52,56

	0	24	48	72	96	120	144	168	180
M1R2	54,76	53,9	51,03	50,37	48,39	45,12	44,82	40,5	34,25

	0	8	24	48	72	96	120	125
M2R1	58,13	55,37	54,78	54,50	53,50	52,53	49,13	42,17

	0	8	24	48	72	96	120	144
M2R2	56,83	56,13	56,0	54,59	54,4	54,07	53,22	52,04

	0	8	24	48	72	96	120	134
M3R1	58,11	55,99	55,74	54,95	53,60	53,02	52,30	50,32

	0	8	24	48	72	96	120	144
M3R2	56,12	55,06	54,01	53,65	53,05	53,0	52,66	50,0

**CUADRO 3.** Parámetro L\* de granos de cacao al utilizar tres métodos de fermentación desde 0 horas hasta el final del proceso.

	0	24	48	72	96	120	144	150
M1R1	35,43	28,8	28,71	28,62	28,52	28,43	28,31	28,24

	0	24	48	72	96	120	144	168	180
M1R2	35,27	30,04	29,91	29,85	29,73	29,64	29,56	29,42	29,33

	0	8	24	48	72	96	120	125
M2R1	34,83	33,51	32,42	31,30	30,82	29,52	28,79	27,66

	0	8	24	48	72	96	120	144
M2R2	36,12	31,65	31,25	31,02	30,78	30,50	30,25	29,01

	0	8	24	48	72	96	120	134
M3R1	36,61	35,08	34,14	31,06	30,78	30,01	29,50	28,10

	0	8	24	48	72	96	120	144
M3R2	38,52	36,66	36,22	35,72	34,85	33,71	33,60	33,53

**CUADRO 4.** Parámetro a\* de granos de cacao al utilizar tres métodos de fermentación desde 0 horas hasta el final del proceso.

	0	24	48	72	96	120	144	150
M1R1	14,82	14,72	14,61	14,58	14,43	14,38	14,25	14,12

	0	24	48	72	96	120	144	168	180
M1R2	13,62	13,61	13,60	12,59	12,58	12,42	12,38	12,23	12,10

	0	8	24	48	72	96	120	125
M2R1	14,22	14,01	13,75	13,50	13,25	13,0	12,50	12,06

	0	8	24	48	72	96	120	144
M2R2	16,31	14,58	14,33	14,28	14,15	14,03	13,99	13,90

	0	8	24	48	72	96	120	134
M3R1	18,59	18,25	17,80	17,20	16,50	16,10	15,48	15,18

	0	8	24	48	72	96	120	144
M3R2	12,09	12,01	11,98	11,46	11,25	11,08	10,90	10,75

**CUADRO 5.** Parámetro b\* de granos de cacao al utilizar tres métodos de fermentación desde 0 horas hasta el final del proceso.

	0	24	48	72	96	120	144	150
M1R1	-0,27	-2,66	-2,71	-2,85	-2,93	-3,01	-3,09	-3,15

	0	24	48	72	96	120	144	168	180
M1R2	-0,70	-1,05	-1,23	-1,46	-1,68	-1,80	-2,20	-2,60	-2,71

	0	8	24	48	72	96	120	125
M2R1	-0,26	-0,90	-1,45	-1,90	-2,30	-3,10	-3,25	-3,51

	0	8	24	48	72	96	120	144
M2R2	-0,30	-1,50	-2,80	-3,05	-4,30	-4,95	-5,40	-5,70

	0	8	24	48	72	96	120	134
M3R1	-0,52	-1,13	-1,52	-1,86	-2,05	-2,48	-3,05	-3,20

	0	8	24	48	72	96	120	144
M3R2	-0,23	-1,20	-1,85	-2,01	-2,43	-2,90	-3,40	-3,79

**CUADRO 6.** pH de granos de cacao al utilizar tres métodos de fermentación desde 0 horas hasta el final del proceso.

	0	24	48	72	96	120	144	150
M1R1	6,18	6,14	4,88	4,55	4,27	4,41	4,50	4,88

	0	24	48	72	96	120	144	168	180
M1R2	6,28	6,18	4,95	4,60	4,03	4,11	5,52	4,93	4,42

	0	8	24	48	72	96	120	125
M2R1	6,59	6,62	5,70	4,46	4,47	5,17	6,04	5,71

	0	8	24	48	72	96	120	144
M2R2	6,45	6,64	6,15	5,11	4,49	4,48	4,67	4,64

	0	8	24	48	72	96	120	134
M3R1	5,40	5,25	4,13	3,42	3,43	3,15	5,07	5,48

	0	8	24	48	72	96	120	144
M3R2	5,50	5,56	5,07	4,63	4,34	3,02	3,87	4,23

**CUADRO 7.** Porcentaje de acidez de granos de cacao al utilizar tres métodos de fermentación desde 0 horas hasta el final del proceso.

	0	24	48	72	96	120	144	150
M1R1	0,024	0,024	0,252	0,258	0,27	0,264	0,264	0,246

	0	24	48	72	96	120	144	168	180
M1R2	0,018	0,024	0,318	0,258	0,276	0,276	0,216	0,318	0,264

	0	8	24	48	72	96	120	125
M2R1	0,006	0,006	0,168	0,264	0,264	0,246	0,108	0,168

	0	8	24	48	72	96	120	144
M2R2	0,012	0,006	0,024	0,228	0,264	0,264	0,258	0,258

	0	8	24	48	72	96	120	134
M3R1	0,216	0,222	0,276	0,3	0,3	0,312	0,222	0,216

	0	8	24	48	72	96	120	144
M3R2	0,216	0,216	0,222	0,258	0,264	0,318	0,288	0,27